



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Master en Ingeniería de Montes

**Estudio de viabilidad de la biomasa de los
montes de Ampudia (Palencia) para el
autoabastecimiento de las instalaciones
municipales**

MEMORIA

Alumno/a: Eduardo de la Rosa de Arriba

**Tutor/a: María Milagrosa Casado Sanz
Cotutor/a: Asier Saiz Rojo**

Julio de 2021

MEMORIA

ÍNDICE

1	OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2	BASES DEL ESTUDIO.....	2
2.1	DIRECTRICES.....	2
2.2	CONDICIONANTES INTERNOS	2
2.2.1	<i>Condicionantes del promotor</i>	<i>2</i>
2.2.2	<i>Condicionantes de infraestructuras.....</i>	<i>2</i>
2.2.3	<i>Condicionantes económicos</i>	<i>3</i>
2.3	CONDICIONANTES EXTERNOS	3
2.3.1	<i>Climatología</i>	<i>3</i>
2.3.2	<i>Condicionantes legales</i>	<i>5</i>
3	SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	6
3.1	SITUACIÓN DE LA BIOMASA A NIVEL MUNDIAL	6
3.2	SITUACIÓN DE LA BIOMASA A NIVEL EUROPEO	10
3.3	SITUACIÓN DE LA BIOMASA EN ESPAÑA.....	13
3.3.1	<i>Uso de biomasa en España con fines térmicos.....</i>	<i>15</i>
3.3.2	<i>Uso de biomasa en España con fines eléctricos.....</i>	<i>17</i>
3.4	EL PELLETT EN ESPAÑA	19
3.5	NORMATIVA Y CERTIFICADOS	21
4	INGENIERÍA DEL PROCESO.....	24
4.1	ZONA DEL ESTUDIO	24
4.1.1	<i>Municipio de Ampudia.....</i>	<i>24</i>
4.1.2	<i>Historia</i>	<i>25</i>
4.1.3	<i>Población</i>	<i>25</i>
4.1.4	<i>Economía</i>	<i>29</i>
4.1.5	<i>Flora y fauna.....</i>	<i>30</i>
4.2	MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA DE AMPUDIA	31
4.2.1	<i>M.U.P. Nº 495 “Laderas de Ampudia”</i>	<i>31</i>
4.2.2	<i>M.U.P. Nº 415 “Monte Torozos”</i>	<i>33</i>
4.2.3	<i>M.U.P. Nº 416 “Montecillo de Valoria del Alcor”</i>	<i>35</i>
4.2.4	<i>Especies principales</i>	<i>37</i>
4.2.4.1	<i>Pino carrasco (Pinus halepensis)</i>	<i>37</i>
4.2.4.2	<i>Pino piñonero (Pinus pinea)</i>	<i>39</i>
4.2.4.3	<i>Encina (Quercus ilex subsp. ballota)</i>	<i>41</i>
4.2.4.4	<i>Quejigo (Quercus faginea).....</i>	<i>42</i>
4.2.5	<i>Conclusiones</i>	<i>43</i>
4.3	BIOMASA POTENCIAL DE LOS M.U.P.....	44
4.3.1	<i>Toma de datos</i>	<i>45</i>
4.3.2	<i>Cálculos de la biomasa potencial de los M.U.P.</i>	<i>53</i>
4.3.3	<i>Conclusiones</i>	<i>57</i>
4.4	BIOMASA POTENCIAL DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA.....	58
4.4.1	<i>Cálculos de la biomasa potencial total del municipio.....</i>	<i>60</i>
4.4.2	<i>Conclusiones</i>	<i>64</i>
4.5	BIOMASA POTENCIAL AGRÍCOLA.....	65
4.6	DEMANDA ENERGÉTICA DEL MUNICIPIO	68
4.7	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	70
4.7.1	<i>Identificación de alternativas</i>	<i>70</i>
4.7.2	<i>Factores condicionantes</i>	<i>70</i>
4.7.3	<i>Identificación de alternativas</i>	<i>71</i>
4.7.4	<i>Análisis multicriterio de alternativas</i>	<i>71</i>
5	PROCESO PRODUCTIVO	73

5.1	PROCESO DE RECOGIDA Y TRANSPORTE	75
5.2	DESCORTEZADO	75
5.3	ASTILLADO	76
5.4	CLASIFICACIÓN POR TAMIZADO	77
5.5	TOLVA DE ALIMENTACIÓN	78
5.6	REFINADO O MOLIDO	79
5.7	RECUPERADOR DE FINOS	79
5.8	SECADO.....	80
5.9	CALDERA	82
5.10	PELETIZADO	83
5.11	TAMIZ VIBRATORIO.....	84
5.12	ENSACADO	85
5.13	CINTAS TRANSPORTADORAS Y DEMÁS.....	86
6	ESTUDIO ECONÓMICO	88
6.1	MANO DE OBRA	88
6.2	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE.....	90
6.3	EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALUD	92
6.4	MAQUINARIA	93
6.4.1	<i>Motosierra</i>	<i>93</i>
6.4.2	<i>Tractor y remolque</i>	<i>94</i>
6.4.3	<i>Descortezadora.....</i>	<i>94</i>
6.4.4	<i>Astilladora</i>	<i>94</i>
6.4.5	<i>Cribadora</i>	<i>94</i>
6.4.6	<i>Secadero y caldera.....</i>	<i>95</i>
6.4.7	<i>Línea de peletizado.....</i>	<i>95</i>
6.4.8	<i>Ensacadora</i>	<i>96</i>
6.4.9	<i>Carretilla elevadora</i>	<i>96</i>
6.4.10	<i>Costes totales de maquinaria</i>	<i>97</i>
6.5	VENTA DE PELLETS	98
6.6	CONCLUSIONES.....	101
7	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	103
8	BIBLIOGRAFÍA	105

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1. TEMPERATURA MEDIA, MÍNIMA, MÁXIMA Y PRECIPITACIÓN DEL MUNICIPIO DE AMPUDIA.	4
TABLA 2. EVOLUCIÓN EN LAS PRODUCCIONES Y CONSUMOS (T/AÑO) DEL PELLET EN ESPAÑA Y SUS PREDICCIONES (2020 Y 2022). (FUENTE: AVEBIOM).	20
TABLA 3. CLASES DE BIOMASA PERMITIDA DEPENDIENDO LA CALIDAD QUE SE QUIERA OBTENER.	22
TABLA 4. PROPIEDADES DEL PELLET PARA CADA CERTIFICADO DE CALIDAD DE ENPLUS. (FUENTE: ENPLUS).....	23
TABLA 5. CENSO AGRARIO Y NÚMERO DE EMPRESAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: INE).....	29
TABLA 6. DATOS DE PARO REGISTRADO A MAYO DEL 2021 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA.....	30
TABLA 7. DIFERENTES MASAS FORESTALES CON SUS ESPECIES PREDOMINANTES EN EL M.U.P. Nº 495 “LADERAS DE AMPUDIA” DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE MITECO). ...	31
TABLA 8. SUPERFICIE DE LAS DIFERENTES MASAS Y ESPECIES DEL M.U.P. Nº 495 “LADERAS DE AMPUDIA” EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	33
TABLA 9. DIFERENTES MASAS FORESTALES CON SUS ESPECIES PREDOMINANTES EN EL M.U.P. Nº 415 “MONTE TOROZOS” DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE MITECO).	33
TABLA 10. DIFERENTES ESPECIES AGRÍCOLAS UTILIZADAS EN EL M.U.P. Nº 415 “MONTE TOROZOS” DENTRO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	34
TABLA 11. SUPERFICIE DE LAS DIFERENTES MASAS Y ESPECIES DEL M.U.P. Nº 415 “MONTE TOROZOS” EN AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	35
TABLA 12. DIFERENTES MASAS FORESTALES CON SUS ESPECIES PREDOMINANTES EN EL M.U.P. Nº 416 “MONTECILLO DE VALORIA DEL ALCOR” DEL MUNICIPIO DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	36
TABLA 13. DIFERENTES ESPECIES AGRÍCOLAS UTILIZADAS EN EL M.U.P. Nº 416 “MONTECILLO DE VALORIA DEL ALCOR” DENTRO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	36
TABLA 14. SUPERFICIE DE LAS DIFERENTES MASAS Y ESPECIES DEL M.U.P. Nº 415 “MONTE TOROZOS” EN AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	37
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PINO CARRASCO. (FUENTE: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID).	39
TABLA 16. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL PINO CARRASCO. (FUENTE: U.P.M.).....	39
TABLA 17. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE PINO PIÑONERO. (FUENTE: U.P.M.).....	40
TABLA 18. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE PINO PIÑONERO. (FUENTE: U.P.M.)	41
TABLA 19. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE ENCINA. (FUENTE: U.P.M.)	42
TABLA 20. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE ENCINA. (FUENTE: U.P.M.)	42
TABLA 21. TABLA RESUMEN DE LAS SUPERFICIES TOTALES DE LAS MASAS FORESTALES DEL MUNICIPIO DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DEL MITECO).	43
TABLA 22. MODELOS Y TARIFAS APLICABLES PARA EL CÁLCULO DEL IAVC (DM3) DE LAS ESPECIES A ESTUDIAR DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA, PALENCIA. (FUENTE: MITECO).	44
TABLA 23. TABLA RESUMEN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO DE LA MASA ARBOLADA DEL M.U.P. Nº495 “LADERAS DE AMPUDIA”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	47
TABLA 24. DENSIDADES MEDIAS (PIES/HA) DE PINO CARRASCO EN EL “MONTE EL CHIVO” EN PALENCIA. (FUENTE: HERRERO LLORENTE, E., 2021).....	50
TABLA 25. TABLA RESUMEN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO DE LA MASA ARBOLADA DEL M.U.P. Nº415 “MONTE TOROZOS”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	50
TABLA 26. TABLA RESUMEN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO DE LA MASA ARBOLADA DEL M.U.P. Nº416 “MONTECILLO DE VALORIA DEL ALCOR”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	52
TABLA 27. VOLUMEN DE BIOMASA POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE EN M3 POR HECTÁREA (HA) DE LOS M.U.P. DEPENDIENDO DE LA ESPECIE. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	54
TABLA 28. VOLUMEN DE BIOMASA POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE EN M3 Y TONELADAS (T) DE LOS M.U.P. DE AMPUDIA DEPENDIENDO DE LA ESPECIE Y MASA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	55
TABLA 29. TABLA RESUMEN DE CRECIMIENTO ANUAL EN TONELADAS (T) Y EN VOLÚMENES CON CORTEZA (DM3 Y M3) DE CADA ESPECIE Y DEPENDIENDO EL DIÁMETRO NORMAL DE LOS M.U.P. DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	56
TABLA 30. PESO EN SECO DE LA BIOMASA DE CONÍFERAS Y FRONDOSAS DE LOS M.U.P. DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	57
TABLA 31. SUPERFICIES TOTALES (HA) DE FRONDOSAS EN LOS M.U.P. Y EN LOS MONTES PRIVADOS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE MITECO Y LÓPEZ, J. 2019).	59

TABLA 32. SUPERFICIES TOTALES (HA) DE CONÍFERAS EN LOS M.U.P. Y EN LOS MONTES PRIVADOS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE MITECO Y LÓPEZ, J. 2019).	59
TABLA 33. RESUMEN DE LAS SUPERFICIES TOTALES (HA) DE LAS MASAS FORESTALES DE AMPUDIA.	60
TABLA 34. VOLUMEN DE BIOMASA POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE EN DM3/PIE Y M3/HA DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA DEPENDIENDO DE LA ESPECIE. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	61
TABLA 35. VOLUMEN DE BIOMASA POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE EN M3 Y TONELADAS (T) DE LOS MONTES PÚBLICOS Y PRIVADOS DE AMPUDIA DEPENDIENDO DE LA ESPECIE Y MASA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	62
TABLA 36. TABLA RESUMEN DE CRECIMIENTO ANUAL EN TONELADAS (T) Y EN VOLÚMENES CON CORTEZA (DM3 Y M3) DE CADA ESPECIE Y DEPENDIENDO EL DIÁMETRO NORMAL DE TODO EL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	63
TABLA 37. PESO EN SECO DE LA BIOMASA DE CONÍFERAS Y FRONDOSAS DE LOS MONTES PÚBLICOS Y PRIVADOS DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	64
TABLA 38. SUPERFICIE (HA) DE LOS RECURSOS POTENCIALES Y DISPONIBLES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BIOMASA EN UN RADIO DE 10 KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).	66
TABLA 39. RECURSOS DISPONIBLES Y POTENCIALES (TMS/AÑO) DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BIOMASA EN UN RADIO DE 10KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).	67
TABLA 40. COSTES MEDIOS (€/TMS) DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS DIFERENTES RECURSOS DISPONIBLES DE BIOMASA EN UN RADIO DE 10KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).	67
TABLA 41. GASTO ECONÓMICO Y ENERGÉTICO DE LAS CALDERAS DE PELLETS EN LAS INSTALACIONES MUNICIPALES DE AMPUDIA. (FUENTE: AYUNTAMIENTO DE AMPUDIA).	69
TABLA 42. MATRIZ MULTICRITERIO PARA LA ELECCIÓN DEL PROCESO DE MECANIZADO.	71
TABLA 43. MATRIZ MULTICRITERIO PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE ASTILLADORA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	72
TABLA 44. FICHA TÉCNICA DESCORTEZADORA CAMBIO 85-66 A. (FUENTE: MACHINESEEKER.ES).	76
TABLA 45. FICHA TÉCNICA DE LA CRIBADORA DE VAIVÉN MODELO RS 2 x 0,5/4F. (FUENTE: RUDNICK Y ENNERS).	78
TABLA 46. FICHA TÉCNICA DE SECADERO ROTATIVO TIPO TROMEL. (FUENTE: BRUNA GARCÍA.M, 2019).	81
TABLA 47. FICHA TÉCNICA DE CALDERA DE POLIBIOMASA PARA SECADERO TROMEL.	82
TABLA 48. FICHA TÉCNICA DE LA ENSACADORA SEMI AUTOMÁTICA PKG1000.	86
TABLA 49. RESUMEN DE DÍAS LABORABLES EN LA PROVINCIA DE PALENCIA. (FUENTE: CALENDARIOS.IDEAL).	89
TABLA 50. SALARIOS BASE ANUALES (€) DEL PERSONAL EN PLANTA. (FUENTE: CONVENIO COLECTIVO PARA EL SECTOR DE ACTIVIDADES FORESTALES DEL BOE, 2021).	89
TABLA 51. COSTES TOTALES ANUALES (€) DEL PERSONAL EN PLANTA. (FUENTE: CONVENIO COLECTIVO PARA EL SECTOR DE ACTIVIDADES FORESTALES DEL BOE, 2021).	90
TABLA 52. COSTES MEDIOS (€/TMS) DE RECOLECCIÓN Y DE TRANSPORTE DE LA BIOMASA EN UN RADIO DE 10 KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).	91
TABLA 53. COSTES TOTALES DE LA RECOLECCIÓN (€) DE CONÍFERAS Y FRONDOSAS EN UN RADIO DE 10 KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).	91
TABLA 54. COSTES TOTALES DE TRANSPORTE (€) DE CONÍFERAS Y FRONDOSAS EN UN RADIO DE 10 KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).	91
TABLA 55. PRECIOS EPI PARA TRABAJOS EN MONTE. (FUENTE: TARIFAS TRAGSA).	92
TABLA 56. COSTES DE EPI EN PLANTA. (FUENTE: TARIFAS TRAGSA).	93
TABLA 57. RESUMEN DE PRECIOS PARA LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN PLANTA Y MONTE. (FUENTE: TARIFAS TRAGSA).	93
TABLA 58. COSTES Y UNIDADES DE MOTOSIERRAS NECESARIAS. (FUENTE: STIHL).	93
TABLA 59. COSTES DE DESCORTEZADORA. (FUENTE: SÖDERHAMN ERIKSSON).	94
TABLA 60. PRECIO ASTILLADORA MÓVIL CARAVAGGI. (FUENTE: MAYANS DIAZ, J.J., 2019).	94
TABLA 61. COSTES DE CRIBADORA DE VAIVÉN DE ASTILLAS MODELO RS 2 x 0,5/4F.	94
TABLA 62. COSTES DE SECADERO ROTATIVO TIPO TROMEL CON CALDERA. (FUENTE: BRUNA GARCÍA, M., 2019).	95
TABLA 63. COSTE TOTAL DE LA LÍNEA DE PELETIZADO SMARTEC. (FUENTE: MAYANS, J.J., 2019).	96
TABLA 64. COSTES ENSACADORA PKG1000. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).	96
TABLA 65. COSTES DE CARRETILLA ELEVADORA. (FUENTE: ALCE CARRETILLAS ELEVADORAS).	96
TABLA 66. COSTES TOTALES DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR EN EL SUPUESTO CASO DE REALIZARSE UN APROVECHAMIENTO FORESTAL PARA LA FABRICACIÓN DE PELLETS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS OBTENIDOS GRACIAS A MAYANS DIAZ, J.J., BRUNA GARCÍA, M., STIHL Y ECOFRICALIA).	97
TABLA 67. COSTES ANUALES (€/AÑO) DE LA MAQUINARIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	98
TABLA 68. PORCENTAJES Y CANTIDADES (T) DE PELLETS QUE CORRESPONDEN A CADA CONSUMIDOR CON LA BIOMASA DE LOS M.U.P. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	99

TABLA 69. BENEFICIOS EN LA VENTA DEL TOTAL DE PELLETS PRODUCIDOS CON LA BIOMASA DE LOS M.U.P. DEPENDIENDO EL CONSUMIDOR. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	99
TABLA 70. PORCENTAJES Y CANTIDADES (T) DE PELLETS QUE CORRESPONDEN A CADA CONSUMIDOR CON LA BIOMASA DE TODO EL TÉRMINO MUNICIPAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	100
TABLA 71. BENEFICIOS EN LA VENTA DEL TOTAL DE PELLETS PRODUCIDOS CON LA BIOMASA DE TODO EL TÉRMINO MUNICIPAL Y DEPENDIENDO EL CONSUMIDOR. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	100
TABLA 72. INGRESOS ANUALES (€/AÑO) CON LA VENTA DE PELLETS PRODUCIDOS CON LA BIOMASA DE LOS M.U.P. O DE LOS MONTES DE TODO EL TÉRMINO MUNICIPAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	100
TABLA 73. COSTES TOTALES ANUALES (€) DE LA PLANTA DE PELLETS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	101
TABLA 74. BENEFICIOS ANUALES (€) DE LA EMPRESA DE PELETIZADO CON BIOMASA DE LOS M.U.P. O DEL TOTAL DE LOS MONTES (PÚBLICOS Y PRIVADOS) DEL TÉRMINO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	101

ÍNDICE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. CLIMOGRAMA DE AMPUDIA. FUENTE: ES.CLIMATE-DATA.ORG	4
GRÁFICO 2. CONSUMO BRUTO DE ENERGÍA MUNDIAL DE 2019. (FUENTE: WORD BIOENERGY ASOCIATION, 2020)	7
GRÁFICO 3. TENDENCIAS DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE BIOCOMBUSTIBLES A NIVEL MUNDIAL EN EL PERÍODO 2010-2020. (FUENTE: WORD BIOENERGY ASOCIATION, 2020).....	8
GRÁFICO 4. GENERACIÓN DE CALOR (TJ) A PARTIR DE BIOCOMBUSTIBLES Y DESECHOS A NIVEL MUNDIAL EN EL PERIODO 1990-2018. (FUENTE: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020).....	9
GRÁFICO 5. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (GWh) A PARTIR DE BIOCOMBUSTIBLES Y DESECHOS A NIVEL MUNDIAL EN EL PERIODO 1990-2018. (FUENTE: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020)	9
GRÁFICO 6. PORCENTAJE DE TIPOS MATERIA PRIMA QUE COMPONEN LA BIOMASA A NIVEL EUROPEO EN 2017. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE BIOENERGY EUROPE)	10
GRÁFICO 7. PROPORCIÓN DEL USO DE LA BIOMASA SEGÚN LOS SECTORES DE INDUSTRIA Y HOGAR EN EUROPA EN 2017. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE BIOENERGY EUROPE)	11
GRÁFICO 8. PROPORCIÓN DE USO DE LA BIOMASA EN EUROPA EN 2017. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE BIOENERGY EUROPE)	12
GRÁFICO 9. PORCENTAJE DE CONSUMO DE LAS DIFERENTES ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA EN 2018. (FUENTE: INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018).....	14
GRÁFICO 10. PORCENTAJE DE CONSUMO DE ENERGÍAS RENOVABLES DEPENDIENDO EL SECTOR EN ESPAÑA EN 2018. (FUENTE: INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018).....	15
GRÁFICO 11. PROPORCIÓN EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD ENTRE ENERGÍAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES EN ESPAÑA EN LOS PERÍODOS DEL 2016 AL 2020. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A TRAVÉS DE DATOS PROPORCIONADOS POR RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA).	17
GRÁFICO 12. PROPORCIÓN DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA EN EL PERÍODO DEL 05/2020 AL 04/2021. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A TRAVÉS DE DATOS PROPORCIONADOS POR REE).	18
GRÁFICO 13. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh) DE LAS DIFERENTES ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA ENTRE EL 05/2020 AL 04/2021. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LA REE).	18
GRÁFICO 14. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh) DE LAS DIFERENTES ENERGÍAS NO RENOVABLES EN ESPAÑA ENTRE EL 05/2020 AL 04/2021. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LA REE).	19
GRÁFICO 15. EVOLUCIÓN DEL MERCADO DE PELLETS EN ESPAÑA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE AVEBIOM).	20
GRÁFICO 16. EVOLUCIÓN POBLACIONAL DE AMPUDIA EN EL PERÍODO ENTRE 1986 A 2020. (FUENTE: INE).	26
GRÁFICO 17. EVOLUCIÓN POBLACIONAL DE AMPUDIA DE LAS DÉCADAS COMPRENDIDAS ENTRE 1900 Y 2020. (FUENTE: INE).	27
GRÁFICO 18. PIRÁMIDE POBLACIONAL DE AMPUDIA, 2020. (FUENTE: INE).....	28
GRÁFICO 19. SALDO VEGETATIVO DE AMPUDIA DE 1996 A 2019. (FUENTE: INE).	28

ÍNDICE IMÁGENES

IMAGEN 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN DE FÁBRICAS DE PELLET, ASTILLA Y HUESO DE ACEITUNA EN ESPAÑA, 2020. (FUENTE: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA).....	16
IMAGEN 2. SELLO DE CALIDAD CON EL LOGOTIPO DE IDENTIFICACIÓN Y EL SELLO DE CERTIFICACIÓN.	21
IMAGEN 3. PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE AMPUDIA Y SUS MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	24
IMAGEN 4. MUNICIPIOS CON LOS QUE LIMITA AMPUDIA Y SU ORIENTACIÓN CON ELLOS.....	25
IMAGEN 5. DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES MASAS FORESTALES EN EL M.U.P. Nº 495 “LADERAS DE AMPUDIA” EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	32
IMAGEN 6. DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES MASAS FORESTALES EN EL M.U.P. Nº 415 “MONTE TOROZOS” DE AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	34
IMAGEN 7. DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES MASAS FORESTALES EN EL M.U.P. Nº 416 “MONTECILLO DE VALORIA DEL ALCOR” EN AMPUDIA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	37
IMAGEN 8. REGIONES DE PROCEDENCIA DEL PINUS HALEPENSIS. (FUENTE: MAPA).	38
IMAGEN 9. MAPA DE REGIONES DE PROCEDENCIA DEL PINO PIÑONERO. (FUENTE: MAPA).....	40
IMAGEN 10. REGIONES DE PROCEDENCIA DE LA ENCINA. (FUENTE: MAPA).....	41
IMAGEN 11. MAPA DE REGIONES DE PROCEDENCIA DEL QUEJIGO. (FUENTE: MAPA).	43
IMAGEN 12. LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO EN LOS M.U.P. DE AMPUDIA.	47
IMAGEN 13. MASA DE PINUS HALEPENSIS EN EL M.U.P. “LADERAS DE AMPUDIA” Y MEDIDAS DEL RADIO DE LA PARCELA QUE SE IBA A ESTUDIAR. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	48
IMAGEN 14. TOMA DE MEDIDAS DE LOS DIÁMETROS NORMALES DE PINUS HALEPENSIS EN UNA PARCELA DE MUESTREO DEL M.U.P. “LADERAS DE AMPUDIA”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	48
IMAGEN 15 VISTA AÉREA CON DRON DE LA MASA DE PINAR DEL M.U.P. “LADERAS DE AMPUDIA”.....	49
IMAGEN 16. VISTA AÉREA CON DRON DEL PUNTO DE TOMA DE DATOS DEL MUESTREO DEL M.U.P. “LADERAS DE AMPUDIA”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	49
IMAGEN 17. MASA DE PINUS HALEPENSIS EN EL M.U.P. “MONTE TOROZOS” Y MEDIDAS DEL RADIO DE LA PARCELA QUE SE IBA A ESTUDIAR. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	51
IMAGEN 18. VISTA AÉREA CON DRON DEL PUNTO DE TOMA DE DATOS DEL MUESTREO DEL M.U.P. “MONTE TOROZOS”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	52
IMAGEN 19. VISTA AÉREA CON DRON DE LA MASA DE PINAR DEL M.U.P. “MONTE TOROZOS”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	52
IMAGEN 20. VISTA AÉREA CON DRON DEL PUNTO DE TOMA DE DATOS DE LA MASA MIXTA DE ENCINA Y QUEJIGO DEL M.U.P. “MONTECILLO DE VALORIA DEL ALCOR”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	53
IMAGEN 21. VISTA AÉREA CON DRON DEL PUNTO DE TOMA DE DATOS DE LA MASA MIXTA DE ENCINA Y QUEJIGO DEL M.U.P. “MONTECILLO DE VALORIA DEL ALCOR”. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	53
IMAGEN 22. MAPA FORESTAL PÚBLICO Y PRIVADO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AMPUDIA.	58
IMAGEN 23. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS DISPONIBLES DE BIOMASA EN UN RADIO DE 10KM DE AMPUDIA. (FUENTE: BIORAISE).....	66
IMAGEN 24. LÍNEA DE FLUJO DEL PROCESO DE PELETIZADO. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	74
IMAGEN 25. DESCORTEZADORA DE ANILLO FLOTANTE MARCA CAMBIO MODELO 85-66 A.	76
IMAGEN 26. ASTILLADORA A REMOLQUE MARCA CARAVAGGI MODELO CIPPO25. (FUENTE: INTEREMPRESAS.NET).....	77
IMAGEN 27. CRIBADORA DE VAIVÉN DE ASTILLAS MODELO RS 2 x 0,5/4F. (FUENTE: RUDNICK Y ENNERS).....	77
IMAGEN 28. TOLVA DE ALIMENTACIÓN PARA EL REFINADOR Y SU FICHA TÉCNICA CORRESPONDIENTE. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).	78
IMAGEN 29. REFINADOR DE CUCHILLOS RC800 Y SU FICHA TÉCNICA. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).....	79
IMAGEN 30. KIT DE RECUPERADOR DE FINOS MEDIANTE CICLÓN Y CARGADOR Y FICHA TÉCNICA DE LOS ELEMENTOS. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).....	80
IMAGEN 31. KIT DE TUBERÍAS DE EXTRACCIÓN DE FINOS DE LAS MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE PELLETS. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).....	80
IMAGEN 32. SECADERO ROTATIVO TIPO TROMEL. (FUENTE: MILANUNCIOS).	81
IMAGEN 33. SECADERO TIPO TROMEL CON CALDERA DE POLIBIOMASA CONECTADOS.	82
IMAGEN 34. PELETIZADORA PLT800 Y FICHA TÉCNICA CORRESPONDIENTE.	84
IMAGEN 35. TAMIZ VIBRATORIO VBR300 Y SU FICHA TÉCNICA. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).....	85
IMAGEN 36. ENSACADORA SEMI AUTOMÁTICA PKG1000. (FUENTE: ECOFRICALIA SOSTENIBLE S.L.).....	86

IMAGEN 37. CINTA TRANSPORTADORA DE 4M CON SU CORRESPONDIENTE FICHA TÉCNICA.	87
IMAGEN 38. CINTA TRANSPORTADORA DE 3M Y SU CORRESPONDIENTE FICHA TÉCNICA.	87
IMAGEN 39. CARRETILLA ELEVADORA HC SERIE XR (1,8-3,8T). (FUENTE: ALCE CARRETILLAS ELEVADORAS).	97

1 Objeto del proyecto.

El objeto principal del presente proyecto es estudiar y comprobar que los recursos forestales del municipio de Ampudia son suficientes como para autoabastecer las calderas de biomasa que poseen en las instalaciones públicas del municipio.

Como objetivos secundarios se definen los siguientes:

- Diseñar la línea de flujo y maquinaria necesaria para la producción de pellets acorde a la demanda energética de los edificios públicos del municipio y a un coste asumible por el ayuntamiento.
- Generar puestos de trabajo para las labores de suministro de biomasa forestal y en el funcionamiento de la planta de pellets. Estos puestos de trabajos se crearán con el fin de ofrecer una oportunidad de trabajo a la gente del municipio que viva y esté empadronada en él, además de fijar población y de disminuir el número de parados tanto a nivel local como regional, buscando soluciones al problema que tenemos con la España vaciada.
- Dar valor a los montes de utilidad pública que se tienen aparte de, como efecto secundario de esto, aumentar la probabilidad de prevenir incendios forestales de esos montes.

Aparte de realizar los cuidados selvícolas correspondientes en sus montes, autoabastecerse y generar empleo local, se tiene en mente vender a un precio más económico el sobrante de la producción de esta biomasa a la gente empadronada, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población, promover las energías renovables y en caso de que sea posible, la obtención de un pequeño beneficio.

2 Bases del estudio.

2.1 Directrices

La finalidad del proyecto es autoabastecerse con los propios recursos del municipio sin depender de terceros, lo que conlleva además la creación de empleo, mantenimiento y cuidados de los montes públicos o el asentamiento rural, entre otros, poniendo en valor las posibilidades que ofrecen los recursos forestales, aprovechando el auge de los recursos renovables.

Con ello el estudio pretende:

Comprobar la viabilidad de un aprovechamiento forestal de los M.U.P. para su transformación en biomasa

Aumentar la eficiencia de los M.U.P.

Conseguir estos objetivos conllevaría la realización de una futura planta de pellets la cual proporcionaría otros beneficios como la generación de puestos de trabajo estables, mantenimiento anual de los montes, el freno de la España vaciada e incentivar el uso de energías renovables en el municipio entre otras.

2.2 Condicionantes internos

2.2.1 Condicionantes del promotor

Ubicación del Proyecto en el término municipal de Ampudia.

La materia orgánica extraída será principalmente de los montes de utilidad pública del municipio.

Que la materia prima pueda ser obtenida principalmente de los cuidados selvícolas.

Intentar dar puestos de trabajo estables durante todo el año.

Que los puestos de trabajo se den principalmente a las personas que vivan o estén empadronados en el municipio.

Que el producto final obtenido suministre la totalidad de calderas de biomasa que están en funcionamiento en las instalaciones del municipio.

Buscar un beneficio económico con los excedentes, en primer lugar, a los empadronados en el municipio de Ampudia dejando el producto final a un precio muy económico, y en segundo lugar al resto de la población a precio de mercado.

2.2.2 Condicionantes de infraestructuras

El ayuntamiento tiene a su disposición una nave de 330m² utilizado actualmente con fines de almacenaje de herramientas y aperos agrícolas.

Es en esta nave en donde se alojarán las maquinarias para la fabricación de los pellets en el supuesto que se realice el proyecto,

La nave tiene una excelente comunicación al estar ubicado en la carretera P - 921, justo en la entrada del municipio, al lado de la rotonda de entrada a Ampudia, a 38 km de Valladolid y 26 km de Palencia.

Por otro lado, la nave cuenta con las infraestructuras necesarias para el desarrollo con la actividad. Estas infraestructuras imprescindibles son:

- **Evacuación de aguas:** Las aguas pluviales se verterán hasta un pozo de registro previo paso a la red de alcantarillado general. El mismo proceso a lo largo de otra línea de distribución con las aguas residuales, fecales y sanitarias.
- **Abastecimiento de aguas:** La línea de abastecimiento general, conducirá el agua desde la red pública hasta una arqueta de acometida situada en el interior de la parcela que a su vez será la encargada de abastecer el agua a la planta para servicios y usos generales.
- **Abastecimiento de electricidad:** Se llevará a cabo mediante una acometida desde la red eléctrica general pública.

2.2.3 Condicionantes económicos

No existe ningún condicionante económico para la realización del proyecto por parte del promotor.

2.3 Condicionantes externos

2.3.1 Climatología

Ampudia se caracteriza por tener un clima continental mediterráneo. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Csb, con veranos secos y cálidos e inviernos fríos y lluviosos.

En cuanto a las precipitaciones, son bajas en los meses estivales (junio, julio, agosto y septiembre) y son abundantes especialmente en los meses de las estaciones de primavera y otoño, con una media de 470mm, siendo inferior que la media de España (600mm) y ligeramente inferior que la media en Palencia (491mm). También es frecuente la precipitación en forma de nieve durante el invierno.

Respecto a las temperaturas, el municipio presenta una media de 12°C, donde los veranos son cálidos, los inviernos fríos y la primavera y otoño son templadas, siendo frecuente las temperaturas bajo cero en los meses más fríos del año.

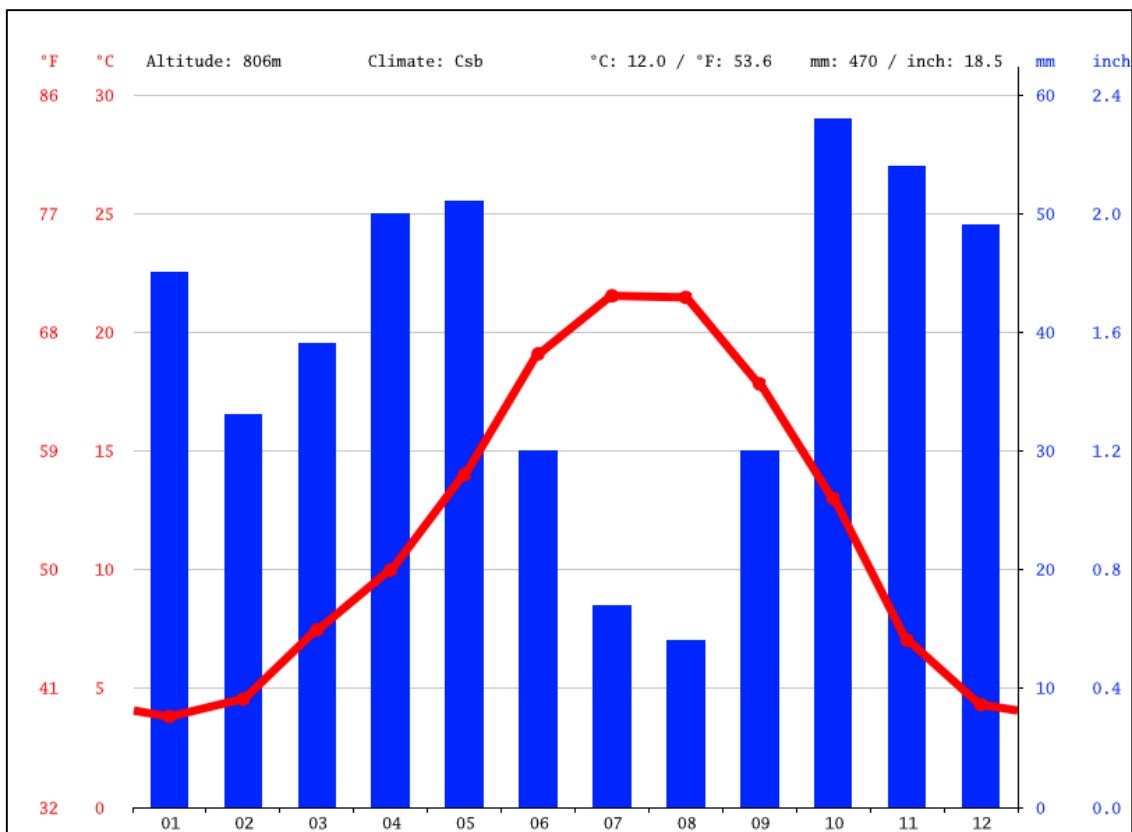


Gráfico 1. Climograma de Ampudia. Fuente: es.climate-data.org

En el Gráfico 1 y Tabla 1 se puede observar como las precipitaciones son abundantes durante los meses de primavera y otoño y en la época estival se produce un descenso de esas precipitaciones coincidiendo, además, con las altas temperaturas.

El mes más lluvioso es octubre y el menos lluvioso agosto. El mes más caluroso es julio y el menos enero.

Tabla 1. Temperatura media, mínima, máxima y precipitación del municipio de Ampudia. (Fuente: es.climate-data.org).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot
Tª media (°C)	3,8	4,6	7,5	10	14	19,1	21,5	21,5	17,8	13	7	4,3	
Tª min. (°C)	0,7	0,6	2,7	4,7	8,1	12,4	14,5	14,6	11,9	8,5	3,8	1,2	
Tª máx, (°C)	7,6	9,2	12,7	15,4	19,9	25,7	28,6	28,4	24	18	10,9	8,1	
Precip. (mm)	45	33	39	50	51	30	17	14	30	58	54	49	470,0

2.3.2 Condicionantes legales

Las naves disponen en la actualidad de la licencia de apertura de actividad emitida por el ayuntamiento de Ampudia.

La actividad que se realizará en las naves no está catalogada como molesta, insalubre o peligrosa.

3 Situación actual de las energías renovables

En el actual apartado pretenderemos mostrar la evolución de las energías renovables a nivel mundial, europeo y nacional, centrándonos más en los biocombustibles o biomasa.

Se mencionarán básicamente los datos y estadísticas de alguno de ellos, veremos en qué entorno se mueven y en qué proporción se usan.

Antes que nada, se darán unas descripciones básicas para entender un poco todos los conceptos.

Lo primero es saber que por energía entendemos que es toda aquella capacidad que tienen las cosas, la materia o un sistema de producir trabajo, esta energía se mide en Julios (J).

La mayoría de esta energía, sobre todo durante el último siglo, es obtenida a través de los hidrocarburos y combustibles fósiles, como el petróleo o el carbón, a este tipo de energía se la conoce como energía no renovable, ya que como su propio nombre indica se trata de una energía que nos proporciona el planeta de manera limitada, lo que significa que algún día llegará a agotarse.

Por lo tanto, todos aquellos sistemas que tengan la capacidad de producir trabajo y además puedan ser obtenidos de manera cíclica sin llegar a agotarse, se les denomina “energías renovables”, entre ellas la energía obtenida a través del viento, sol, hidráulica por acción de la gravedad, la extraída de los procesos biológicos o la obtenida por el movimiento de las olas, entre otras.

De entre todas las energías renovables, el trabajo se centrará en las energías obtenidas a partir de la biomasa, en este caso de la vegetal, este tipo de energía es extraída de lo que comúnmente denominamos “biocombustibles”.

Esta biomasa vegetal es obtenida como su propio nombre indica de materia vegetal, y esta a su vez poder ser extraída tanto a través de masas pascícolas, agrícolas y forestales, en su amplia mayoría.

Según Groombridge B, Jenkins MD en el 2000 *“la biomasa global total se ha estimado en aproximadamente 550 mil millones de toneladas C”*.

