



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS**

GRADO EN INGENIERÍA AGROAMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

***Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía
Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB***

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autor: Leydi Giovanna Sevillano Bonilla

Tutor: Miguel Ángel Muñoz

Cotutor: Miguel Ángel Egido

Julio de 2017

Resumen

El uso de energías renovables, que contribuyen a un medio más sostenible, es cada vez más necesario a medida que incrementa la demanda energética, por ello, y en una institución como la UPM, parece importante estudiar la posibilidad del uso de una fuente de energía verde.

Basándose en esto se analizó el consumo de energía eléctrica de la ETSIAAB, de forma que, dadas las limitaciones existentes, se determinase cuán real era la posibilidad de emplear energía solar fotovoltaica en esta institución y cuáles serían los elementos necesarios para llevar a cabo una instalación de dicho tipo.

Palabras clave: ETSIAAB, Energía Solar Fotovoltaica, Viabilidad, Consumo

Abstract

The usage of renewable energies, which contribute greatly to a more sustainable environment, becomes more and more important as the demand for energy increases. Therefore, it is important for an institution such as the UPM, to study the use of a green energy source.

Based on this, the energy intake of the ETSIAAB was analyzed so that, given the existing limitations, it could be determined if the usage of a photovoltaic installation (along with which elements would be necessary) could be a realistic option for this institution.

Key words: ETSIAAB, Photovoltaic Energy, Viability, Energy Intake

Índice

MEMORIA.....	9
1. Objeto del Estudio	10
1.1. Naturaleza del Estudio	10
1.2. Localización.....	11
2. Motivación y Directrices del Estudio	16
2.1. Motivación del estudio	16
2.2. Energía solar fotovoltaica.....	16
2.3. Finalidad del Estudio.....	17
2.4. Criterios de Valor	18
3. Análisis y Diagnóstico de la Situación de Partida.....	21
3.1. Antecedentes.....	21
3.1.1. Datos climatológicos	21
3.1.2. Legislación aplicable.....	22
3.1.2.1. RD 900/2015	22
3.1.2.2. Ley 24/2013	28
3.1.2.3. Reales Decretos y ordenes que establecen y modifican las tarifas de acceso a la red eléctrica	31
3.1.2.4. RD 413/2014	32
3.2. Situación actual.....	33
3.2.1. Consumo energético mensual	33
3.2.2. Consumo horario en días laborables	35
3.2.3. Consumo horario en sábados, domingos y festivos	45
3.2.4. Planta fotovoltaica existente	50
3.3. Situación futura	51
3.4. Análisis de problemas y oportunidades	53
4. Metas. Alternativas Estratégicas.....	54
4.1. Generación de alternativas.....	54
4.1.1. Potencia óptima por punto de suministro	55
4.1.1.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (CUPS ES002100000485731NC1P).....	55
4.1.1.2. Biblioteca 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000010539175CC).....	56
4.1.1.3. Aulario 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000004857529NH).....	56
4.1.1.4. Edificio de motores (CUPS ES0021000004857530NL)	57
4.1.1.5. Aulario 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000010475853GV)	57
4.1.1.6. Edificio Principal de la antigua EUITA (CUPS ES0021000004836536CR).....	57
4.1.1.7. Biblioteca 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000004836537CW).....	58
4.1.2. Potencia óptima por conjuntos de puntos de suministro	58
4.1.2.1. Conjunto ETSIA	59
4.1.2.2. Conjunto EUITA	59
4.1.2.3. Conjunto ETSIAAB (Edificios Tarifa 3.0 A).....	59

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

4.1.3.	Potencia óptima Campos de Prácticas (CUPS ES0021000004673041HJ1P)	59
4.2.	Análisis y selección de alternativas	60
4.2.1.	Análisis de alternativas	61
4.2.1.1.	Alternativa 1	61
4.2.1.2.	Alternativa 2	61
4.2.1.3.	Alternativa 3	62
4.2.1.4.	Alternativa 4	63
4.2.1.5.	Alternativa 5	63
4.2.1.6.	Alternativa 6	63
4.2.1.7.	Alternativa 7	63
4.2.1.8.	Alternativa 8	64
4.2.1.9.	Alternativa 9	65
4.2.1.10.	Alternativa 10	65
4.2.1.11.	Alternativa 11	66
4.2.2.	Selección de alternativas.....	66
4.3.	Definición de las metas.....	67
5.	Ingeniería del Diseño	70
5.1.	Componentes de los sistemas fotovoltaicos	70
5.1.1.	Generador fotovoltaico.....	71
5.1.2.	Estructura soporte	73
5.1.3.	Cables de conexión.....	73
5.1.4.	Inversos u ondulador.....	74
5.1.5.	Otros elementos	76
5.2.	Diseño previo y elección del tipo de módulos fotovoltaicos	76
5.2.1.	Edificio Principal de la ETSIAAB (NC1P).....	77
5.2.2.	Campos de Prácticas de la ETSIAAB (HJ1P)	80
5.2.3.	Consideraciones importantes para el diseño.....	83
5.3.	Mantenimiento.....	83
6.	Conclusiones	85
	ANEJOS.....	87
	Anejo 1: Análisis y Diagnóstico de la Situación de Partida	88
1.1.	Antecedentes.....	88
1.1.1.	Datos climatológicos	88
1.1.2.	Legislación aplicable.....	89
1.1.2.1.	RD 900/2015	89
1.1.2.2.	Reales Decretos y ordenes que establecen y modifican las tarifas de acceso a la red eléctrica	94
1.2.	Situación actual.....	95
1.2.1.	Consumo energético mensual	95
1.2.2.	Consumo horario en días laborables	105
1.2.3.	Consumo horario en sábados, domingos y festivos	110