De la cantidad mencionada con anterioridad, según Bar-On, Phillips y Milo en 2018 *“la mayor parte de esta biomasa se encuentra en la tierra, y solo entre un 0,9 a 1,8% de esta cantidad se encuentra en los océanos. En tierra, hay aproximadamente 1000 veces más biomasa vegetal (fitomasa) que biomasa animal (zoomasa)”*.

3.1 Situación de la biomasa a nivel mundial

Según publicó la Agencia Internacional de Energías Renovables en 2015; *“Aproximadamente las tres cuartas partes del uso de energía renovable en el mundo implica bioenergía, y más de la mitad del mismo consiste en el uso tradicional de biomasa. La bioenergía representó aproximadamente el 10% del consumo total de energía final y el 1,9% de la generación de energía mundial en 2015”*.

Los combustibles líquidos de origen fósil se están reemplazando comúnmente por alternativas basadas en la biomasa, también conocidos como biocombustibles, estos ofrecen una alternativa de combustible de transporte bajo en carbono y al mismo tiempo reducen la dependencia mundial del petróleo, mejoran la seguridad energética nacional e internacional y promueven el desarrollo económico.

Los biocombustibles se pueden producir a partir de una variedad de materias primas diferentes, desde cultivos como el maíz y la caña de azúcar hasta los residuos agrícolas e incluso la bio-fracción de los desechos municipales. Esta producción se realiza a través de muchos procesos tecnológicos diferentes, lo que da como resultado diferentes combustibles adecuados para diferentes partes del sector del transporte. El etanol y el biodiésel representan la mayoría de los biocombustibles que se producen en la actualidad, aunque hay varios otros biocombustibles producidos a escala comercial.

La producción de biocombustibles depende en gran medida de la política nacional, por lo que diferentes países han adoptado una serie de estrategias diferentes para promover los biocombustibles. Estos van desde incentivos fiscales a la combinación y mandatos volumétricos a objetivos de reducción de gases de efecto invernadero. Estas políticas serán especialmente importantes para dar forma al papel de los biocombustibles en sus respectivos mercados en los próximos años. Estos mercados son predominantemente sectores de transporte que serán difíciles de electrificar, incluidos los vehículos pesados, el transporte marítimo y la aviación. Los biocombustibles seguirán siendo importantes también para el transporte por carretera convencional.

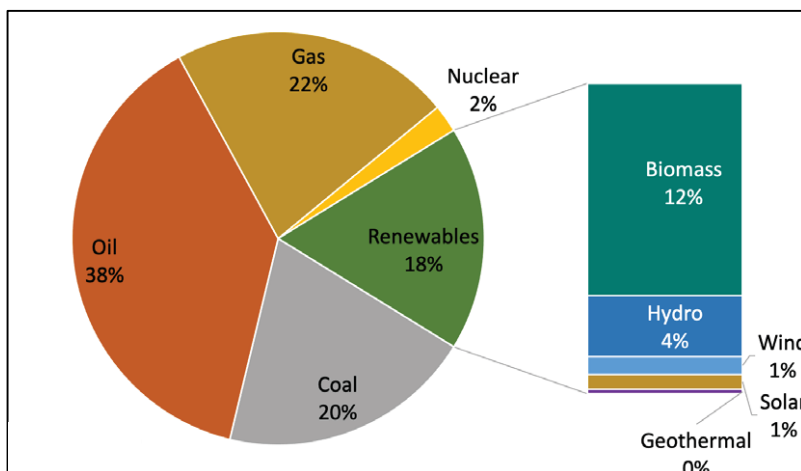


Gráfico 2. Consumo bruto de energía mundial de 2019. (Fuente: World Bioenergy Association, 2020)

Los combustibles fósiles predominan en el consumo mundial y sólo las energías renovables aportan el 18% de toda la energía consumida en el mundo, de esta la biomasa es la más utilizada con un 12% aproximadamente en todo el planeta, haciendo 2/3 del total de las energías limpias como se puede ver en el Gráfico 2.

Mencionar también que según la asociación mundial de biodiversidad (WBA), la capacidad instalada de biocombustibles sólidos y líquidos a nivel mundial ha ido en constante aumento hasta el día de hoy, como podemos observar en el gráfico 2, y que nos muestra como los biocombustibles sólidos son los predominantes, ocupando aproximadamente el 75% de la capacidad total, debido en parte al tradicional y de fácil acceso uso de la madera y sus derivados como combustible.

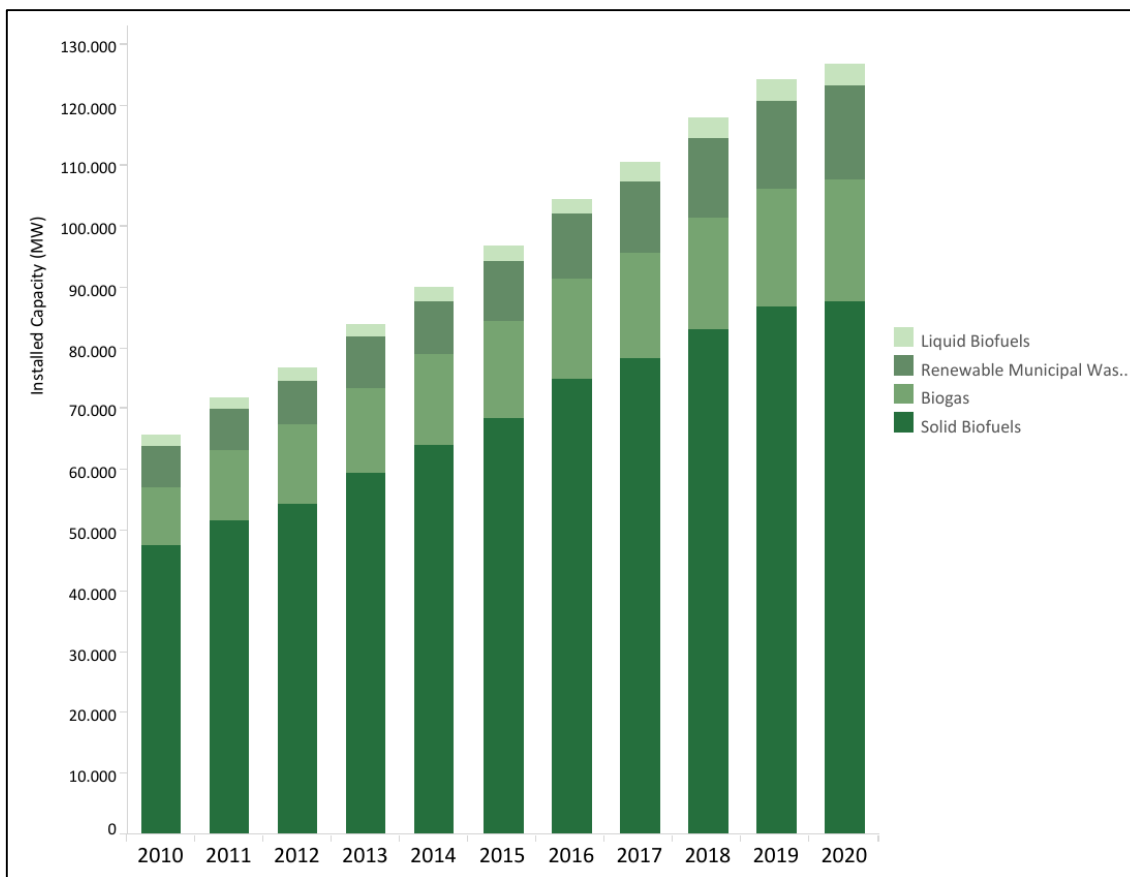


Gráfico 3. Tendencias de la capacidad instalada de biocombustibles a nivel mundial en el período 2010-2020. (Fuente: Word Bioenergy Association, 2020).

Una vez conocidos los valores de la capacidad de biocombustibles que tendríamos a nivel mundial destacamos el uso principal que se daría a estos, por encima de todos destacan 2, para la generación de calor y la de electricidad.

Si se observan los valores reales, en cuanto a generación de calor, que hay a nivel mundial, como muestra el Gráfico 3, se puede apreciar que los biocombustibles sólidos primarios son los que predominan, que son sobre todo los provenientes de los productos y residuos del ámbito forestal, después vendrían los residuos industriales, la mayoría de desechos y basuras orgánicas y por último biogases y procesos geotérmicos entre otros.

Todos estos datos en un período entre 1990 y 2018, con un claro ascenso de producción cada año, en especial los biocombustibles sólidos.

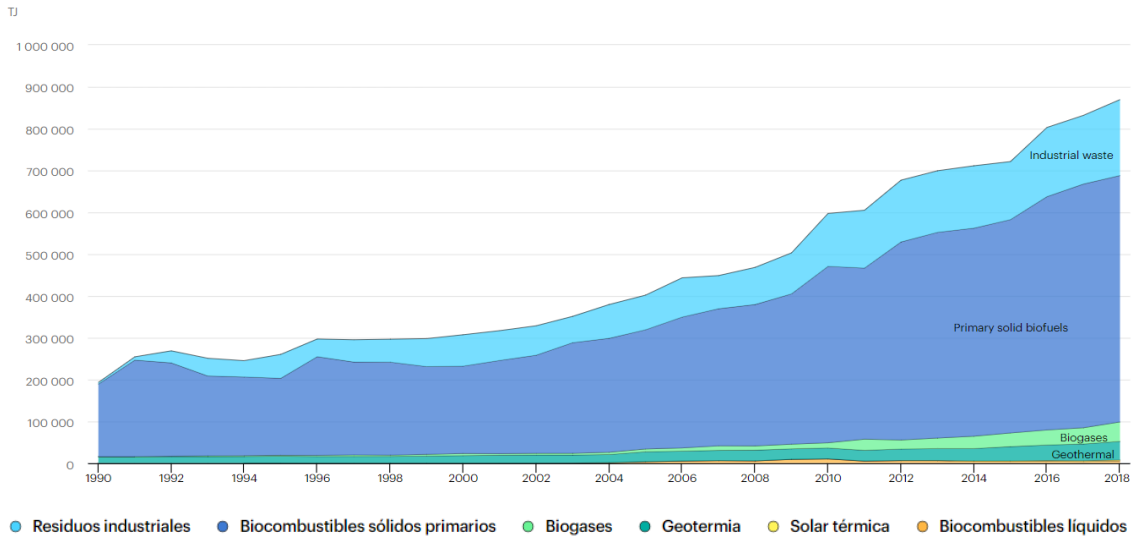


Gráfico 4. Generación de calor (TJ) a partir de biocombustibles y desechos a nivel mundial en el periodo 1990-2018. (Fuente: International Energy Agency, 2020)

Una vez presentada la generación de calor producida a nivel mundial, se pasa a ver el Gráfico 4 sobre la producción mundial de generación eléctrica a partir de biocombustibles. En este caso como en el anterior en un período comprendido entre 1990 y 2018, se ve una vez más que dominan los biocombustibles sólidos primarios, esta vez seguidos de los biogases, superando a los residuos industriales y los residuos municipales.

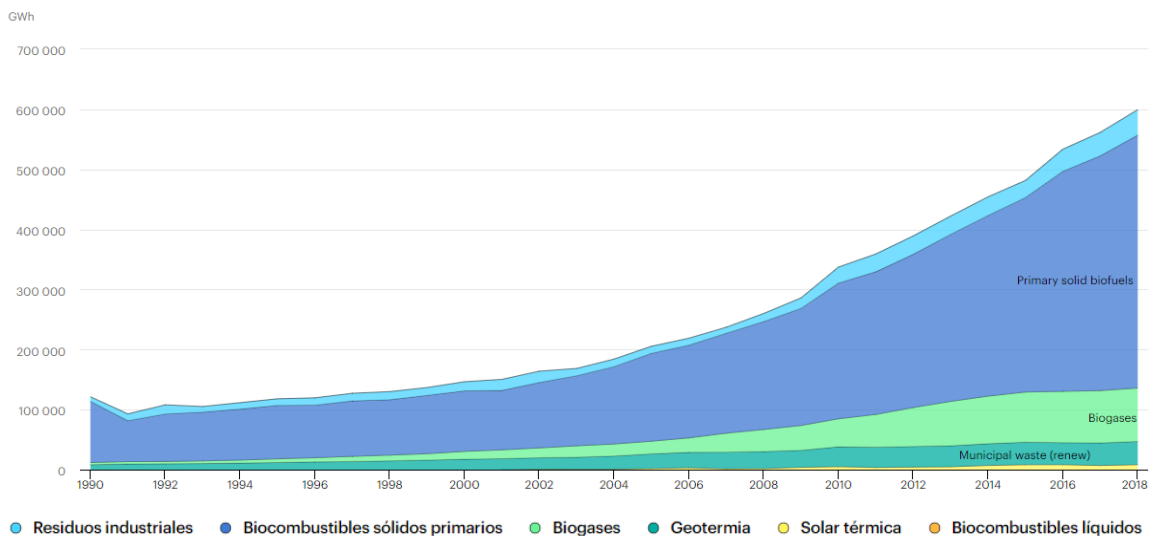


Gráfico 5. Generación de electricidad (GWh) a partir de biocombustibles y desechos a nivel mundial en el periodo 1990-2018. (Fuente: International Energy Agency, 2020)

Se observa igualmente un claro ejemplo de ascenso en la generación de calor, sobre todo en biocombustibles sólidos y biogases y un mantenimiento más o menos estable en el uso de residuos tanto municipales como industriales.

3.2 Situación de la biomasa a nivel europeo

Europa lleva una temporada de descenso en el consumo de energía en la última década, esto es sobre todo gracias a la eficiencia en el uso y la modernización de los aparatos que dependen de esta energía, no solo hablamos de energía eléctrica, sino de energía proveniente de combustibles fósiles, todo este ahorro es gracias en parte al abandono del despilfarro de energía y al aumento del uso de energías renovables.

Según EurObserv'ER, el consumo de energía a partir de biocombustibles sólidos fue un 2,2% mayor en 2019, alcanzando 102,6 Mtep en los países de la UE28. Dejando a un lado el Reino Unido, la cifra de consumo fue de 94,5 Mtep y registró un crecimiento del 1,8%. El incremento puede atribuirse tanto a un aumento significativo en la producción de electricidad de varios países como a aproximadamente un 1,1% del consumo de calor adicional con o sin el consumo del Reino Unido.

Echando la vista un poco más atrás, en 2017, la biomasa movilizada de todo tipo produjo energía que representó 144.087 kilotoneladas de petróleo equivalente (Ktpe). Como se puede observar en el Gráfico 5Gráfico 5, más de dos tercios de la biomasa consumida en Europa, en concreto el 69,6% de la materia prima se compone de biomasa sólida, principalmente residuos forestales provenientes de la industria de la madera o trabajos selvícolas y, en menor medida, el 18,3% de la materia prima viene del mundo agrícola y el 12,1% de los restos biológicos.

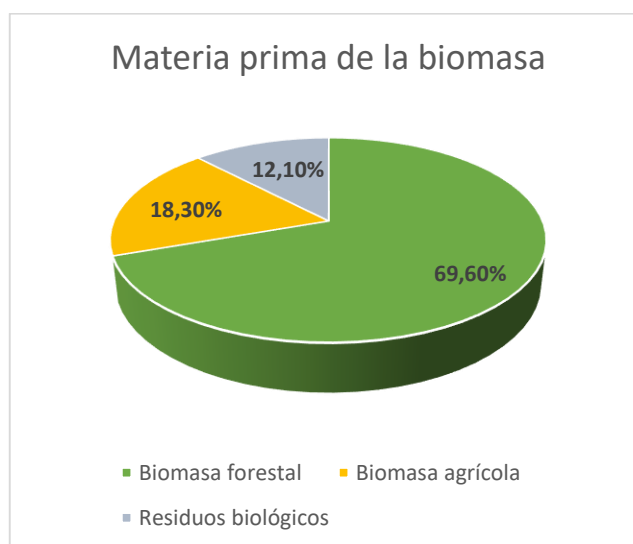


Gráfico 6. Porcentaje de tipos materia prima que componen la biomasa a nivel europeo en 2017.
(Fuente: elaboración propia a partir de datos de Bioenergy Europe)

La biomasa forestal, como se ha mencionado antes, está compuesta en su mayoría por los restos de la industria maderera o los trabajos selvícolas como podas y clareos. La biomasa proveniente de la agricultura está compuesta fundamentalmente

por cultivos, sembrados especialmente para este fin y sus restos como puede ser la paja, que es el resto más común a utilizar. Dentro de los residuos biológicos, queda destacar que la mayor proporción provienen tanto de basuras orgánicas como las aguas residuales.

La tecnología que usa sobre todo la biomasa se puede dividir entre 2 campos muy grandes, el de la industria y el del hogar o residencias.

Dentro de la industria cabe mencionar las plantas de energía, plantas de calor, plantas eléctricas, plantas de biocombustibles, entre otras. Por el contrario, en el campo de las residencias se encuentra un mayor consumo sobre todo en calderas de biomasa y estufas de biomasa.

Tanto el sector de la industria como el del hogar comparten más o menos el mismo consumo, esto se refleja en el Gráfico 6, siendo el del sector industrial ligeramente superior con un 50,9%, lo que hace del sector de calderas y estufas consumidor del 49,1% restante.



Gráfico 7. Proporción del uso de la biomasa según los sectores de industria y hogar en Europa en 2017. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de Bioenergy Europe)

Por último, decir que el fin último de este consumo de biomasa es la generación de calor, electricidad y transporte de combustibles.

En Europa destaca fundamentalmente el uso de biomasa para la producción de calor, tanto en calderas como en estufas, siendo un porcentaje que ronda el 74,7% de consumo de biomasa para tal fin, según el Gráfico 7, creado a partir de los datos proporcionados por Bioenergy Europe (2017), también se observa la distribución en el uso de la biomasa para fines energéticos y de transporte con un 13,4% y un 11,9% respectivamente.

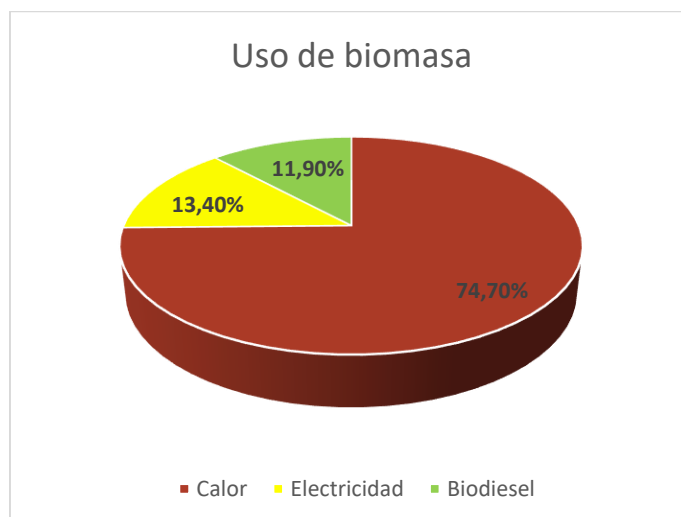


Gráfico 8. Proporción de uso de la biomasa en Europa en 2017. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de Bioenergy Europe)

Mencionar otros tipos de recursos energéticos provenientes tanto de manera vegetal, animal o humana, estos son el biogás, bioenergía sólida, biocombustibles, o los residuos municipales.

La industria europea del **biogás** es muy diversa y representa el 11,7% del consumo energético interior bruto de la biomasa.

Dependiendo de las prioridades nacionales, ya sea que la producción de biogás se considere principalmente como gestión de desechos, producción de energía renovable o una combinación de ambas, los países han desarrollado incentivos fiscales para favorecer determinadas materias primas. En este sentido, los dos países representan los dos extremos de escala: Alemania y Reino Unido. El 92% del biogás de Alemania proviene de la fermentación de cultivos y residuos de cultivos, mientras que el Reino Unido depende casi en su totalidad del gas de vertedero y lodos de depuradora, que representan el 60% de su producción total de biogás. Todos los demás países / regiones utilizan múltiples combinaciones de materias primas.

En los 28 países de la UE, los cultivos extensivos, estiércol y residuos en la industria agroalimentaria representan aproximadamente 3/4 de la biomasa utilizada en la producción de biogás, y esta proporción se ha triplicado desde 2010. El resto provienen de los lodos de depuradora y los vertederos.

El biogás y los biocombustibles representan, respectivamente, el 11,7% y el 11,4% del consumo energético interior bruto de biomasa. Ejemplos de estas materias primas incluyen:

Dentro de la **bioenergía sólida**, o energía obtenida a partir de biomasa es de entre todos los materiales de bioenergía, el material más popularmente usado en Europa ha sido siempre la madera. Sin embargo, en las últimas décadas, el patrón de consumo de leña ha ido cambiado más hacia la modernidad de los electrodomésticos de alta

eficiencia. El sector residencial retiene la mayor parte del consumo energético de madera maciza (27%), seguido del uso industrial de astillas de madera, con instalaciones superiores a 1 MW (22%), y el consumo energético del aprovechamiento a pequeña escala de astillas de madera es 14%. El consumo de pellets en los electrodomésticos modernos también está creciendo rápidamente y representa el 6% del consumo total de energía de madera de la UE.

Los **biocombustibles** representan el 11,4% del consumo energético interno total de biomasa en Europa y dentro de este sector se puede dividir en 2 ramas, bioetanol y biodiésel, cada uno de los cuales depende de diferentes materias primas para producir combustible. Según ePURE, la asociación europea de etanol renovable, en 2017 se produjeron 5,71 millones de toneladas de coproductos, de los cuales 4,32 fueron piensos. Los miembros de ePURE, por ejemplo, producían etanol utilizando cereales (75%), azúcares (21%), biomasa lignocelulósica (4%). En la UE, el bioetanol se produce principalmente a partir de cereales y derivados de la remolacha azucarera. El trigo se utiliza principalmente en el noroeste de Europa, mientras que el maíz se prefiere principalmente en Europa central y España. La materia prima más común para producir biodiésel es el aceite de colza., que representó el 44% de la producción total de biodiésel en 2017, pero su posición está disminuyendo considerablemente, principalmente debido al mayor uso de aceite vegetal reciclado / aceite de cocina usado (UCO) y aceite de palma.

Finalmente, los **residuos municipales** renovables son el cuarto tipo principal de biomasa para energía en Europa, alcanzando el 7,3% en 2017 y principalmente son obtenidos a partir de residuos agroalimentarios y los residuos biológicos domésticos.

Existen más de 492 instalaciones dentro de la EU-28 que podrían depender de la producción anual de residuos tanto de industrias como de municipios. En 2015, los europeos trataron una cantidad total de 245,2 millones de toneladas de residuos municipales, de los cuales el 27% se destinó a plantas de conversión de residuos en energía (67 millones de toneladas) que aún quedan por detrás de las prácticas de reciclaje (30%) y vertederos (24%).

3.3 Situación de la biomasa en España

España es una de las mayores potencias europeas a nivel de recursos de biomasa. Ocupa la tercera posición en Europa en recursos absolutos de biomasa forestal, siendo superados únicamente por Suecia y Finlandia, y el séptimo en términos per cápita.

Cuenta con una superficie forestal de 27.664.674 hectáreas, las cuales equivalen al 57% del total de la superficie nacional, y es el país de Europa con mayor incremento de bosques, con un ritmo de crecimiento anual del 2,2%, muy superior a la media de la UE (0,51 %).

Aun así, España tiene la peor ratio de Europa entre capacidad instalada y producción, ya que tiene una de las mayores capacidades de toda Europa en producir biomasa y no es aprovechada en su totalidad por el momento. Estos datos están recogidos en un informe de 2018 por Bioenergy Europe donde menciona que España cuenta con aproximadamente 80 plantas activas con una capacidad de producción de

1.760.000 toneladas y una producción real de 593.000, es decir, produce 1/3 de lo que podría producir, lo que hace posicionarlo en la última posición en Europa en la ratio capacidad/producción, pero el décimo en cuanto a producción.

El informe considera que España cuenta con pocos productores nuevos, aunque algunos de los existentes aumentaron su capacidad, y que se espera que varias plantas que están en proceso de construcción empiecen a operar en el período 2020/2021 para estar completamente operativas para 2021/2022.

Según los informes de la agencia internacional de energía renovable, España consumió en 2018 aproximadamente unos 617.685 TJ en energías renovables, donde el grueso se concentraba en los biocombustibles sólidos (29%), eólica (26%), hidráulica (17%) y biocombustibles líquidos (12%), estos datos pueden verse en el Gráfico 8.

También se puede ver que el gasto en pellets fue de menos del 1%, lo que hace ver el margen de crecimiento y el potencial que puede ofrecernos este tipo de biomasa.

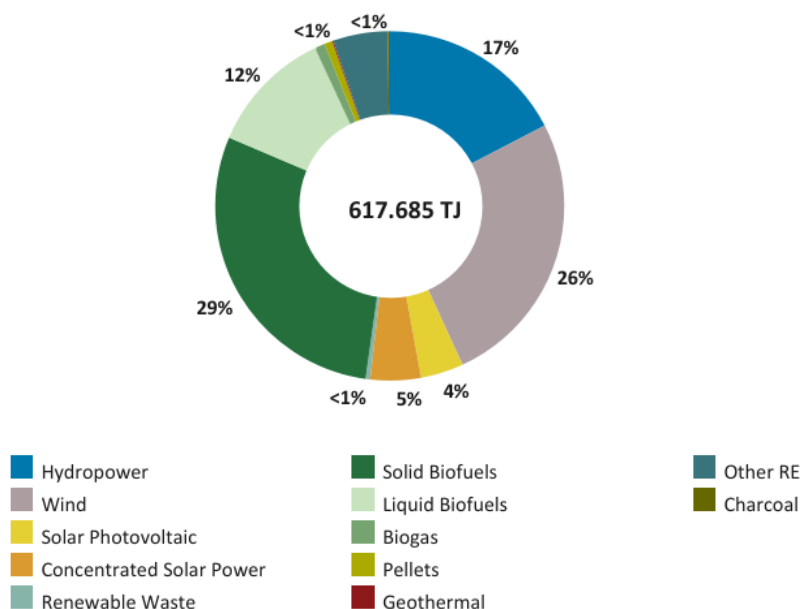


Gráfico 9. Porcentaje de consumo de las diferentes energías renovables en España en 2018.
(Fuente: International Renewable Energy Agency, 2018)

Si se habla del consumo que tienen los principales sectores de nuestro país, la agencia internacional de energías renovables nos facilita estos datos, como se puede ver en el Gráfico 9.

El sector que mayor acopio hace de estas energías renovables es el residencial, con un 37% del uso total de España, seguido de la industria (29%), el comercio (20%) y el transporte (12%) tal y como se muestra en el Gráfico 10.

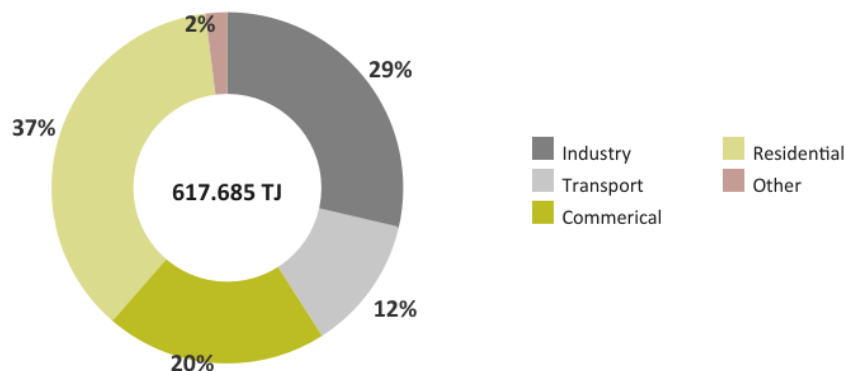


Gráfico 10. Porcentaje de consumo de energías renovables dependiendo el sector en España en 2018. (Fuente: International Renewable Energy Agency, 2018)

3.3.1 Uso de biomasa en España con fines térmicos

En España se han utilizado tradicionalmente las biomásas para generar bioenergía en forma de electricidad y calor, principalmente.

La producción de energía térmica a partir de biomasa (calor para edificios e industrias) ha ido progresando lentamente en España y actualmente se consumen en torno a cuatro mil kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), mientras que en otros países europeos del entorno y características de España se consume significativamente más, como en Francia que están en torno a 10 ktep e Italia 7,1 ktep.

La energía térmica que se genera (sobre todo mediante combustión) se utiliza para calefacción, producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.) y como aporte para determinados procesos industriales. Se aprovecha en edificaciones, en conjuntos de edificios (mediante redes de calor de distrito o district heating) y en industrias. En el ámbito doméstico se utilizan estufas individuales, que pueden ser tanto de aire para calentar una única estancia (como las estufas tradicionales mejoradas y actualizadas a las necesidades de los usuarios actuales) como de agua. En este caso pueden adaptarse al circuito de radiadores o de suelo radiante de la edificación, entre otros sistemas.

Para edificaciones de mayor tamaño que una única estancia o vivienda, como puede ser un bloque de viviendas o un edificio público de cualquier tipo (biblioteca, centro de salud, etc.), se emplean calderas cuyo funcionamiento es equiparable al de las calderas alimentadas por combustibles convencionales (gasóleo C o gas natural), que suministran calefacción y agua caliente. Estas calderas pueden ser de varios tipos, desde calderas convencionales adaptadas para biomasa (caldera de gasóleo con quemador de biomasa), calderas estándar de biomasa (pélets, astillas, cáscaras de frutos secos), calderas mixtas (pueden alternarse varios combustibles en la misma caldera), hasta calderas a condensación de máximo rendimiento (sólo para pélets).

A continuación, en la Imagen 1 se observa la distribución de fábricas españolas productoras de pellets, asillas y huesos de aceituna como biocombustible sólido para calderas en 2020. Los círculos de color rojo marcan las fábricas de pellets, los verdes las de astillas y las azules las de hueso de aceituna. El tamaño de los círculos indica la cantidad de toneladas de producción del biocombustible sólido al que representan,

siendo el mayor de más de 30.000 t/año y el menor de menos de 10.000 t/año aproximadamente.

El mayor número de estas fábricas se concentra en las comunidades de Castilla y León, Cataluña y Andalucía, siendo esta última la que más fábricas de hueso de aceituna tiene, evidentemente relacionado con la gran superficie de olivares que ostenta.

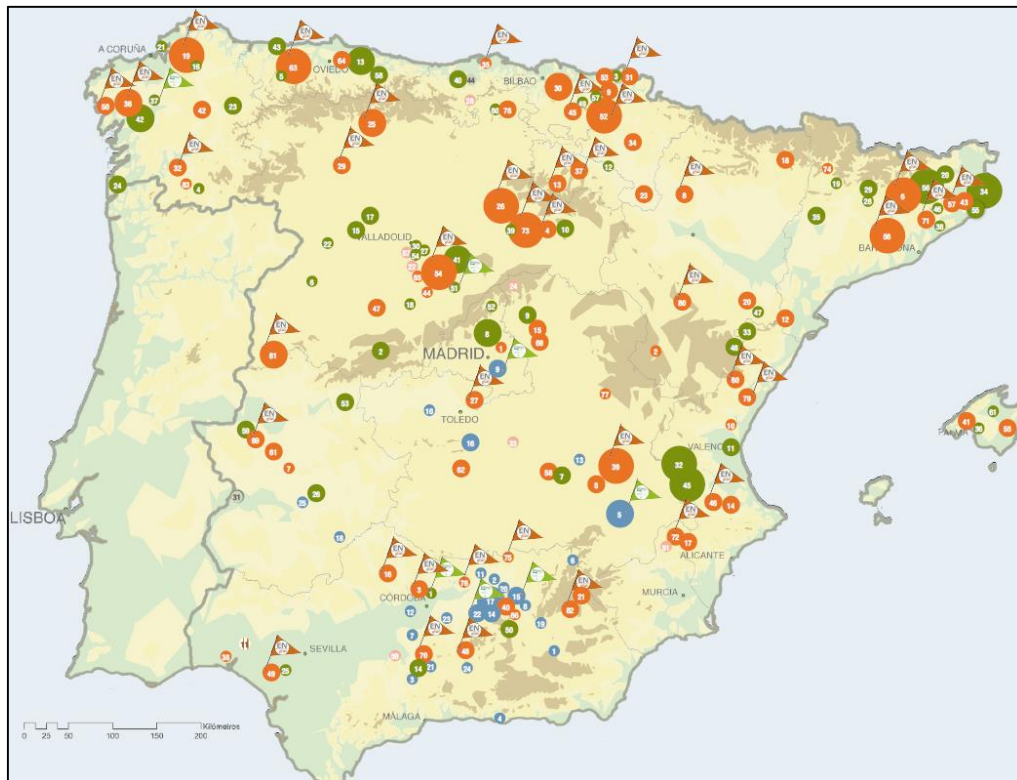


Imagen 1. Mapa de localización de fábricas de pellet, astilla y hueso de aceituna en España, 2020. (Fuente: Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa).

La limitación de estos sistemas en las edificaciones va a venir principalmente de la mano de la necesidad de disponer de un espacio para almacenar los biocombustibles (péllets, astillas, etc.) que sea lo suficientemente amplio y seco. Para edificios de nueva construcción, a priori no supondría problema alguno si se tiene en consideración esta necesidad de almacenamiento de las biomásas cuando se diseña el edificio. Asimismo, para edificios ya construidos cuyo sistema de calefacción fuera carbón o gasóleo C, tampoco debería suponer una limitación pues el espacio en el que se almacenaba el carbón o donde se ubicaba el depósito de gasóleo, podría utilizarse para almacenar las biomásas si se sustituyesen estos sistemas fósiles por biomasa.

El factor de emisión de la biomasa es neutro, pues la comunidad científica ha demostrado que el CO₂ que se emite en la valorización energética es el mismo que se ha acumulado durante el ciclo de vida de la biomasa en cuestión. Cuando se desea aportar calefacción y agua caliente a un conjunto de edificios con un mismo sistema, puede construirse una red de calefacción centralizada. Existen numerosas instalaciones de este tipo en Europa, alimentadas tanto por combustibles fósiles como por biomásas.

En España actualmente hay 310 redes de calor alimentadas por biomasa (ADHAC, 2018).

La capacidad de alguna de estas redes resulta realmente ambiciosa, por ejemplo, en Móstoles (Madrid) se han proyectado redes de calor de distrito alimentadas por biomasa para dar servicio a casi 7.500 viviendas que antes utilizaban gas natural o gasoil en diferentes zonas y barrios de Móstoles Norte y Oeste, como El Soto, Hospital o Ivasa. En su fase de máximo despegue, el proyecto calcula una reducción de emisiones de 30.840 toneladas de CO₂ anuales, una cifra que supone un 7% de los compromisos de reducción adquiridos por la ciudad con la firma del Pacto de los Alcaldes. También tendrá potencial para suministrar calefacción y agua caliente a grandes instalaciones públicas como la Universidad Rey Juan Carlos o los hospitales Rey Juan Carlos y Universitario de Móstoles.

3.3.2 Uso de biomasa en España con fines eléctricos

Uno de los mayores fines a los que se destina la biomasa en España es a la generación de electricidad, como siempre el mayor gasto energético se produce en los meses del año más fríos, correspondiendo a los meses entre noviembre y marzo.

En años anteriores la proporción de energía renovable era algo menor, siendo siempre superada por las no renovables, como se puede ver en el Gráfico 11, en el historial de los últimos 5 años las renovables siempre rondaban cerca del 40% aunque no llegaban a superarlo, esto en el año 2020 cambió llegando casi a un 46%.

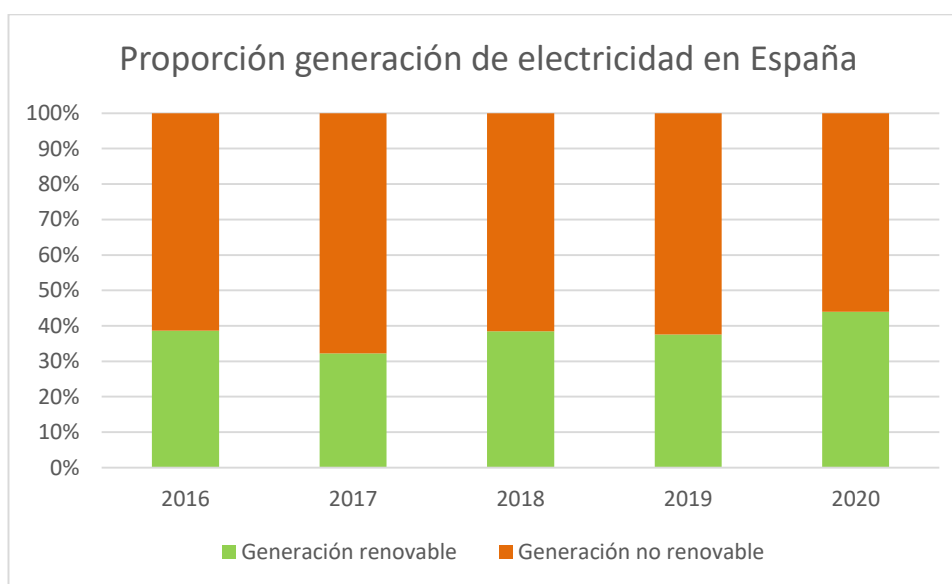


Gráfico 11. Proporción en la generación de electricidad entre energías renovables y no renovables en España en los períodos del 2016 al 2020. (Fuente: elaboración propia a través de datos proporcionados por Red Eléctrica de España).

Aunque se ha avanzado bastante en los últimos años, la energía renovable generada en este último año natural está un poco por debajo de la electricidad producida por las no renovables como se muestra en el Gráfico 12.

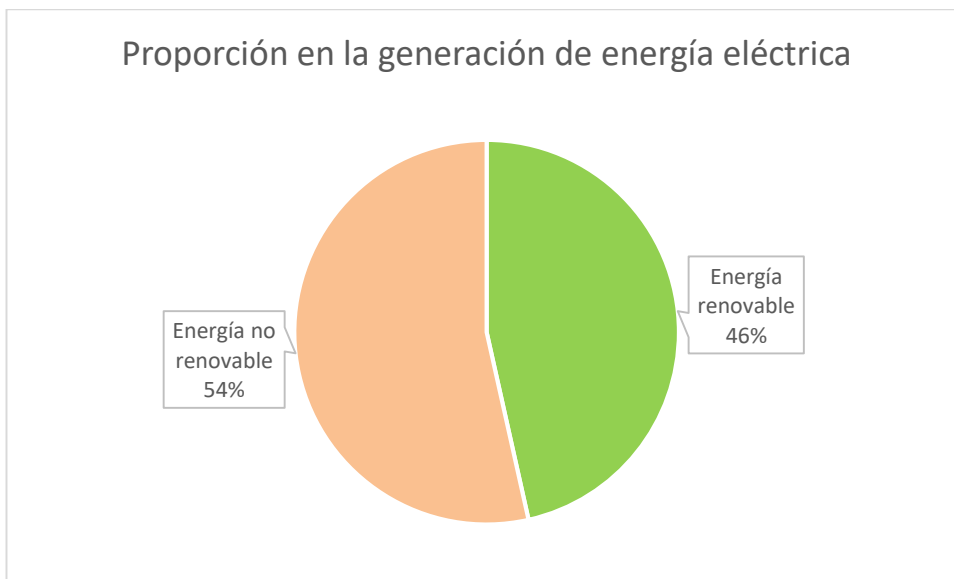


Gráfico 12. Proporción de generación de energía eléctrica en España en el período del 05/2020 al 04/2021. (Fuente: elaboración propia a través de datos proporcionados por REE).

Mencionar también la proporción en la que las energías renovables se usan para fines eléctricos, y la proporción para lo mismo, pero con energías no renovables, esto se puede ver en el Gráfico 13 y Gráfico 14 respecto al último año entre los meses de mayo de 2020 y abril de 2021.

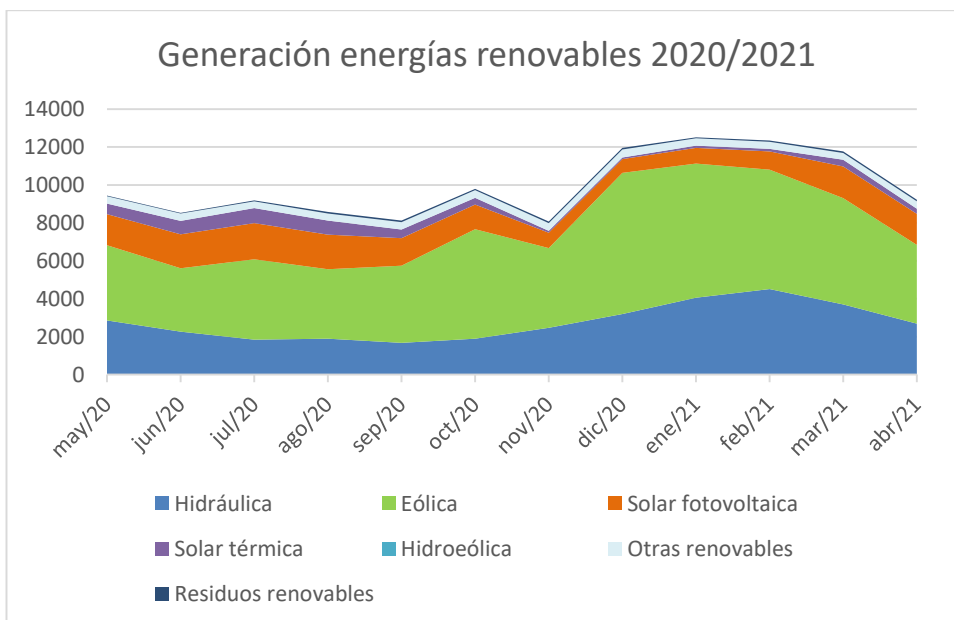


Gráfico 13. Generación de energía eléctrica (GWh) de las diferentes energías renovables en España entre el 05/2020 al 04/2021. (Fuente: elaboración propia a partir de la REE).

En los últimos años la predominancia en la generación de electricidad se lo llevan las eólicas, seguidas de cerca por las hidráulicas y algo más lejos, pero nada

despreciable las solares, tanto fotovoltaica como solar térmica. Esto es debido en gran parte a las enormes inversiones que se hicieron años atrás tanto en parques eólicos como solares.

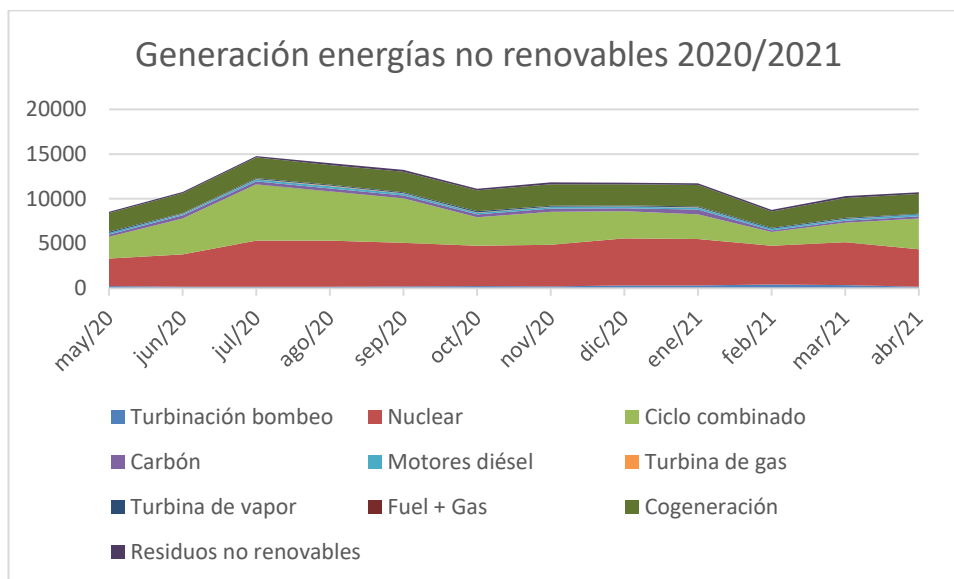


Gráfico 14. Generación de energía eléctrica (GWh) de las diferentes energías no renovables en España entre el 05/2020 al 04/2021. (Fuente: elaboración propia a partir de la REE).

Mencionar que dentro de las no renovables siguen siendo dominantes las energías nucleares, las de ciclo combinado y las de cogeneración.

Las actividades económicas relacionadas con las plantas de biomasa son diversas, desde la extracción y movilización de recursos de biomasa, pretratamiento, transporte y almacenamiento hasta la propia valorización energética en instalaciones de generación eléctrica o termoeléctrica.

Respecto al tema económico relacionado con la biomasa en España, su contribución en cuanto a las instalaciones existentes es de un valor agregado total de 2.732 millones de euros, 32.945 empleos directos, indirectos e inducidos y 1.101 millones de euros en tesorerías públicas (en concepto de valor agregado impuesto de sociedades), impuesto a la producción de electricidad, impuesto sobre la renta de las personas físicas y contribuciones a la seguridad social).

3.4 El Pellet en España

La situación en España respecto al consumo de pellets ha cambiado en los últimos años, poniéndose de “moda” el autoconsumo de biomasa en forma de pellet para uso doméstico o industrial, experimentando un crecimiento constante hasta día de hoy y donde se espera que el consumo de este tipo de biomasa siga aumentando en los próximos años.

Tabla 2. Evolución en las producciones y consumos (t/año) del pellet en España y sus predicciones (2020 y 2022). (Fuente: AVEBIOM).

	Capacidad instalada (t/año)	Nº plantas	Producción (t/año)	Consumo (t/año)
2012	950.000	40	250.000	175.000
2013	975.000	42	350.000	380.000
2014	1.125.000	45	410.000	350.000
2015	1.250.000	79	475.000	400.000
2016	1.600.000	82	490.000	475.000
2017	1.747.000	78	529.000	529.000
2018	1.760.000	79	593.000	573.000
2019	1.878.000	82	714.000	675.000
2020*	2.000.000	84	650.000	690.000
2022*	2.200.000	88	900.000	800.000

* estimaciones realizadas por AVEBIOM

La Capacidad Máxima Teórica se calcula a partir de la producción máxima que pueden alcanzar las fábricas de pellets en función de sus granuladoras o secaderos, trabajando 8.000 horas al año.

Según el informe estadístico sobre producción y consumo de pellets que realiza AVEBIOM anualmente, se estima que en el 2022 haya una producción de pellets de madera de 900.000 t y un consumo de 800.000 t al año.

Este año 2021 es muy atípico y se carecen de datos por parte de AVEBIOM, pero en el último año con datos reales, en el 2019, existían ya 82 plantas de pellets operativas, que producían anualmente en España unas 714.000 t de pellets, y el consumo ese mismo año fue de 675.000 t.

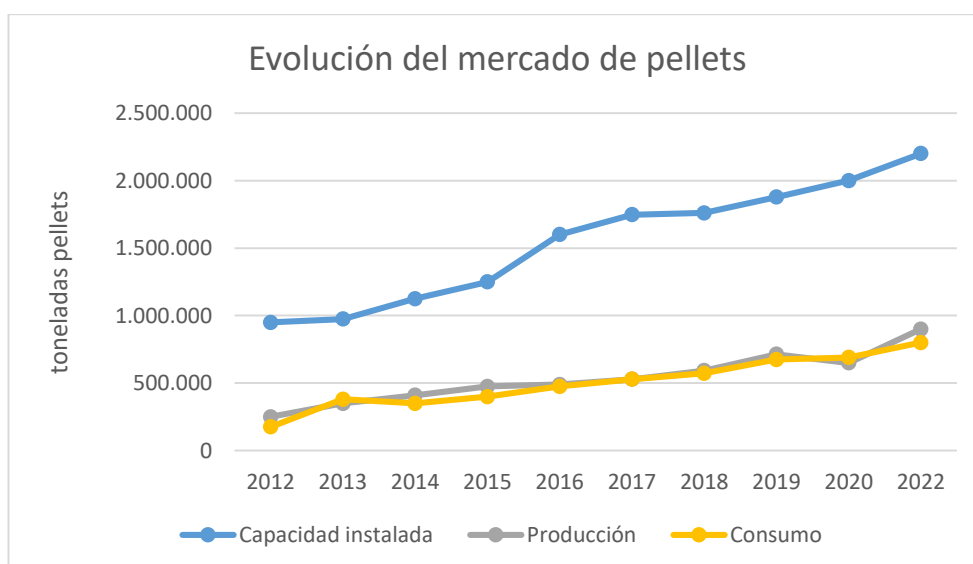


Gráfico 15. Evolución del mercado de pellets en España. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de AVEBIOM).

En todos los años, salvo en la producción estimada para el año 2020 y el consumo del 2014, se mantiene un ascenso tanto en la producción como en el consumo de este tipo de biomasa tal y como se puede ver en Gráfico 15.

Producción y consumo van dados de la mano, siempre siendo la producción algo más elevada que el consumo, en parte debido a la pequeña exportación que existe por parte de los productores nacionales.

3.5 Normativa y certificados

La calidad de la biomasa, en este caso pellets, es importante a la hora de la venta de estos productos, dando una tranquilidad y confianza a los consumidores que esperan que el rendimiento de los pellets comprados sea el máximo y en las mejores condiciones y dará a este producto una diferenciación con respecto los demás biocombustibles del mercado.

Para ello se intentará que la calidad del pellet producido (en caso de hacerse un proyecto de peletizado de la biomasa forestal de los montes de Ampudia) sea el exigido por la normativa europea y se consiga un certificado de calidad ENPlus,

Esta certificación tiene como objetivo conseguir un suministro de pellet con una calidad consistente del producto a lo largo de toda la cadena de suministro según la norma europea EN 14961-2. Este sistema divide los pellets de biomasa forestal en tres clases atendiendo a su calidad según la norma ISO 17225-2.

Los requisitos necesarios, dependiendo de las clases de calidad, para obtener un pellet de calidad según el sello de calidad ENPlus se muestran a continuación.

En cuanto a las etiquetas y sellos de ENPlus, el organismo en España con las competencias encargado de proporcionar el número de identificación a cada empresa certificada es AVEBIOM.

Esta etiqueta que constituye el sello de certificación ENPlus tiene un ID único como ya se ha mencionado antes, el cual consta de cinco caracteres: los dos primeros caracteres indican el país donde se encuentra la planta (ES para España) y los tres caracteres después del código del país (001 a 299) proporcionan el número del productor certificado en dicho país.



Imagen 2. Sello de calidad con el logotipo de identificación y el sello de certificación.
(Fuente: Burpellet).

El sello de calidad debe aparecer en la etiqueta de todos los pellets vendidos y además, debe combinar el logotipo de identificación y el sello de certificación.

Existen diferentes tipos de calidad dentro del certificado ENPlus, A1, A2 y B, de mayor a menor calidad del producto dependiendo de la biomasa que componga estos pellets.

Tabla 3. Clases de biomasa permitida dependiendo la calidad que se quiera obtener.
(Fuente: ENPlus).

ENplus A1		ENplus A2		ENplus B	
1.1.3	Fuste ^{a)}	1.1.1	Árboles completos sin raíces ^{a)}	1.1	Biomasa leñosa procedente del monte, plantación y otra madera virgen ^{a)}
1.2.1	Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}	1.1.3	Fuste ^{a)}	1.2.1	Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}
		1.1.4	Residuos de corta ^{a)}		
		1.2.1	Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}	1.3.1	Madera usada no tratada químicamente ^{c)}

Además del origen y el tipo de madera que se usa para cumplir con los diferentes certificados, hay que añadir las propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas que tienen que cumplir los lotes de los pellets para alcanzar el grado máximo de excelencia, estas propiedades se muestran a continuación:

Tabla 4. Propiedades del pellet para cada certificado de calidad de ENplus. (Fuente: ENPlus).

Propiedad	Unidad	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Norma de ensayos ¹¹⁾
Diámetro	mm	6 ± 1 u 8 ± 1			ISO 17829:
Longitud	mm	3,15 < L ≤ 40 ⁴⁾			ISO 17829:
Humedad	% en masa ²⁾	≤ 10			ISO 18134
Cenizas	% en masa ³⁾	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Durabilidad mecánica	% en masa ²⁾	≥ 98,0 ⁵⁾	≥ 97,5 ⁵⁾		ISO 17831-1
Finos (< 3,15 mm)	% en masa ²⁾	≤ 1,0 ⁶⁾ (≤ 0,5 ⁷⁾)			ISO 18846
Temperatura de los pellets	°C	≤ 40 ⁸⁾			
Poder calorífico neto	kWh/kg ²⁾	≥ 4,6 ⁹⁾			ISO 18125
Densidad aparente	kg/m ³ ²⁾	600 ≤ BD ≤ 750			ISO 17828
Aditivos	% en masa ²⁾	≤ 2 ¹⁰⁾			-
Nitrógeno	% en masa ³⁾	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Azufre	% en masa ³⁾	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Cloro	% en masa ³⁾	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Temperatura de deformación de las cenizas ¹⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsénico	mg/kg ³⁾	≤ 1			ISO 16968
Cadmio	mg/kg ³⁾	≤ 0,5			ISO 16968
Cromo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cobre	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Plomo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Mercurio	mg/kg ³⁾	≤ 0,1			ISO 16968
Níquel	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cinc (Zn)	mg/kg ³⁾	≤ 100			ISO 16968

1) Cenizas producidas a 815°C.

2) Según se recibe.

3) Base seca.

4) Un máximo del 1% de los pellets pueden tener más de 40mm de longitud; no se admiten más de 45mm de largo.

5) En el punto de carga de la unidad de transporte en el centro de producción.

6) En la puerta de la fábrica o cuando se carga el camión para entregas a usuarios finales.

7) En la puerta de la fábrica, cuando se llenan bolsas de pellets o bolsas grandes selladas.

8) En el último punto de carga para entregas en camión a usuarios finales.

9) Equivale a >16.5MJ/kg según se recibe.

10) La cantidad de aditivos se limitará al 1´8% en masa, y la cantidad de aditivos de postproducción se limitará al 0´2% en masa.

11) Mientras no se publiquen las normas ISO mencionadas los análisis se realizarán conforme a las normas CEN correspondientes.

Dentro de las clases de calidad ENplus exceden los requisitos de la norma ISO en las siguientes condiciones:

- **Para A1:** la durabilidad mecánica debe ser >98% en masa.
- **Para B:** la durabilidad mecánica debe ser >97´5% en masa.
- **Límite de finos en bolsas:** 0´5% en masa en puerta de fábrica.
- **Límite de temperatura de los pellets en punto de carga para entregas a usuarios:** 40°C.

4 Ingeniería del proceso.

En este apartado se tratarán temas generales sobre la zona en la que se encuentra el estudio, como son los datos del municipio, los procesos que se tendrían que realizar para el peletizado o las diferentes alternativas que pueden llevarse a cabo o la información correspondiente de nuestra zona de estudio como pueden ser los M.U.P.

4.1 Zona del estudio

4.1.1 Municipio de Ampudia

El término municipal de Ampudia es una población de la provincia de Palencia, situada en la región de Castilla y León en España, está dentro de la comarca denominada Tierra de Campos, la cual se extiende entre las provincias de Palencia, Valladolid, Segovia y León.

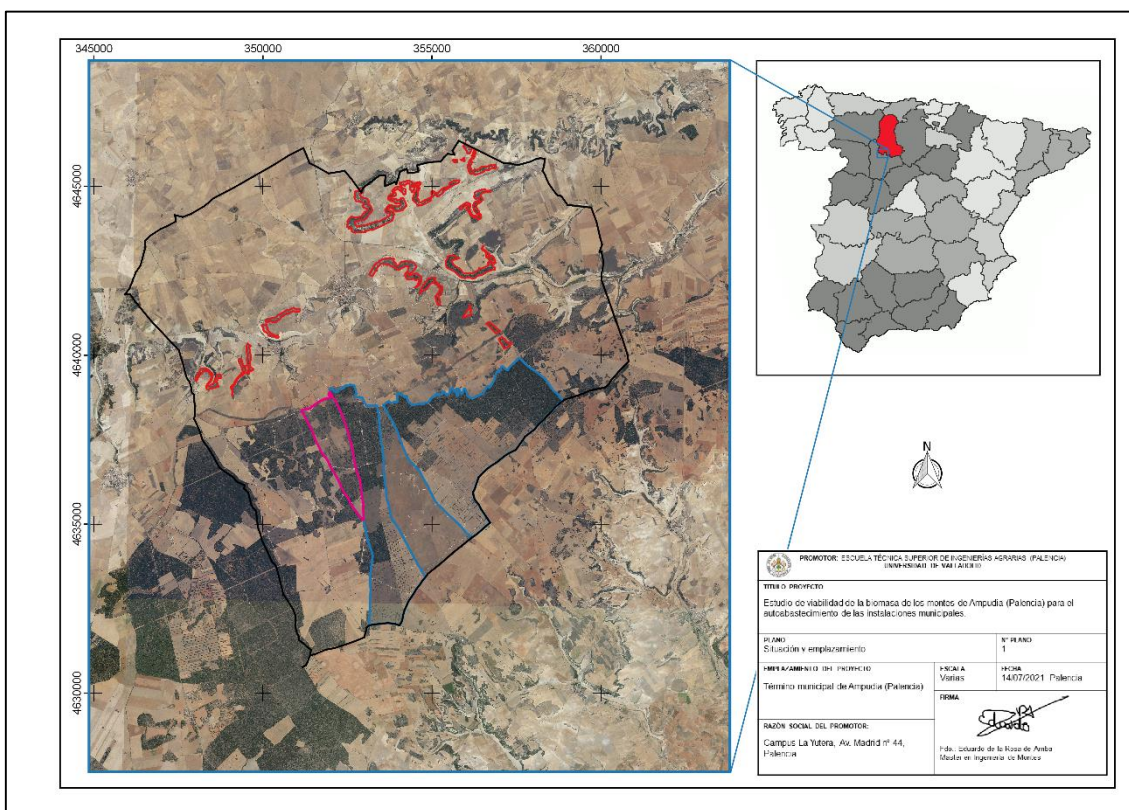


Imagen 3. Plano de situación y emplazamiento de Ampudia y sus montes de utilidad pública.
(Fuente: elaboración propia).

Situado a una latitud de 41° 54' 50" Norte y una longitud de 4° 46' 48" Oeste en el meridiano de Greenwich. Cuenta con una población de 606 habitantes (2020) lo que equivale a 4,55 habitantes por Km², una altitud de 794 metros sobre el nivel del mar y una superficie de 133,17 km².

De gentilicio ampudiano/a, el municipio limita con la provincia de Valladolid y con los municipios de Torremormojón (Pa), Villerías (Pa), Villalba de los Alcores (Va) y

Quintanilla de los Trigueros (Va). Se encuentran a una distancia de 38 km de la ciudad de Valladolid y a una distancia de 26 km de Palencia capital.



Imagen 4. Municipios con los que limita Ampudia y su orientación con ellos.
(Fuente: ayuntamiento-espana.es).

4.1.2 Historia

Encontramos en Ampudia una población con amplia historia, para empezar, el municipio llegó a tener una población de 16 000 personas, fue una importante sede episcopal llegando a ostentar 3 conventos, uno de Templarios, uno de monjas Claras y otro de Agustinos.

La historia empieza en la Alta Edad Media, con la creación del Condado de Ampudia, estrechamente ligado a los Rojas, desde Sancho de Rojas a Francisco de Sandoval y Rojas.

A comienzos del s. XV el obispo de Palencia y arzobispo de Toledo de aquel entonces, Sancho de Rojas, dona a su sobrino Pedro García de Herrera, el feudo de Fuent Pudi, quien obtuvo el privilegio para instituir mayorazgo con la villa del rey del momento Juan II.

Se convierte en villa de señorío en el partido de Campos, Abadía Mitrada exenta Nullius diócesis, ostentando el pueblo en su totalidad con 1 Alcalde Mayor, 1 cabildo de la colegiata, a la que está unido la parroquia, 3 ermitas, 1 convento de Gilitos, 1 hospital, 1 pósito, 1 castillo antiguo; 500 vecinos y 2168 habitantes según relata Sebastián Miñano a principios del siglo XIX.

La localidad de Ampudia se convierte en municipio constitucional en el partido de Palencia con la caída del Antiguo Régimen. Por las fechas de 1842 contaba ya con 353 hogares y 1836 vecinos y en el s. XX, concretamente en los años 70 la villa crece al incorporar a Valoria del Alcor dentro del término municipal.

Para terminar, en 1965 el núcleo urbano se declaró Conjunto Histórico-Artístico debido en parte a su gran atractivo histórico y a sus calles porticadas.

4.1.3 Población

La demografía es importante para explicar la evolución de una población, estudiando tanto su estructura como la dinámica de poblaciones de un municipio, región, país, etc.

En el Gráfico 16 se muestra como la población de Ampudia lleva un decrecimiento constante desde el año 1986 y viendo un muy ligero ascenso de población en los años 2014 a 2016 y manteniéndose más o menos estable sobre las 606 personas en 2020. Esta disminución es debida en parte a la huida de la gente a las ciudades en busca de mejores condiciones y trabajo en general. El efecto de despoblación en los municipios pequeños ocurre a nivel nacional y es lo que comúnmente denominamos la “España vaciada” o éxodo en la zona rural.

Se observa también como el número de población masculina y femenina son algo parejos, siendo siempre ligeramente menor la femenina, en parte por la marcha a las ciudades, donde tienen más oportunidades de trabajo que en el mundo rural.

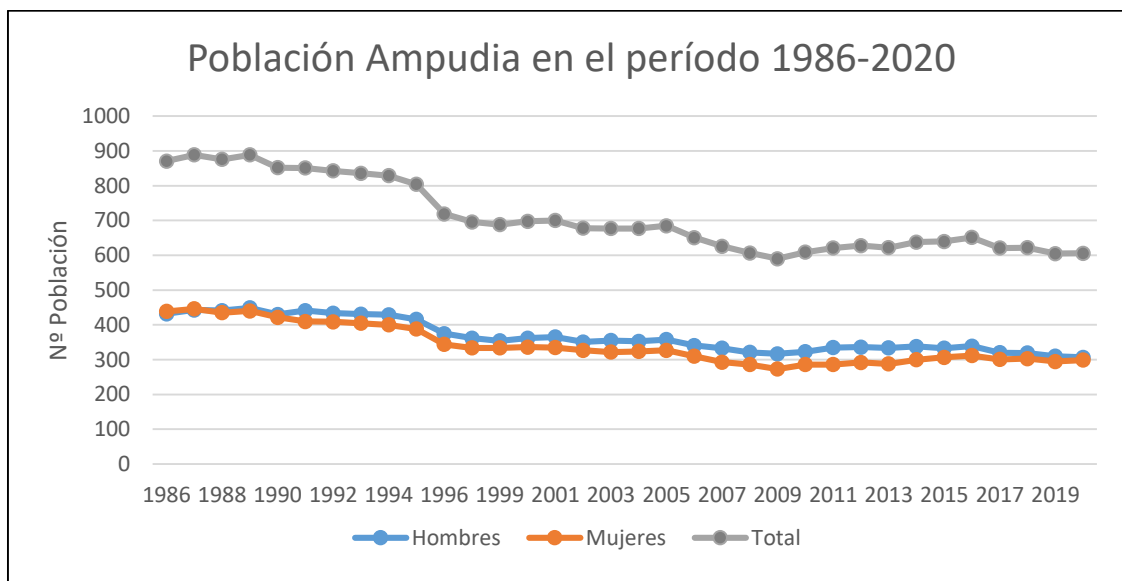


Gráfico 16. Evolución poblacional de Ampudia en el período entre 1986 a 2020. (Fuente: INE).

Si se miran los datos desde una perspectiva más lejana, en el caso del Gráfico 17, se observa como en los años entre 1910 y 1920 hubo un incremento de población, que rápidamente empezó a disminuir de manera drástica década a década hasta hoy en día, donde prácticamente se ha reducido un tercio la población en un período de 100 años.

Entre el 1920 y el 2020, es cuando una vez más el éxodo rural hacia unas mejores condiciones y posibilidades hizo mella en el municipio, donde antes todo el mundo trabajaba en la agricultura y ganadería.

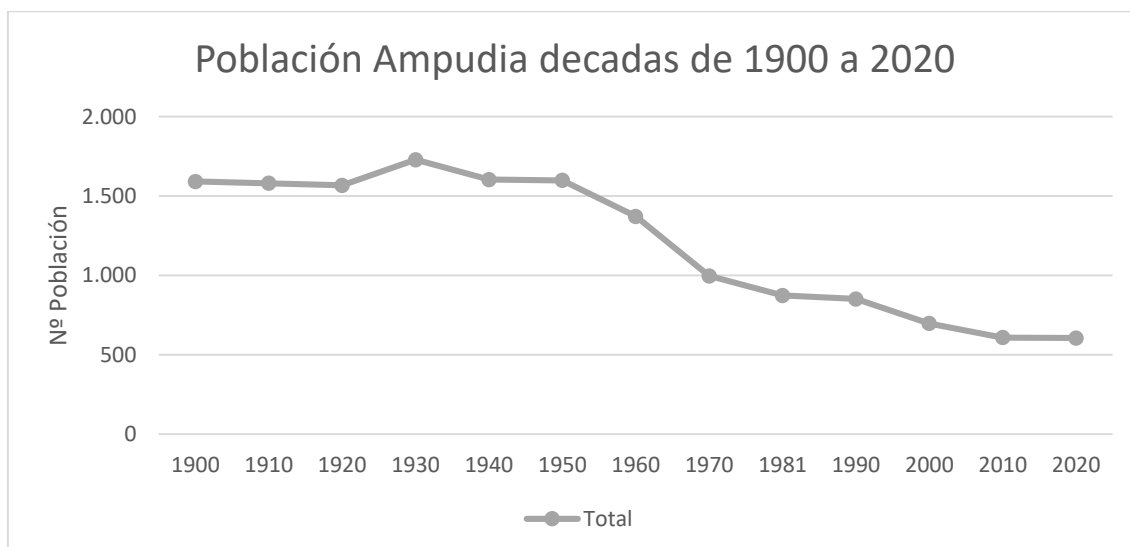


Gráfico 17. Evolución Poblacional de Ampudia de las décadas comprendidas entre 1900 y 2020. (Fuente: INE).

Una vez conocida la población total distribuida por sexos, falta hablar de la distribución poblacional por edades, representada a través de una pirámide como se puede ver en el Gráfico 18.

En el caso de Ampudia, como es común ver en la mayoría de municipios de España, la población de mayores (>85 años) es la más alta, siendo las mujeres las que ocupan casi 2/3 de esta. Se trata de una población envejecida donde los mayores superan claramente la poca población joven que queda, estos comprendida entre 0- 19 años, donde es ridículamente inferior a los demás.

Como se menciona con anterioridad, la población masculina predomina ligeramente en la mitad de la pirámide, siendo superados únicamente en las edades más altas e igualada en las edades más tempranas.

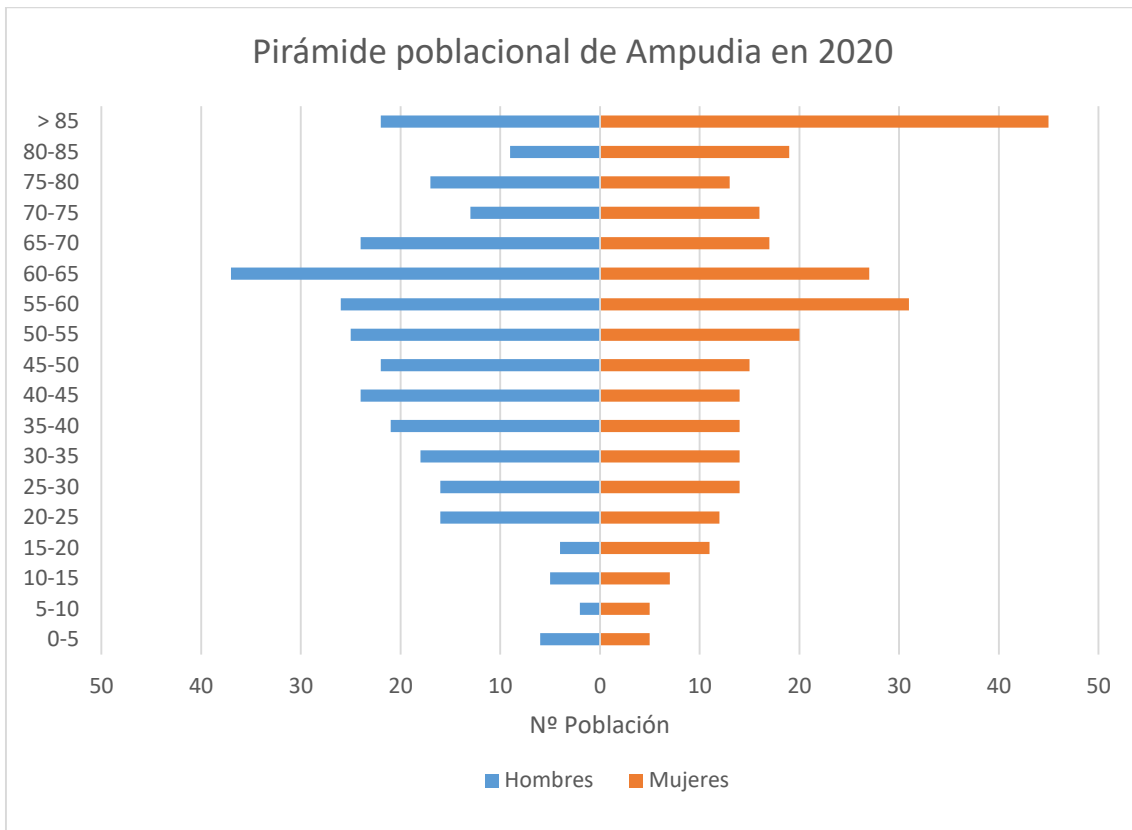


Gráfico 18. Pirámide poblacional de Ampudia, 2020. (Fuente: INE).

Por último, se menciona el saldo vegetativo de la población de Ampudia, el cual es la diferencia entre los nacidos y los fallecidos en un año determinado, en el Gráfico 19 se muestra dicho saldo vegetativo en un período de 23 años, desde los años 1996 hasta 2019.

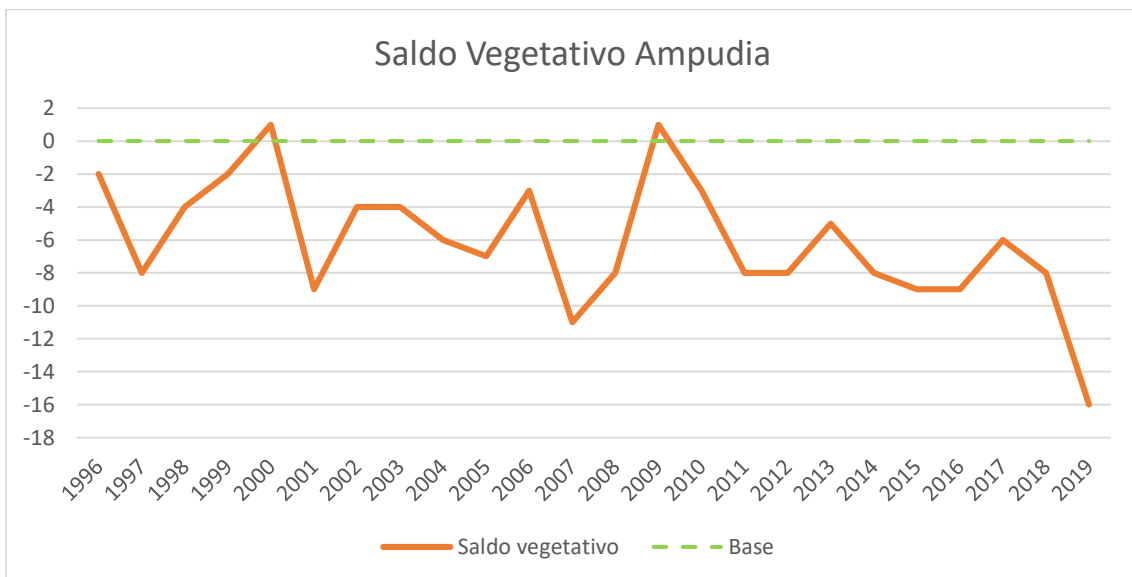


Gráfico 19. Saldo Vegetativo de Ampudia de 1996 a 2019. (Fuente: INE).

Como se puede ver en el Gráfico 19 el saldo vegetativo en la mayoría de los años es negativo, lo que significa que en esos años en concreto ha habido más defunciones que nacimientos, debido a esto la población también va disminuyendo, que sumado al éxodo rural a las grandes ciudades deja año tras año al municipio de Ampudia con menos habitantes.

4.1.4 Economía

La población actual del municipio se mantiene principalmente por la actividad agrícola y los derivados de esta y por la actividad empresarial de servicios tales como los alojamientos turísticos, restaurantes, bares, comercios, etc.

Tabla 5. Censo agrario y número de empresas en el término municipal de Ampudia. (Fuente: INE).

Datos económicos término municipal Ampudia	
Censo Agrario. Número de Explotaciones	67
DIRCE. Número de empresas	35

Además, mencionar que según los datos publicados por el SEPE el número total de parados es de 16, de los cuales 6 son hombres y 10 mujeres a mayo del 2021.

Las personas mayores de 45 años con 9 parados son el grupo de edad más afectado por el paro, seguido de los que se encuentran entre 25 y 44 años con 7 parados, el grupo menos numeroso son los menores de 25 años con 0 parados.

Por sectores vemos que en el sector servicios es donde mayor número de parados existe en el municipio con 12 personas, seguido de la agricultura con 2 parados, la industria con 2 parados, las personas sin empleo anterior sin ningún parado y el sector de la construcción sin ningún parado también.

Tabla 6. Datos de paro registrado a mayo del 2021 en el término municipal de Ampudia.
(Fuente: INE).

may-21	Total Parados	Variacion			
		Mensual		Anual	
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
Agricultura	2	0	0%	2	100.00 %
Industria	2	-1	-33.33 %	-1	-33.33 %
Construcción	0	0	0%	0	0%
Servicios	12	0	0%	3	33.33 %
Sin empleo anterior	0	0	0%	0	0%
menores de 25 años:	0	0	0%	-1	-100.00 %
Hombres	0	0	0%	-1	-100.00 %
Mujeres	0	0	0%	0	0%
entre 25 y 44 años	7	-1	-12.50 %	0	0%
Hombres	3	-2	-40.00 %	-1	-25.00 %
Mujeres	4	1	33.33 %	1	33.33 %
mayores de 45 años	9	0	0%	5	125.00 %
Hombres	3	0	0%	2	200.00 %
Mujeres	6	0	0%	3	100.00 %
Hombres	6	-2	-25.00 %	0	0%
Mujeres	10	1	11.11 %	4	66.67 %
Total	16	-1	-5.88 %	4	33.33 %

Por sectores vemos que en el sector servicios es donde mayor número de parados existe en el municipio con 12 personas, seguido de la agricultura con 2 parados, la industria con 2 parados, las personas sin empleo anterior sin ningún parado y el sector de la construcción sin ningún parado también.

4.1.5 Flora y fauna

La vegetación natural ha quedado relegada a las zonas con peores condiciones topográficas y edáficas, los bosques dominantes corresponden a quejigos (*Quercus faginea*) y encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*), y las aulagas (*Genista scorpius*) son el matorral más abundante tras el abandono.

Además, existe un estimable porcentaje de suelo repoblado con diversas especies de pinos, principalmente de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y pino piñonero (*Pinus pinea*).

La mayor parte del territorio está dominado por cultivos de secano, llegando estos hasta las zonas más pedregosas del páramo. Las especies principales que se cultivan en la zona son la avena, el trigo y algo de centeno, aunque también existen parcelas cultivadas de alfalfa, girasol y guisante.

La fauna de la zona corresponde principalmente a especies de distribución mediterránea. La zona de estudio presenta poblaciones estables de ungulados forestales como el jabalí y el corzo, además de otras especies de mamíferos como el zorro, ratones, musarañas o topillos.

Además, posee una gran variedad de especies ornitológicas emblemáticas, tanto de aves esteparias como acuáticas por su cercanía a la Laguna de la Nava como son la abubilla, halcón pelegrino, ánade real (azulón), aguilucho cenizo, pito real, etc.

4.2 Montes de Utilidad Pública de Ampudia

En el siguiente apartado se muestran los datos sobre la localización, superficies y especies predominantes de los M.U.P. que pertenecen al término municipal de Ampudia, los cuales corresponden a los números 415, 416 y 495 del catálogo de montes de utilidad pública de la provincia de Palencia que nos ofrece Medio Ambiente en la Junta de Castilla y León.

4.2.1 M.U.P. Nº 495 “Laderas de Ampudia”

El Monte de Utilidad Pública “Laderas de Ampudia” nº 495 se encuentra dentro del Partido Judicial nº1 de Palencia, es un consorcio entre los términos municipales de Ampudia y Valoria del Alcor.

Según los datos aportados por el ayuntamiento de Ampudia y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el M.U.P. nº495 es un conjunto de laderas situadas al Norte y Oeste del municipio de Valoria del Alcor y las laderas situadas al Norte, Este y Oeste del municipio de Ampudia.

Este conjunto de laderas tiene una extensión pública total sin enclavados de 269,85 ha, de uso forestal en su totalidad.

Dentro de las agrupaciones forestales en este monte según el 3º Inventario Forestal Nacional (IFN3) predominan las masas de coníferas de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y pino piñonero (*Pinus pinea*). También encontramos unas pequeñas masas de encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) Estos datos se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Diferentes masas forestales con sus especies predominantes en el M.U.P. nº 495 “Laderas de Ampudia” del término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia a partir de MITECO).

Clase	Masa	Especies
Frondosas	Encinar	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>
Coníferas	Pinar de pino carrasco	<i>Pinus halepensis</i>
	Pinar de pino piñonero	<i>Pinus pinea</i>

Los límites del M.U.P. según el Catálogo de M.U.P. de Palencia son:

- **Norte:** Con tierras particulares agrícolas de los municipios de Torremormojón y Ampudia.
- **Este:** Monte "La Torre" de propiedad privada y del mismo término municipal

a lo largo del camino de Torremormojón a Trigueros.

- **Sur:** Con las laderas Oeste con el municipio de Valoria del Alcor, con las laderas norte con el municipio de Ampudia.
- **Oeste:** Con la provincia de Valladolid, términos de Quintanilla de Trigueros, Trigueros del Valle y Corcos.

En la Imagen 5, se muestra la distribución de las diferentes masas mencionadas anteriormente dentro del M.U.P. nº 495 “Laderas de Ampudia”, donde se observa la predominancia de las coníferas frente a las frondosas.