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Anejo 2: Objetivos, Metas. Alternativas Estratégicas	116
2.1. Generación de alternativas.....	116
2.1.1 Metodología de cálculo	116
2.1.2. Potencia óptima por punto de suministro	124
2.1.1.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (CUPS ES002100000485731NC1P)	124
2.1.1.2. Biblioteca 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000010539175CC)	125
2.1.1.3. Aulario 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000004857529NH)	126
2.1.1.4. Edificio de motores (CUPS ES0021000004857530NL).....	126
2.1.1.5. Aulario 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000010475853GV)	127
2.1.1.6. Edificio Principal de la antigua EUITA (CUPS ES0021000004836536CR).....	127
2.1.1.7. Biblioteca 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000004836537CW)	128
2.1.2. Potencia óptima por conjuntos de puntos de suministro	128
2.1.2.1. Conjunto ETSIA	128
2.1.2.2. Conjunto EUITA	129
2.1.2.3. Conjunto ETSIAAB (Edificios Tarifa 3.0 A)	129
2.1.3. Potencia óptima campos de prácticas (CUPS ES0021000004673041HJ1P)	130
2.2. Análisis y selección de alternativas	130
2.2.1. Análisis de alternativas	130
2.2.1.1. Alternativa 1	130
2.2.1.2. Alternativa 2	131
2.2.1.3. Alternativa 3	132
2.2.1.4. Alternativa 4	132
2.2.1.5. Alternativa 5	133
2.2.1.6. Alternativa 6	133
2.2.1.7. Alternativa 7	134
2.2.1.8. Alternativa 8	134
2.2.1.9. Alternativa 9	135
2.2.1.10. Alternativa 10	136
2.2.1.11. Alternativa 11	136
2.3. Definición de las metas.....	137
 Anejo 3: Ingeniería del Diseño	 139
3.2.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (NC1P)	139
3.2.2. Campos de Prácticas de la ETSIAAB (HJ1P).....	139
 Bibliografía	 140
 PRESUPUESTO	 143
 Presupuesto.....	 144
 PLANOS	 145

Índice de Figuras

Figura 1. Instalaciones de la ETSIAAB	12
Figura 2. Superficie potencial para instalar placas fotovoltaicas	13
Figura 3. Instalaciones de la ETSIAAB y los Campos de Prácticas.....	14
Figura 4. Campos de Prácticas- Zona Norte	15
Figura 5. Campos de Prácticas- Zona Sur	15
Figura 6. Irradiación global media sobre plano horizontal (33 años).....	21
Figura 7. Días soleados, nublados y cubiertos en Madrid	22
Figura 8. Esquema de puntos importantes del RD 900/2015	25
Figura 9. Consumo total de la ETSIAAB por meses	34
Figura 10. Consumo diario en días laborables- Ed. Principal ETSIA	37
Figura 11. Consumo diario en días laborables - Campos de Prácticas.....	37
Figura 12. Consumo diario en días laborables - Biblioteca ETSIA.....	38
Figura 13. Consumo diario en días laborables - Aulario ETSIA	38
Figura 14. Consumo diario en días laborables - Motores ETSIA	39
Figura 15. Consumo diario en días laborables – Ed. Principal EUITA	39
Figura 16. Consumo diario en días laborables - Biblioteca EUITA.....	40
Figura 17. Consumo diario en días laborables – Aulario EUITA.....	40
Figura 18. Consumo diario total en días laborables – Enero	41
Figura 19. Consumo diario total en días laborables – Febrero	41
Figura 20. Consumo diario total en días laborables – Marzo	41
Figura 21. Consumo diario total en días laborables – Abril	42
Figura 22. Consumo diario total en días laborables – Mayo	42
Figura 23. Consumo diario total en días laborables – Junio	42
Figura 24. Consumo diario total en días laborables – Julio	43
Figura 25. Consumo diario total en días laborables – Agosto	43
Figura 26. Consumo diario total en días laborables – Septiembre.....	43
Figura 27. Consumo diario total en días laborables – Octubre	44
Figura 28. Consumo diario total en días laborables – Noviembre.....	44
Figura 29. Consumo diario total en días laborables – Diciembre	44
Figura 30. Proporción del consumo en fin de semana de las antiguas ETSIA y EUITA.....	45
Figura 31. Proporción del consumo en fin de semana de los CP	46
Figura 32. Consumo diario total en días FDS – Enero.....	46
Figura 33. Consumo diario total en días FDS – Febrero.....	47
Figura 34. Consumo diario total en días FDS – Marzo.....	47
Figura 35. Consumo diario total en días FDS – Abril	47
Figura 36. Consumo diario total en días FDS – Mayo	48
Figura 37. Consumo diario total en días FDS – Junio.....	48
Figura 38. Consumo diario total en días FDS – Julio	48
Figura 39. Consumo diario total en días FDS – Agosto.....	49
Figura 40. Consumo diario total en días FDS – Septiembre	49
Figura 41. Consumo diario total en días FDS – Octubre	49
Figura 42. Consumo diario total en días FDS - Noviembre.....	50
Figura 43. Consumo diario total en días FDS – Diciembre.....	50
Figura 44. Precio medio del kWh en España (sin impuestos)	52
Figura 45. Matriz DAFO de la posibilidad de instalar energía solar fotovoltaica	53

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 46. Evolución mensual del consumo y la generación para el edificio principal de la ETSIAAB.....	68
Figura 47. Evolución mensual del consumo y la generación para los Campos de Prácticas	68
Figura 48. Evolución mensual del consumo y la generación para la Alternativa 7.....	69
Figura 49. Elementos habituales de un sistema fotovoltaico conectado a la red	70
Figura 50. Ejemplo de curva I-V para un panel fotovoltaico	72
Figura 51. Producción en la simulación por kWp instalado para el Edificio Principal	78
Figura 52. Performance Ratio considerado en la simulación para el Edificio Principal	78
Figura 53. Diagrama de pérdidas de la simulación para el Edificio Principal	79
Figura 54. Emisiones causadas por los módulos fotovoltaicos para el Edificio Principal	80
Figura 55. Producción en la simulación por kWp instalado para los Campos de Prácticas	81
Figura 56. Performance Ratio considerado en la simulación para los Campos de Prácticas	81
Figura 57. Diagrama de pérdidas de la simulación para los Campos de Prácticas	82
Figura 58. Emisiones causadas por los módulos fotovoltaicos para los Campos de Prácticas	82
Figura 1.1. Recibos tipo recibidos.....	95
Figura 1.2. Datos de irradiación sobre plano horizontal e inclinado 30° (Máxima producción anual).....	118
Figura 1.3. Datos de irradiación sobre plano horizontal e inclinado 50° (Máxima producción en diciembre).....	118
Figura 1.4. Performance Ratio de la planta fotovoltaica de la ETSIAAB	119
Figura 1.5. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (16/01/2016)	120
Figura 1.6. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/02/2016)	120
Figura 1.7. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (17/03/2016)	121
Figura 1.8. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (17/04/2016)	121
Figura 1.9. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (16/05/2016)	121
Figura 1.10. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (18/06/2016)	121
Figura 1.11. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/07/2016)	122
Figura 1.12. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/08/2016)	122
Figura 1.13. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (17/09/2016)	122
Figura 1.14. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/10/2016)	122
Figura 1.15. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/11/2016)	123
Figura 1.16. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (18/12/2016)	123
Figura 1.17. Balances y resultados principales de la simulación para el Edificio Principal	139
Figura 1.18. Balances y resultados principales de la simulación para los Campos de Prácticas	139