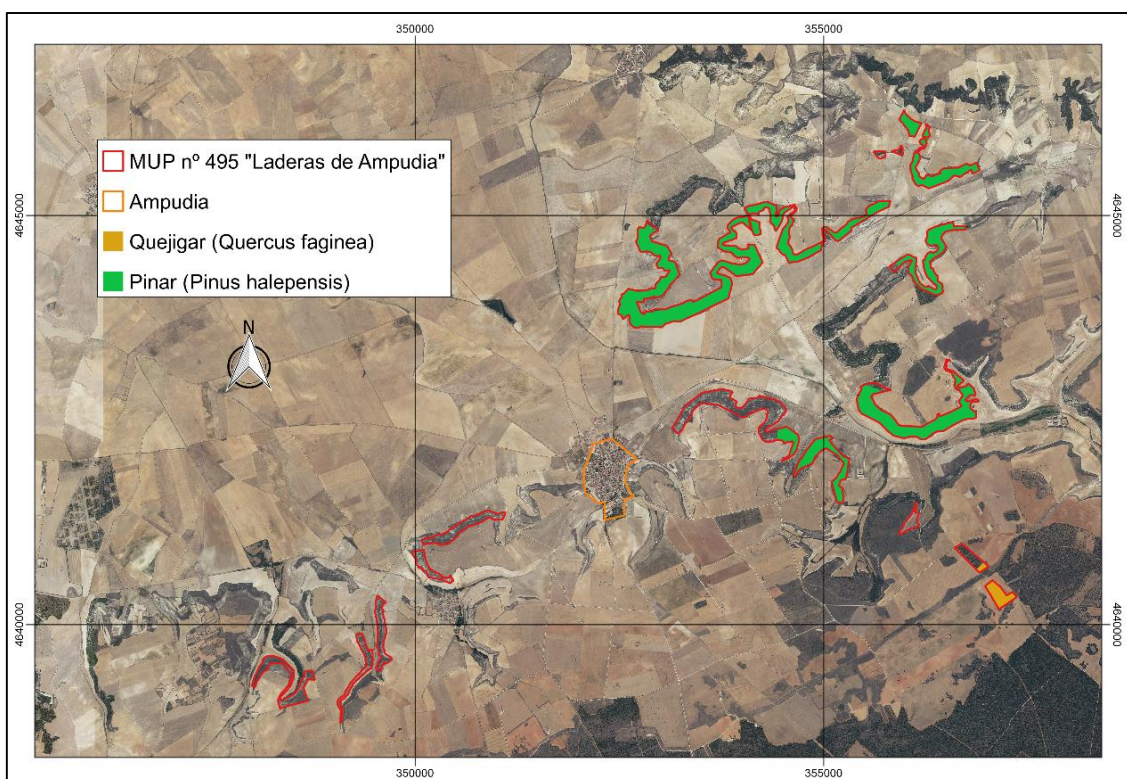


Imagen 5. Distribución de las diferentes masas forestales en el M.U.P. nº 495 “Laderas de Ampudia” en el término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Se observa como las coníferas predominan en la masa forestal total del M.U.P. con un 96,7% de superficie ocupada, en este caso destaca la especie de *Pinus halepensis* con un total de 182,50 ha.

En contraste, como se puede ver en la esquina inferior derecha de la Imagen 5, existe una proporción pequeña de masas de quejigos que hacen un total de 6,80 ha., el equivalente a un 3,7% de la masa forestal del M.U.P.

Tabla 8. Superficie de las diferentes masas y especies del M.U.P. nº 495 "Laderas de Ampudia" en el término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Clase	Masa	Superficie (ha)	Total (ha)
Fronosas	Quejigar	6,80	189,30
Coníferas	Pinar de pino carrasco	182,50	

4.2.2 M.U.P. Nº 415 "Monte Torozos"

El Monte de Utilidad Pública "Monte Torozos" nº 415 se encuentra dentro del Partido Judicial nº1 de Palencia, perteneciente al término municipal de Ampudia.

Según los datos aportados por el Catalogo de los Montes de Utilidad Pública de Palencia está situado al Sureste del municipio y dividido en dos grandes parcelas con una extensión pública total sin enclavados de 1.913,9 ha, de las cuales alrededor de 900 ha son forestales y el resto (1.000 aprox.) son rotuladas usándose en la agricultura.

Dentro de las agrupaciones forestales en este monte según el 3º Inventario Forestal Nacional (IFN3) se encuentran tanto masas de frondosas: quejigares (*Quercus faginea*) y encinares (*Quercus ilex* subsp. *ballota*), como masas de coníferas: pino carrasco (*Pinus halepensis*), pino piñonero (*Pinus pinea*), masas mixtas de coníferas autóctonas de pino piñonero y carrasco y masas mixtas de coníferas autóctonas y alóctonas (*Cupressus sp.*, *Cedrus spp.*, otros pinos, etc.). Estos datos se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Diferentes masas forestales con sus especies predominantes en el M.U.P. nº 415 "Monte Torozos" del término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia a partir de MITECO).

Clase	Masa	Especies
Fronosas	Quejigar	<i>Quercus faginea</i>
	Encinar	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>
Coníferas	Pinar de pino carrasco	<i>Pinus halepensis</i>
	Pinar de pino piñonero	<i>Pinus pinea</i>
	Pinar mixto de coníferas autóctonas	<i>Pinus halepensis</i> y <i>Pinus pinea</i>
	Pinar mixto de coníferas autóctonas con alóctonas	<i>P. halepensis</i> , <i>P. pinea</i> , <i>Cupressus arizonica</i> .

Los límites del M.U.P. según el Catálogo de M.U.P. de Palencia son:

- **Norte:** Con tierras particulares del Páramo de Ampudia.
- **Este:** Monte "La Torre" de propiedad privada y del mismo término municipal a lo largo del camino de Torremormojón a Trigueros.
- **Sur:** Con la provincia de Valladolid, términos de Quintanilla de Trigueros, Trigueros del Valle y Corcos.
- **Oeste:** Con término municipal de Valoria del Alcor de la provincia de Palencia.

El resto de superficie no forestal es de uso agrícola completamente, predominando el cultivo del cereal como son el trigo (*Triticum aestivum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), y en menor medida leguminosas como guisante (*Pisum sativum*), alfalfa (*Medicago sativa*) o vezas (*Vicia sativa*).

Tabla 10. Diferentes especies agrícolas utilizadas en el M.U.P. nº 415 “Monte Torozos” dentro del término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Clase	Especie	Especies
Cereales	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>
	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Leguminosas	Guisante	<i>Pisum sativum</i>
	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
	Veza	<i>Vicia sativa</i>

A continuación, en la Imagen 6, se muestra la distribución de las diferentes masas mencionadas anteriormente dentro del M.U.P. nº 415 “Monte Torozos” de Ampudia, donde se observa la predominancia de las coníferas frente a la frondosas.

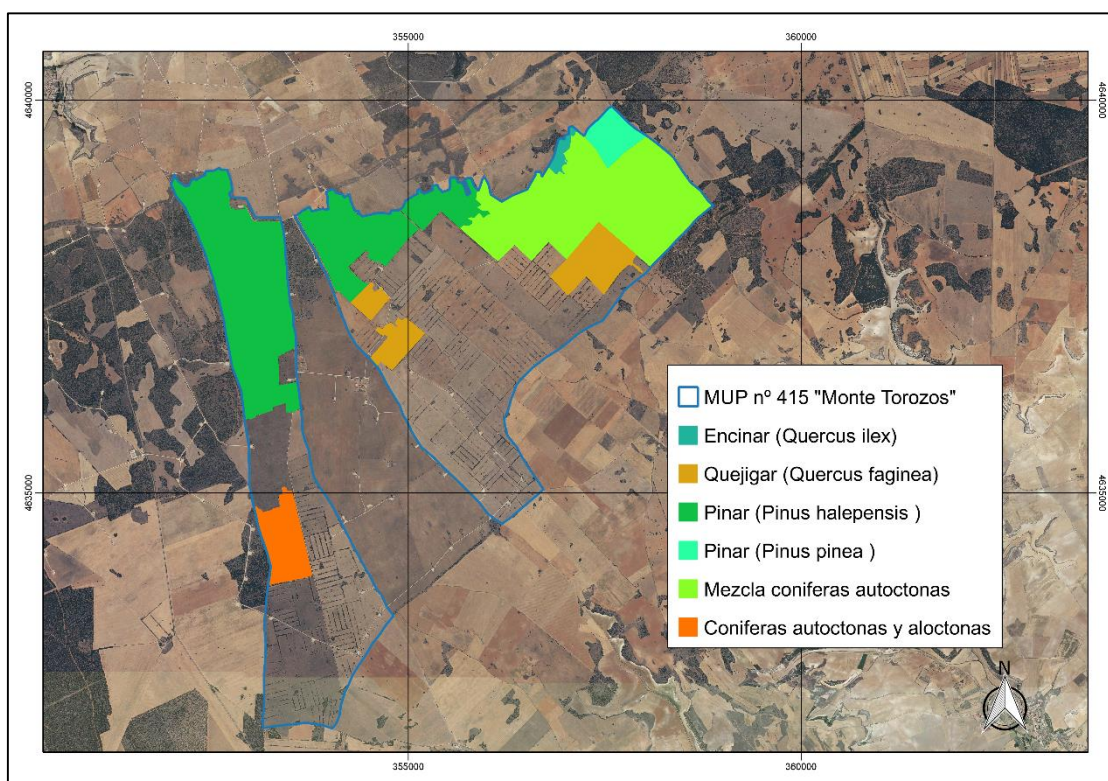


Imagen 6. Distribución de las diferentes masas forestales en el M.U.P. nº 415 “Monte Torozos” de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Dentro de las coníferas destacan las masas de *Pinus halepensis* con un total de 385,30 ha y la masa mixta de pinos piñonero y carrasco, con un total de 296,95 ha.

Con menor proporción está la masa de pino piñonero con un total de 30,59 ha y la masa mixta de coníferas autóctonas con alóctonas, donde se encuentran especies como *P. halepensis*, *P. pinea*, y *Cupressus arizonica* con una superficie total de 52,55 ha.

La masa de frondosas supone aproximadamente un 11% de la masa forestal del M.U.P. donde la masa de quejigos aporta 88,89 ha y la de encinas 8,36 ha.

Tabla 11. Superficie de las diferentes masas y especies del M.U.P. nº 415 “Monte Torozos” en Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Clase	Masa	Superficie (ha)	Total (ha)
Frondosas	Quejigar	88,89	97,25
	Encinar	8,36	
Coníferas	Pinar de pino carrasco	385,30	765,39
	Pinar de pino piñonero	30,59	
	Pinar mixto de coníferas autóctonas	296,95	
	Pinar mixto de coníferas autóctonas con alóctonas	52,55	
TOTAL			862,64

4.2.3 M.U.P. Nº 416 “Montecillo de Valoria del Alcor”

El Monte de Utilidad Pública nº 416 “Montecillo de Valoria del Alcor” se encuentra dentro del Partido Judicial nº1 de Palencia, perteneciente al término municipal de Ampudia.

Según los datos aportados por el Catalogo de los Montes de Utilidad Pública de Palencia está situado al Sur del municipio y tiene una extensión pública total sin enclavados de 262,74 ha, de las cuales alrededor de 170 ha son forestales y el resto (92 ha aprox.) son rotuladas usándose en la agricultura.

Dentro de las agrupaciones forestales en este monte según el 3º Inventario Forestal Nacional (IFN3) se encuentran únicamente masas de frondosas puras: quejigares (*Quercus faginea*) y masas de frondosas mixtas de quejigo y encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*), Estos se datos se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12. Diferentes masas forestales con sus especies predominantes en el M.U.P. nº 416 "Montecillo de Valoria del Alcor" del municipio de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Clase	Masa	Especies
	Quejigar	<i>Quercus faginea</i>
Frondosas	Monte mixto de frondosas autóctonas	<i>Quercus faginea</i> y <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>

Los límites del M.U.P. según el Catálogo de M.U.P. de Palencia son:

- **Norte:** Con fincas particulares del término de Valoria del Alcor al norte de la Cañada de Fuentenegrilla.
- **Este:** Con término de Ampudia (monte Torozos nº 232-A).
- **Sur:** Con el cruce de los caminos de Llorente y de Valoria a Corcos.
- **Oeste:** Con las fincas "El Esquileo de Abajo" y "El Esquileo de Arriba", de propiedad particular.

El resto de superficie no forestal es de uso agrícola completamente, predominando el cultivo del cereal como son el trigo (*Triticum aestivum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), y en menor medida leguminosas como guisante (*Pisum sativum*), alfalfa (*Medicago sativa*) o vezas (*Vicia sativa*).

Tabla 13. Diferentes especies agrícolas utilizadas en el M.U.P. nº 416 "Montecillo de Valoria del Alcor" dentro del término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Clase	Especie	Especies
Cereales	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>
	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Leguminosas	Guisante	<i>Pisum sativum</i>
	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
	Veza	<i>Vicia sativa</i>

En la Imagen 7 se muestra la distribución de las diferentes masas mencionadas anteriormente dentro del M.U.P. nº 416 "Montecillo de Valoria del Alcor" en el término municipal de Ampudia, donde se observa la inexistencia de coníferas, habiendo únicamente una masa de quejigos y otra masa mixta de encina y quejigo.

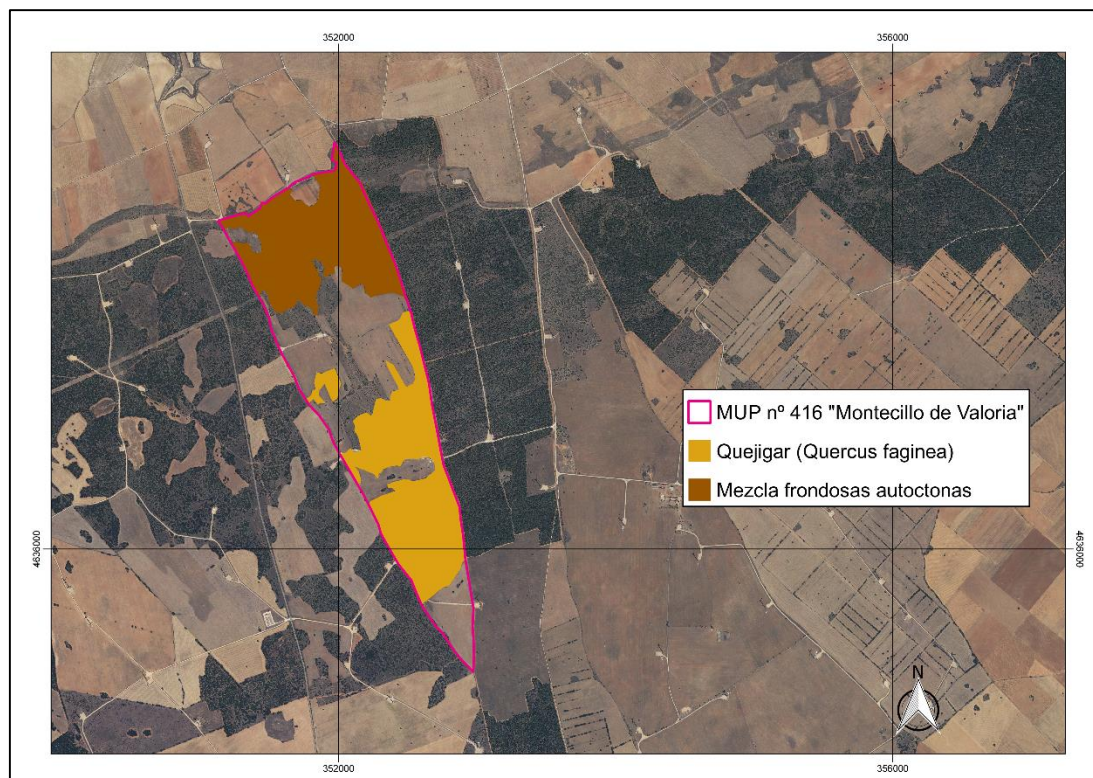


Imagen 7. Distribución de las diferentes masas forestales en el M.U.P. nº 416 "Montecillo de Valoria del Alcor" en Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

La masa de frondosas supone la totalidad de la masa forestal del M.U.P. donde la masa de quejigos aporta 83,52 ha y la masa mixta aporta 77,73 ha.

Tabla 14. Superficie de las diferentes masas y especies del M.U.P. nº 415 "Monte Torozos" en Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Clase	Masa	Superficie (ha)	Total (ha)
Frondosas	Quejigar	83,52	161,25
	Mixto encina y quejigo	77,73	

4.2.4 Especies principales

Las especies principales que se van a emplear en la producción de los pellets y la astilla son el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pino piñonero (*Pinus pinea*), también existe algo de ciprés de Arizona, mezclado en alguna masa mixta de coníferas.

Por otra parte, existe la posibilidad de hacer pellets con las frondosas existentes también, estas son sobre todo encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y quejigo (*Quercus faginea*).

4.2.4.1 Pino carrasco (*Pinus halepensis*)

Se extiende espontáneamente por todos los países ribereños de Mediterráneo, desde el Centro de España hasta Anatolia y desde el Sur de Europa hasta las montañas

de Marruecos Central, con mayor abundancia en España oriental, Provenza, Grecia, Marruecos y Argelia.

A parte de verse de forma natural en la zona del mediterráneo, también se ha repoblado en regiones donde estaba representado naturalmente como se puede observar en Imagen 8. Sus masas se suelen tratar con turnos de 60-80 años. En terrenos sueltos y repoblación en terrazas bien cultivadas se pueden acortar los turnos hasta 25-30 años.

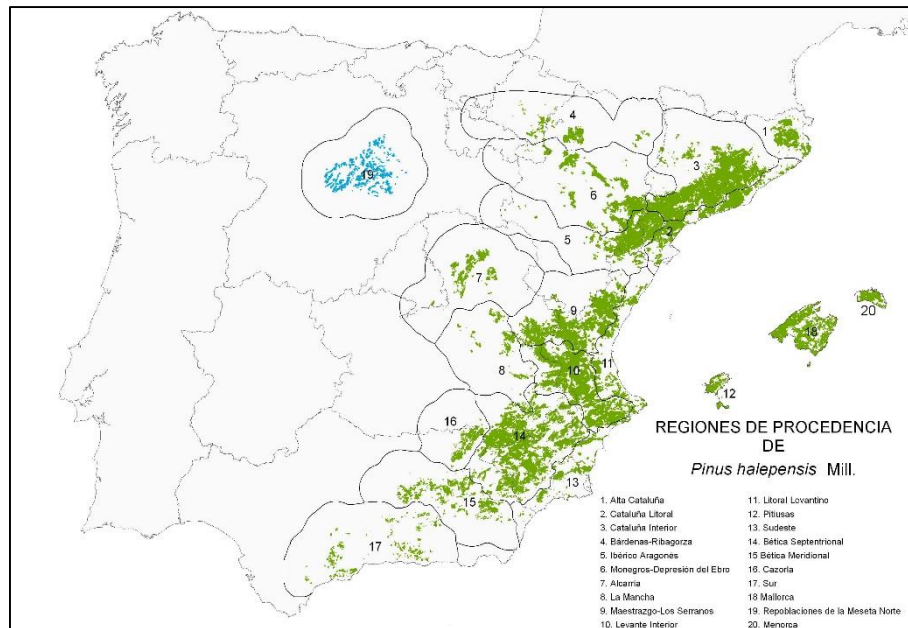


Imagen 8. Regiones de procedencia del *Pinus halepensis*. (Fuente: MAPA).

Esta conífera puede alcanzar los 25m de altura con un tronco irregular y no recto gris y de copa irregular.

Tiene las hojas largas (3'5-7cm) de forma acicular agrupadas dos a dos en un braquiblasto. Son muy flexibles.

Las piñas son pequeñas (5-12cm de longitud) y pedunculadas orientando la punta del cono hacia el tronco del árbol.

El *Pinus halepensis* es una especie xerofita y heliófila por lo que aguanta climas cálidos y secos. Estas propiedades sumadas a su carácter pirófito favorecen su propagación.

En la Tabla 15 y la Tabla 16, se muestran las características físicas y mecánicas respectivamente de la madera del pino carrasco.

Tabla 15. Características físicas del pino carrasco. (Fuente: Universidad Politécnica de Madrid).

PARÁMETRO	valor mínimo	valor medio	valor máximo	interpretación
Densidad normal	0.485	0.548	0.619	Semipesada
Dureza radial	3.06	3.39	3.73	Semiblanda
Cota dureza radial.	9.29	9.67	10.05	Fuerte
Dureza tangencial	1.41	2.50	3.40	Semiblanda
Cota dureza tangencial.	5.51	8.23	7.70	Normal
Contracción volumétrica total	10	12.5	16.4	Media
Cont. Lineal radial	4.70	4.705	4.71	Media
Cont. Lineal tangencial	7.54	7.62	7.70	Media
Punto de saturación de la fibra %		32		-
Coefficiente de contracción volumétrica	0.31	0.37	0.43	algo nerviosa
Higroscopicidad	0.0030	0.0031	0.0034	Normal

El pino carrasco se caracteriza por tener una densidad semipesada pero una dureza tanto radial como tangencial semiblanda.

Tabla 16, Características mecánicas del pino carrasco. (Fuente: U.P.M.)

PARÁMETRO	mínimo	medio	máximo	Interpretación
Flexión estática. Carga de ruptura (kg/cm ²)	926	1231	1595	mediana
Cota de flexión	21.3	23.0	29.5	grande
Cota de tenacidad	2.4	2.7	3.0	mediana
Cota de rigidez	17.3	26.5	39.0	elástica
Módulo de elasticidad	-	101500	-	-
Flexión dinámica trabajo unitario (kgm/cm ²)	0.09	0.24	0.36	baja
Cota dinámica	0.73	1.27	3.24	resilente
Compresión paralela a la fibra. (kg/cm ²)	379	463	532	mediana
Cota de calidad estática	7.1	8.37	9.3	inferior
Hienda (kg/cm)	0.16	12.72	13.80	baja
Cota de laminabilidad	0.18	0.23	0.25	median. laminable
Tracción perp. A la fibra. Radial (kg/cm ²)	23	25	26	baja
Cota de adherencia	0.42	0.47	0.47	muy adherente
Tracción perp. A la fibra. Tangencial (kg/cm ²)	20	23	29	baja
Cota de adherencia	0.36	0.42	0.53	median. adherente
Compresión tangencial (kg/cm ²)	102	107	112	
Cota de calidad	1.8	1.85	1.9	
Compresión radial (kg/cm ²)	108	110.5	113	
Cota de calidad	1.9	1.95	2.0	

4.2.4.2 Pino piñonero (*Pinus pinea*)

Esta conífera tiene por norma general una talla media de entre 25 a 30 m, aunque sobre suelos frescos, profundos, fértiles, y en adecuada espesura, puede sobrepasar los 30 m.

El tronco suele ser recto y cilíndrico si el árbol va siendo podado a medida que crece, muy cónico si las podas se retrasan.

Los pies destinados a fruto son muy intensamente podados lo que contribuye a aumentar la irregularidad de las trozas.

Padece de abundante resina y nudos en su tronco, por lo que no suele utilizarse esta especie para madera de sierra, más bien astilla o aprovechamiento del fruto.

En la Imagen 9 se reflejan las regiones de procedencia del pino piñonero.

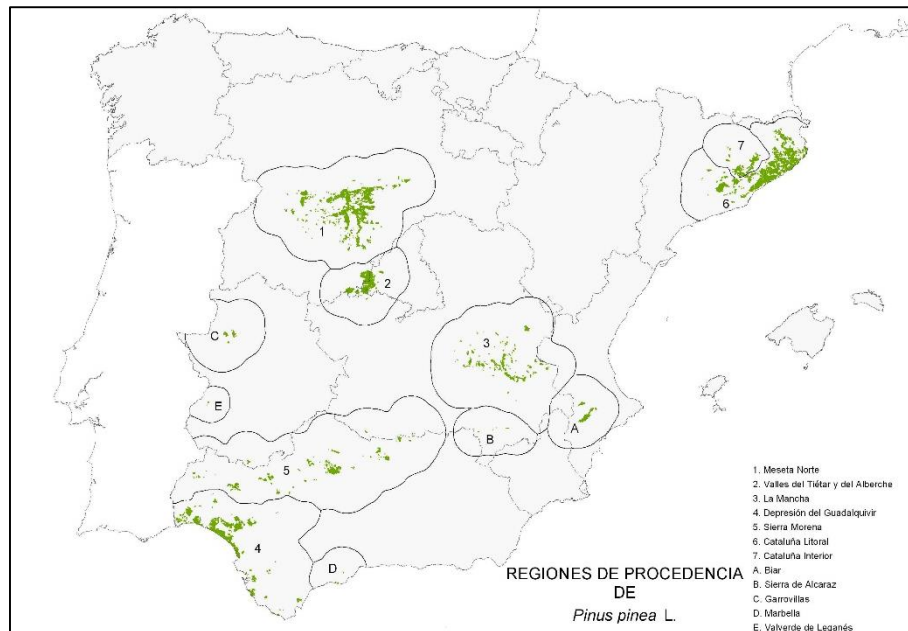


Imagen 9. Mapa de regiones de procedencia del pino piñonero. (Fuente: MAPA).

A continuación, en la Tabla 17 y la Tabla 18 se muestran las propiedades tanto físicas como mecánicas de la madera del pino piñonero:

Tabla 17. Propiedades físicas de la madera de pino piñonero. (Fuente: U.P.M.)

PARÁMETROS	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación
Densidad normal	0.528	0.596	0.718	semipesada
Dureza radial		3,07		semiblanda
Cota dureza radial.		8,5		normal
Dureza tangencial		3,51		semiblanda
Cota dureza tangencial.		9,8		fuerte
Contracción volumétrica total	11	12,8	17,3	media
Cont. Lineal radial		5,09		media
Cont. Lineal tangencial		6,98		media
Punto de saturación de la fibra %		30		-
Coefficiente de contracción volumétrica	0.35	0.43	0.61	algo nerviosa

La densidad del pino piñonero es semipesada, como el pino carrasco, y la dureza radial y tangencial es semiblanda, igual que el pino carrasco de nuevo.

Tabla 18. Propiedades mecánicas de la madera de pino piñonero. (Fuente: U.P.M.)

PARAMETROS	Mínimo	Medio	Máximo	Interpretación
Flexión estática. Carga de ruptura (kg/cm ²)	788	1056	1167	pequeña
Cota de flexión		17,6		mediana
Cota de tenacidad		2.4		mediana
Módulo de elasticidad		76.500		-
Flexión dinámica trabajo unitario (kgm/cm ²)	0.11	0.24	0.56	baja
Cota dinámica		0,40		poco a mediana
Compresión paralela a la fibra. (kg/cm ²)	295	437	513	mediana
Cota de calidad estática		7,3		mediana
Hienda (kg/cm)	11,42	12,92	14,33	baja
Cota de laminabilidad		0.21		mediana
Tracción perpendicular a la fibra. (kg/cm ²)	17	20	25	pequeña
Cota de adherencia		0.33		mediana

4.2.4.3 Encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*)

Está presente en todas las regiones españolas, excepto en las Canarias orientales. En las occidentales se halla introducida.

Como se observa en la en Galicia escasea, en el suroeste abunda y en el Sureste árido se ciñe a los enclaves menos secos de las montañas y altas mesetas.

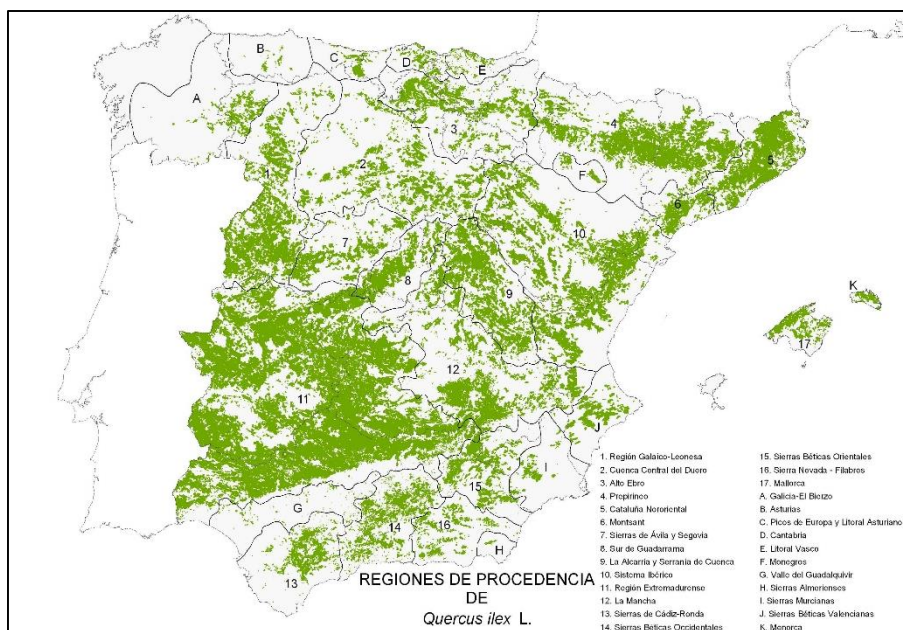


Imagen 10. Regiones de procedencia de la encina. (Fuente: MAPA).

Ha sido gestionada siempre con cortas a matarrasa de monte baja con turnos entre 8 y 15 años, aunque también se ha gestionado como monte alto con turnos de entre 150 hasta 200 años.

En la Tabla 19 y la Tabla 20 se reflejan las propiedades físicas y mecánicas respectivamente de la madera de encina.

Tabla 19. Propiedades físicas de la madera de encina. (Fuente: U.P.M.).

	Valor Mínimo	Valor Medio	Valor Máximo	Desv. Típica	Interpretación
Densidad normal (Peso espec. aparente)(gr/cm ³)	0.967	1.000	1.045	0.033	Muy Pesada
Dureza radial		14.32			Muy Dura
Cota de dureza		12.82			Fuerte
Dureza tangencial	3.00	7.85	9.60	3.233	Dura
Cota de dureza	3.09	7.45	9.24	2.924	Normal
Contracción volumétrica total	10.4	18.62	23.6	5.828	Grande
Contracción lineal tangencial	4.30	6.70	9.11	3.401	
Contracción lineal radial	3.13	4.45	5.78	1.874	
Punto de saturación de la fibra	30	33.3	38	4.163	Normal
Coefficiente de contracción volumétrica	0.34	0.55	0.80	0.234	Nerviosa
Coefficiente contracción tangencial	0.14	0.22	0.30	0.113	
Coefficiente contracción radial	0.10	0.14	0.19	0.064	
Relación c.c.tang./c.c.radl	1.4	1.57	1.58	-	
Higroscopicidad	0.0015	0.0044	0.0065	0.002	Fuerte

Con el tiempo puede llegar hasta los 25 m, aunque normalmente no suele pasar de los 12 o 15 m.

El fuste es flexuoso de joven, luego recto, recio, cilíndrico y lleno, corto en los pies aislados o intervenidos, alcanzando 3/4 de la altura total en los respetados en masa.

El diámetro puede llegar a 1 m en estaciones de buena calidad. La ramificación es fuerte y abundante y forma una copa densa, amplia y redondeada.

Tabla 20. Propiedades mecánicas de la madera de encina. (Fuente: U.P.M.).

	Mínimo	Medio	Máximo	Desv. Típica	Interpretación
Flexión estática. (kg/cm ²)	1025	1517	1901	374.872	Mediana
Cota de flexión	11.8	14.9	17.3	2.447	Mediana
Cota de rigidez	13.0	21.8	33.9	9.847	Elástica
Cota de tenacidad	2.3	2.6	3.1	0.341	Mediana
Modulo de elasticidad	121000	136750	152500	222747	
Trabajo unitario (kg*m/cm ²)	0.53	0.89	1.35	0.342	Median resistente
Cota dinámica	0.52	0.82	1.29	0.33	Media
Compresión paralela a la fibra. (kg/cm ²)	467	591	746	126.34	Inferior
Cota de calidad estática	4.5	5.8	7.0	1.1	Inferior
Hienda. Resistencia a rotura (kg/cm)	29.16	31.33	32.91	1.94	Grande
Cota estática	0.29	0.31	0.32		Poco laminable o hendible
Tracción perp. fibra (radial) (kg/cm ²)		51			Grande
Cota de calidad		0.51			Muy adherente
Tracción perp. fibra (tangenc.). (kg/cm ²)	39	41	44	2.16	Mediana
Cota de calidad		0.41			Media
Compresión perp. fibra (radial) (kg/cm ²)	224	270	315	64.35	
Cota de calidad	2.3	2.6	3.0	0.495	
Compresión perp.fibra (tangencial) (kg/cm ²)	202	243	285	58.69	
Cota de calidad	2.1	2.4	2.7	0.42	

4.2.4.4 Quejigo (*Quercus faginea*)

La distribución es parecida al de la encina, aunque no con tanta densidad en la zona de Extremadura, Castilla la Mancha y Andalucía. En la Imagen 11 se ve como predomina en las regiones de procedencia 1, 2, 4, 10 y 13.

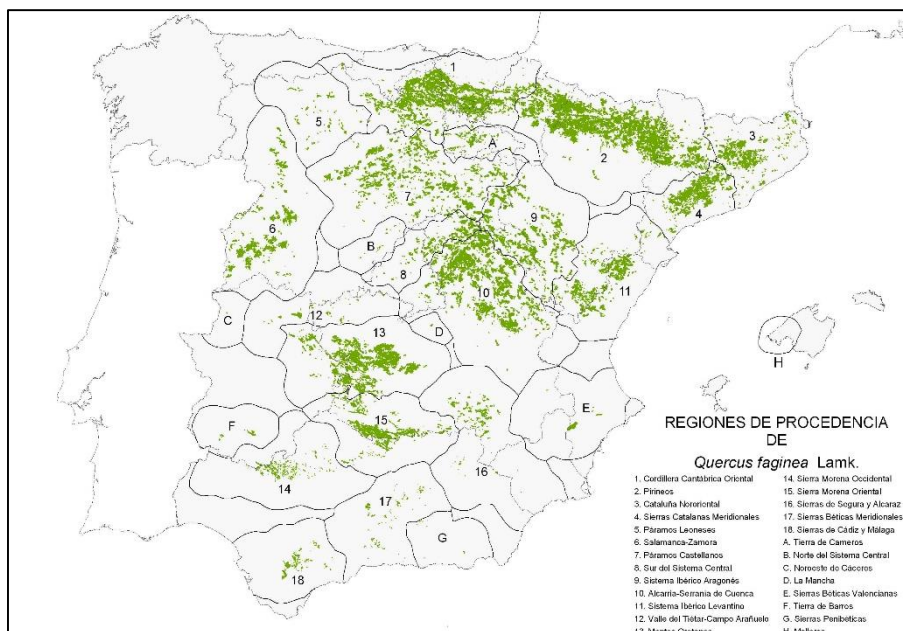


Imagen 11. Mapa de regiones de procedencia del quejigo. (Fuente: MAPA).

Es madera muy nerviosa, pesada y dura, es por eso que su aplicación clásica es similar a la encina, se utiliza principalmente como leña, aunque se ha llegado a utilizar en traviesas, carretería y construcción naval y puede llegar a usarse en construcción en general.

4.2.5 Conclusiones

A modo de resumen de los apartados anteriores de los M.U.P. se saca una tabla con las superficies totales de las diferentes masas forestales públicas dependiendo de la especie o especies que predominen según los datos aportados por el MITECO en las capas de WMS utilizadas en el actual estudio.

Tabla 21. Tabla resumen de las superficies totales de las masas forestales del municipio de Ampudia. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del MITECO).

Clase	Masa	Superficie (ha)	Total (ha)
Frondosas	Quejigar	179,2	265,29
	Encinar	8,36	
	Mixto encina y quejigo	77,73	
Coníferas	Pinar de pino carrasco	567,81	947,89
	Pinar de pino piñonero	30,59	
	Pinar mixto de coníferas autóctonas	296,95	
	Pinar mixto de coníferas autóctonas con alóctonas	52,55	
TOTAL			1.213,18

Se ve un dominio importante de las coníferas frente a las masas de encina y quejigo únicamente en los M.U.P., sobre todo predomina la especie de pino carrasco

(*Pinus halepensis*), aun así, el pino piñonero (*Pinus pinea*) tiene una importante extensión entre sus masas puras y su masa mixta con el pino carrasco que comparte al 50% cada uno.

Respecto a las frondosas, decir que en el término municipal existe una gran extensión de estas, pero dentro de los M.U.P. su superficie no es tan importante, quedándose fuera de estos montes el 75% de la masa forestal arbolada.

4.3 Biomasa potencial de los M.U.P.

Comúnmente los métodos utilizados para calcular la biomasa a extraer mediante cortas o claras de una masa al final de turno son mediante tablas de tratamiento selvícolas, pero están diseñadas para especies con fines productores en zonas específicas que no reflejarían la realidad de este estudio, donde las especies halladas cumplen un papel más protector dentro de una zona estándar y normal para estas masas.

Para la realización del potencial que tienen todas las masas forestales de los M.U.P. de Ampudia se usarán los crecimientos anuales de las especies estudiadas, ya que toda aquella biomasa que crezca en un año natural podrá ser extraída del monte sin que este pierda más masa de la que es capaz de generar y así poder aprovechar los recursos generados por los montes de forma sostenible.

Para hallar el potencial anual, el estudio se apoya en el método de cálculo del Incremento Anual de Volumen con Corteza (IAVC) proporcionado por el Inventario Forestal Nacional (IFN3), que será diferente dependiendo de la zona del estudio y las especies a valorar.

Según el MITECO, este Incremento Anual de Volumen con Corteza (IAVC) se puede efectuar gracias a una comparación dendrométrica entre los parámetros remedidos de los árboles de las parcelas de Inventario Forestal Nacional (IFN), que dependiendo de las provincias estudiadas y del estado del cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN4) y comparando los inventarios IFN2 con el IFN3 o el IFN3 con el IFN4 se calculan los crecimientos de las especies en m³ con corteza al año.

Los modelos y las tarifas aplicables para calcular los parámetros dendrométricos característicos por especie, forma de cubicación y parámetro aportadas en el IFN3 para la provincia de Palencia y las especies estudiadas son las siguientes mostradas en la Tabla 22.

Tabla 22. Modelos y tarifas aplicables para el cálculo del IAVC (dm³) de las especies a estudiar del término municipal de Ampudia, Palencia. (Fuente: MITECO).

Especie	Parámetro	F.c.	Modelo	a	b	c	d	p	q	D.n.m.
<i>P. pinea</i>	IAVC	2	13	3,45324	0,0394712	-	-	-	-	-126,3
<i>P. halepensis</i>	IAVC	2	14	-	-	-	-	0,0035964	1,32698	-
<i>Q. faginea</i>	IAVC	2	16	0,92893	0,0000054	-	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	IAVC	2	16	0,90027	0,0000041	-	-	-	-	-

Gracias a la información proporcionada por MITECO conocemos los modelos que se aconseja usar para el IAVC en la zona de Palencia para las siguientes especies:

Pinus pinea y *Cupressus arizonica*:

$$(13) IAVC = a + b(D.n. - D.n.m.)$$

Donde:

- **IAVC:** Incremento Anual de Volumen con Corteza (dm³).
- **a:** coeficiente fijo según la especie y zona.
- **b:** coeficiente fijo según la especie y zona.
- **D.n.:** Diámetro normal (mm).
- **D.n.m.:** Media aritmética del D.n. (mm).

Pinus halepensis:

$$(14) IAVC = p(D.n.)^q$$

Donde:

- **IAVC:** Incremento Anual de Volumen con Corteza (dm³).
- **p:** coeficiente fijo según la especie y zona.
- **q:** coeficiente fijo según la especie y zona.
- **D.n.:** Diámetro normal (mm).

Quercus ilex y *Quercus faginea*:

$$(16) IAVC = a + b(D.n.)^2$$

Donde:

- **IAVC:** Incremento Anual de Volumen con Corteza (dm³).
- **a:** coeficiente fijo según la especie y zona.
- **b:** coeficiente fijo según la especie y zona.
- **D.n.:** Diámetro normal (mm).

4.3.1 Toma de datos

Conocidas las tarifas de cubicación y el valor de sus coeficientes faltan saber el diámetro normal con el que vamos a trabajar, según estudios recientes realizados en el municipio de Ampudia tales como el “*Análisis y valoración económica de los servicios ecosistémicos del término municipal de Ampudia (Palencia)*” de Jorge López Fernández realizado en el año 2019, con tan solo 2 años de diferencia respecto a este estudio, se

tomaron como referencia para realizar todos los cálculos de las masas forestales una clase diamétrica de 25, siendo esta la única referencia a los diámetros.

En este estudio se determinó mediante la toma de datos a campo para realizar unas pequeñas parcelas de muestreo en cada uno de los M.U.P. del municipio, hasta un total de 12, tomando los datos del número de pies existentes en un radio determinado, para conocer la densidad aproximada de la masa y anotando a la vez los diámetros normales de cada uno de los pies contabilizados en ese radio para conocer cuales eran las clases diamétricas predominantes.

Además de obtener datos propios de las masas estudiadas, la toma de datos en campo tenía el fin de confirmar que los datos utilizados en el estudio realizado con 2 años de antelación eran correctos y podían servir de apoyo en algún momento del presente estudio.

Tal y como se vio reflejado en campo y en los datos anotados, gran parte de los pies de los M.U.P. del municipio efectivamente correspondían a la clase diamétrica 25, pero también se vio que otra gran parte de los pies, en particular, el M.U.P. "Monte Torozos" dividía mayormente sus pies en las clases diamétricas 25 y 35, en el caso particular del presente estudio y de las zonas donde se hizo el muestreo, considerando estos suficientes para una aproximación de datos y corroboración de los valores para poder trabajar en este estudio de viabilidad y conocer de manera aproximada las densidades y diámetros normales con los que trabajaremos y aplicaremos en las tarifas de cubicación proporcionadas por el MITECO y así calcular los valores de biomasa que generan los montes anualmente.

Las parcelas de muestreo se realizaron de manera aleatoria y fueron un total de 12, como se ve en la Imagen 12, repartiéndose de la siguiente manera:

- **M.U.P. "Laderas de Ampudia"**: 2 parcelas de muestreo
- **M.U.P. "Monte Torozos"**: 8 parcelas de muestreo
- **M.U.P. "Montecillo de Valoria del Alcor"**: 2 parcelas de muestreo

El grueso del estudio en campo se lo llevó el M.U.P. "Monte Torozos" debido a la gran extensión de su masa forestal, la cual ocupa un total de 862,64 ha correspondiendo al 71,09% de la masa total arbolada de los M.U.P. del municipio de Ampudia.

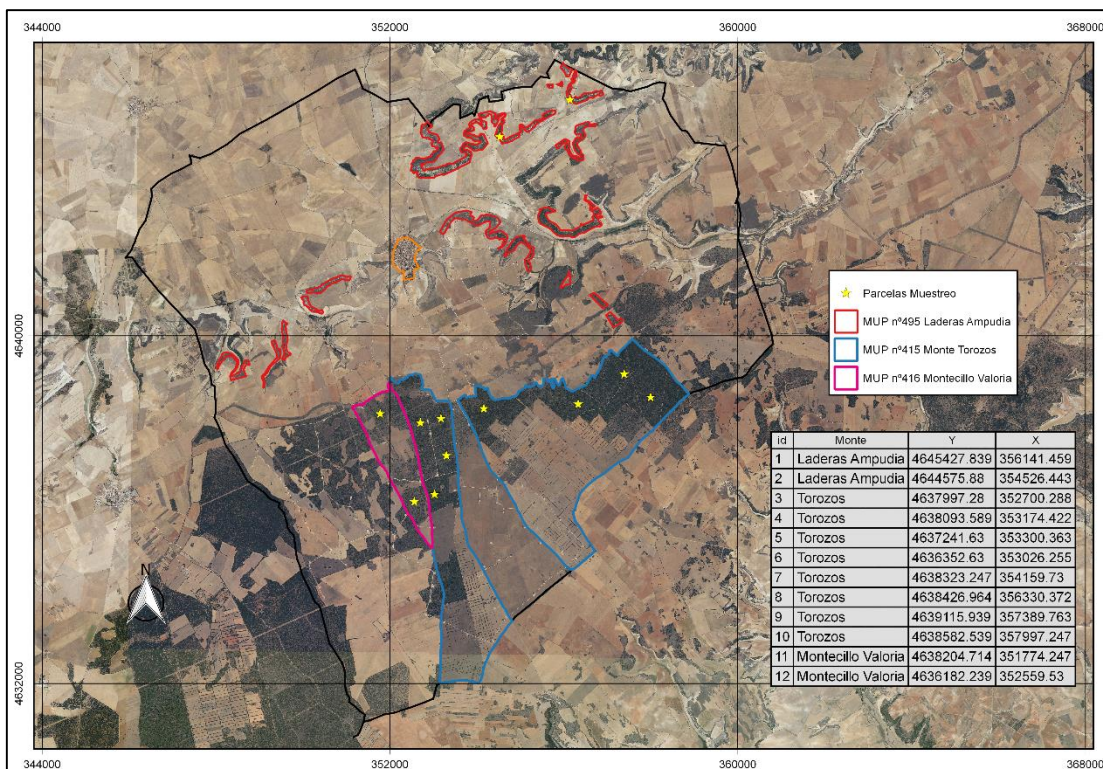


Imagen 12. Localización de las parcelas de muestreo en los M.U.P. de Ampudia.
(Fuente: elaboración propia).

Una vez hechos los muestreos se realizan los cálculos para conocer la densidad media de cada M.U.P. y las clases diamétricas predominantes de cada uno de estos, en el caso de las “Laderas de Ampudia” se observa en la Tabla 23.

Tabla 23. Tabla resumen de las parcelas de muestreo de la masa arbolada del M.U.P. nº495 “Laderas de Ampudia”. (Fuente: elaboración propia).

	Parcela	masa	C.D.	Proporción C.D. (%)	Densidad parcela (pies/ha)	Densidad media (pies/ha)
Laderas de Ampudia	1	Coníferas	25	100	1145,90	1018,59
	2	Coníferas	25	100	891,26	

El M.U.P. “Laderas de Ampudia” tiene una superficie arbolada de 189,30 ha de un total de 269,85 ha, al realizarse el muestreo en campo se vio claramente que la clase diamétrica 25 era la predominante.

Se escogió un punto aleatorio del monte y con ayuda de una cinta métrica se trazó una circunferencia de un radio de 5m desde el punto, para después realizar un conteo pie por pie de los árboles que entraban dentro de ese radio.



Imagen 13. Masa de *Pinus halepensis* en el M.U.P. "Laderas de Ampudia" y medidas del radio de la parcela que se iba a estudiar. (Fuente: elaboración propia).

Acto seguido se tomaba nota de los diámetros de cada árbol con ayuda de una forcípula para conocer los diámetros normales y poder estimar la clase diamétrica predominante.



Imagen 14. Toma de medidas de los diámetros normales de *pinus halepensis* en una parcela de muestreo del M.U.P. "Laderas de Ampudia". (Fuente: elaboración propia).

Antes que nada, aclarar que las clases diamétricas de 15 comprenden los valores de diámetro normal desde los 12,5 cm hasta los 17,5 cm. Con las siguientes clases diamétricas se hace lo mismo, con una diferencia de $\pm 2,5$ cm. Como este muestreo era para obtener una aproximación de lo que hay realmente en el monte, algún pie que salía de estos valores se le añadía a la clase diamétrica predominante más próxima en el caso de que existiera más de una, por ejemplo, un pie de 39 cm se le metía dentro de la clase diamétrica 35, siempre y cuando no hubiera un número elevado de pies con ese diámetro normal, en ese caso habría que contabilizar otra C.D. para que los valores globales sean lo más realistas posibles.

Una vez en campo, se vio que estos montes habían sido repoblados con posterioridad con respecto a los demás M.U.P. con lo cual los diámetros normales rondaban los 25 cm en la totalidad de los pies medidos y la densidad de la masa era bastante más elevada que las masas arboladas de su M.U.P. análogo, siendo aproximadamente de unos 1018 pies/ha.

Estas densidades podían observarse claramente desde una vista aérea con dron que se hizo en el monte “*in situ*” como se ve en la Imagen 15 y la Imagen 16.



Imagen 15 Vista aérea con dron de la masa de pinar del M.U.P. “Laderas de Ampudia”.
(Fuente: elaboración propia).



Imagen 16. Vista aérea con dron del punto de toma de datos del muestreo del M.U.P. “Laderas de Ampudia”. (Fuente: elaboración propia).

Vista la alta densidad de pies de estas laderas se quiso comprobar a mayores que efectivamente las masas de *pinus halepensis* con estas características, en concreto, de montes repoblados con fines protectores y de una clase diamétrica de aproximadamente 25 se vio que rondaban unas densidades de unos 900 - 1200 pies/ha.

Estos datos están sacados particularmente del “Monte el Chivo” perteneciente al monte “Laderas de Palencia” proporcionados por el docente de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (E.T.S.I.I.A.A.) Eliecer Herrero Llorente de la UVA, obtenidos con fines educativos en las clases de dendrología por los alumnos del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de los años 2020-2021.

Se trata de un monte muy parejo y análogo en cuanto a características del monte “Laderas de Ampudia” del presente estudio y se tomaron los datos como referencia para comparar los datos y ver si existía una aproximación en los montes.

Los resultados de los datos facilitados por la UVA fueron de unos 904 pies/ha en el año 2020 y de unos 1225 pies/ha en el año 2021 mediante parcelas de muestreo, con un total de 13 y 11 respectivamente (Tabla 24).

Tabla 24. Densidades medias (pies/ha) de pino carrasco en el “Monte el Chivo” en Palencia. (Fuente: Herrero Llorente, E., 2021).

Año	Nº Parcelas	Pies/ha
2020	13	904,78
2021	11	1235,88

Como se indicó con anterioridad, en el M.U.P. “Monte Torozos” se realizaron 8 parcelas de muestreo, cada una en un punto aleatorio y con un radio de 20 m, se hizo la misma práctica que en las anteriores parcelas, con el conteo pie por pie y la medición y anotación de cada uno de los pies que entraban dentro de la parcela.

Tabla 25. Tabla resumen de las parcelas de muestreo de la masa arbolada del M.U.P. nº415 “Monte Torozos”. (Fuente: elaboración propia).

Parcela	masa	Clase diamétrica	Proporción C.D. (%)	Densidad parcela (pies/ha)	Densidad media (pies/ha)
1	Coníferas	25	50	214,86	255,45
		35	50		
2	Coníferas	25	45	175	
		35	50		
3	Coníferas	25	50	286,47	
		35	50		
4	Coníferas	25	59	117,89	
		35	41		
5	Coníferas	25	45	246,69	
		35	55		
6	Coníferas	25	43	342,18	
		35	57		
7	Coníferas	25	45	381,97	
		35	55		
8	Coníferas	25	44	278,52	
		35	56		

Destacar, que al contrario que en las “Laderas de Ampudia”, como se pudo ver en campo y posteriormente anotado, este contaba sobre todo con 2 clases diamétricas predominantes de 25 y 35 (Imagen 17).



Imagen 17. Masa de *Pinus halepensis* en el M.U.P. “Monte Torozos” y medidas del radio de la parcela que se iba a estudiar. (Fuente: elaboración propia).

La proporción entre ambas C.D. es bastante pareja, aunque la C.D. 35 destaca un poco más según la media de los datos tomados en campo, siendo aproximadamente un 45% de la masa arbolada de la C.D. 25 y un 55% de la C.D. 35 como se ve en la Imagen 18 y la Imagen 19.

Como en el caso anterior, decir que la C.D. 25 comprende los diámetros normales entre 22,5 cm y 27,5 cm, lo mismo pasa con la C.D. 35. Aun siendo estos diámetros los predominantes siempre hay algún pie que escapa de estos rangos, en este caso al tratarse de un muestreo para sacar unos datos aproximados de los montes, se tomó la decisión de agrupar estos pies que se encontraban fuera de los rangos dentro de las clases diamétricas más próximas que predominasen, ya que estos pies eran una excepción y no desvirtúan prácticamente nada las mediciones y los datos finales en su conjunto.

Por último, se vio que la densidad media de todas las parcelas fue de 255 pies/ha aproximadamente con un 45% de árboles de C.D. 25 y un 55% de árboles de C.D. 35.



Imagen 18. Vista aérea con dron del punto de toma de datos del muestreo del M.U.P. “Monte Torozos”. (Fuente: elaboración propia).



Imagen 19. Vista aérea con dron de la masa de pinar del M.U.P. “Monte Torozos”. (Fuente: elaboración propia).

El proceso realizado en las parcelas del M.U.P. “Montecillo de Valoria del Alcor” es el mismo que en las parcelas anteriores y el método de anotación de las clases diamétricas igual. Simplemente decir que el radio tomado para la parcela fue de 10 m.

A continuación, en la Tabla 26, se muestra un resumen de las parcelas de muestreo.

Tabla 26. Tabla resumen de las parcelas de muestreo de la masa arbolada del M.U.P. nº416 “Montecillo de Valoria del Alcor”. (Fuente: elaboración propia).

	Parcela	masa	Clase diamétrica	Proporción C.D. (%)	Densidad parcela (pies/ha)	Densidad media (pies/ha)
Montecillo de Valoria del Alcor	1	Frondosas	15	100	190,98	175,07
	2	Frondosas	15	100	159,16	

Aquí la masa predominante es de frondosas, básicamente encina y quejigo, con pies esparcidos, donde se veían bastantes claros y con un diámetro normal más bajo, rondando los 15 cm (Imagen 20 e Imagen 21). En las dos parcelas inventariadas no se encontró ningún pie fuera de lo común, aunque si se encontraron varios pies con bifurcaciones.



Imagen 20. Vista aérea con dron del punto de toma de datos de la masa mixta de encina y quejigo del M.U.P. "Montecillo de Valoria del Alcor". (Fuente: elaboración propia).



Imagen 21. Vista aérea con dron del punto de toma de datos de la masa mixta de encina y quejigo del M.U.P. "Montecillo de Valoria del Alcor". (Fuente: elaboración propia).

4.3.2 Cálculos de la biomasa potencial de los M.U.P.

Una vez conocidos los valores que se han tomado en campo y los datos proporcionados por el MITECO, el Catálogo de Montes de Utilidad Pública y el 3º Inventario Forestal Nacional se sacan los siguientes datos de la Tabla 27 y Tabla 28, sobre la biomasa potencial de los M.U.P. de Ampudia.

Tabla 27. Volumen de biomasa potencialmente extraíble en m³ por hectárea (ha) de los M.U.P. dependiendo de la especie. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Especie	D.n. (mm)	% de C.D.	IAVC (dm ³)	Pies /ha	m ³ /ha por D.n.	m ³ /ha	
Coníferas	<i>P. pinea</i>	250	45%	8,336	115	0,959	2,678	
		350	55%	12,283	140	1,720		
	<i>P. halepensis</i>	250	45%	5,469	115	0,629	1,825	
		350	55%	8,547	140	1,197		
		250	100%	5,469	1018	5,567		
	Mezcla de <i>pine</i> y <i>halepensis</i> (50-50)	250	45%	6,902	115	0,794	2,252	
		350	55%	10,415	140	1,458		
		Mezcla de <i>pine</i> , <i>halepensis</i> y <i>C. arizonica</i> (40-40-20)	250	100%	7,189	255		1,833
	Frondosas	<i>Quercus faginea</i>	150	100%	1,050	175	0,184	0,184
		<i>Quercus ilex</i>	150	100%	0,993	175	0,174	0,174
Mezcla <i>encina</i> y <i>quejigo</i> (50-50)		150	100%	1,021	175	0,179	0,179	

Dependiendo la especie y el número de pies por hectárea podemos sacar mediante las tarifas el volumen en dm³ de biomasa anual con corteza que crece cada árbol, y sabiendo el número de pies por hectárea aproximado que hay, se puede sacar el volumen con corteza que crece en una hectárea al año tanto en dm³ como en m³.

En la Tabla 27 se puede ver como la especie que más crece es el pino piñonero junto con el ciprés de Arizona, seguido del pino carrasco y por último de la encina y el quejigo que son de crecimiento más lento, pero una mayor densidad en su madera.

Las masas de coníferas y frondosas que son mixtas se especifica aproximadamente el porcentaje de cada especie dentro de esa masa, siendo la mezcla de *pine* y *halepensis* un 50% de representación de cada especie, en la masa con *pine*, *halepensis* y *arizonica* una representación del 40% de *pine*, 40% de *halepensis* y 20% de *arizonica* y en la masa de encina y quejigo un 50% de cada especie.

Además, se obtienen los volúmenes en m³ por hectárea dependiendo del diámetro normal de cada especie y su densidad, y por último el volumen total por ha de las especies en todos los M.U.P. del término municipal.

Destaca el crecimiento anual de las masas de pino carrasco de las “Laderas de Ampudia” con 5,567 m³/ha debido en parte a su gran densidad al contrario que las masas de encina y quejigo que además de tener poco crecimiento anual tienen poca densidad.

Tabla 28. Volumen de biomasa potencialmente extraíble en m³ y toneladas (t) de los M.U.P. de Ampudia dependiendo de la especie y masa. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Especie	m ³ /ha	ha totales	m ³ totales	toneladas totales MUP	TOTAL (t)
Coníferas	<i>P. pinea</i>	2,678	30,58	81,90	48,81	
	<i>P. halepensis</i>	1,825	385,32	703,38	385,45	
		5,567	182,49	1.015,95	556,74	1.209,87
	Mezcla de <i>pine</i> a y <i>halepensis</i> (50-50)	2,252	296,95	668,68	193,61	
	Mezcla de <i>pine</i> a, <i>halepensis</i> y <i>C. arizonica</i> (40-40-20)	1,833	52,55	96,33	25,26	
Fronosas	<i>Quercus faginea</i>	0,184	179,2	32,94	27,64	
	<i>Quercus ilex</i>	0,174	8,36	1,45	1,45	41,83
	Mezcla <i>encina</i> y <i>quejigo</i> (50-50)	0,179	77,73	13,89	12,74	
TOTAL			1.213,18	2.614,53		1.251,71

Como resultado final en la Tabla 28, se ve que el volumen de biomasa potencial que se podría extraer anualmente en las masas de coníferas es de un total de 2.566,24 m³, lo que es igual a unas 1.209,87 t de madera con corteza solo con las coníferas.

Con las masas de encinas y quejigo pasa lo contrario, el poco crecimiento anual y la poca densidad hacen que el volumen que se pueda extraer del monte anualmente sea relativamente bajo llegando a las 41,83 t.

El conjunto de biomasa potencialmente extraíble entre las masas de coníferas y frondosas es de unas 1.251,71 toneladas al año.

Tabla 29. Tabla resumen de crecimiento anual en toneladas (t) y en volúmenes con corteza (dm³ y m³) de cada especie y dependiendo el diámetro normal de los M.U.P. de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Especie	D.n. (mm)	% de C.D.	Pies /ha	IAVC (dm ³)	m ³ /ha D.n.	m ³ /ha	ha totales	m ³ totales	toneladas totales MUP	TOTAL (t)		
Coníferas	<i>P. pinea</i>	250	45%	115	8,336	0,959	2,678	30,58	81,90	48,81	1.209,87		
		350	55%	140	12,283	1,720							
	<i>P. halepensis</i>	250	45%	115	5,469	0,629	1,825	385,32	703,38	385,45			
		350	55%	140	8,547	1,197							
	Mezcla de <i>pine</i> a y <i>halepensis</i> (50-50)	250	45%	115	6,902	0,794	2,252	296,95	668,68	193,61			
		350	55%	140	10,415	1,458							
		Mezcla de <i>pine</i> a, <i>halepensis</i> y <i>C. arizonica</i> (40-40-20)	250	100%	1018	5,469	5,567	5,567	182,49	1.015,95		556,74	
			350	100%	1018	5,469	5,567						
	Frondosas	<i>Quercus faginea</i>	150	100%	175	1,050	0,184	0,184	179,2	32,94		27,64	41,83
		<i>Quercus ilex</i>	150	100%	175	0,993	0,174	0,174	8,36	1,45		1,45	
Mezcla <i>encina</i> y <i>quejigo</i> (50-50)		150	100%	175	1,021	0,179	0,179	77,73	13,89	12,74			
		150	100%	175	1,021	0,179							
TOTAL								1.213,18	2.614,53		1.251,71		

4.3.3 Conclusiones

A modo de conclusión queda decir que las cantidades obtenidas en los apartados anteriores se presentan en toneladas de biomasa en verde, para la fabricación de pellets se necesita una biomasa con un bajo porcentaje de humedad, en torno al 7-10%.

Los pies recién cortados tienen un porcentaje aproximado del 70% de humedad, tras secarse la madera en rollo al aire libre en el parque de madera y posteriormente el serrín y las virutas en el secador de tambor, se alcanza el 7-10% de humedad necesario para la fabricación de pellets.

Esta rebaja de humedad implica que el peso de la biomasa lógicamente disminuye, por lo que es importante saber más o menos en cuantas toneladas se nos puede quedar la biomasa anual que podemos extraer del monte para no quedarnos cortos en planta.

Este porcentaje de reducción en peso está estipulado en aproximadamente un 50% con respecto el peso total en verde.

Además de tener en cuenta la humedad para el peso de la biomasa, hay que tener en cuenta que el proceso completo de peletizado, es decir, apeo, recogida, transporte y transformación final, no tiene un rendimiento del 100%, y por lo tanto se perderá material en forma de corteza y residuos del proceso.

Esta pérdida de rendimiento se la estipula en torno al 20% (Mayans, J., 2019), con lo que el proceso completo de peletizado tendría un rendimiento aproximado del 80%.

Con los datos de reducción del peso al 50% y el rendimiento del proceso de transformación del 80% se realizan de nuevo los cálculos para conocer los valores reales que se tienen de biomasa, tanto de frondosas como de coníferas.

Tabla 30. Peso en seco de la biomasa de coníferas y frondosas de los M.U.P. de Ampudia.
(Fuente: elaboración propia)

Masa	Peso en verde (t)	Reducción de peso en seco	Rendimiento	Peso total en seco (t)
Coníferas	1.209,87	50%	80%	483,95
Frondosas	41,83	50%	80%	16,73
TOTAL				500,68

Realizados todos los cambios oportunos y calculadas de nuevo las toneladas de biomasa, se resumen los datos de la Tabla 30 en cuanto a coníferas se refiere en que de los 1.209,87 t de peso en verde se queda en 483,95 t con los correspondientes porcentajes aplicados.

La masa de frondosas parece verse más perjudicada cuando se han aplicado las reducciones de peso, pasando de unas 41,83 t a unas escasas 16,73 t. Aun así, siguen siendo grandes cantidades si se transforma esta biomasa de frondosas en pellets.

4.4 Biomasa potencial del término municipal de Ampudia

Ya hemos hablado con anterioridad del potencial de la biomasa de los montes de utilidad pública que posee el municipio de Ampudia. Con el cálculo del potencial de todo el término se puede hacer una idea de la capacidad que tiene la villa para autoabastecerse en el caso de que con los montes públicos no sea suficiente.

Se analizará el conjunto de masas forestales públicas y privadas para conocer, en caso de necesidad, la cantidad aproximada de biomasa con la que se podría contar.

Primero, como material cartográfico, se utilizará el suministrado por el MITECO y el disponible por el tercer Inventario Forestal Nacional a escala 1:25.000 en la comunidad de Castilla y León para la provincia de Palencia.

El mapa representa los usos del suelo y diferentes campos vegetales, con hasta un total de 13 ecosistemas naturales, los cuales no todos se presentan en el término municipal de Ampudia, los más destacados son las masas de coníferas autóctonas de pino piñonero y pino carrasco, las masas mixtas de coníferas autóctonas, las masas de frondosas, sobre todo de encina y quejigo y las masas mixtas de frondosas.

Estas masas han sido recogidas y seleccionadas únicamente para la zona de estudio en cuestión y mostradas en la Imagen 22 que se muestra a continuación.

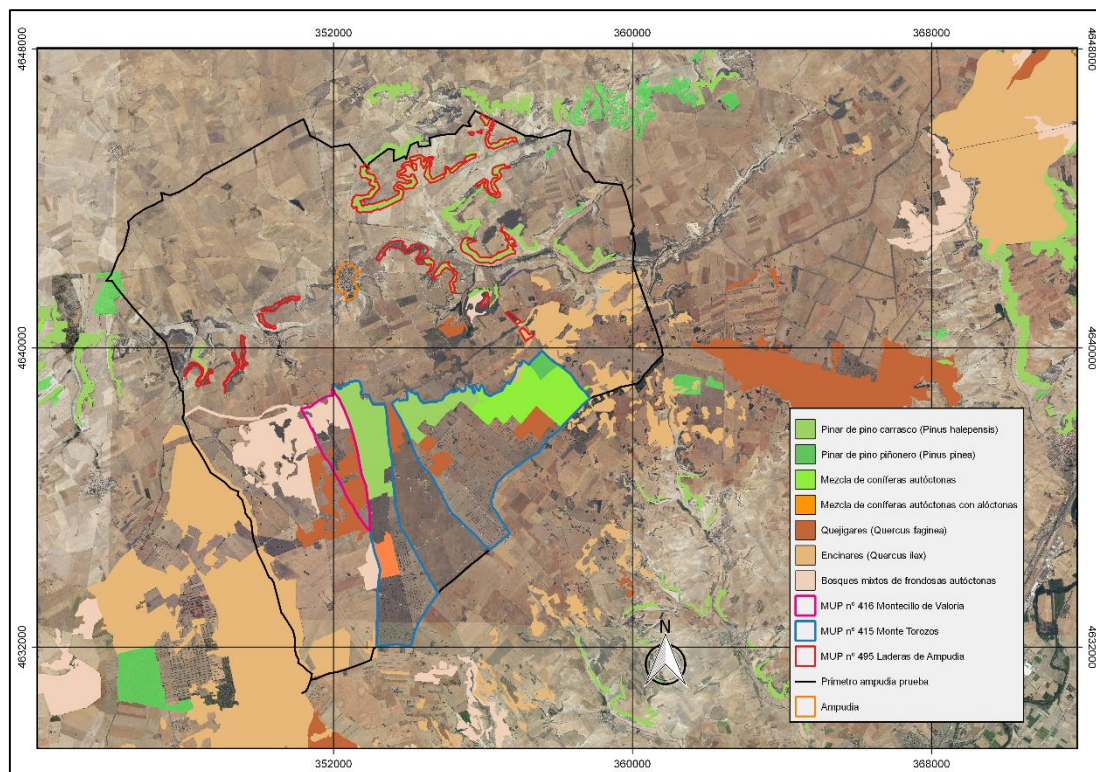


Imagen 22. Mapa forestal público y privado del término municipal de Ampudia.
(Fuente: elaboración propia).

Como se puede ver en la Imagen 22 la mayoría de la masa forestal se encuentra en dominio público, aunque esto es un poco engañoso, ya que realmente las masas privadas equivales en superficie a las públicas.

En la tabla 31 se muestran los datos ofrecidos por el MITECO y el estudio de López (2019), donde se muestran los datos de las superficies y la localización de las diferentes masas forestales que tiene el término municipal de Ampudia.

Estas superficies se resumen en las siguientes tablas dependiendo de la clase de masa y contabilizando únicamente las masas arboladas de importancia con posibilidad de aprovechamiento en el municipio:

Tabla 31. Superficies totales (ha) de frondosas en los M.U.P. y en los montes privados. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de MITECO y López, J. 2019).

Clase	Masa	Superficie M.U.P. (ha)	Superficie montes privados (ha)	Total (ha)
Frdosas	Quejigar	179,20	213,16	392,36
	Encinar	8,36	496,61	504,97
	Mixto encina y quejigo	77,73	396,68	474,41
TOTAL		265,29	1.106,45	1.371,74

Como se observa en la Tabla 31, la superficie de masas de frondosas en los montes privados del término municipal de Ampudia es bastante mayor que la superficie de frondosas en montes públicos, llegando a rozar prácticamente el 80% del total de la superficie con respecto a los M.U.P. Esta diferencia podría ser determinante si la biomasa final que se llegue a aprovechar fuera de frondosas.

Predominan las masas de encinares y masas mixtas de encina y quejigo, aunque esto no es muy determinante en el caso de llegar a tener un aprovechamiento de estas masas, llegando a un total de 1.371,74 ha de superficie arbolada de frondosas que el municipio de Ampudia tiene en su poder.

Tabla 32. Superficies totales (ha) de coníferas en los M.U.P. y en los montes privados. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de MITECO y López, J. 2019).

Clase	Masa	Superficie M.U.P. (ha)	Superficie montes privados (ha)	Total (ha)
Coníferas	Pinar de pino carrasco	567,81	98,96	666,77
	Pinar de pino piñonero	30,59	24,53	55,11
	Pinar mixto de coníferas autóctonas	296,95	0	296,95
	Pinar mixto de coníferas autóctonas con alóctonas	52,55	0	52,55
TOTAL		947,89	123,49	1.071,38

En la Tabla 32 se observa como al contrario que con las frondosas, la mayoría de las masas arboladas de coníferas se encuentran en territorio público, llegando a copar hasta un 89% de la superficie total del municipio, lo que en números equivale a 948 ha frente a las 1.071 que tiene en total el término municipal.

Tabla 33. Resumen de las superficies totales (ha) de las masas forestales de Ampudia.
(Fuente: elaboración propia).

Clase	Sup. Total M.U.P. (ha)	Sup. Total montes privados (ha)	Superficie total arbolada (ha)
Coníferas	947,89	123,49	2.443,12
Fronchosas	265,29	1.106,45	

Como cómputo general, el número de hectáreas arboladas en el municipio contando tanto los montes públicos como los privados es de 2.443,12 ha de superficie arbolada de un total de 13.717 ha que tiene el municipio, lo que supone que el 17,81% de la superficie de Ampudia tiene de una u otra forma algún tipo de masa forestal.

4.4.1 Cálculos de la biomasa potencial total del municipio

Conocido el número de hectáreas totales que el municipio dispone de masa forestal, se procede a realizar los cálculos de biomasa anual disponible que se podría extraer de estos montes en caso de necesidad.

El método utilizado es el mismo que en el punto 4.1.7.2. *Cálculos de la biomasa potencial de los M.U.P.*, donde se aplicaron unas tarifas de cubicación definidas por el tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) dependiendo las especies y la provincia donde se realicen los cálculos.

Los modelos y tarifas usadas son las del Incremento Anual del Volumen con Corteza (IAVC) para poder conocer la cantidad de biomasa que crecen las especies de la zona en un año, y así poder saber la cantidad de biomasa que se puede extraer del monte. Estos modelos son:

Pinus pinea y *Cupressus arizonica*:

$$(13) IAVC = a + b(D.n. - D.n.m.)$$

Pinus halepensis:

$$(14) IAVC = p(D.n.)^q$$

Quercus ilex y *Quercus faginea*:

$$(16) IAVC = a + b(D.n.)^2$$

Los coeficientes utilizados para estas tarifas y cada especie en concreto de la provincia de Palencia son las mostradas con anterioridad en la Tabla 21.

Se tomarán las mismas densidades y clases diamétricas tanto para los M.U.P. como para los montes privados ya que realmente son las mismas masas sobre el terreno, únicamente quedan divididas unas de otras por límites de jurisprudencia y burocráticos, por lo tanto, a los montes privados se los considera análogos a los M.U.P.

Tabla 34. Volumen de biomasa potencialmente extraíble en dm^3/pie y m^3/ha del término municipal de Ampudia dependiendo de la especie. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Especie	D.n. (mm)	% de C.D.	IAVC (dm^3/pie)	Pies /ha	m^3/ha por D.n.	m^3/ha
Coníferas	<i>P. pinea</i>	250	45%	8,336	115	0,959	2,678
		350	55%	12,283	140	1,720	
	<i>P. halepensis</i>	250	45%	5,469	115	0,629	1,825
		350	55%	8,547	140	1,197	
		250	100%	5,469	1018	5,567	
	Mezcla de <i>pinea</i> y <i>halepensis</i> (50-50)	250	45%	6,902	115	0,794	2,252
		350	55%	10,415	140	1,458	
		Mezcla de <i>pinea</i> , <i>halepensis</i> y <i>C. arizonica</i> (40-40-20)	250	100%	7,189	255	
Frondosas	<i>Quercus faginea</i>	150	100%	1,050	175	0,184	0,184
	<i>Quercus ilex</i>	150	100%	0,993	175	0,174	0,174
	Mezcla <i>encina</i> y <i>quejigo</i> (50-50)	150	100%	1,021	175	0,179	0,179

Estos datos son exactamente iguales a los mostrados en el punto 4.1.7.2 Cálculos de la biomasa potencial de los M.U.P. en la Tabla 27.

Dependiendo la especie y el número de pies por hectárea podemos sacar mediante las tarifas el volumen en dm^3 de biomasa anual con corteza que crece cada árbol, y sabiendo el número de pies por hectárea aproximado que hay, se puede sacar el volumen con corteza que crece en una hectárea al año tanto en dm^3 como en m^3 .

En la Tabla 34 se puede ver como la especie que más crece es el pino piñonero junto con el ciprés de Arizona, seguido del pino carrasco y por último de la encina y el quejigo que son de crecimiento más lento, pero una mayor densidad en su madera.

Las masas de coníferas y frondosas que son mixtas se especifica aproximadamente el porcentaje de cada especie dentro de esa masa, siendo la mezcla de *pinea* y *halepensis* un 50% de representación de cada especie, en la masa con *pinea*, *halepensis* y *arizonica* una representación del 40% de *pinea*, 40% de *halepensis* y 20% de *arizonica* y en la masa de encina y quejigo un 50% de cada especie.

Además, se obtienen los volúmenes en m^3 por hectárea dependiendo del diámetro normal de cada especie y su densidad, y por último el volumen total por ha de las especies en todos los M.U.P. del término municipal.

Destaca el crecimiento anual de las masas de pino carrasco de las “Laderas de Ampudia” con 5,567 m^3/ha debido en parte a su gran densidad al contrario que las masas de encina y quejigo que además de tener poco crecimiento anual tienen poca densidad.

Tabla 35. Volumen de biomasa potencialmente extraíble en m³ y toneladas (t) de los montes públicos y privados de Ampudia dependiendo de la especie y masa. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Especie	m ³ /ha	ha totales	m ³ totales	toneladas totales MUP	TOTAL (t)
Coníferas	<i>P. pinea</i>	2,678	55,11	147,60	48,81	1.348,02
	<i>P. halepensis</i>	1,825	484,28	884,02	419,21	
		5,567	182,49	1.015,95	605,51	
	Mezcla de <i>pinea</i> y <i>halepensis</i> (50-50)	2,252	296,95	668,68	193,61	
	Mezcla de <i>pinea</i> , <i>halepensis</i> y <i>C. arizonica</i> (40-40-20)	1,833	52,55	96,33	25,26	
Frondosas	<i>Quercus faginea</i>	0,184	392,36	72,13	60,51	226,01
	<i>Quercus ilex</i>	0,174	504,97	87,71	87,71	
	Mezcla <i>encina</i> y <i>quejigo</i> (50-50)	0,179	474,41	84,80	77,78	
TOTAL			2443,12	3.057,23		1.574,03

Como resultado final en la Tabla 35. Volumen de biomasa potencialmente extraíble en m³ y toneladas (t) de los montes públicos y privados de Ampudia dependiendo de la especie y masa. (Fuente: elaboración propia). se ve que el volumen de biomasa potencial que se podría extraer anualmente en las masas de coníferas es de un total de 2.812,59 m³, lo que es igual a unas 1.348,02 t de madera con corteza solo con las coníferas.

Con las masas de encinas y quejigo pasa lo contrario, el poco crecimiento anual y la poca densidad hacen que el volumen que se pueda extraer del monte anualmente sea relativamente bajo llegando a las 226,01 t.

El conjunto de biomasa potencialmente extraíble entre las masas de coníferas y frondosas es de unos 3.057,23 m³, lo equivale a unas 1.574,03 toneladas al año.

La diferencia respecto a los volúmenes de los M.U.P. es el gran contraste de masa de frondosas que se implementan, ya que en los montes privados apenas había unas 265 ha de superficie de frondosas, aunque debido al poco crecimiento anual de los pies de encina y quejigo las toneladas finales no son tan altas como cabría esperar por su superficie, y las masas de coníferas se implementan unas 150 toneladas de biomasa.

Todos estos valores pueden verse y comparar en la Tabla 29 y la Tabla 36 que se muestran al final de los cálculos de la biomasa potencial de los M.U.P. y de la potencial de todo el término municipal.

Tabla 36. Tabla resumen de crecimiento anual en toneladas (t) y en volúmenes con corteza (dm³ y m³) de cada especie y dependiendo el diámetro normal de todo el término municipal de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Especie	D.n. (mm)	% de C.D.	Pies /ha	IAVC (dm ³)	m ³ /ha D.n.	m ³ /ha	ha totales	m ³ totales	toneladas totales MUP	TOTAL (t)	
Coníferas	<i>P. pinea</i>	250	45	115	8,34	0,96	2,68	55,11	147,60	87,97	1.348,02	
		350	55	140	12,28	1,72						
	<i>P. halepensis</i>	250	45	115	5,47	0,63	1,83	484,28	884,02	484,44		
		350	55	140	8,55	1,20						
	Mezcla de pinea y halepensis (50-50)	250	45	115	6,90	0,79	2,25	296,95	668,68	193,61		
		350	55	140	10,41	1,46						
		Mezcla de pinea, halepensis y C. arizonica (40-40-20)	250	100	1018	5,47	5,57	5,57	182,49	1.015,95		556,74
			350	55	140	10,41	1,46					
	Frondosas	<i>Quercus faginea</i>	150	100	175	1,05	0,18	0,18	392,36	72,13		60,51
		<i>Quercus ilex</i>	250	45	115	8,34	0,96	0,17	504,97	87,71		87,71
Mezcla encina y quejigo (50-50)		250	45	115	8,34	0,96	0,17	504,97	87,71	87,71		
		350	55	140	12,28	1,72						
TOTAL								2.443,12	2.812,59		1.574,03	

4.4.2 Conclusiones

A modo de conclusión queda decir que las cantidades obtenidas en los apartados anteriores se presentan en toneladas de biomasa en verde, para la fabricación de pellets se necesita una biomasa con un bajo porcentaje de humedad, en torno al 7-10%.

Además, la cantidad de biomasa de frondosas aumenta significativamente con respecto a los M.U.P. por lo que se espera unas grandes cantidades en general de materia seca.