Índice de Tablas

Tabla 1. Horarios de los periodos tarifarios para la modalidad 3.0A de tres períodos	31
Tabla 2. Horarios de los periodos tarifarios para la modalidad 3.1A de tres períodos	32
Tabla 3. Matriz multicriterio de alternativas	67
Tabla 1.1. Irradiación global media sobre plano horizontal CiU (30 años)	88
Tabla 1.2. Características de las modalidades de autoconsumo definidas en el RD 900/2015, de 9 de octubre	89
Tabla 1.3. Precio cargo fijo según el tipo de peaje (€/kW).....	92
Tabla 1.4. Cargo transitorio por autoconsumo (€/kWh).....	93
Tabla 1.5. Componente de cargo variable (€/kWh).....	93
Tabla 1.6. Componente asociado a otros servicios del sistema	93
Tabla 1.7. Precio unitario de la financiación de los pagos por capacidad.....	94
Tabla 1.8. Tarifas eléctricas vigentes	94
Tabla 1.9. Consumo mensual Edificio Principal ETSIA	99
Tabla 1.10. Consumo mensual Campos de Prácticas.....	100
Tabla 1.11. Consumo mensual Biblioteca ETSIA.....	100
Tabla 1.12. Consumo mensual Aulario ETSIA	101
Tabla 1.13. Consumo mensual Edificio Motores ETSIA.....	102
Tabla 1.14. Consumo mensual Edificio Principal EUITA	103
Tabla 1.15. Consumo mensual Biblioteca EUITA.....	103
Tabla 1.16. Consumo mensual Aulario EUITA	104
Tabla 1.17. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Ed. Principal -NC1P).....	105
Tabla 1.18. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Campos -HJ1P)	106
Tabla 1.19. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Biblioteca ETSIA -75CC).....	106
Tabla 1.20. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Aulario ETSIA -29NH)	107
Tabla 1.21. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Motores ETSIA -30NL)	107
Tabla 1.22. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Ed. Principal EUITA -36CR)	108
Tabla 1.23. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Biblioteca EUITA -37CW).....	109
Tabla 1.24. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Aulario EUITA -53GV)	109
Tabla 1.25. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Ed. Principal -NC1P).....	110
Tabla 1.26. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Campos -HJ1P)	111
Tabla 1.27. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Biblioteca ETSIA -75CC).....	111
Tabla 1.28. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Aulario ETSIA -29NH).....	112
Tabla 1.29. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Motores ETSIA -30NL)	112
Tabla 1.30. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Ed. Principal EUITA -36CR)	113
Tabla 1.31. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Biblioteca EUITA -37CW).....	114
Tabla 1.32. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Aulario EUITA -53GV)	114
Tabla 1.33. Precios de la energía eléctrica 2017.....	124
Tabla 1.34. Alternativas de potencia óptima para el Edificio Principal ETSIA	125
Tabla 1.35. Alternativas de potencia óptima para la biblioteca ETSIA	125
Tabla 1.36. Alternativas de potencia óptima para el Aulario ETSIA	126
Tabla 1.37. Alternativas de potencia óptima para el Edificio de Motores	126
Tabla 1.38. Alternativas de potencia óptima para el Aulario 2 (EUITA)	127
Tabla 1.39. Alternativas de potencia óptima para el Edificio Principal de la antigua EUITA	127
Tabla 1.40. Alternativas de potencia óptima para la Biblioteca 2 (EUITA).....	128
Tabla 1.41. Alternativas de potencia óptima para el conjunto ETSIA	128

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.42. Alternativas de potencia óptima para el conjunto EUITA	129
Tabla 1.43. Alternativas de potencia óptima para el conjunto ETSIAAB (Sin edificio principal)	129
Tabla 1.44. Alternativas de potencia óptima para los campos de prácticas	130
Tabla 1.45. Alternativa 1	130
Tabla 1.46. Alternativa 2	131
Tabla 1.47. Alternativa 3	132
Tabla 1.48. Alternativa 4	132
Tabla 1.49. Alternativa 5	133
Tabla 1.50. Alternativa 6	133
Tabla 1.51. Alternativa 7	134
Tabla 1.52. Alternativa 8	135
Tabla 1.53. Alternativa 9	135
Tabla 1.54. Alternativa 10	136
Tabla 1.55 Alternativa 11	136
Tabla 1.56. Consumo y energía generada en el Edificio Principal	137
Tabla 1.57. Consumo y energía generada en los Campos de Prácticas	137

MEMORIA

1. Objeto del Estudio

1.1. Naturaleza del Estudio

El principal objetivo de este estudio es evaluar la viabilidad del empleo de energía solar fotovoltaica dentro de una institución educativa pública, en concreto, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Estudiando si está podría producir parte de su energía in situ, de forma más sostenible y empleando una fuente renovable.

Para ello es necesario analizar el consumo total mensual de energía eléctrica que se produce en la ETSIAAB, y extrapolar esos datos a un consumo horario para compararlo con la producción de energía de un sistema fotovoltaico.

Dado a que uno de los mayores retos enfrentados actualmente en España para el uso de energías renovables es la restrictiva legislación, que somete al consumidor, con más de 10 kW de potencia contratada, que se autoabastece de energía eléctrica a contribuir al pago de los cargos asociados a la conexión a la red, al transporte y la distribución de energía eléctrica, aplicando un peaje, que se conoce coloquialmente como “impuesto al sol”, y que se aplica sobre la energía producida, autoconsumida y no vertida a la red, incrementando el tiempo de amortización de la inversión realizada.

Considerando esto se busca analizar el RD 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. Para así cuantificar los cargos asociados a este y determinar los condicionantes legales a los que se sometería un proyecto de esta naturaleza, bajo la normativa actual.

Una vez analizado el consumo se busca determinar la potencia óptima, siendo esta la que maximiza el ahorro económico, condicionada por que la energía producida no fuese nunca superior a la demandada, dados todos los condicionantes de la situación, en especial los cargos asociados al RD 900/2015, y como estos modifican la situación que se daría si no fuesen de aplicación, como es el caso en otros países de la Unión Europea.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Por último, se busca dimensionar y diseñar, orientativamente, la alternativa más adecuada suponiendo la instalación de la potencia óptima, obtenida tras el análisis de viabilidad, con ayuda de un software informático adecuado.