Los pies recién cortados tienen un porcentaje aproximado del 70% de humedad, tras secarse la madera en rollo al aire libre en el parque de madera y posteriormente el serrín y las virutas en secador de tambor se alcanza el 7-10% necesario para la fabricación de pellets.

Esta rebaja de humedad implica que el peso de la biomasa lógicamente disminuye, por lo que es importante saber más o menos en cuantas toneladas se nos puede quedar la biomasa anual que podemos extraer del monte para no quedarnos cortos en planta.

Este porcentaje de reducción en peso está estipulado en aproximadamente un 50% con respecto al peso total en verde.

Además de tener en cuenta la humedad para el peso de la biomasa, hay que tener en cuenta que el proceso completo de peletizado, es decir, apeo, recogida, transporte y transformación final, no tiene un rendimiento del 100%, y por lo tanto se perderá material en cada uno de estos procesos en forma de corteza, serrín, polvo, partículas, etc.

Esta pérdida de rendimiento se la estipula en torno al 20% (Mayans, J. 2019), con lo que el proceso completo de peletizado tendría un rendimiento aproximado del 80%.

Con los datos de reducción del peso al 50% y el rendimiento del proceso de transformación del 80% se realizan de nuevo los cálculos para conocer los valores reales que se tienen de biomasa, tanto de frondosas como de coníferas (Tabla 37).

Tabla 37. Peso en seco de la biomasa de coníferas y frondosas de los montes públicos y privados de Ampudia. (Fuente: elaboración propia).

Masa	Peso en verde (t)	Reducción de peso en seco	Rendimiento	Peso total en seco (t)
Coníferas	1.348,02	50%	80%	539,21
Frondosas	226,01	50%	80%	90,40
TOTAL				629,61

Realizados todos los cambios oportunos y calculadas de nuevo las toneladas de biomasa, se resumen los datos de la Tabla 37 en cuanto a coníferas se refiere en que de los 1.348,02 t de peso en verde se queda en 539,21 t con los correspondientes porcentajes aplicados.

La masa de frondosas parece verse mejor que en los M.U.P. aunque como la densidad de la masa es baja no aumenta mucho, teniendo un total de biomasa verde de 226,01 t y pasando a un total de 90,40 t de materia seca anual.

4.5 Biomasa potencial Agrícola

La villa de Ampudia, como todos sus municipios vecinos, se encuentra en terreno tradicionalmente agrícola, es por eso que en sus tierras se llegan a laborear hasta 10.210 ha dedicadas únicamente a la agricultura (López Fernández, J., 2019).

Esto, respecto a la superficie total del municipio, que consta de unas 13.717 ha, representa un 74,43% de la superficie dedicada a la agricultura en el término municipal de Ampudia, lo que le hace estar en el top del ranking de municipios de la provincia de Palencia en superficie destinada a fines agrícolas.

En estas superficies de uso completamente agrícolas predominan el uso de cultivos del cereal como son el trigo (*Triticum aestivum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), y en menor medida leguminosas como guisante (*Pisum sativum*), alfalfa (*Medicago sativa*) o vezas (*Vicia sativa*).

El potencial de biomasa agrícola se medirá mediante la herramienta BIORAISE, que es una aplicación de georreferencia desarrollada por CIEMAT, utilizada para la evaluación de biomasa residual tanto agrícola como forestal para uso energético en Croacia, Eslovenia, España, Francia, Grecia, Italia, Portugal y Turquía, con la posibilidad de mostrar los recursos potenciales y disponibles de una zona en concreto y lo que costaría la extracción y transporte de esta biomasa.

Los cálculos sobre recursos de biomasa y sus costes se basan en datos tomados de importantes bases como pueden ser las estadísticas de producción agrícola de Eurostat, los inventarios forestales nacionales, los datos geoespaciales para usos del suelo de Corine Land Cover, el mapa paneuropeo de incremento de biomasa forestal en las categorías forestales y el gradiente de productividad neta primaria en el caso de los matorrales. Una descripción detallada de la metodología seguida para realizar los cálculos de los diferentes recursos se contendrá en la página web de la aplicación.

Este estudio se realizará para conocer únicamente la biomasa agrícola potencial y disponible, ya que la forestal se ha hallado mediante cálculos más precisos debido a su gran importancia en el presente estudio.

Se estimará un precio medio del combustible de 1,2 €/L y se limitarán los recursos agrícolas en un radio de 10 km respecto al pueblo de Ampudia, ya que es un radio que cubre toda la superficie del término municipal y parte de los límites con sus vecinos.

Tabla 38. Superficie (ha) de los recursos potenciales y disponibles de los diferentes tipos de biomasa en un radio de 10 km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

Superficie (ha)	Secano	Regadío	Coníferas	Fronosas	Forestal mixto	Matorral
recursos potenciales	8.128,20	224,54	182,47	593,04	174,34	1.082,34
recursos disponibles	8.128,20	224,54	77,59	389,3	139,32	36,74

Las superficies de secano y regadío tienen las mismas hectáreas tanto para los recursos potenciales como para los recursos disponibles, lo que significa que actualmente se está utilizando toda la superficie que se puede utilizar para las prácticas agrícolas.

Centrándonos únicamente en el secano y regadío se ve que el total de superficie de secano según BIORAISE es de 8.128,20 ha, las 224,54 ha de regadío en principio no haría falta contar para calcular la biomasa potencial y disponible.

Agrícola

Cultivos de secano

Cultivos de regadío

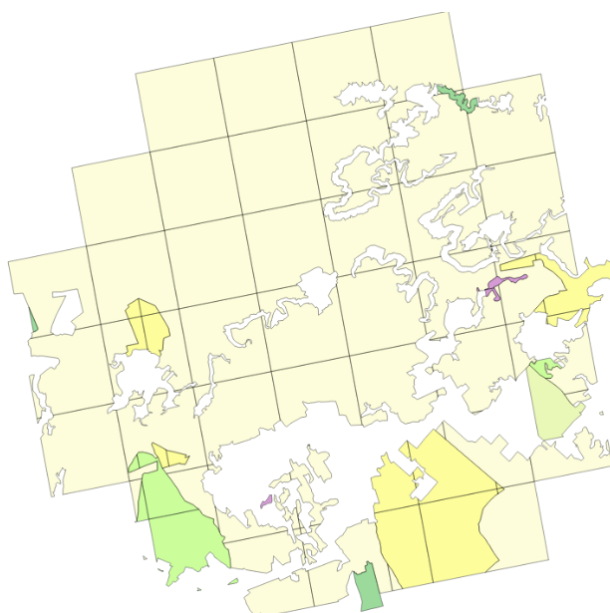


Imagen 23. Mapa de distribución de recursos disponibles de biomasa en un radio de 10km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

Como se ve en la Imagen 23, la mayor parte del terreno es agrícola, predominando el secano frente al regadío, con alguna pequeña zona forestal, representada con colores verdes. Las zonas de blanco sin representar son la mayoría terrenos de utilidad pública que no contabilizan para esta herramienta.

Se ve claramente como la zona sur y este está más ocupada por terreno forestal que agrícola, donde el agrícola predomina en la zona norte y oeste e incluso el centro del radio de 10km marcado.

Una vez conocidos los datos de la superficie de secano que disponemos y su distribución, se pasa a conocer la cantidad de materia seca (MS) que producen los recursos disponibles de la zona como se ve en la Tabla 39.

Como era de esperar por la gran superficie que ocupa, los restos de biomasa producidos por las prácticas agrícolas de secano son las que más toneladas aportan, con un total de 10.804,97 t/MS al año, lo que supondría prácticamente un seguro en caso de necesitar más biomasa, siempre teniendo en cuenta que habría que acordar un precio con el dueño, ya que estos terrenos agrícolas son de particulares privados.

Tabla 39. Recursos disponibles y potenciales (tMS/año) de los diferentes tipos de biomasa en un radio de 10km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

	Secano	Regadío	Coníferas	Frondosas	Forestal mixto	Matorral
Recursos disponibles (tMS/año)	10.804,97	1.238,80	8,09	144,1	55,67	8,82
Recursos potenciales (tMS/año)	21.609,95	2.477,61	115,6	508,31	174,17	631,04

Aunque los recursos potenciales sean el doble que los disponibles, nos centraremos en el dato de la biomasa disponible únicamente, ya que habría que realizar cambios en los aprovechamientos agrícolas para esto.

Por otra parte, en la Tabla 40 vemos que el coste medio de recolección es de 41,67 €/tMS en secano y 6,03 €/tMS el coste medio de transporte, sabiendo que el coste medio del combustible es de 1,2 €/L, aun así, en ambos casos es más cara la recolección o transporte de cualquier masa arbolada como las frondosas o coníferas.

Tabla 40. Costes medios (€/tMS) de recolección y transporte de los diferentes recursos disponibles de biomasa en un radio de 10km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

	Secano	Regadío	Coníferas	Frondosas	Forestal mixto	Matorral
Coste medio de recolección (€/tMS)	41,67	21	51,72	45,05	46,17	38,68
Coste medio de transporte (€/tMS)	6,03	6,21	6,53	6,85	6,29	5,91

Mencionar que estos valores pueden verse reducidos dependiendo de la dificultad a la hora de acceder a la zona de recogida, cuanto más fácil sea el acceso, más barata será el transporte al igual que dependerá de la distancia. Los valores de la tabla anterior

son estimaciones medias que irán variando a medida que se aleje más o menos del centro de la circunferencia de 10km de radio.

4.6 Demanda energética del municipio

El estudio tendrá en cuenta únicamente la demanda actual energética para calefacción con biomasa, concretamente pellets, que usa el municipio de Ampudia en sus instalaciones municipales.

La demanda de energía para calefacción actual de Ampudia se concentra en 3 instalaciones, el Edificio Antiguo Hospital de Santa M^a de Clemencia, el edificio antiguo del ayuntamiento y actualmente también se abastece de pellets a la caldera ubicada en la Colegiata de San Miguel de Ampudia.

Las superficies catastrales de cada una de estas construcciones son las siguientes:

- **Colegiata de San Miguel: 1.656 m²**
- **Edificio Antiguo Hospital: 1.052 m²**
- **Edificio Antiguo Ayuntamiento: 410 m²**

Conocidas las superficies que utilizan calefacción por biomasa, queda saber cuáles son las especificaciones de estas calderas.

Las características de los equipos propuestos e instalados son las siguientes:

Edificio Antiguo Ayuntamiento: Herz firematic 60 (Caldera biomasa)

- **Tipo de Caldera:** Caldera de funcionamiento automático para calefacción de biocombustibles sólidos de pellets y astillas.
- Cuerpo de acero y limpieza automática de serie con pasos de humos verticales y sistema automático de limpieza de los mismos.
- **Potencia:** 60 kW
- **Combustible utilizado:** pellet y astilla.
- **Consumo anual:** 3.475 kg.

Edificio Antiguo Hospital: Tulimax STK 80 (Caldera biomasa poli-combustible):

- **Tipo de Caldera:** Caldera de funcionamiento automático para calefacción de biocombustibles sólidos de pellets y astillas.
- Cuerpo de acero y limpieza automática de serie con pasos de humos verticales y sistema automático de limpieza de los mismos.
- **Potencia:** 80 kW
- **Combustible utilizado:** pellet, cáscara, astilla, serrín, viruta, hueso de aceituna.

- **Consumo anual:** 8.917 kg.

Colegiata de San Miguel: Tulimax STK 160 (Caldera biomasa poli-combustible):

- **Tipo de Caldera:** Caldera de funcionamiento automático para calefacción de biocombustibles sólidos de pellets y astillas.
- Cuerpo de acero y limpieza automática de serie con pasos de humos verticales y sistema automático de limpieza de los mismos.
- **Potencia:** 160 kW
- **Combustible utilizado:** pellet, cáscara, astilla, serrín, viruta, hueso de aceituna.
- **Consumo anual:** 14.037 kg

Además de las calderas ya mencionadas, el ayuntamiento está pensando en instalar otra caldera en el edificio de la casa consistorial, donde se pretende sustituir la caldera de diésel que existe actualmente.

Gracias a los datos proporcionados por el ayuntamiento de Ampudia podemos conocer el gasto energético que hubo en el año 2019 por estos 3 establecimientos, con un total de 26.430 Kg de pellets, lo que supuso un coste de 6.758,58 € al año.

Con estos datos podemos saber el precio del saco de 25Kg de pellet, en este caso la media fue de unos 6,39 € el saco.

También podemos saber el gasto por metro cuadrado del ayuntamiento, el cual fue de:

$$\text{Gasto por } m^2 = \frac{\text{Gasto anual}}{m^2 \text{ totales}} = \frac{6.758,58 \text{ €}}{3.118 m^2} = \mathbf{2,168 \text{ €/m}^2}$$

Con lo cual al ayuntamiento de Ampudia les supuso un coste de 2,17€ calentar el metro cuadrado durante el año.

Con estos datos podemos saber el gasto económico y energético en Kg de pellets que gasta cada instalación municipal como se muestra a continuación en la Tabla 41.

Tabla 41. Gasto económico y energético de las calderas de pellets en las instalaciones municipales de Ampudia. (Fuente: Ayuntamiento de Ampudia).

Instalación municipal	Superficie (m ²)	Gasto económico (€)	Gasto energético (Kg)
Colegiata de San Miguel	1.656	3.589,55	14.037,24
Edificio Antiguo Hospital	1.052	2.280,32	8.917,38
Edificio Antiguo Ayuntamiento	410	888,72	3.475,41
Total	3.118	6.758,58	26.430

Como se observa, la colegiata de San Miguel es la infraestructura que más superficie tiene, y por lo tanto la que más gasto energético tiene, llevándose la mitad de los costes de calefacción.

4.7 Estudio de alternativas

Las alternativas que se han considerado durante el presente estudio, tienen que ver con el mecanizado del proceso de transformación y el tipo de maquinaria a usar según el proceso y las necesidades actuales.

4.7.1 Identificación de alternativas

El estudio de alternativas previo a la ejecución del proyecto permite facilitar la toma de decisiones con respecto al tipo de transformación que se pretende realizar. Para ello, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **Tipo de mecanizado:** Implica la elección del proceso de fabricación del pellet, existiendo 3 tipos: manual, semi-industrial e industrial. Es la alternativa más importante, ya que de elegir bien esta se maximizarían los beneficios a la hora de crearse una planta de pellets en el municipio.
- **Tipo de astilladora:** Comprende la elección de la astilladora a usar en el proceso de fabricación de pellets, pudiendo ser fija o móvil.

4.7.2 Factores condicionantes

El estudio de condicionantes del proyecto permite conocer las restricciones que pueden existir en cuanto a la elección de alternativas. Los factores condicionantes que se consideran para la elección del proceso de mecanizado son los siguientes:

- **Condicionantes económicos.** Importante a la hora de tener un presupuesto inicial y el poder adquisitivo del promotor para gastar justo lo necesario en la maquinaria y las actividades necesarias.
- **Rendimientos de la maquinaria.** La cantidad de cada máquina a la hora de fabricar la biomasa es un factor importante en la elección de esta, ya que, a mejor rendimiento, más productividad se sacará, y por ende mayores beneficios.
- **Aprovechamiento de los recursos disponibles.** Importante tener en cuenta las capacidades de las máquinas elegidas dependiendo de la cantidad de biomasa que se disponga anualmente, ya que una máquina con una producción demasiado elevada, si no es alimentada constantemente se estaría perdiendo dinero, ya que estaría constantemente parada sin sacarla rentabilidad, a parte del coste inicial que supondría adquirir maquinaria de esas dimensiones y volumen de trabajo.

Los factores condicionantes que se consideran para la elección de la astilladora son los 3 condicionantes mencionados anteriormente y a mayores el siguiente:

- **Condicionantes prácticos.** La astilladora no sólo puede usarse para el ámbito forestal en el proceso de fabricación de los pellets si no que el ayuntamiento también lo utilizaría para la trituración de restos de podas que no se puedan aprovechar en el monte y para la eliminación de restos de jardinería, este es un condicionante bastante importante mencionado por el

promotor.

4.7.3 Identificación de alternativas

Las alternativas en la elección del proceso de producción que se van a considerar son las siguientes:

- **Mecanizado manual**
- **Mecanizado semi – industrial**
- **Mecanizado industrial**

Las alternativas en la elección del tipo de astilladora que se van a considerar son las siguientes:

- **Astilladora fija**
- **Astilladora móvil**

4.7.4 Análisis multicriterio de alternativas

La elección del proceso de mecanizado se va a realizar mediante el método de análisis multicriterio de las alternativas propuestas.

Este proceso será muy útil para tomar una decisión clara y rápida a simple vista dando unos valores lo más acertados posibles. Estos valores medirán del 1 al 5 las características de cada criterio de valor, siendo el 1 la puntuación más baja y el 5 la más alta.

Además, dependiendo de la importancia que tengan los criterios de valor se les ponderarán con unos coeficientes del 0,5 al 2,0.

Una vez se califican y se dan valor a las características se realizará un sumatorio del producto y el valor más alto será el más adecuado para nuestra plantación. Estos valores serán una estimación aproximada impuesta por el proyectista siendo lo más realistas posibles dentro de sus conocimientos como ya se ha explicado.

En la Tabla 42 se muestra la matriz de efectos para la elección del proceso de mecanizado en el presente estudio.

Tabla 42. Matriz multicriterio para la elección del proceso de mecanizado.
(Fuente: elaboración propia).

Factor	Coficiente	Manual	Semi - industrial	Industrial
Económico	1,0	5	3	1
Rendimiento	1,5	1	3	5
Aprovechamiento	1,5	2	4	3
Total		9,5	13,5	13

Una vez comparadas las alternativas y en función del resultado obtenido en el análisis multicriterio, se elige como proceso de mecanizado el semi - industrial para la puesta en marcha de la planta debido a lo que destaca en cuanto al rendimiento en la

producción y el aprovechamiento de la biomasa disponible que tienen los M.U.P. de Ampudia.

Para la elección de la astilladora se utilizará el mismo método.

Tabla 43. Matriz multicriterio para la elección del tipo de astilladora. (Fuente: elaboración propia).

Factor	Coeficiente	Móvil	Fija
Económico	1,0	5	4
Rendimiento	1,5	3	5
Aprovechamiento	1,5	3	5
Práctico	2,0	5	2
Total		24	23

Una vez comparadas las alternativas y en función del resultado obtenido en el análisis multicriterio, se elige la astilladora de tipo móvil, debido en gran parte a su gran flexibilidad y uso práctico en el resto de tareas del ayuntamiento.

5 Proceso productivo

Dadas las características y datos de partida que se han sacado durante el estudio se opta por describir el proceso de producción de pellets mediante un proceso semi-industrial, esto es en parte a la cantidad de biomasa disponible anual con la que se cuenta, ya que un proceso de peletizado manual sería demasiado lento y produciría alrededor de 20 t de pellets al año que es incluso menor al gasto que tiene el ayuntamiento, aparte de los bajísimos rendimientos que este proceso tendría.

Por otra parte, se descarta la opción de crear "*in situ*" una planta de peletizado con maquinaria de grandes producciones, la cual denominamos industrial, ya que la materia prima anual obtenida no podría suplir las necesidades de estas máquinas a lo largo del año, además de mencionar que el precio aumentaría bastante.

Es por eso que se opta por un proceso intermedio, que produzca más que las máquinas manuales y no tenga rendimientos tan bajos y a la vez sea más barata que una planta de peletizado industrial.

Las cantidades aproximadas que suelen procesar este tipo de máquinas semi-industriales son de entre 300 a 600 toneladas de pellets (Mayans, J., 2019), lo cual cumple con las cantidades que el ayuntamiento de Ampudia puede extraer de sus montes de utilidad pública.

Para este proceso, se tomarán ejemplos de maquinaria estándar con unos valores aproximados de producción anual sobre las 300-600 toneladas anteriormente mencionadas.

Se tomará de referencia los valores de la cadena de producción de peletizado semi-automáticas de la línea PLT-800 de la marca SMATEC, ya que los valores de producción son los esperados, la capacidad de alimentación es posible en el caso de Ampudia y además tiene la ventaja de que estos equipos son modulares y se pueden comprar individualmente dependiendo de las necesidades y acoplarse entre ellos con la máxima producción, sin pérdidas y sin problemas.

A continuación, en la Imagen 24, se hará una breve descripción mediante una línea de flujo de los procesos necesarios para producir pellets de manera semi-industrial y se describirán la maquinaria utilizada en este proceso.

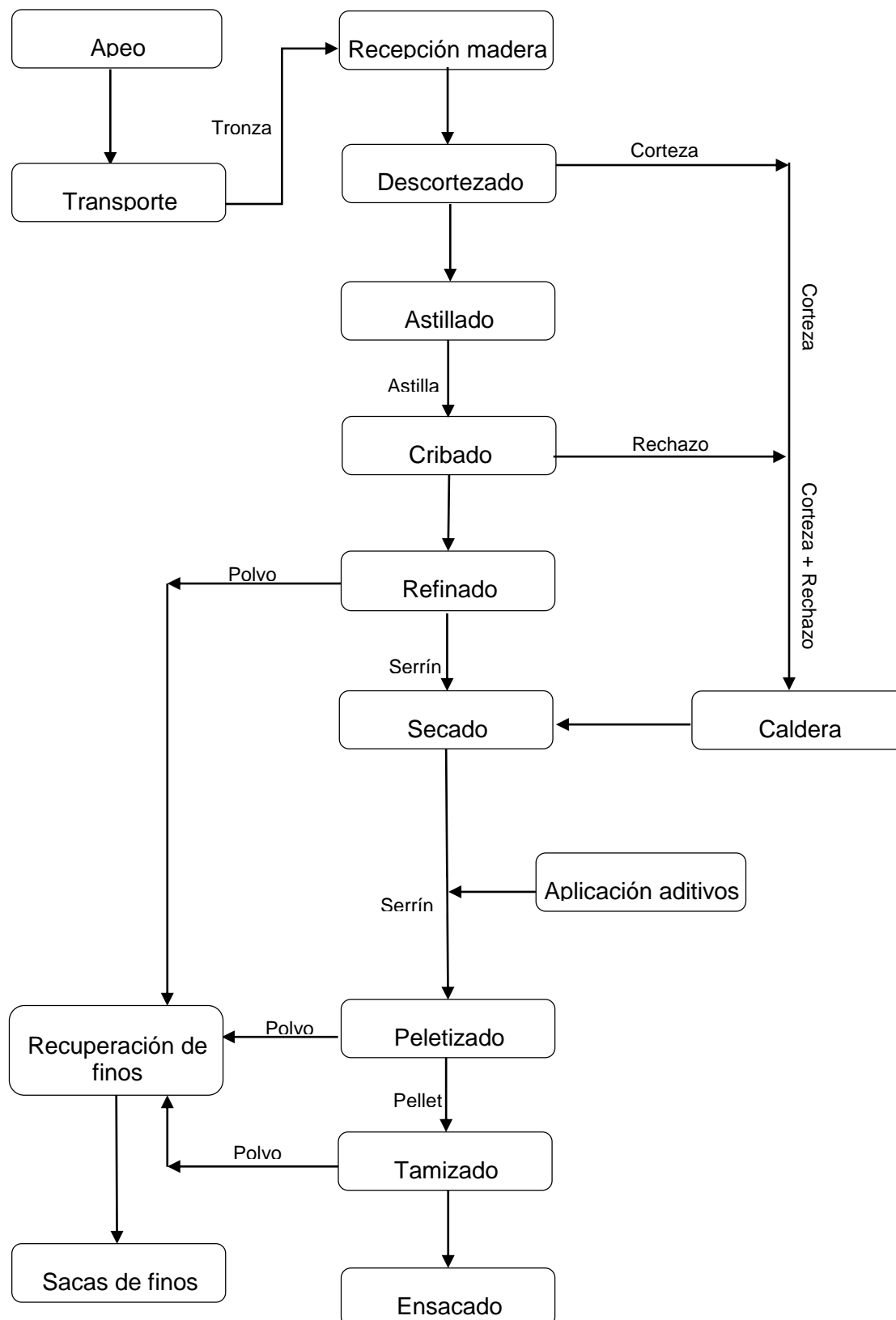


Imagen 24. Línea de flujo del proceso de peletizado. (Fuente: elaboración propia).

5.1 Proceso de recogida y transporte

El proceso de recogida se llevará a cabo en el monte, donde, previamente se seleccionarán los pies que se desean cortar, previo estudio y posterior señalización.

Una vez señalados los pies a apear se realizan las siguientes operaciones en monte:

- **Apeo:** Cortando el árbol por los operarios desde la base con ayuda de una motosierra.
- **Desramado:** Los mismos operarios, con ayuda de la motosierra cortan las ramas del pie dejando el fuste limpio.
- **Despunte:** Una vez quitadas las ramas se pasa a cortar la copa del pie debido al poco diámetro de la madera y la existencia de ramas que en el caso de ser aprovechadas no cumpliría con los estándares permitidos por la normativa.
- **Tronzado:** Se corta el pie en varias tronzas de menor dimensión para su mejor manejo y transporte.
- **Apilado y saca:** Se apilan las tronzas o pies unos sobre otros para después llevarlos con ayuda de maquinaria a una zona de acopio provisional en el monte de fácil acceso para su posterior carga.
- **Transporte:** Se cargan las tronzas en monte a un remolque o camión para llevarlo a fábrica.

Se intentará que el acopio de biomasa sea en temporada de temperaturas más frías y sabia parada de los árboles y el proceso de peletizado se produzca en los meses más cálidos, donde no se va a poder trabajar en el monte.

Estas operaciones pueden realizarse de forma manual, gracias a los motoseristas o de forma mecanizada, empleando una procesadora forestal, dependiendo del terreno, el rendimiento que se quiera sacar en el monte a lo largo del año o el presupuesto inicial que se tenga.

5.2 Descortezado

En el caso de que la madera introducida al proceso se introducirá como primer paso del proceso en una descortezadora, en este caso será una descortezadora Cambio 85-66 A de anillo flotante (Imagen 25), en la que unos rodillos centran y sujetan la troza mientras un rotor con cuchillas incide sobre la superficie del tronco separando la corteza de la madera.

Trabaja tronzas de hasta 66 cm de diámetro y el subproducto producido al descortezar será recogido para alimentar la caldera del secadero (Tabla 44).

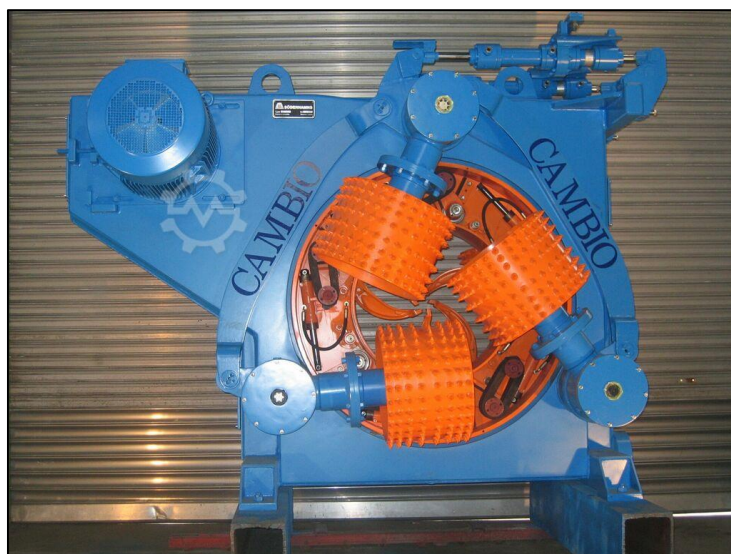


Imagen 25. Descortezadora de anillo flotante marca CAMBIO modelo 85-66 A. (Fuente: machineseeker.es).

Tabla 44. Ficha técnica descortezadora CAMBIO 85-66 A. (Fuente: machineseeker.es).

FICHA TÉCNICA	
Longitud del tronco mínimo	3m
Diámetro del tronco	10-66cm
Rotor del motor	45 kW
Velocidad del rotor	223 rpm
Velocidad de avance	63/41 m/min
Cuchillas	5 piezas con placas intercambiables

5.3 Astillado

Para dar comienzo al ciclo la materia prima será transportada hasta la astilladora situada al comienzo de la cadena de producción.

Para este proceso se utilizará una trituradora forestal, autónoma que podría ser móvil a remolque o fija en planta. En caso de ser móvil estaría alimentada por un motor diésel y en caso de ser fija estaría alimentada por electricidad.

Es interesante la opción de la astilladora móvil, en caso de que se quiera producir astilla en monte, en la misma zona de acopio para después cargar la astilla mediante el tractor con pala al camión.

También se podría usar en monte para astillar los restos de biomasa que se desechen como las ramas o las puntas de los pies. Además, de poder usarse para astillar los restos de poda en las propias tareas selvícolas del ayuntamiento.

Dadas las características de la biomasa de los montes, esta trituradora debería de tener una capacidad de triturado de troncos con un diámetro de hasta 35 cm produciendo una astilla entre los 4 y 15 cm.

Se pondrá de ejemplo una astilladora marca Caravaggi modelo CIPPO25 de 60 HP, que podrá ser utilizada tanto en la nave como en el monte ya que es una astilladora a remolque (Imagen 26).

En el caso de que no pueda astillar pies de diámetros superiores a 30 cm se puede incorporar una rajadora de leña eléctrica o por toma de fuerza del tractor.



Imagen 26. Astilladora a remolque marca Caravaggi modelo CIPPO25. (Fuente: Interempresas.net).

5.4 Clasificación por tamizado

Antes de pasar al molido de la astilla se necesita un clasificado por tamices para eliminar piedras, elementos metálicos, nudos, restos de cortezas, etc.

La principal función de la cribadora es clasificar la astilla por tamaños mediante un sistema de cribas o mallas (Imagen 27). El proceso consiste en separar las astillas según las líneas de producción de la planta, separando por un lado astilla gruesa para su vuelta a la astilladora, y por otro, astilla fina para su transformación en pellet.

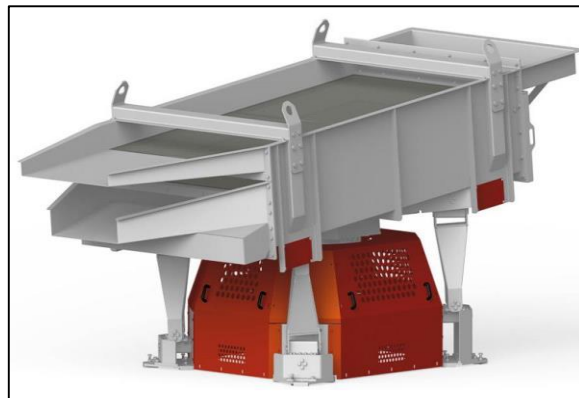


Imagen 27. Cribadora de vaivén de astillas modelo RS 2 x 0,5/4F. (Fuente: rudnick y enners).

La cribadora también elimina del proceso aquellas astillas que no cumplen ciertas características de calidad. Estas astillas inservibles constituyen lo que se denomina rechazo, cuyo destino final es su combustión en la caldera de biomasa.

La astilla fina continúa el proceso de transformación pasando a la siguiente etapa, la molienda.

Tabla 45. Ficha técnica de la cribadora de vaivén modelo RS 2 x 0,5/4F. (Fuente: rudnick y enners).

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Potencia (kW)	0,55
Dimensiones (mm) (largo x ancho x alto)	2300x1500x1200
Superficie de cribado (m ²)	0,5
Fracciones (nº)	2-4
Capacidad (m ³ /h)	8

5.5 Tolva de alimentación

Una vez triturada la madera, convertida en astilla y clasificada se procede al llenado de la tolva que alimentaría el posterior proceso de molido (Imagen 28).

La carga de la materia prima a la tolva se hará de forma automática mediante un cargador de funcionamiento autónomo con motor inverter que permite la regulación de la carga del material.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia instalada	1'5kW
Producción horaria	600-800 kg/h
Dimensiones	Diámetro: 2m
	Altura tolva: 1'20m
	Altura total: 2'15m.

Imagen 28. Tolva de alimentación para el refinador y su ficha técnica correspondiente. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

5.6 Refinado o molido

Después de que la astilla pase por la cinta transportadora entra en el refinador de cuchillos modelo RC800 (Imagen 29), donde se asegura un tamaño regular y uniforme de la granulometría del serrín que acaba de transformar el molino.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	15 kW
Producción horaria	600-800 kg/h.

Imagen 29. Refinador de cuchillos RC800 y su ficha técnica. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

Aparte, este refinador está unido al sistema de recuperación de finos para recuperar los restos de polvo que produce la máquina.

5.7 Recuperador de finos

La línea incluirá un sistema de separación de los finos tanto del refinador como del peletizador que estarán conectados al sistema de aspiración.

El kit de modificación CRT100 consta de un cargador, una válvula rotativa, un ciclón y un aspirador, absorbiendo mediante aspiración el residuo triturado mediante el refinador reconduciéndolo a unas sacas que posteriormente se añadirán al inicio del proceso (Imagen 30).

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
CARGADOR	
Alimentación	Eléctrica monofásica
Potencia	0'18 kW + 0'18 kW
Producción horaria	200-400 kg/h
Volumen de carga	0'8 m3
CICLÓN	
Salida	150 mm. (diámetro)
VÁLVULA ROTATIVA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Producción horaria	400 L/h



Imagen 30. Kit de recuperador de finos mediante ciclón y cargador y ficha técnica de los elementos. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

A parte de los elementos mencionados anteriormente, hay que añadir la existencia de una serie de tuberías que se conectan al resto de equipos y que mencionamos en este apartado ahora, estos equipos son el tamiz vibratorio, la peletizadora, extractor o el refinador de antes (Imagen 31).

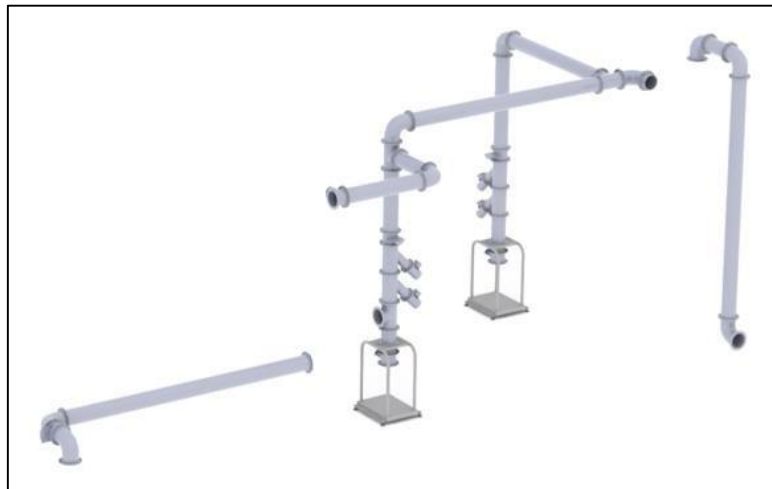


Imagen 31. Kit de tuberías de extracción de finos de las máquinas de fabricación de pellets. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.)

5.8 Secado

El secadero utilizado sería uno de tipo trómel, que son secaderos por suspensión por contacto directo, sin utilizar ningún elemento mecánico (Imagen 32).

El proceso de secado consiste en disminuir el contenido de humedad de las astillas trituradas en serrín de un 30-40% a un 7-10%, humedad final exigida según la normativa de calidad ENPlus. Es un proceso muy delicado e importante ya que afecta directamente sobre el prensado homogéneo del pellet durante el peletizado.

Se buscará un secadero con una producción diaria que mantenga la peletizadora de 4 t/día de producción aproximada.

La caldera del secadero será alimentada con restos de biomasa del monte, como los restos del desramado, el despunte, corteza, rechazos del proceso de fabricación de pellets, restos de poda de las tareas selvícolas durante el año o restos de jardinería que genere el ayuntamiento.



Imagen 32. Secadero rotativo tipo tromel. (Fuente: Milanuncios).

El secadero escogido para el ejemplo será de cilindro rotativo tipo trómel con sistema apagachispas, Air lock de alimentación, fan de aspiración, sistema de control eléctrico de motores de entrada y ciclones.

La longitud del tambor será de 8m, el diámetro del tambor 1,2m y potencia de 7,5kW.

Tabla 46. Ficha técnica de secadero rotativo tipo tromel. (Fuente: Bruna García.M, 2019).

FICHA TÉCNICA	
Tamaño de las materias primas	<20mm
Producción horaria	1,5/3 t/hora
Diámetro del tambor	1'2m
Longitud del tambor	8m
Diámetro del ciclón	100cm
Altura del ciclón	4m
Peso del tambor	3.000kg
Potencia	7'5 KW
Suministro principal de energía eléctrica.	Trifásico 380v y 50hz

5.9 Caldera

En el proceso de secado es necesario aplicar aire caliente para conseguirlo y esto lo lograremos mediante una caldera de biomasa.

Con el fin de aprovechar todos los residuos generados durante el proceso productivo se instalará una caldera de biomasa en la que los aprovecharemos transformándolos en energía térmica.

Los residuos a los que nos referimos son: corteza, ramas no incorporadas al proceso, restos de serrín y/o virutas generadas en el proceso que no sean susceptibles de ser aprovechadas en la formación del pellet y madera procedente de otras industrias no apta para el proceso. De esta forma la planta aprovechara tanto los desperdicios generados en el parque como los generados en el proceso de pelletizado.

La temperatura del aire es controlada mediante un termostato para lograr el grado de humedad final deseado. Esto se podrá realizar ya que la caldera está preparada para varios tipos de combustibles.



Imagen 33. Secadero tipo tromel con caldera de polibiomasa conectados.
(Fuente: Bruna García.M, 2019).

En este caso utilizaremos una caldera con las especificaciones técnicas indicadas en la Tabla 47.

Tabla 47. Ficha técnica de caldera de polibiomasa para secadero tromel.
(Fuente: Bruna García.M, 2019).

FICHA TÉCNICA	
Combustible	20-30kg/h residuos de madera (1kg=20.000 kJ)
Potencia eléctrica	18kW
Poder calorífico	400.000-600.000kJ
Temperatura de trabajo	1.000°C
Capacidad de evaporación	900kg/h

5.10 Peletizado

Según las especificaciones mostradas en la página web de ecofricalia comenta que las peletizadoras industriales Smartec son equipos robustos diseñados con los mejores materiales para garantizar un funcionamiento y una durabilidad prolongada.

El funcionamiento de la peletizadora, consiste en que el residuo es empujado a través de los rodillos hacia la matriz, y gracias a sus aberturas cilíndricas, se comprime y produce el pellet, existiendo la posibilidad de graduar su longitud. La producción oscila de 100 a 600kg hora dependiendo de la peletizadora y del tipo de materia prima que se utilice.

Las peletizadoras industriales Smartec son de matriz plana de fácil extracción (15 min. aprox.) y con cuatro rodillos de compresión, lo que se traduce en mayor producción por el mismo consumo.

Además, disponen de 8 matrices estándar de diferente espesor para utilizar según el tipo de materia a peletizar.

En este ejemplo para el presente estudio se mostrarán los datos de la peletizadora PLT800 de la marca SMARTEC, los datos se muestran en la Imagen 34.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
	PLT800
Accionamiento	Motor trifásico 37kW
Producción horaria	400/600 kg/h
Consumo de energía	32kW
Peso aprox.	650 kg
Dimensiones (Al x An x Prof)	150 x 200 x 90
Seguridad sobrecalentamiento	Sistema de enfriamiento con aceite
Diámetro pélet	6 mm. (otras medidas posibles con matrices sustituibles)
Composición de los principales componentes	Matriz: Acero inoxidable templado AISI 420
	Rodillos: 39 NCD3 templado
	Eje central: 39 NCD3 galvanizado
	Cuerpo de peletización: FE 560 galvanizado

Imagen 34. Peletizadora PLT800 y ficha técnica correspondiente.
(Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

En el caso particular de esta peletizadora la producción a la hora ronda los 400/600 kg/h lo que haría un total de 3.200/4.800 kg al día en el caso de trabajar la máquina 8 horas al día.