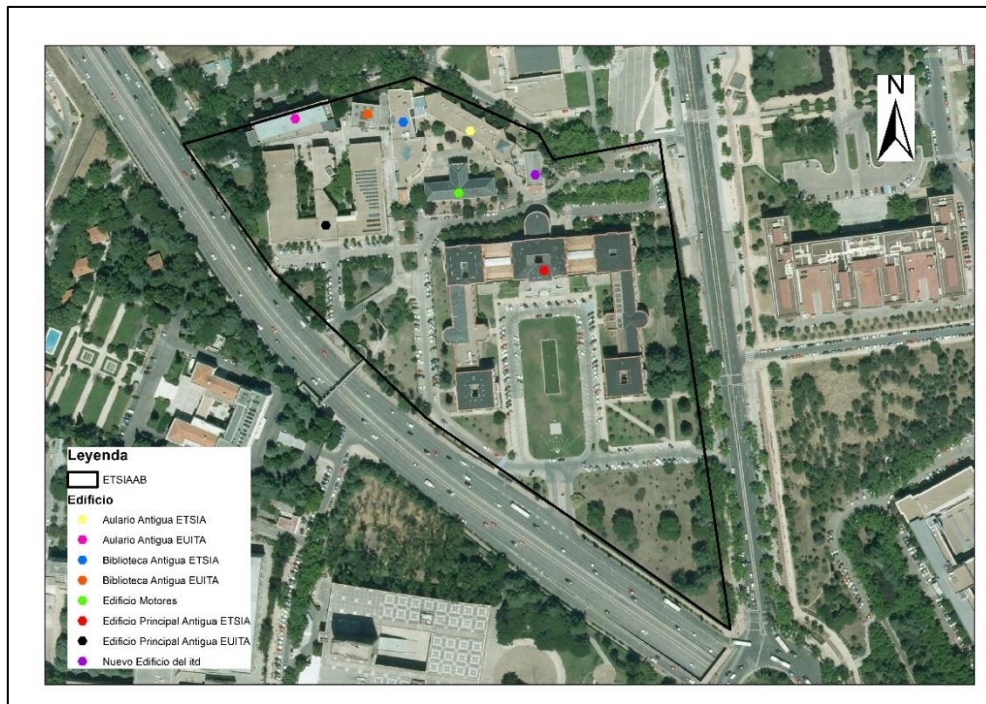
1.2. Localización

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) es una de las Escuelas que hacen parte de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Es una institución pública de educación superior que cuenta con dos instalaciones, una en el campus, donde se imparte la mayoría de la docencia conformada por los 7 edificios de las antiguas Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA) y Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (EUITA) y un nuevo edificio inaugurado durante el 2016, el Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano (itd-UPM), a estos 8 edificios de aquí en adelante se referirá frecuentemente como ETSIAAB. La segunda infraestructura está más dispersa y cuenta con mayor extensión, esto son los Campos de Prácticas, que están dedicados principalmente a la experimentación.

Las instalaciones de la ETSIAAB se encuentran entre la Avenida Complutense y la Autovía del Noreste, A6, conocida como avenida de la Coruña. Esta Escuela ocupa una superficie de cerca 6 ha (59447 m² aprox.), la mayor parte de esta superficie corresponde a zonas verdes y plazas de aparcamiento, siendo que los 8 edificios que aquí se encuentran ocupan una superficie de aproximadamente 13622 m², como se observa en la figura 1.

Debido a que hasta el año 2016 las antiguas ETSIA y EUITA continuaban siendo Escuelas separadas, gran parte de la infraestructura tiene los mismos usos que se daban hasta entonces, como por ejemplo continúan funcionando las dos bibliotecas. También es importante considerar que hasta ese mismo año no se inauguró el nuevo edificio itd-UPM, y que en la figura 1, aparece su localización sin embargo la imagen no corresponde con la situación actual.

Figura 1. Instalaciones de la ETSIAAB



La Escuela se encuentra, como se aprecia en el Plano 1, en la ciudad de Madrid, España, dentro del campus universitario de Ciudad Universitaria que es considerado un Bien de Interés Cultural en la categoría de Conjunto Histórico, desde el año 1999, y si bien, a día de hoy, ninguno de los edificios que conforman la ETSIAAB está catalogado como edificación protegida, por su entorno y al encontrarse en un espacio protegido, amparado por la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, cualquier obra o modificación en la fachada requiere autorización previa.

Esta condición de protección lleva a que se haya descartado en este estudio el uso de los tejados inclinados en la cubierta, pues al modificar la estética de los edificios, se presupone que el proceso de autorización incrementará el tiempo de obtención de los permisos necesarios, en el caso de no ser directamente denegadas estas modificaciones en fachada. Sin embargo, se estima la superficie disponible en estos tejados para determinar el potencial que podrían tener.

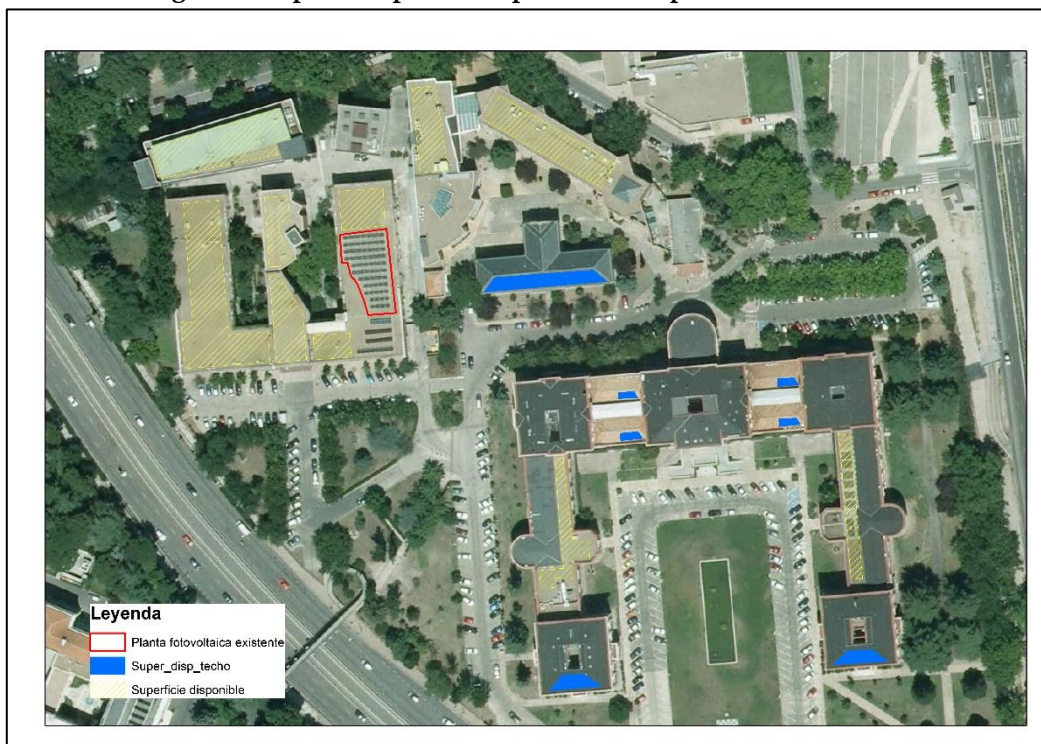
En la figura 2 se pueden apreciar los espacios en los que se podrían ubicar placas solares fotovoltaicas dentro de la ETSIAAB, que en total suponen una superficie de 3179 m², así como la superficie potencial en los tejados, cuya viabilidad no se estudiará, debido a su nivel de protección, que corresponde a 340 m². Se aprecia aquí también que la mayor parte de la superficie disponible se encuentra en dos de los edificios de la antigua EUITA, correspondiendo a unos

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

2120 m², o lo que es lo mismo cerca de un 67% del total. También se puede apreciar la planta fotovoltaica existente sobre la cubierta del edificio principal de la antigua EUITA.

En los planos 3, 4 y 5 se pueden apreciar en detalle las dimensiones de dicha superficie disponible para el edificio principal, para los 3 edificios restantes del conjunto ETSIA, sin el edificio principal y para el conjunto EUITA, respectivamente.

Figura 2. Superficie potencial para instalar placas fotovoltaicas



Los Campos de Prácticas se encuentran en la zona Oeste de la Ciudad Universitaria, en la Carretera de El Puente de los Franceses a El Pardo, lindando con la M30, la UNED y la Facultad de Veterinaria. Cuentan con una superficie total de unas 16,5 hectáreas. Más de la mitad están dedicadas al cultivo de especies agrícolas y ornamentales. Estos se encuentran sobre dos parcelas una de 93.369 m² y otra de 75.994 m², aproximadamente, y cuentan con una amplia variedad de infraestructuras y actividades. Aquí se encuentran los departamentos de fitotecnia y zootecnia, se dispone de naves de producción animal, invernaderos, una zona de compostaje, un huerto ecológico, una nave de maquinaria, una piscifactoría y gran variedad de cultivos, entre otros.

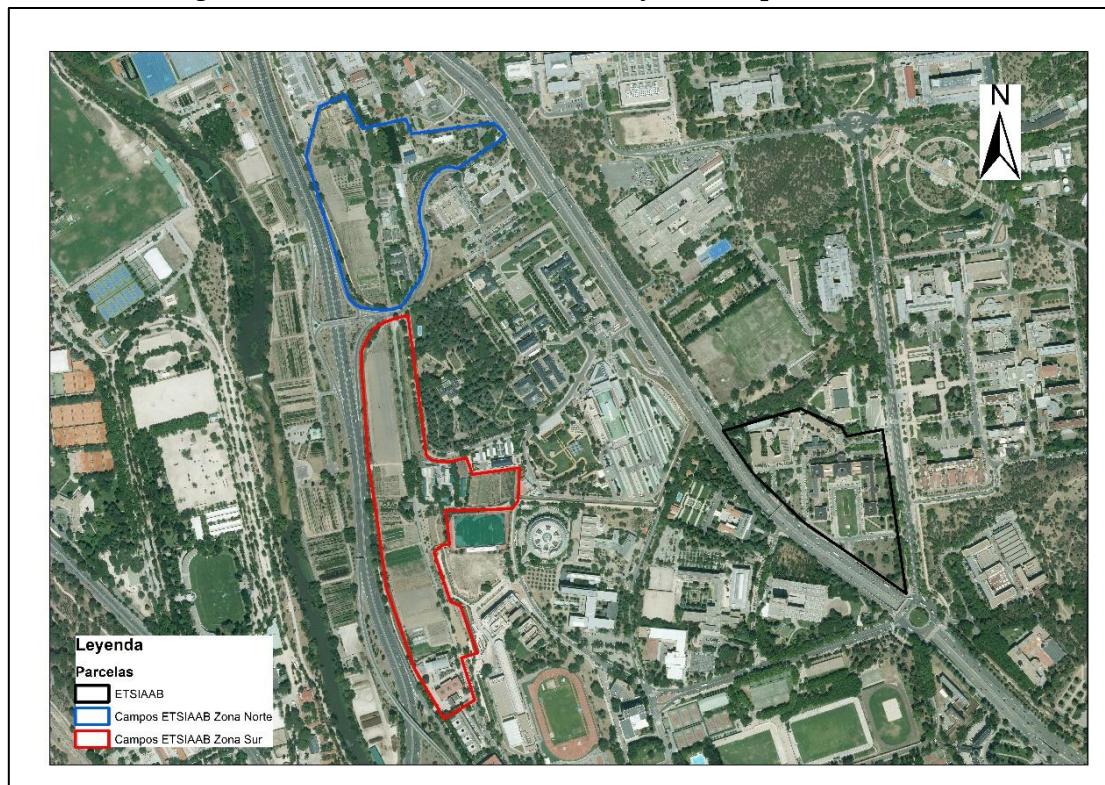
Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

En el plano 2, se aprecia la localización de los campos de prácticas, y en los planos 6 y 7 se aprecia que estos campos experimentales tienen pocas edificaciones, y de estas pocas cubiertas disponen de la orientación correcta, y muchas de estas se encuentran en lugares sombreados o invernaderos. encontrándose superficie con potencial apenas en la parcela norte, sobre las naves de producción animal y parte del departamento de fisiogenética animal.

En el plano 6, se aprecia la distribución de dichas superficies que en total suponen 2690,7 m², de los cuales 225 m² se encuentran sobre cubiertas inclinadas y 2465,73 m² sobre cubiertas planas que supondrían un potencial para instalar, aproximadamente 125,75 kWp. En el plano 7 se observa que en la parcela sur de los campos de prácticas no hay superficie disponible en ninguna de las cubiertas.

En las figuras 3, 4 y 5, se puede observar la extensión total de los campos, su localización respecto del resto de instalaciones, así como en más detalle la distribución de los diferentes edificios e instalaciones dentro de cada una de las parcelas.