5.11 Tamiz vibratorio

El tamiz vibratorio VBR300 de la casa SMARTEC (Imagen 35) separa el pellet producido por la peletizadora de los finos, pasando a la cinta transportadora el pellet en buenas condiciones y los finos y polvo de serrín son separados para después añadirlos al inicio de la línea.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'52 kW

Imagen 35. Tamiz vibratorio VBR300 y su ficha técnica. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

5.12 Ensacado

Una vez separados los finos de los pellets a vender, se pasa al sistema de ensacado a través de una cinta transportadora hacia la ensacadora de pellet PKG1000 (Imagen 36).

Esta ensacadora es semiautomática, que gracias a la tolva de dosificación de material y la balanza electrónica con celdas de carga puede calcular pesos comprendidos entre los 5-20 kg. Además, se complementa con una estructura para big bag y una cinta transportadora para facilitar el llenado de la tolva, en la Tabla 48 se indican las características técnicas.

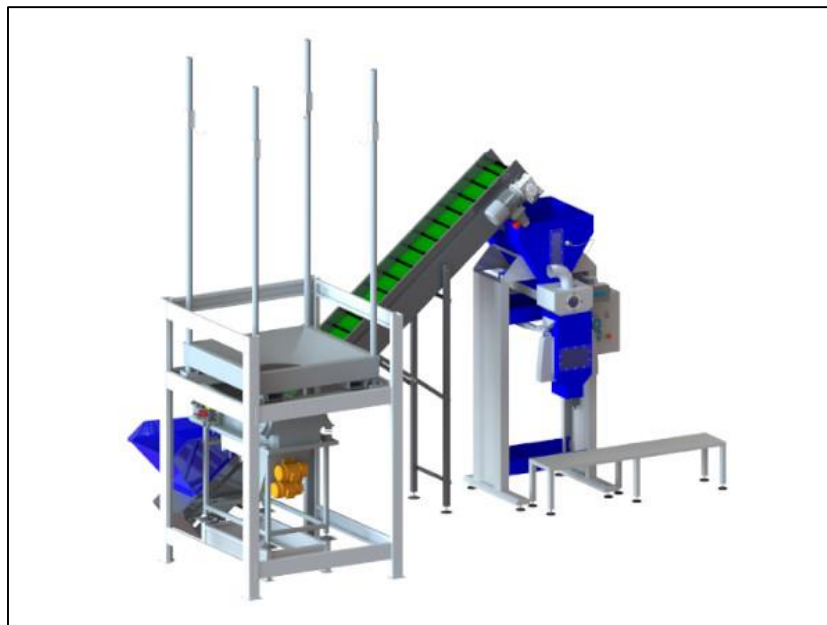


Imagen 36. Ensacadora semi automática PKG1000. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

Tabla 48. Ficha técnica de la ensacadora semi automática PKG1000.
(Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

FICHA TÉCNICA	
Consumo energía	5,3 kW
Alimentación eléctrica	400V – 50 Hz
Alimentación neumática	6 bar/min
Tiempo descarga material	Cada 3 seg. con válvula neumática
Dimensiones (LxWxH)	(4 x 1,5 x 3) m

5.13 Cintas transportadoras y demás

La línea cuenta con 3 cintas transportadoras en total, 2 de 4m y 1 de 3m.

La primera cinta de 4m se usa entre el extractor de astillas y el refinador, incluyendo, un dosificador de aditivos (para mejorar las propiedades de la astilla en caso de que hicieran falta) y un detector de metales al final del tramo.

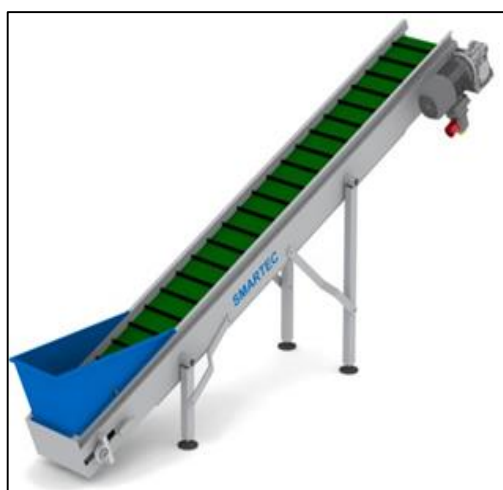
La segunda cinta de 4m lleva el pellet ya acabado hacia la zona de envasado, es una cinta más ancha, con más capacidad y que está cerrada, aislando el producto del exterior (Imagen 37).

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Velocidad cinta	Regulable - 0'15 m/s.



Imagen 37. Cinta transportadora de 4m con su correspondiente ficha técnica.
(Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

La única cinta de 3m conecta la peletizadora con el tamiz vibratorio (Imagen 38). Decir que a todas las cintas transportadoras se las puede regular la velocidad.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Velocidad cinta	0'15 m/s.

Imagen 38. Cinta transportadora de 3m y su correspondiente ficha técnica.
(Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

6 Estudio económico

En el presente apartado del estudio económico se pretende hacer una estimación básica de los gastos que podría suponer, en un futuro, la realización de un proyecto para establecer una planta de pellets o biomasa forestal de los M.U.P. de Ampudia con base en el municipio.

Decir que, en principio en este tipo de trabajos se suele incluir un análisis de rentabilidad de la inversión calculando el VAN y el TIR. En este caso se deduce que no es necesario dado que las verdaderas intenciones del ayuntamiento no son las de buscar un rendimiento económico, aunque se llegue a unos beneficios económicos al final, como podría ser una empresa, sino que lo principal es dar un valor al monte y unos beneficios al pueblo y sus habitantes no tangible y difícilmente monetizable.

Para empezar, el coste actual de los gastos energéticos de las calderas instaladas del ayuntamiento es igual a 6.800 €/año por las 3 calderas de pellets en una superficie total de 3.118 m², como se muestra en el apartado 4.6 Demanda energética del municipio, donde el ayuntamiento de Ampudia facilitó estos datos.

Además, el ayuntamiento pretende incorporar otra caldera de pellets en otro local público para fines térmicos, aumentando en un 25% el consumo actual de pellets.

Los cálculos se harán contando la incorporación de esta nueva caldera, donde el gasto en el caso de que se implante otra caldera, generando ese aumento del 25% del consumo que existe actualmente, daría un valor de unos 1.700 € de pellets, que en total con las 3 calderas ya instaladas serían unos 8.500 € de pellets al año para suministrar las calderas municipales, que traducido a peso en pellets quedaría unos 33.037,5 kg aproximadamente.

En el caso de realizar una inversión para comprar la maquinaria necesaria de la línea de peletización se han estipulado los precios de tales maquinarias en base a otros proyectos de peletización en los cuales conocemos los precios de tales máquinas.

6.1 Mano de obra

En el caso de llevarse a cabo el proyecto de peletización en Ampudia con un aprovechamiento de sus propios montes públicos, la planta deberá de tener operarios que lleven a cabo las diferentes tareas para la fabricación de pellets.

La mano de obra con la que se cuenta inicialmente para alcanzar la producción fijada está constituida por 3 personas cualificadas con distintos cargos. Este grupo de personas está formado por:

- **Director-gerente de planta:** Máximo responsable de la planta encargado de controlar, supervisar y llevar la contabilidad de la planta, además será técnico graduado en Ingeniería Forestal o de Montes y se encargará de adquirir la biomasa para la planta.
- **Personal especializado en aprovechamientos forestales:** Compuesto por 2 personas con formación en maquinaria forestal que realizarán las labores de apeo en monte, astillado y peletizado en la planta.

Conocido el personal que trabajará en la planta de peletizado faltaría calcular el horario laboral que se tendría y así estipular los días y horas que se pueden dedicar a cada proceso.

Los días laborales que se reflejarán en la Tabla 49 son los existentes en la provincia de Palencia en el año 2021.

Tabla 49. Resumen de días laborables en la provincia de Palencia. (Fuente: Calendarios.ideal).

Días año	365
Días festivos	14
Días mantenimiento	31
Fines de semana	104
Total días laborables	216

Se tendrá un mes de mantenimiento, haciéndolo coincidir con el mes de vacaciones de los empleados, normalmente en el mes de agosto, y restando los fines de semana y los días festivos nacionales y provinciales se nos queda en un total de días laborables de 216 días.

El horario normal de trabajo será en principio de una jornada de 8 horas al día, que sumados a los 216 días laborables quedaría un total de 1.728 horas al año.

En principio, siempre que se pueda se realizarán las labores de apeo en los meses más fríos, aprovechando la sabia parada de los árboles y el proceso de peletizado en los meses más cálidos aprovechando que realizar tareas con motosierra y maquinaria en el monte tienen bastante peligro de incendio. Estos meses cálidos corresponderían entre abril y septiembre, contando que agosto es un mes de mantenimiento y no se trabaja.

Conociendo el número de empleados de la planta y el precio por hora que cuesta a la empresa cada trabajador se puede conocer el gasto en los salarios de la planta.

Estos costes se han mirado en el convenio colectivo para el sector de actividades forestales del año 2021 publicado en el BOE, los salarios anuales que se muestran a continuación incluyen ya las pagas extraordinarias de junio y Navidad (Tabla 50).

Tabla 50. Salarios base anuales (€) del personal en planta. (Fuente: Convenio colectivo para el sector de actividades forestales del BOE, 2021).

Personal	Nº personal	Salario base (€)
Director-gerente	1	17.321,67
motoserristas	2	29.644,38
TOTAL		46.966,05

El director y gerente corresponde al apartado de "Personal titulado Universitario Superior" y los motoserristas están dentro del campo de "Personal especialista".

Aún con estos datos del salario base, se entiende que el precio pagado por los servicios ofrecidos por el Directo y gerente es bajo, ya que tendría que realizar más de

una tarea importante como es supervisar la empresa, llevar la contabilidad o conseguir la biomasa para trabajar, entre otros.

Es por esto que se estima un salario para el Director y gerente de unos 15€ la hora trabajada, que en 1.728 horas trabajadas al año daría un coste total de unos 25.920 €/año, lo que es lo mismo a cobrar 1.851,43€/mes incluyendo las pagas extras de navidad y verano.

Conociendo los salarios bases hay que añadir el coste a la empresa de estos trabajadores, contando la seguridad social, prestaciones sociales o gasto en formación, este gasto se estima en un 36% del salario que perciben los trabajadores, quedando como indica la Tabla 51:

Tabla 51. Costes totales anuales (€) del personal en planta. (Fuente: Convenio colectivo para el sector de actividades forestales del BOE, 2021).

Personal	Nº personal	Salario base (€)	Coste extra a la empresa	Costes totales anuales (€)
Director-gerente	1	25.920	36 %	35.251,20
motoserristas	2	29.644,38	36 %	40.316,36
TOTAL				75.567,56

Además de conocer el coste en salarios, con los datos de las horas trabajadas se deduce que, si se tienen 483,95 t/año en 216 días laborables, se obtiene una media de producción de 2,24 t al día.

Se estima que de 216 días que se tienen, unos 100 se dediquen al acopio de material, por lo tanto, 116 se dedicarán a la producción de pellets en planta.

Esto cambia los valores de producción medios diarios, quedando que en 116 días hay que producir 483,95 t. El resultado final de toneladas producidas al día queda en 4,17t/día (en turnos de 8 h /día).

Estos valores concuerdan perfectamente con la maquinaria que se ha dispuesto para la elaboración del presente estudio, ya que la peletizadora tiene unos valores de producción de entre 3,2t y 4,8t la jornada laboral.

6.2 Recolección y transporte

Los gastos de recolección de la biomasa y su posterior transporte serán contabilizados también, en el caso del municipio de Ampudia, los montes están cerca del punto de fabricación que se encontrará en la villa, por lo que se deduce que los gastos de transporte no serán tan caros.

Para hacer la estimación de estos costes se utiliza la herramienta de información geoespacial BIORAISE, la cual calcula tanto los costes de recolección como de transporte de la biomasa dependiendo de la distancia de recolección.

En el caso de esta herramienta, los costes los calcula dependiendo de un radio de actuación. Suponiendo que la planta se encuentra en el municipio, se ha estimado un

que un radio de 10 km es más que suficiente para cubrir toda la superficie del término municipal donde se encuentran los montes que van a ser aprovechados.

El precio del combustible también es importante para la simulación, en este ejemplo se sobre estima un poco en favor de la seguridad y se le da un valor de 1,2 € el litro.

Los resultados se muestran en la Tabla 52:

Tabla 52. Costes medios (€/tMS) de recolección y de transporte de la biomasa en un radio de 10 km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

Tipo de biomasa	Secano	Regadío	Coníferas	Fronosas	Forestal mixto	Matorral
Coste medio de recolección (€/tMS)	41,67	21	51,72	45,05	46,17	38,68
Coste medio de transporte (€/tMS)	6,03	6,21	6,53	6,85	6,29	5,91

Los datos mostrados por BIORAISE se muestran en base a las toneladas de materia que se pueden obtener del monte, conociendo el dato de materia anual que se puede extraer tanto de coníferas como de frondosas se puede conocer el coste anual tanto de recolección como de transporte

Tabla 53. Costes totales de la recolección (€) de coníferas y frondosas en un radio de 10 km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

Tipo de biomasa	Coste medio de recolección (€/tMS)	tMS TOTAL	Coste TOTAL (€)
Coníferas	51,72	483,95	25.029,89
Fronosas	45,05	16,73	753,69
TOTAL			25.783,58

Los costes de transporte según BIORAISE se resumen en la Tabla 54:

Tabla 54. Costes totales de transporte (€) de coníferas y frondosas en un radio de 10 km de Ampudia. (Fuente: BIORAISE).

Tipo de biomasa	Coste medio de transporte (€/tMS)	tMS TOTAL	Coste TOTAL (€)
Coníferas	6,53	483,95	3.160,19
Fronosas	6,85	16,73	114,60
TOTAL			3.274,79

6.3 Equipos de Seguridad y salud

Para las tareas forestales es necesario la equipación del EPI especializado para motoserristas, el cual está constituido por los siguientes elementos:

- **Casco de seguridad**
- **Protector auditivo para ambientes de ruido externo**
- **Pantalla de protección facial**
- **Guantes largos anticortes**
- **Pantalón anticortes tipo mono**
- **Botas de seguridad**

El precio de estos EPI se ha encontrado en las tarifas de precios de Tragsa para equipos de protección individual resumiéndose en la Tabla 55.

Tabla 55. Precios EPI para trabajos en monte. (Fuente: Tarifas Tragsa).

EPI	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Casco seguridad motoserrista	57,43	3	172,29
Guantes largos anticortes	32,50	2	65
Pantalón anticortes	49,88	2	99,76
Botas de seguridad	85,00	3	255
TOTAL			592,05

Según los precios de las tarifas de Tragsa la equipación individual para trabajar en monte contando los 2 motoserristas y el técnico que vaya a monte equivale a unos 592,05€.

Contar también con un botiquín de primeros auxilios, según tarifas Tragsa de 25,34 €/ud.

Y con un mínimo de 3 extintores con fines de extinción de combustible sólido como virutas o serrín de madera que según tarifas Tragsa cuestan en torno a 91,58 €/ud, lo que hace un total de 274,74€.

Además, se tomarán en cuenta los EPI para trabajar en la planta que son:

- **Casco de seguridad con protector de oídos**
- **Guantes de piel contra riesgos mecánicos**
- **Mono de trabajo de alta visibilidad**
- **Botas de seguridad de poliuretano**
- **Gafas contra impactos**
- **Mascarilla antipolvo**

Tabla 56. Costes de EPI en planta. (Fuente: Tarifas Tragsa).

EPI	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Casco seguridad con protector de oídos	15,69	3	47,07
Gafas antipolvo	5,36	3	16,08
Guantes de piel	1,64	3	4,92
Máscara antipolvo	7,49	3	22,47
Mono alta visibilidad	18,7	3	56,1
Par de botas de seguridad	32,03	3	96,09
TOTAL			242,73

El total de todos los costes en EPI y elementos de seguridad, aproximadamente tiene un valor de 1.134,86€ (Tabla 57).

Tabla 57. Resumen de precios para los elementos de seguridad y salud en planta y monte. (Fuente: Tarifas Tragsa).

EPI	Precio (€)	Precio Total (€)
Trabajos planta	242,73	
Trabajos monte	592,05	1.134,86
Botiquín	25,34	
Extintores	274,74	

6.4 Maquinaria

En este apartado se informará de toda la maquinaria descrita en el apartado del proceso productivo para la fabricación de pellets, la obtención de la materia prima y el transporte

Decir que el ayuntamiento cuenta a fecha del presente estudio con un tractor agrícola y un remolque para la posible carga y transporte de biomasa.

6.4.1 Motosierra

Utilizada para el apeo de los pies marcados en monte, y su posterior desramado, despunte y tronzado.

Se utilizará un modelo básico de motosierra de gasolina Stihl para ámbito forestal, modelo MS 201 C-M de 2,4 CV y 4 kg de peso, con un precio en la tienda oficial de 769,00€ la unidad.

Se estima que el número de operarios realizando el apeado a la vez serán de 2 peones especializados.

Tabla 58. Costes y unidades de motosierras necesarias. (Fuente: Stihl).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Motosierra Stihl MS 201 C-M	769,00	2	1.538,00

6.4.2 Tractor y remolque

Como se ha mencionado anteriormente, el municipio de Ampudia ya dispone de un tractor agrícola y un remolque que utiliza en sus labores de jardinería y mantenimiento del pueblo.

6.4.3 Descortezadora

Antes de astillar las tronzas que vienen del monte se pasa por la descortezadora para eliminar la corteza que bajaría la calidad de los pellets, y además dicha corteza será reutilizada como combustible de la caldera para el proceso de secado del serrín.

Tabla 59. Costes de descortezadora. (Fuente: Söderhamn Eriksson)

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
descortezadora CAMBIO 85-66 A	50.000,00	1	50.000,00

Los costes totales en la compra de la descortezadora de anillo flotante serían 30.000,00€

6.4.4 Astilladora

Para este proceso se utilizará una trituradora forestal, autónoma que podría ser móvil a remolque o fija en planta. En caso de ser móvil estaría alimentada por un motor diésel y en caso de ser fija estaría alimentada por electricidad.

Dadas las características de la biomasa de los montes, esta trituradora debería de tener una capacidad de triturado de troncos con un diámetro de hasta 35 cm produciendo una astilla entre los 4 y 15 cm.

Se pondrá de ejemplo una astilladora marca Caravaggi modelo CIPPO25 de 60 HP, que podrá ser utilizada tanto en la nave como en el monte ya que es una astilladora a remolque.

Tabla 60. Precio Astilladora móvil Caravaggi. (Fuente: Mayans Diaz, J.J., 2019).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Astilladora Caravaggi CIPPO25	20.031,00	1	20.031,00

Por lo tanto, queda que el gasto a la hora de comprar la astilladora móvil Caravaggi CIPPO25 es de 20.031,00€.

6.4.5 Cribadora

Antes de pasar al secado de la astilla se necesita un clasificado por tamices para eliminar piedras, elementos metálicos, nudos, restos de cortezas, etc.

La principal función de la cribadora es clasificar la astilla por tamaños mediante un sistema de cribas o mallas.

Tabla 61. Costes de Cribadora de vaivén de astillas modelo RS 2 x 0,5/4F. (Fuente: rudnick y enners).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Cribadora RS 2X0,5/4F	8.000,00	1	8.000,00

6.4.6 Secadero y caldera

El secadero utilizado sería uno de tipo trómel, que son secaderos por suspensión por contacto directo, sin utilizar ningún elemento mecánico.

El proceso de secado consiste en disminuir el contenido de humedad del serrín de un 30-40% a un 7%, humedad final exigida según la normativa de calidad ENPlus. Es un proceso muy delicado e importante ya que afecta directamente sobre el prensado homogéneo del pellet durante el peletizado.

Tabla 62. Costes de secadero rotativo tipo tromel con caldera. (Fuente: Bruna García, M., 2019).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Caldera y secadero rotativo tromel	28.800,00	1	28.800,00

Este secadero va unido a una caldera que suministra el calor al secadero, y es alimentada por cualquier tipo de biocombustible, aunque en este caso se utilizará los restos de podas, corteza, finos o restos de jardinería del municipio.

Se ha estado viendo más precios para secaderos tipo tromel y los precios oscilan desde los 20.000€ a los 150.000€ dependiendo de la capacidad y la producción de cada uno de estos. Otra opción más barata sería buscar la máquina de segunda mano.

6.4.7 Línea de peletizado

La línea de peletizado que se menciona como ejemplo en el presente estudio forma parte de la empresa SMARTEC, dedicada a la fabricación de diferente maquinaria para la transformación de la biomasa forestal o agrícola en pellet.

Se eligió esta marca y esta maquinaria en particular por la facilidad de su uso, mantenimiento y montaje, ya que es una línea compuesta por diferentes módulos que se acoplan unos con otros formando la cadena completa de maquinaria para hacer pellets.

Esta cadena de máquinas está constituida por las siguientes:

- **Tolva de alimentación**
- **Refinador de cuchillos RC800**
- **Recuperador de finos CRT100**
- **Peletizadora PLT800**
- **Tamiz vibratorio VBR300**
- **Cintas transportadoras**
- **Dosificador de aditivos**

Como menciona Mayans, J.J. (2019), la cadena de máquinas fue contratada a mercantil ELIAS JADRAQUE S.L., donde el valor total IVA incluido ascendía hasta los 113.619,00€.

Tabla 63. Coste total de la línea de peletizado SMARTEC. (Fuente: Mayans, J.J., 2019).

Maquinaria	Unidades	Precio Total (€)
Tolva de alimentación	1	
Refinador de cuchillos RC800	1	
Recuperador de finos CRT100	1	
Peletizadora PLT800	1	113.619,00
Tamiz vibratorio VBR300	1	
Cintas transportadoras	3	
Dosificador de aditivos	1	

Las especificaciones técnicas se mencionan en el apartado 5 Proceso productivo.

6.4.8 Ensacadora

La ensacadora usada en la cadena será una de tipo semi automático, modelo PKG1000 de la marca SMARTEC, continuando con la línea de trabajo de las máquinas anteriormente mencionadas de la misma marca.

Esta ensacadora puede calcular pesos comprendidos entre los 5-20 kg, gracias a la tolva de dosificación de material y la balanza electrónica con celdas de carga. Además, se complementa con una estructura para big bag y una cinta transportadora para facilitar el llenado de la tolva.

Tabla 64. Costes ensacadora PKG1000. (Fuente: Ecofricalia Sostenible S.L.).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Ensacadora PKG1000	7.500,00	1	7.500,00

6.4.9 Carretilla elevadora

La carretilla elevadora (Imagen 39) a usar será una estándar modelo HC Diésel SERIE XR (1,8-3,8 T).

Con una capacidad de carga de 1.800kg a 3.800kg, y una elevación de 2,5m hasta 7m de altura, perfecto para mover las sacas big bag de 1.000kg o los pallets de los sacos de 15kg.

Tabla 65. Costes de carretilla elevadora. (Fuente: Alce carretillas elevadoras).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Carretilla elevadora HC SERIE XR	15.300,00 + IVA	1	18.513,00



Imagen 39. Carretilla elevadora HC SERIE XR (1,8-3,8T). (Fuente: Alce carretillas elevadoras).

6.4.10 Costes totales de maquinaria

Una vez estimados los costes que podrían costar las máquinas en el apartado anterior se pasa a realizar el sumatorio de estas para conocer el valor global, este valor se puede observar en la Tabla 66.

Tabla 66. Costes totales de la maquinaria a utilizar en el supuesto caso de realizarse un aprovechamiento forestal para la fabricación de pellets. (Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos gracias a Mayans Diaz, J.J., Bruna García, M., Stihl y Ecofricalia).

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Motosierra Stihl MS 201 C-M	769	2	1.538,00
Descortezadora CAMBIO 85-66 A	50.000,00	1	50.000,00
Astilladora Caravaggi CIPPO25	20.031,00	1	20.031,00
Cribadora RS 2X0,5/4F	8.000,00	1	8.000,00
Secadero rotativo tromel y caldera de policomcombustible	28.800,00	1	28.800,00
Tolva de alimentación	-	1	
Refinador de cuchillos RC800	-	1	
Recuperador de finos CRT100	-	1	
Peletizadora PLT800	-	1	113.619,00
Tamiz vibratorio VBR300	-	1	
Cintas transportadoras	-	3	
Dosificador de aditivos	-	1	
Ensacadora PKG1000	7.500,00	1	7.500,00
Carretilla elevadora HC SERIE XR	15.300,00 + IVA	1	18.513,00
TOTAL			248.001,00

Los gastos totales de la maquinaria escogida para la supuesta realización de una planta de pellets en Ampudia ascienden a un total de **248.001,00€**, contando con que el propio ayuntamiento tiene alguna máquina ya a su disposición como son el tractor agrícola y un remolque.

Sabiendo el coste total de la maquinaria, se calculan los costes fijos anuales de esta maquinaria (Tabla 67) según su amortización, de unos 15 años para la maquinaria más duradera y de 8 años para la maquinaria más sensible, como las motosierras.

Tabla 67. Costes anuales (€/año) de la maquinaria. (Fuente: elaboración propia).

Maquinaria	Coste (€)	Años amortización	coste amortización anual (€/año)
Línea de transformación de pellets	227.950,00	15	15.196,67
carretilla	18.513,00	15	1234,20
Motosierras	1.538,00	8	192,25
TOTAL			16.623,12

Por lo tanto, el coste anual de la maquinaria utilizada para la elaboración de pellets da **16.623,12 €/año**.

6.5 Venta de pellets

En principio, el municipio pretende autoabastecerse de pellets con sus propios montes, el gasto anual de pellets se elevaba entorno a las 26,43 t, lo que equivale a unos 6.758,58 €.

El gasto de pellets es altamente superado con toda la cantidad que una supuesta planta con estas características podría fabricar, estamos hablando de una cantidad anual en torno a las 500,68 t de pellets listos para el consumo.

En un principio se tenía pensado vender los pellets sobrantes en el caso de que se suplieran las necesidades del propio ayuntamiento, lo que se ve que claramente se cumple, además, como se pretende implantar otra caldera de pellets para otro espacio público el consumo de pellets se estima que aumente un 25% del consumo actual, quedando unos datos de consumo de 33.037,5 kg aproximadamente.

Una vez resueltas las necesidades del ayuntamiento, se tiene pensado con el sobrante venderlo, primeramente, a la gente empadronada del municipio, y después venta libre a los pueblos del entorno o quien sea, hasta agotar existencias.

El precio de venta del saco de 15kg a los empadronados del municipio será prácticamente a precio coste, fomentando el uso de energías renovables y ayudando a la población local con unos precios más asequibles. El precio al resto será a precio de mercado.

Se estipula un precio de 3,90€ el saco de 15kg para la población de Ampudia, que es el precio de 15kg si se comprara a granel según datos publicados en AVEBIOM.

Según la misma fuente, el saco de 15kg tiene un precio medio en España en torno a los 4,34 €/saco, este será el precio que se le dé al saco vendido a particulares no empadronados en Ampudia.

Los porcentajes de venta y autoconsumo se muestran a continuación, siendo el del propio ayuntamiento el porcentaje que le dé entre el total de pellets fabricados y el supuesto consumo anual que tenga con la implementación de otra caldera.

Tabla 68. Porcentajes y cantidades (t) de pellets que corresponden a cada consumidor con la biomasa de los M.U.P. (Fuente: elaboración propia).

Consumidor	Producto total (t)	Porcentaje venta	Total pellets (t)
Ayuntamiento		6,60%	33,04
Empadronados	500,68	43,40%	217,29
No empadronados		50%	250,34
TOTAL			500,68

Los porcentajes de venta a empadronados se calculan hasta llegar al 50% del producto fabricado total contando con el autoconsumo del propio ayuntamiento, aunque se cree que no llegue a estos valores, se da un margen de seguridad de hasta el 50%.

El 50% restante será destinado para venta directa de particulares no empadronados.

El resumen de las ganancias por las ventas de todos los pellets fabricados dependiendo el consumidor se muestra en la Tabla 69.

Tabla 69. Beneficios en la venta del total de pellets producidos con la biomasa de los M.U.P. dependiendo el consumidor. (Fuente: elaboración propia).

Consumidor	Pellets vendidos (t)	Nº sacos de 15kg	Precio venta (€/saco)	Total ganado (€)
Ayuntamiento	33,04	2.202,99	3,90	8.591,67
Empadronados	217,30	14.486,34	3,90	56.496,73
No empadronados	250,34	16.689,33	4,34	72.431,71
TOTAL				137.520,11

Los ingresos con la venta del total de pellets producidos con la biomasa obtenida a partir de los M.U.P. son de **137.520,11€**, pero restando lo ganado con la venta al propio ayuntamiento que se deduce en el ahorro que se produciría al no comprar los pellets a terceros quedando un total de **128.928,44 €/año** de ingresos.

Para el total de los montes del término municipal, tanto públicos como privados quedaría como se refleja en la Tabla 70, con un total de materia seca de **629,61t**.

Tabla 70. Porcentajes y cantidades (t) de pellets que corresponden a cada consumidor con la biomasa de todo el término municipal. (Fuente: elaboración propia).

Consumidor	Producto total (t)	Porcentaje venta	Total pellets (t)
Ayuntamiento		5,25%	33,04
Empadronados	629,61	44,75%	281,75
No empadronados		50%	314,81
TOTAL			629,61

Como en el caso anterior, los porcentajes de venta a empadronados se calculan hasta llegar al 50% del producto fabricado total contando con el autoconsumo del propio ayuntamiento, aunque se cree que no llegue a estos valores, se da un margen de seguridad de hasta el 50%.

El 50% restante será destinado para venta directa de particulares no empadronados.

El resumen de las ganancias por las ventas de todos los pellets fabricados con la biomasa obtenida a partir de todos los montes del término municipal de Ampudia y dependiendo el consumidor se muestra en la Tabla 71.

Tabla 71. Beneficios en la venta del total de pellets producidos con la biomasa de todo el término municipal y dependiendo el consumidor. (Fuente: elaboración propia).

Consumidor	Pellets vendidos (t)	Nº sacos de 15kg	Precio venta (€/saco)	Total ganado (€)
Ayuntamiento	33,04	2.202,99	3,90	8.591,67
Empadronados	281,75	18.783,33	3,90	73.255,00
No empadronados	314,81	20.987,33	4,34	91.085,03
TOTAL				172.931,70

Los ingresos con la venta del total de pellets producidos con la biomasa obtenida a partir de todos los montes del término municipal de Ampudia son de **172.931,70€**, pero restando lo ganado con la venta al propio ayuntamiento que se deduce en el ahorro que se produciría al no comprar los pellets a terceros quedando un total de **164.340,03 €/año** de ingresos.

Por lo tanto, los ingresos por la venta de pellets tanto de la biomasa producida únicamente de los M.U.P. como de la producida por todos los montes, tanto públicos como privados del término municipal de Ampudia se reflejan en la Tabla 72.

Tabla 72. Ingresos anuales (€/año) con la venta de pellets producidos con la biomasa de los M.U.P. o de los montes de todo el término municipal. (Fuente: elaboración propia).

Montes	Ingresos (€/año)
M.U.P.	137.520,11
Todo el término	164.340,03

6.6 Conclusiones

Una vez calculados todos los costes y beneficios se proceden a calcular los números económicos en el caso de que la planta llegara a instalarse y se llegue a utilizar la maquinaria expuesta en el presente estudio como ejemplo, con lo cual, los valores pueden variar dependiendo de la maquinaria utilizada real, del precio del pellet en el futuro o del número total de personas que trabajen en la empresa en un futuro.

La Inversión en maquinaria se aproxima a los **248.001,00€** y se pretende una amortización de esa maquinaria en 15 años, dentro de los años permitidos por la agencia tributaria, y para la maquinaria más sensible como las motosierras, se le aplicará una amortización menor, de unos 8 años, dando un coste total anual a pagar por la maquinaria de **16.623,12 €/año** como costes fijos.

Además, se han calculado los costes en salarios del personal de la planta en **44.576,21 €/año** como costes fijos también.

Los gastos de recolección y transporte están calculados también como costes fijos anuales, estos ascienden a un total de **29.058,37 €/año**.

Por último, decir que existen unos gastos en equipos de seguridad y salud básicos que habrá que reponerse cada cierto tiempo, este período se estipulará en 3 años aproximadamente, siendo estos gastos de 1.134,86 €, si se divide en 3 años, se calcula el gasto anual de estos equipos de seguridad en **378,29 €/año**.

El total de gastos anuales se muestra en la Tabla 73:

Tabla 73. Costes totales anuales (€) de la planta de pellets. (Fuente: elaboración propia).

Tipo de coste	Gasto anual (€/año)	Gasto anual TOTAL (€/año)
Mano de obra	75.567,56	
Recolección	25.783,58	
Transporte	3.274,79	121.627,33
Seguridad y salud	378,29	
Maquinaria	16.623,12	

Una vez definidos los gastos y los ingresos anuales se pasan a conocer los beneficios anuales aportados por la venta exclusiva de pellets en el caso de producirlos únicamente con biomasa de los M.U.P. o de los montes de todo el término.

Tabla 74. Beneficios anuales (€) de la empresa de peletizado con biomasa de los M.U.P. o del total de los montes (públicos y privados) del término (Fuente: elaboración propia).

	M.U.P.	Montes privados y públicos
Ingresos totales año	128.928,44 €	164.340,03 €
Gastos totales año	- 121.627,33€	- 121.627,33€
Diferencia	7.301,11 €/año	42.712,70 €/año

Por lo tanto, en el caso de producir pellets únicamente de los M.U.P. se sacaría unos beneficios anuales aproximados de **7.301,11 €/año**, un valor aceptable, teniendo en cuenta los beneficios que el propio proyecto tenía en mente, que eran mantener un cuidado regular de sus montes, ofrecer puestos de trabajo a la población del municipio, ofrecer un biocombustible como el pellet a un precio muy económico para los habitantes de la villa y autoabastecer las propias calderas municipales con sus propios pellets.

En el caso de producir pellets con biomasa de todos los montes de Ampudia, los beneficios anuales serían de **42.712,70 €/año**, superando con creces los beneficios estipulados para un aprovechamiento único de los M.U.P. pero con la contra de tener que contactar con los propietarios de esos montes privados y llegar a un acuerdo para su aprovechamiento.

7 Resultados y conclusiones

El principal objetivo es el autoabastecimiento energéticamente de los edificios públicos del ayuntamiento de Ampudia con la propia biomasa de los Montes de Utilidad Pública (M.U.P.) y ver si es rentable o no realizar una inversión para hacer posible esa idea. La obtención de la materia prima y su posterior transformación está gestionada por el propio ayuntamiento de Ampudia, el cual se encargaría de realizar las tareas de señalización de pies, apeo, transporte, acopio en fábrica, la transformación en pellets de esta biomasa forestal y su posterior venta al público.

Se calculó el potencial de la biomasa que se puede extraer de los M.U.P. para conocer de cuanta materia prima se dispone. El cálculo se ha hecho gracias al empleo de las fórmulas que utiliza el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) para la realización del Inventario Forestal Nacional (IFN). Estas fórmulas en concreto son las del Incremento Anual de Volumen con Corteza (IAVC), que será diferente dependiendo de la zona del estudio y las especies a valorar, en este caso Palencia y las especies de encina, quejigo, ciprés de Arizona, pino piñonero y carrasco.

A parte de tener datos de inventarios realizados por la Universidad de Valladolid (UVA) en montes homólogos, con las mismas especificaciones y próximos en distancia a los montes de Ampudia, se realizó un muestreo en varias parcelas en los diferentes montes existentes para contrastar con otros resultados publicados del municipio.

Los datos obtenidos por las parcelas de muestreo que se realizaron para este estudio en las “Laderas de Ampudia” fueron de densidades de **1.018 pies/ha**, el resto de parcelas ofrecen densidades próximas a los **255 pies/ha** y sus diámetros normales que comprenden entre los 25 a 35 cm. Además, se resumen los volúmenes de biomasa de las diferentes especies donde ya se han aplicado las diferentes tarifas de cubicación que corresponden para cada especie y zona.

Las cantidades en toneladas de madera potencialmente extraíble al año obtenidas tras los cálculos en los M.U.P. de Ampudia son de unos 1.209,87 t en coníferas y 41,83 t en frondosas lo que hacen un total de **1.251,71 t** de biomasa.

Se realizaron los mismos cálculos para la biomasa que existe en todos los montes del término municipal de Ampudia, tanto de uso público como privado, conociendo las extensiones de estos y sabiendo que son montes análogos o extensiones de estos mismos, por lo que tienen las mismas especies, misma estructura que los montes públicos estudiados con anterioridad. Este cálculo se realizó para conocer las existencias que tiene todo el municipio en el supuesto caso de que con los propios montes públicos no se pudiera abastecer. Los datos obtenidos indican que el potencial de la biomasa forestal es de 1.348,02 t para coníferas y 226,01 t para frondosas, lo que representa un total de 1.574,03 t.

La cantidad de pellets que se podrían obtener a partir de dicha biomasa potencialmente disponible será de unas **500,68 t/año** en el caso de aprovechar únicamente los M.U.P. y de 629,81 t/año en el caso de aprovechar tanto los montes públicos como los privados. En ambos casos la biomasa aprovechada es de frondosas y coníferas. Esta producción de pellets cumpliría para el consumo del Ayuntamiento y la venta del resto de vecinos del pueblo.

Se ha definido una línea de producción de pellet semiindustrial y se han detallado las características técnicas de la maquinaria que se debería utilizar para cumplir con todos los requisitos necesarios para transformar la biomasa que producen los montes anualmente en pellets de calidad ENPlus. El coste total de la maquinaria sería de **248.001,00€** que se piensa amortizar en 15 años y las motosierras en 8 años, dando lugar a un coste anual total por maquinaria de **16.623,12 €/año**.

Los resultados del estudio económico indican que la puesta en marcha de una planta de peletizado para autoabastecerse con sus propios montes públicos es viable, llegando incluso a tener beneficios, en el caso del aprovechamiento de los M.U.P. de unos **7.301,11 €/año**. Teniendo en cuenta la maquinaria mostrada en este estudio, y que la línea de producción de pellets daría trabajo en un turno de 8 horas laborables al día por lo menos a 3 personas, a ser posible desempleados del pueblo o alrededores, fomentando el desarrollo rural y frenando el éxodo hacía las grandes ciudades, luchando en contra de la España vaciada y dejando a un precio económico el pellet a los habitantes de la villa de Ampudia, favoreciendo el uso e inversión de las energías renovables.

Todo esto aprovechando los propios montes del municipio, lo que supondrá una gestión sostenible de la madera de estos montes públicos, sacándoles beneficios, mejorándolos y evitando en gran medida el riesgo de incendios en un futuro.