Figura 3. Instalaciones de la ETSIAAB y los Campos de Prácticas



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 4. Campos de Prácticas- Zona Norte

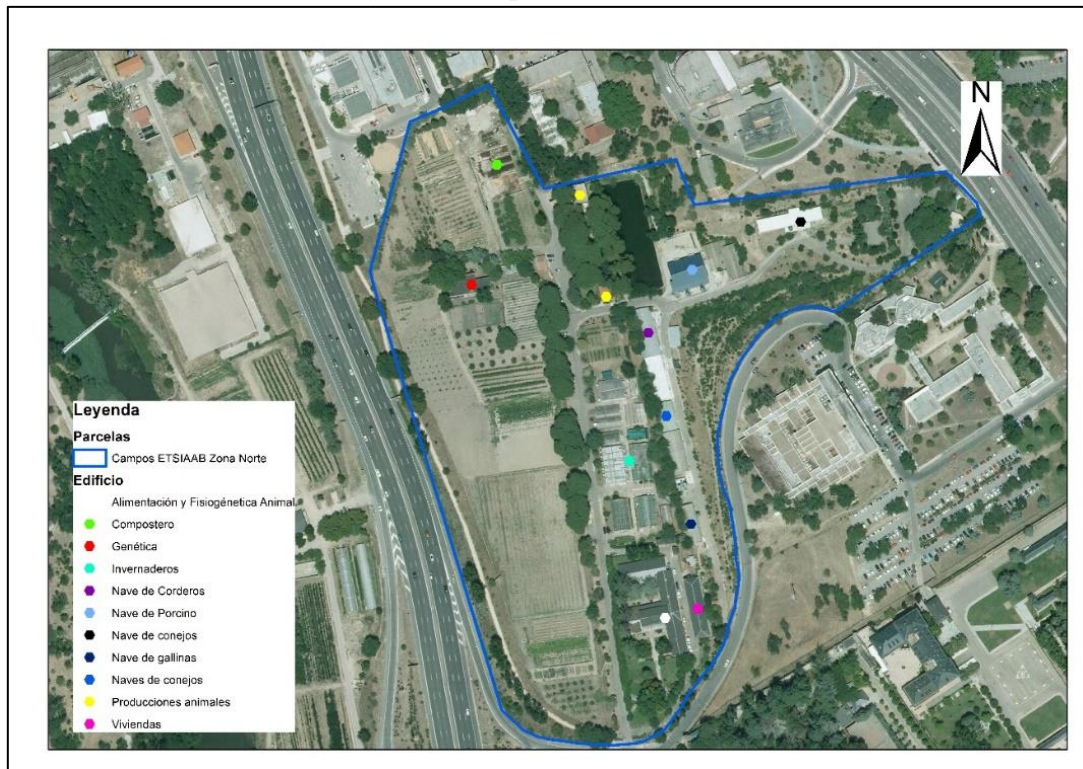


Figura 5. Campos de Prácticas- Zona Sur



2. Motivación y Directrices del Estudio

2.1. Motivación del estudio

En el ámbito de la sostenibilidad y visando la reducción del consumo energético proveniente de fuentes no renovables, así como las emisiones de gases de efecto invernadero. Analizar la viabilidad, tanto técnica como económica del empleo de energía solar fotovoltaica parcialmente dentro de las instalaciones de la UPM, permite establecer un precedente que pueda conllevar a dirigir a esta institución hacia una dirección aún más respetuosa con el medio ambiente.

En concreto se realizaría el estudio de viabilidad para la ETSIAAB, pero al existir instalaciones similares podría ser fácilmente adaptable a todo el Campus de Ciudad Universitaria.

2.2. Energía solar fotovoltaica

En la actualidad la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes renovables que más crece mundialmente, esto se debe principalmente a la reducción constante del coste por vatio de potencia, estando instalados en el 2015, 227 GW, lo que representa un incremento del 97,8% de la capacidad instalada en los últimos 10 años, solo en el 2016 se instalaron 75 GW, lo que equivaldría a la instalación de más de 31.000 módulos por hora. Gran parte de la reducción de estos costes se debe a la masificación de la producción, ligada a una expansión del mercado debida a la creciente competitividad de la energía solar fotovoltaica, al incremento de demanda eléctrica y a la concienciación del potencial del uso de este tipo de energía en países que buscan reducir sus emisiones de CO₂. Se debe considerar que durante el 2016 un 90% de los módulos fotovoltaicos fueron fabricados en Asia, siendo un 65% fabricados en China (REN21, 2016).

Durante el 2016 y a pesar del crecimiento en la demanda durante ese mismo año, los precios sufrieron una bajada sin precedentes, estimada en un 29%, hasta alcanzar un precio de USD \$0,41/W (REN21, 2016).

Además de la tendencia a la reducción de costes del empleo de este tipo de fuente de energía, existen otras ventajas como la reducción de las emisiones

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

de efecto invernadero al no quemar combustibles fósiles, empleando una fuente renovable ilimitada, la radiación solar. Siendo una alternativa viable a los métodos convencionales de producción de electricidad, en una sociedad en la que la demanda de esta crece constantemente y a medida que se agotan los combustibles fósiles

La producción de energía solar fotovoltaica está basada en el efecto fotovoltaico, que consiste en que, al incidir la luz solar sobre las células fotovoltaicas, los fotones intercambian energía con la red cristalina del silicio y generan cargas que pueden moverse libremente por el material semiconductor. Gracias a la unión pn fabricada en el interior de las células las cargas se mueven en una dirección lo que provoca la formación de una corriente eléctrica continua.

El material semiconductor más empleado en las células fotovoltaicas actualmente es el silicio policristalino, obteniendo rendimientos de hasta el 16% en la transformación de la energía, sin embargo, en la actualidad existen células más eficientes, como, por ejemplo, las que emplean la tecnología HIT (combinar silicio mono-cristalino con silicio amorfo), llegando a obtener eficiencias de hasta el 23%, también se han llegado a obtener rendimientos de hasta el 44% en células especiales.

Al considerar una fuente de energía renovable para una institución educativa de tipo empresarial como son las diferentes Escuelas y Facultades que se encuentran en la Ciudad Universitaria madrileña, esta parece ser una opción sencilla y viable para suministrar energía eléctrica, al no tener requerimientos tan complejos de instalación y espacio y poderse adaptar fácilmente a las infraestructuras existentes, motivo por el cual se ha optado por analizar cuán real es la posibilidad de emplear esta tecnología de forma parcial.

2.3.Finalidad del Estudio

Estudiar el consumo de la ETSIAAB y su variación a lo largo del año, así como su evolución diaria, analizar la legislación vigente en términos de energías renovables y autoconsumo, cuantificar la posible producción de energía y establecer los componentes básicos de un sistema fotovoltaico, para considerar los factores más relevantes al determinar si una instalación de este tipo era viable o no.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Una vez determinada la viabilidad, en forma de potencia óptima, que sería, como se ha mencionado anteriormente la máxima potencia a instalar de forma que se maximizase el ahorro, sin verter nunca energía a la red. Se busca analizar la mejor alternativa, en cuanto a potencia a instalar, que favorezca a la totalidad de la ETSIAAB, para así poder dimensionar el resultado obtenido, a modo orientativo, con ayuda de las herramientas adecuadas, cuantificando el número de módulos e inversores necesarios y dando una idea de su distribución.

2.4.Criterios de Valor

Se establecieron 9 criterios de valor, 2 de naturaleza ambiental, 4 económicos y 3 constructivos, para a partir de estos poder determinar la potencia a instalar en toda la ETSIAAB y seleccionar los puntos de suministro a favorecer.