8 Bibliografía

- Ampudia en la Región de Castilla y León. (2020). Ayuntamiento España. <https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2+https%3A%2F%2Fwww.ayuntamiento-espana.es%2Fayuntamiento-ampudia.html&oq=%E2%80%A2%09https%3A%2F%2Fwww.ayuntamiento-espana.es%2Fayuntamiento-ampudia.html&aqs=chrome.0.69i59j69i58.1392j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- APPA Renovables y BIOPLAT, de Gregorio, M., & FEDEA. (2021). Biomasa en España. Generación de valor añadido y análisis prospectivo. <https://documentos.fedea.net/pubs/eee/eee2020-01.pdf>
- Arnabat, I. (2021, febrero 15). Precio del pellet en España: variaciones y evolución. Caloryfrio.com. <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/precios-especiales-en-sacos-de-pellets.html>
- AVEBIOM. (2020). Pellets 2020: Informe estadístico sobre producción y consumo de pellets en España. <https://www.avebiom.org/sites/default/files/2020-06/Informe-estadistico-Pellets-2020-AVEBIOM.pdf>
- AVEBIOM. (2020b, abril). PELLETS 2020 Informe estadístico sobre producción y consumo de pellets en España. <https://www.avebiom.org/sites/default/files/2020-06/Informe-estadistico-Pellets-2020-AVEBIOM.pdf>
- Balance eléctrico. (2021). REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española (23.a ed.). <https://www.ree.es/es/datos/balance/balance-electrico>
- Bar-On, Yinon M.; Phillips, Rob; Milo, Ron (2018). «The biomass distribution on Earth». Proceedings of the National Academy of Sciences 115 (25): 6506-6511. ISSN 0027-8424. PMC 6016768. PMID 29784790. doi:10.1073/pnas.1711842115.
- Bioenergy Europe. (2019). Bioenergy. <https://bioenergyeurope.org/about-bioenergy.html>.
- Bioenergy. (2020). IRENA. <https://www.irena.org/bioenergy>
- BIORAISE - CIEMAT. (2021). [Software]. <http://bioraise.ciemat.es/Bioraise/home/main>
- Biotrituradoras Caravaggi Cippo 25 - Madera - Biotrituradoras. (2020). Feria Virtual Interempresas. <https://www.interempresas.net/Madera/FeriaVirtual/Producto-Biotrituradoras-Caravaggi-Cippo-25-138008.html>
- BOE.es - BOE-A-2019-10265 Resolución de 27 de junio de 2019, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el Convenio colectivo para el sector de actividades forestales. (2019, 27 junio). Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. https://boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-10265
- Bravo Oviedo, A., Montero Gonzalez, G., & INIA. (2008). DESCRIPCIÓN DE LOS CARACTERES CULTURALES DE LAS PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES DE ESPAÑA. <https://gregoriomontero.files.wordpress.com/2016/09/2008->

Alumno: Eduardo de la Rosa de Arriba

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación de: Master Universitario en Ingeniería de Montes

caracteres_culturales_especies_fiorestales-compendio-de-sevicultura-aplicada-en-espac3b1a.pdf

- Carretilla Elevadora HC Diésel SERIE XR (1,8-3,8 T). (2021). Alce SL. Carretillas Elevadoras Sevilla y Huelva. <https://www.alcesl.com/producto/carretilla-elevadora-hc-electrica-4-ruedas-serie-a>
- de Lucas Herguedas, A., del Peso Taranco, C., & Rodríguez García, E. (2012). ITAGRA et IUGFS. Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad. Graficolor-Palencia S.L. <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>
- Documentación Técnica - ENplus. (2021). ENPlus. <https://enplus-pellets.eu/es/recursos/documentaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica.html>
- Ecofricalia Sostenible. (2021, 28 abril). Inicio. Ecofricalia. <https://ecofrivalia.com/>
- Energía. (2021). REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española (23.a ed.). <https://www.ree.es/es/datos/balance/balance-electrico>
- FuturEnergy -, P., & -, F. (2017, 15 junio). La bioenergía sigue siendo la mayor fuente de energía renovable a nivel mundial. FuturEnergy: Revista técnica bilingüe de energía. <https://futureenergyweb.es/la-bioenergia-sigue-siendo-la-mayor-fuente-energia-renovable-nivel-mundial/#:%7E:text=La%20bioenerg%C3%ADa%20como%20la%20mayor,una%20generaci%C3%B3n%20de%20493%20TWh>.
- Groombridge B, Jenkins MD (2000). Global biodiversity: Earth's living resources in the 21st century Page 11. World Conservation Monitoring Centre, World Conservation Press, Cambridge.
- Habitantes Ampudia 1900–2020. (2021, 5 julio). [Publicación foro]. Foro-Ciudad.com. <https://www.foro-ciudad.com/palencia/ampudia/habitantes.html#MapaAntiguedadEdificios>
- INE. (2011). INEbase [Software]. <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/e244/avance/p02/l0/&file=1mun34.px&L=0>
- Instituto Geográfico Nacional. (s. f.). Centro de Descargas del CNIG (IGN). Centro de Descargas del CNIG. Recuperado 9 de julio de 2021, de <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Junta de Castilla y León. (2019, enero). Catálogo de los Montes de Utilidad Pública de la Provincia de Palencia. https://www.jcyl.es/junta/cma/20190319_Catalogo_de_los_Montes_de_Utilidad_Publica_de_la_provincia_de_Palencia.pdf

- López Fernández J. (2019). “Análisis y valoración económica de los servicios ecosistémicos del término municipal de Ampudia (Palencia)”. Trabajo fin de Grado de la E.T.S.I.I.A.A. Universidad de Valladolid
- Machineseeker - 200.000 máquinas nuevas y de segunda mano online. (2021). Machineseeker. <https://www.machineseeker.es/>
- Mayans J.J. (2019). “Gestión integral de la biomasa en la interfaz Urbano-Forestal en el ámbito supramunicipal y sus efectos en la lucha contra el cambio climático, Red Natura 2000 y prevención de incendios forestales”. Tesis Doctora de la Universidad de Valencia.
- MITECO. (2008). Ámbito Físico-Natural del IFN. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/34_Palencia_tcm30-293892.pdf
- MITECO. (2019). ESTADÍSTICA ANUAL DEL BALANCE DE CRECIMIENTO – CORTAS O EXTRACCIONES. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/31-balance-crecimiento-con-cortas-extracciones_tcm30-207497.pdf
- MITECO. (s. f.). Mapas de formaciones arboladas. Recuperado 9 de julio de 2021, de https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/directorio_datos_servicios/biodiversidad/wms-formaciones-arboladas.aspx
- Motosierra a gasolina - Comprar online | STIHL. (2021). STIHL. <https://www.stihl.es/es/c/motosierras-98176/gasolina>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [07/2021]
- Regiones de procedencia de especies forestales en España. (2021). MITECO. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/recursos-geneticos/geneticos-forestales/rgf_regiones_procedencia.aspx
- Rico, J. (2019, 13 noviembre). El mercado mundial de pélets se acerca a los sesenta millones de toneladas anuales. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. <https://www.energias-renovables.com/biomasa/el-mercado-mundial-de-pelets-se-acerca-20191113>.
- Rudnick & Enners – Clasificador de vaivén para una amplia variedad de productos a granel. (2021). Rudnick & Enners. <https://www.rudnick-enners.com/es/productos/tecnica-de-separacion-y-cribado/clasificador-de-vaiven/index.html>
- Tabla de coeficientes de amortización lineal. - Agencia Tributaria. (2021). AEAT. https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos_/Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/Base_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal_.shtml

- TRAGSA. (2021). Tarifas Tragsa 2021. <http://tarifas.tragsa.es/prestowebisapi.dll?FunctionGo&id=1070517&cod=TRAGSA2021/L&path=Tragsa2021W-Act-sujetas.cfg>
- Vignote Peña, S. & Universidad Politécnica de Madrid. (2014, junio). PRINCIPALES MADERAS DE CONÍFERAS EN ESPAÑA - CARACTERÍSTICAS, TECNOLOGÍA Y APLICACIONES. http://oa.upm.es/30465/1/MADERAS_CONIFERAS.pdf
- Vignote Peña, S. & Universidad Politécnica de Madrid. (2014, junio). PRINCIPALES MADERAS DE FRONDOSAS EN ESPAÑA - CARACTERÍSTICAS, TECNOLOGÍA Y APLICACIONES. <http://oa.upm.es/30638/1/maderasFRONDOSASespa%C3%B1a.pdf>



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Master en Ingeniería de Montes

**Estudio de viabilidad de la biomasa de los
montes de Ampudia (Palencia) para el
autoabastecimiento de las instalaciones
municipales**

ANEJO I: PLANOS

Alumno/a: Eduardo de la Rosa de Arriba

**Tutor/a: María Milagrosa Casado Sanz
Cotutor/a: Asier Saiz Rojo**

Julio de 2021

ANEJO I: PLANOS

ÍNDICE PLANOS

Plano nº 1. Situación y emplazamiento

Plano nº 2. Laderas de Ampudia

Plano nº 3. Monte Torozos

Plano nº 4. Montecillo de Valoria del Alcor

Plano nº 5. M.U.P. Ampudia

Plano nº 6. M.U.P. y Privados de Ampudia

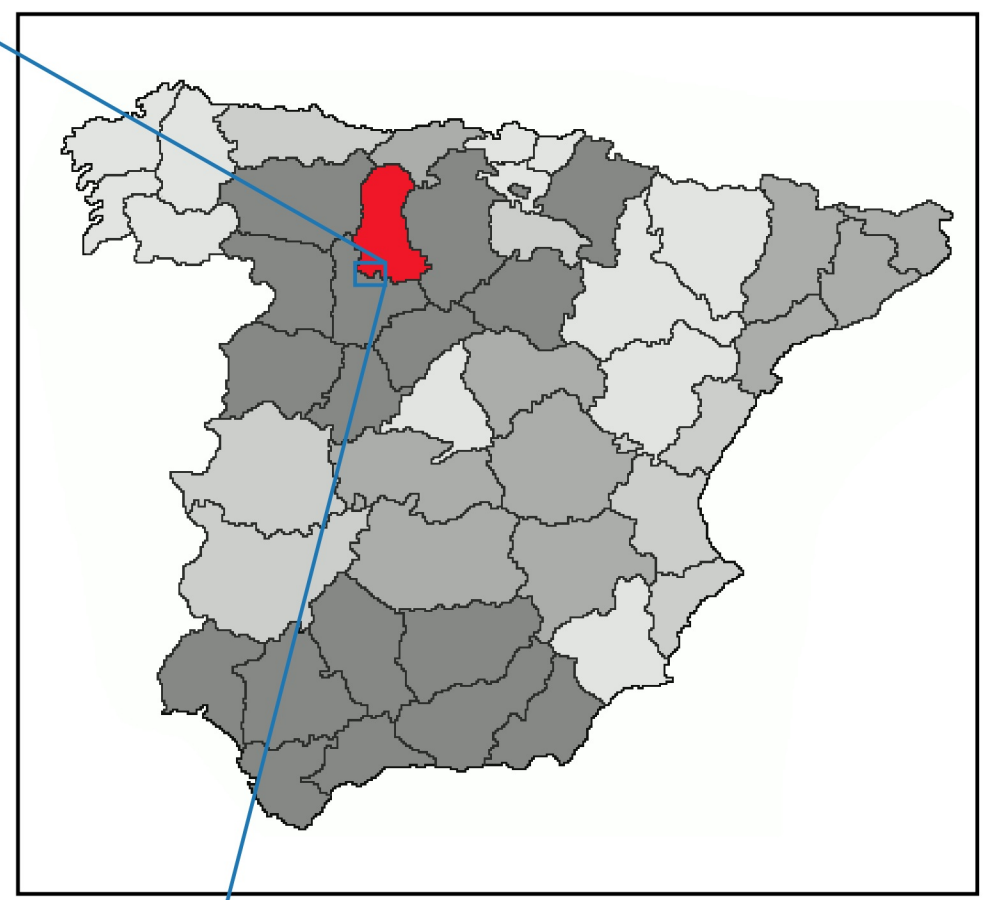
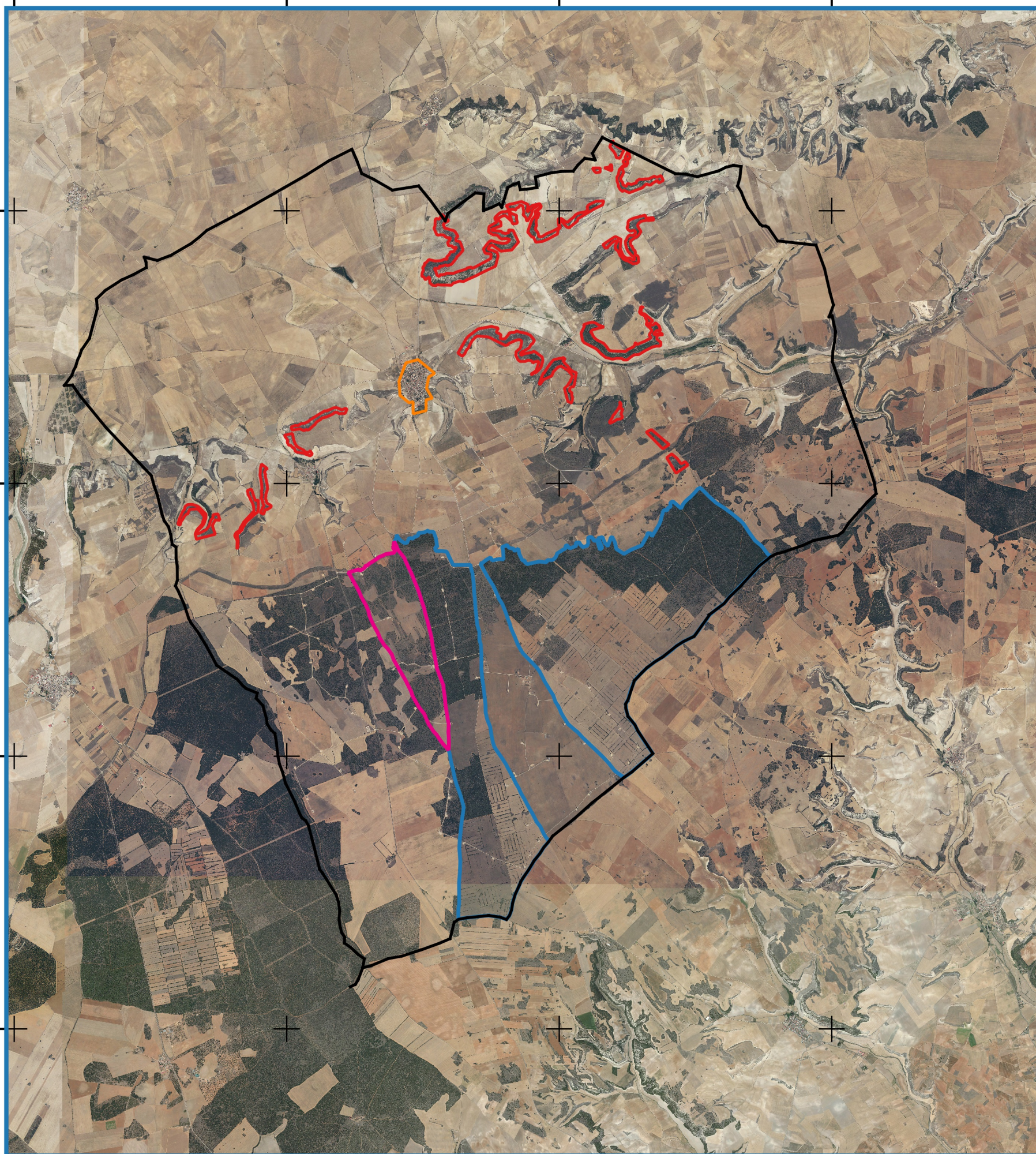
345000 350000 355000 360000


4645000

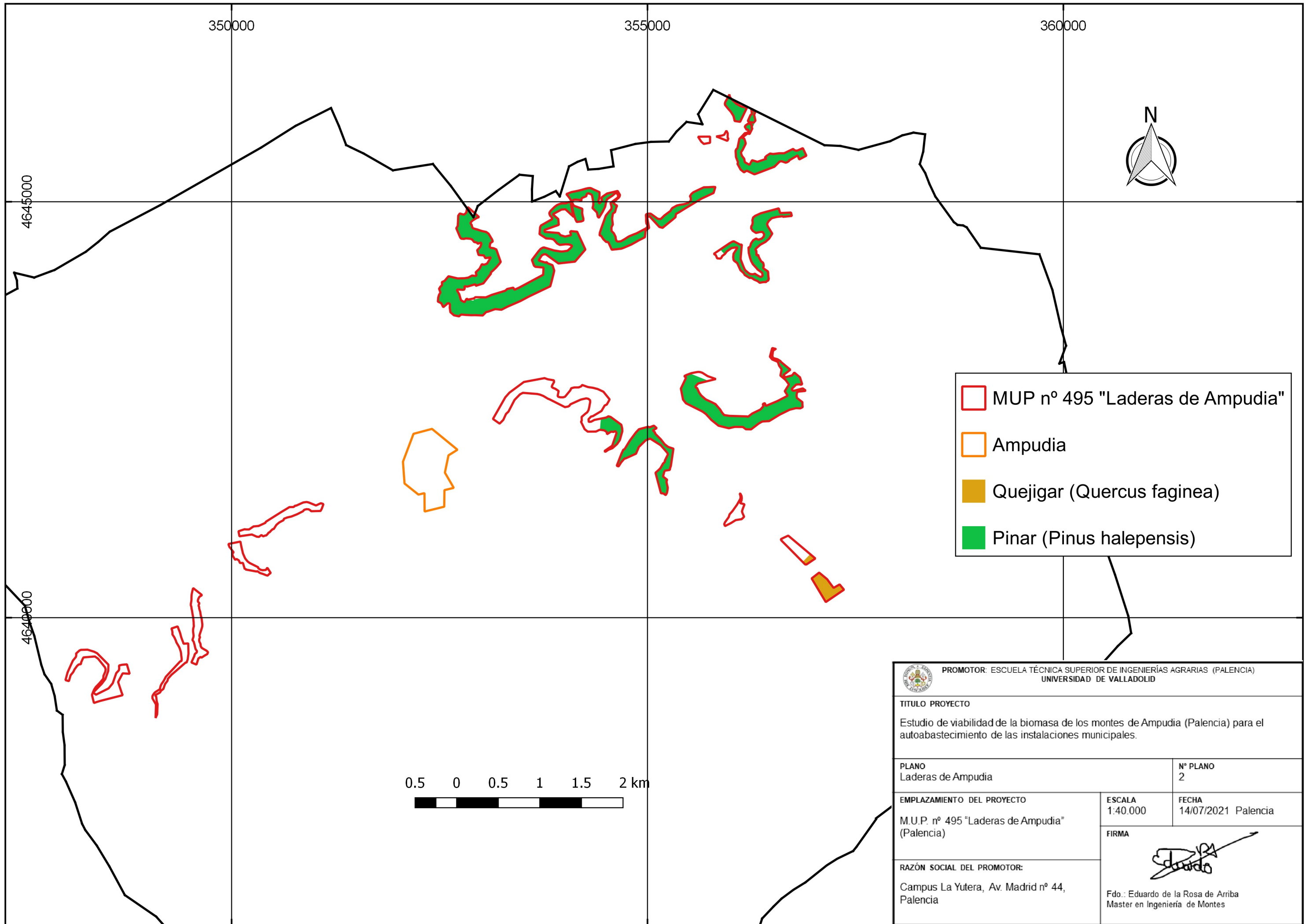
4640000

4635000

4630000

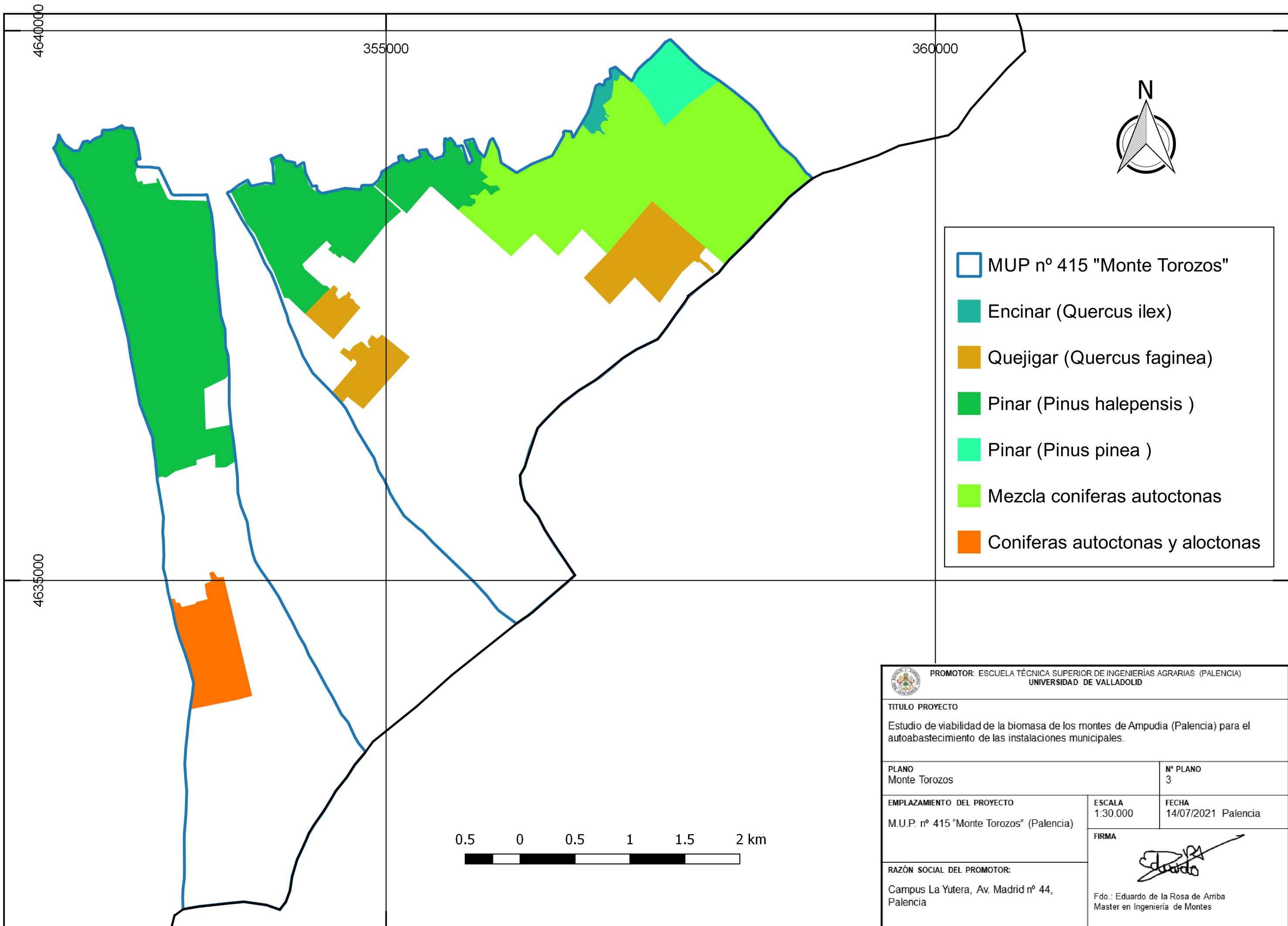


 PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
TITULO PROYECTO Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales.		
PLANO Situación y emplazamiento	Nº PLANO 1	
EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO Término municipal de Ampudia (Palencia)	ESCALA Varias	FECHA 14/07/2021 Palencia
RAZÓN SOCIAL DEL PROMOTOR: Campus La Yutera, Av. Madrid nº 44, Palencia	FIRMA  Fdo.: Eduardo de la Rosa de Arriba Master en Ingeniería de Montes	

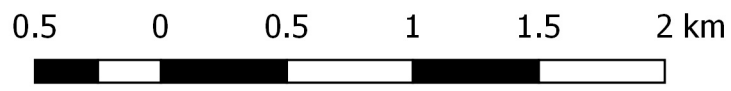


- MUP n° 495 "Laderas de Ampudia"
- Ampudia
- Quejigar (*Quercus faginea*)
- Pinar (*Pinus halepensis*)

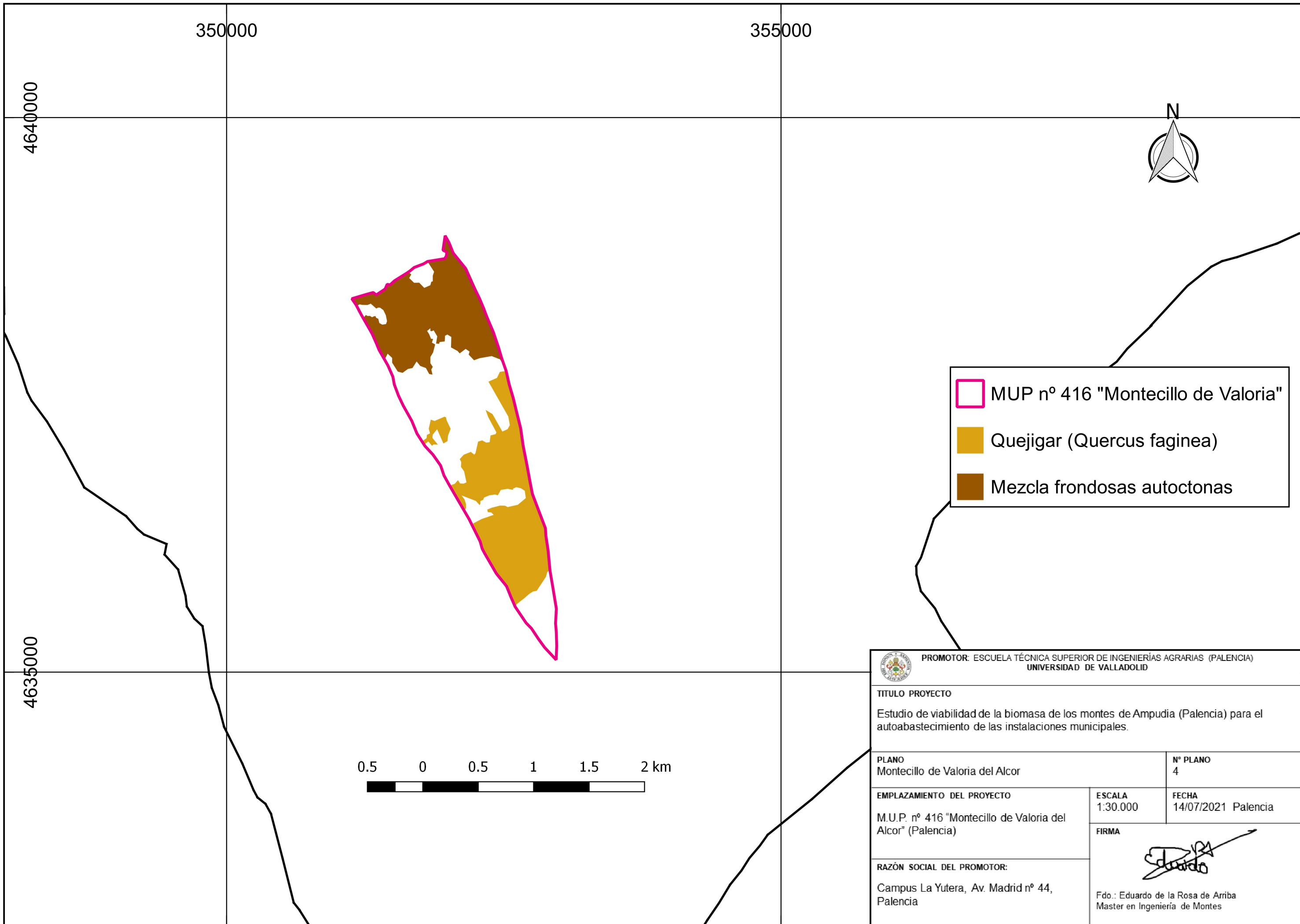
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
TÍTULO PROYECTO Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales.		
PLANO Laderas de Ampudia	Nº PLANO 2	
EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO M.U.P. nº 495 "Laderas de Ampudia" (Palencia)	ESCALA 1:40.000	FECHA 14/07/2021 Palencia
RAZÓN SOCIAL DEL PROMOTOR: Campus La Yutera, Av. Madrid nº 44, Palencia	FIRMA 	
		Fdo.: Eduardo de la Rosa de Arriba Master en Ingeniería de Montes



- MUP nº 415 "Monte Torozos"
- Encinar (*Quercus ilex*)
- Quejigar (*Quercus faginea*)
- Pinar (*Pinus halepensis*)
- Pinar (*Pinus pinea*)
- Mezcla coníferas autóctonas
- Coníferas autóctonas y aloctonas



PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
TÍTULO PROYECTO Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales.		
PLANO Monte Torozos	Nº PLANO 3	
EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO M.U.P. nº 415 "Monte Torozos" (Palencia)	ESCALA 1:30.000	FECHA 14/07/2021 Palencia
RAZÓN SOCIAL DEL PROMOTOR: Campus La Yutera, Av. Madrid nº 44, Palencia		FIRMA Fdo.: Eduardo de la Rosa de Arriba Master en Ingeniería de Montes



350000

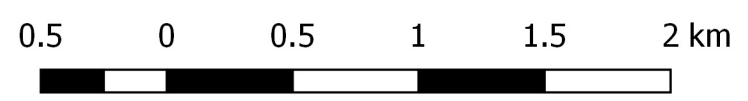
355000

4640000

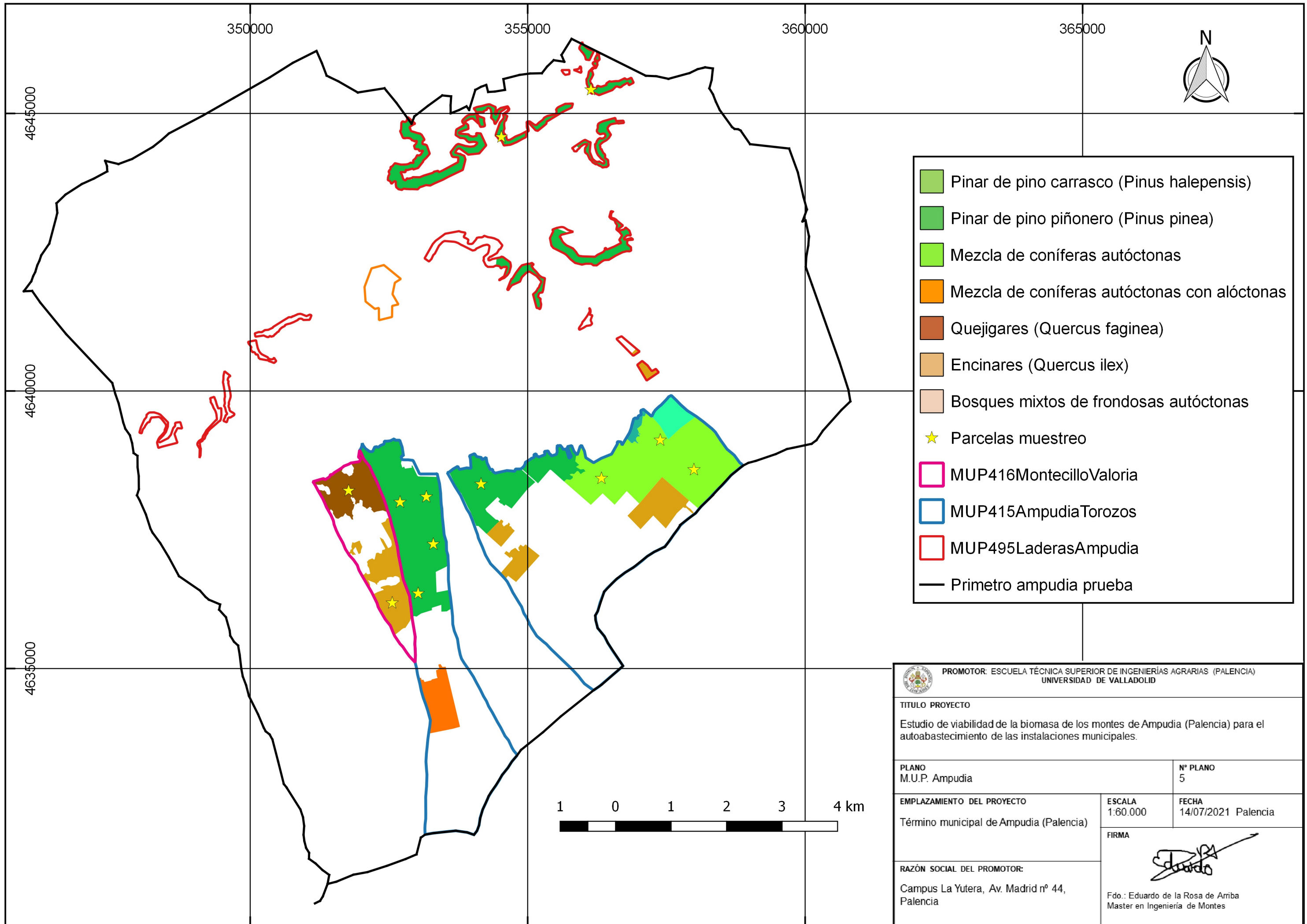
4635000



- MUP n° 416 "Montecillo de Valoria"
- Quejigar (*Quercus faginea*)
- Mezcla frondosas autoctonas

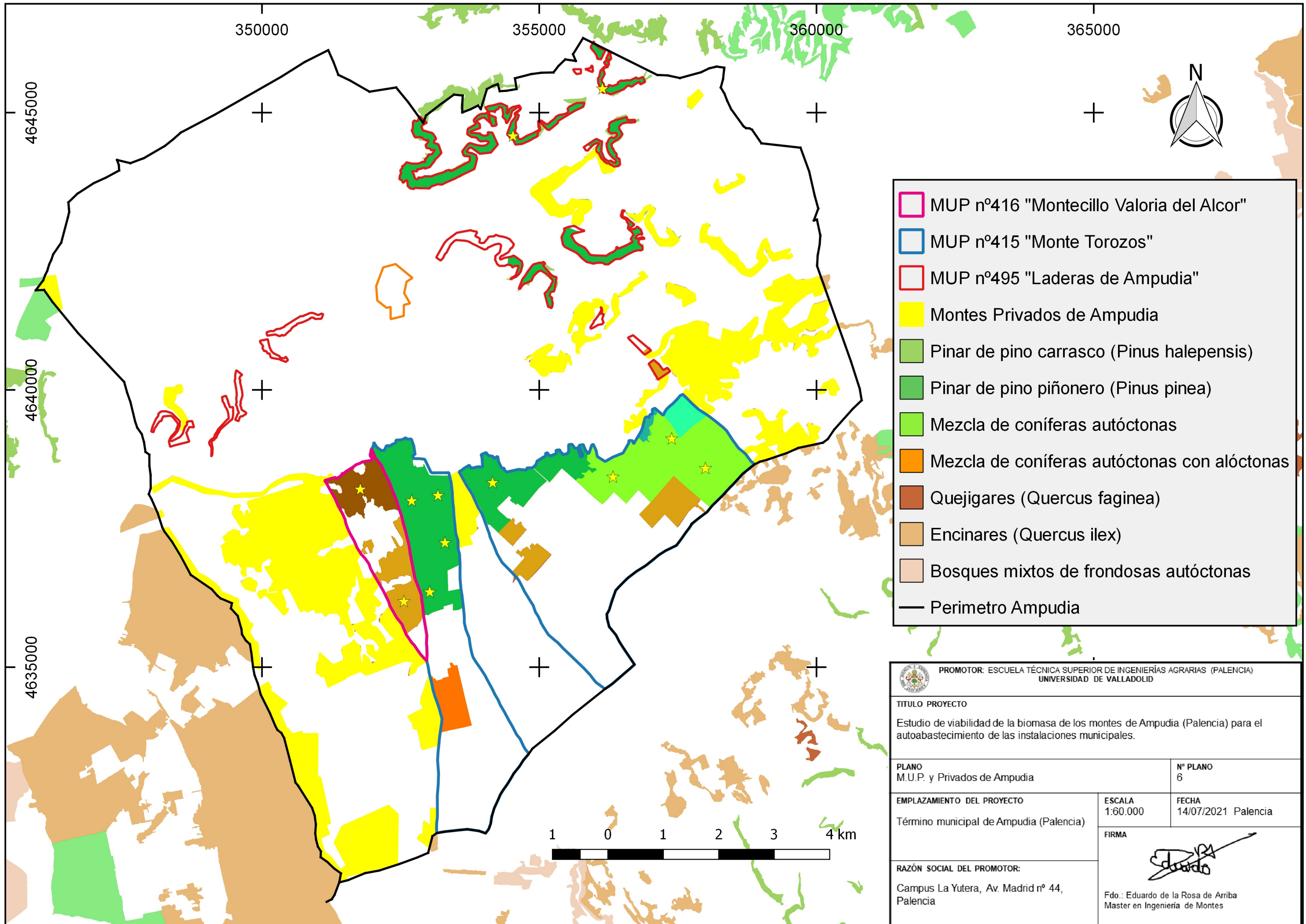


PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
TÍTULO PROYECTO		
Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales.		
PLANO Montecillo de Valoria del Alcor	Nº PLANO 4	
EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO M.U.P. nº 416 "Montecillo de Valoria del Alcor" (Palencia)	ESCALA 1:30.000	FECHA 14/07/2021 Palencia
	FIRMA 	
RAZÓN SOCIAL DEL PROMOTOR: Campus La Yutera, Av. Madrid nº 44, Palencia		Fdo.: Eduardo de la Rosa de Arriba Master en Ingeniería de Montes



- Pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis*)
- Pinar de pino piñonero (*Pinus pinea*)
- Mezcla de coníferas autóctonas
- Mezcla de coníferas autóctonas con alóctonas
- Quejigares (*Quercus faginea*)
- Encinares (*Quercus ilex*)
- Bosques mixtos de frondosas autóctonas
- Parcelas muestreo
- MUP416 Montecillo Valoria
- MUP415 Ampudia Torozos
- MUP495 Laderas Ampudia
- Perímetro ampudia prueba

PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
TÍTULO PROYECTO Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales.		
PLANO M.U.P. Ampudia	Nº PLANO 5	
EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO Término municipal de Ampudia (Palencia)	ESCALA 1:60.000	FECHA 14/07/2021 Palencia
RAZÓN SOCIAL DEL PROMOTOR: Campus La Yutera, Av. Madrid nº 44, Palencia	FIRMA Fdo.: Eduardo de la Rosa de Arriba Master en Ingeniería de Montes	



- MUP n°416 "Montecillo Valoria del Alcor"
- MUP n°415 "Monte Torozos"
- MUP n°495 "Laderas de Ampudia"
- Montes Privados de Ampudia
- Pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis*)
- Pinar de pino piñonero (*Pinus pinea*)
- Mezcla de coníferas autóctonas
- Mezcla de coníferas autóctonas con alóctonas
- Quejigares (*Quercus faginea*)
- Encinares (*Quercus ilex*)
- Bosques mixtos de frondosas autóctonas
- Perimetro Ampudia

PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
TITULO PROYECTO Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales.		
PLANO M.U.P. y Privados de Ampudia	Nº PLANO 6	
EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO Término municipal de Ampudia (Palencia)	ESCALA 1:60.000	FECHA 14/07/2021 Palencia
RAZÓN SOCIAL DEL PROMOTOR: Campus La Yutera, Av. Madrid nº 44, Palencia	FIRMA Fdo.: Eduardo de la Rosa de Arriba Master en Ingeniería de Montes	