Dichos criterios analizan la sostenibilidad, la rentabilidad, la proporción de energía generada, el tiempo de amortización, entre otros. Se le ha asignado a cada criterio un peso, así como una puntuación, que va de 1 a 5, siendo 1 la puntuación más baja y 5 la más alta.

Estos son lo que se describen a continuación:

- **Criterio ambiental 1 (20%):** Este valora la proporción de energía generada sobre el total de energía requerida por los edificios que se beneficien de dicha alternativa, y se puntuó como se indica a continuación:

Entre un 6% y un 8%	→ 1
Entre un 8% y un 10%	→ 2
Entre un 10% y un 12%	→ 3
Entre un 12% y un 14%	→ 4
Entre un 14% y un 16%	→ 5

- **Criterio ambiental 2 (10%):** Este valora la proporción de energía generada sobre el consumo anual total de energía requerida por toda la ETSIAAB, incluyendo los campos de prácticas (2.956.580 kWh), y se puntuó como se indica a continuación:

Entre un 2% y un 4%	→ 1
Entre un 4% y un 6%	→ 2
Entre un 6% y un 8%	→ 3

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Entre un 8% y un 10%	→ 4
Entre un 10% y un 12,5%	→ 5

- **Criterio económico 1 (20%):** Este valora el tiempo de amortización de la inversión, con el cargo transitorio por autoconsumo vigente actualmente, y se puntuó como se indica a continuación:

Entre 8 y 9 años	→ 1
Entre 7 y 8 años	→ 2
Entre 6 y 7 años	→ 3
Entre 5 y 6 años	→ 4
Entre 4 y 5 años	→ 5

- **Criterio económico 2 (10%):** Este valora la inversión inicial y se puntuó como se indica a continuación:

Superior a 450.000 €	→ 1
Entre 350.000 € y 450.000 €	→ 2
Entre 250.000 € y 350.000 €	→ 3
Entre 150.000 € y 250.000 €	→ 4
Inferior a 150.000 €	→ 5

- **Criterio económico 3 (15%):** Este valora el ahorro económico anual, como una proporción respecto a lo que gastarían los edificios beneficiados por dicha alternativa, considerando el cargo transitorio vigente hoy en día. Se puntuó como se indica a continuación:

Inferior al 5%	→ 1
Entre un 5% y un 9%	→ 2
Entre un 9% y un 13%	→ 3
Entre un 13% y un 17%	→ 4
Entre un 17% y un 21%	→ 5

- **Criterio económico 4 (5%):** Este valora la proporción del cargo transitorio sobre el consumo que se daría con la instalación fotovoltaica. Se puntuó como se indica a continuación:

Superior al 1%	→ 1
Entre un 0,75% y un 1%	→ 2
Entre un 0,50% y un 0,75%	→ 3
Entre un 0,25% y un 0,50%	→ 4
Entre un 0% y un 0,25%	→ 5

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

- **Criterio constructivo 1 (5%):** Este valora la superficie ocupada por la instalación fotovoltaica, no como un limitante, sino como una pérdida, pues a mayor superficie menor disponibilidad de esta para realizar otra actividad en cubierta. Se puntuó como se indica a continuación, y a si la alternativa ocupaba la cubierta de más de 3 edificios se restaba medio punto a partir del cuarto, sin considerar los campos de prácticas.

Superior a 4000 m ²	→ 1
Entre 3000 m ² y 4000 m ²	→ 2
Entre 2000 m ² y 3000 m ²	→ 3
Entre 1000 m ² y 2000 m ²	→ 4
Inferior a 1000 m ²	→ 5

- **Criterio constructivo 2 (5%):** Este consideraba la facilidad de instalación, respecto al número de lugares donde, hipotéticamente, se llevase a cabo y a la inclinación y se puntuó como se indica, restando un punto si se usaban las inclinaciones de 30° y 50°.

7 o más plantas	→ 1
5 o 6 plantas	→ 2
3 o 4 plantas	→ 3
2 plantas	→ 4
1 única planta	→ 5

- **Criterio constructivo 3 (10%):** Este valora la instalación de energía solar fotovoltaica en las instalaciones principales de la ETSIAAB, asociado a una mayor generación de energía neta. Se puntuó como se indica a continuación y en el caso de no tener ninguna planta en esta ubicación, se puntuó como cero.

Planta solo para un CUPS en la ETSIAAB.	→ 1
Planta para el conjunto ETSIA	→ 2
Planta para el conjunto EUITA	→ 3
Planta para el conjunto ETSIAAB	→ 4
Planta en el Edificio principal	→ 5

3. Análisis y Diagnóstico de la Situación de Partida

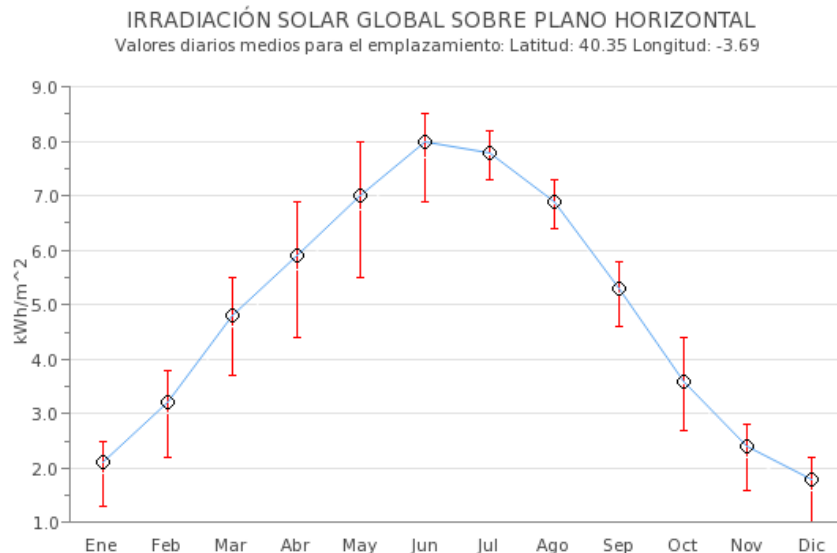
3.1. Antecedentes

3.1.1. Datos climatológicos

La ciudad de Madrid, según la clasificación climática de Köppen tiene un clima en transición entre semiárido frío y mediterráneo. Empleando los datos de la guía resumida del clima de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de la estación de Madrid (Retiro), que recoge datos desde 1981 hasta 2010, se observa que la temperatura media anual es de 15°C, las temperaturas mínima y máxima alcanzadas durante este periodo fueron de -7,4°C y 40°C, respectivamente. Su pluviosidad media es de 420,9 l/m².

En la figura 6, se observan la irradiación en kWh/(m².día), en la Ciudad Universitaria Madrileña, así como sus máximos y mínimos.

Figura 6. Irradiación global media sobre plano horizontal (33 años)

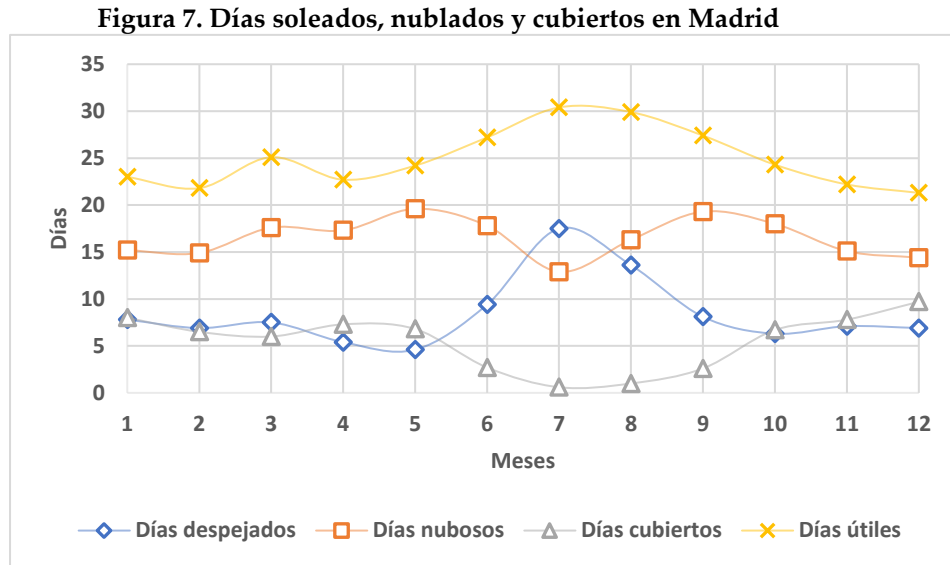


Fuente: ADRASE, 2017

La producción de una instalación fotovoltaica no es constante a lo largo del día y tampoco se alcanzará el máximo de producción todos los días, pues esta tecnología es dependiente de las condiciones meteorológicas que pueden impedir o favorecer que la radiación alcance las placas, en un día nublado habrá

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

momentos en los que disminuya y en días cubiertos disminuirá considerablemente. En la figura 7 se puede observar la media de días soleados, cubiertos y nublados en los diferentes meses el año, usando datos desde 1981 hasta 2010, y los denominados días útiles se refieren a aquellos en los que estando el cielo despejado o nublado, pero no cubierto la producción energética sería aceptable al aprovechar gran parte de la radiación recibida, que en los días cubiertos sería inferior.



Fuente: AEMET. Datos de la guía climatológica del clima 1981- 2010, Estación Madrid Retiro

3.1.2. Legislación aplicable

Como se mencionó anteriormente, actualmente, uno de los mayores limitantes para el empleo de energías renovables en España es la estricta legislación que ralentiza la amortización de la inversión en sistemas conectados a la red, al aplicar unos costes a la energía autoconsumida que disminuyen el ahorro anual. Siendo así las principales leyes actualmente vigentes, que afectan a una instalación fotovoltaica, son las que se enumeran a continuación, resaltando a su vez los puntos más importantes de estas.

3.1.2.1. RD 900/2015

Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

En base a que la generación de energía no supone una reducción de los costes de mantenimiento de la red de transporte y distribución del sistema eléctrico, y considerando también que dicha generación puede también requerir la adaptación de la red, estos gastos deben ser cubiertos con cargo a los ingresos de dicho sistema. Así pues, este Real Decreto establece las condiciones de aplicación a las instalaciones conectadas en el interior de una red acogida a una modalidad de autoconsumo eléctrica.

En este se definen varios conceptos y sus metodologías de cálculo, de los cuales se destacan los siguientes, ya que afectan directamente a la posibilidad que se quiere plantear para dimensionar una instalación fotovoltaica en la Escuela Técnica de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB):

- **Autoconsumo horario:** consumo horario neto de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o de un productor con el que se comparten instalaciones de conexión a la red o conectados a través de una línea directa. Este se obtendrá como la diferencia entre la energía horaria neta generada y el vertido horario medidos en el punto frontera. Si no existe equipo de medida será la energía generada cuando la energía horaria consumida sea superior o esta segunda cuando sea inferior a la generada.
- **Demanda:** se determina a partir del registro de energía entrante en el contador situado en el punto frontera de la instalación.
- **Demanda horaria:** se determina como el saldo neto horario de energía tomada de la red obtenido a partir de los registros de energía entrante y saliente medida por el equipo instalado en el punto frontera.
- **Energía eléctrica excedentaria:** energía eléctrica generada en la red interior de un consumidor o por un productor que comparte instalaciones de conexión a la red con un consumidor o por un productor unido mediante una línea directa con un consumidor y vertida a las redes de transporte y distribución.
- **Instalación conectada a la red:** aquella instalación de generación conectada en el interior de una red de un consumidor, que comparte infraestructuras de conexión a la red con un consumidor o que esté unida a éste a través de una línea directa y que tenga o pueda tener, en algún momento, conexión eléctrica con la red de transporte o distribución.

Las instalaciones desconectadas de la red mediante dispositivos interruptores o equivalentes se considerarán instalaciones conectadas a la red.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

En el supuesto de instalaciones de producción conectadas a la red interior de un consumidor, se considerará que ambas instalaciones están conectadas a la red cuando o bien la instalación receptora o bien la instalación de generación esté conectada a la red.

- **Potencia de aplicación de cargos:** potencia requerida por la instalación del consumidor en un periodo tarifario. Cuando se disponga de equipo de medida en el circuito de consumo, será la potencia que correspondería facturar a efectos de aplicación de los peajes de acceso. Cuando no se disponga de dicho equipo hay dos casos, un sistema no gestionable en el cual es la potencia que correspondería facturar medida en el punto frontera o en sistemas gestionables será la suma de la potencia que corresponda facturar, medida en el punto frontera, más la potencia de máxima generación en el periodo tarifario.
- **Potencia instalada:** se corresponderá con la potencia activa máxima que puede alcanzar una unidad de producción y vendrá determinada por la potencia menor de las especificadas en la placas de características de los grupos motor, turbina o alternador instalados en serie, o en su caso, cuando la instalación esté configurada por varios motores, turbinas o alternadores en paralelo será la menor de las sumas de las potencias de las placas de características de los motores, turbinas o alternadores que se encuentren en paralelo.

En el caso de instalaciones fotovoltaicas la potencia instalada será la suma de las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos que configuran dicha instalación, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente (definición del artículo 3 y en la disposición adicional undécima del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio)

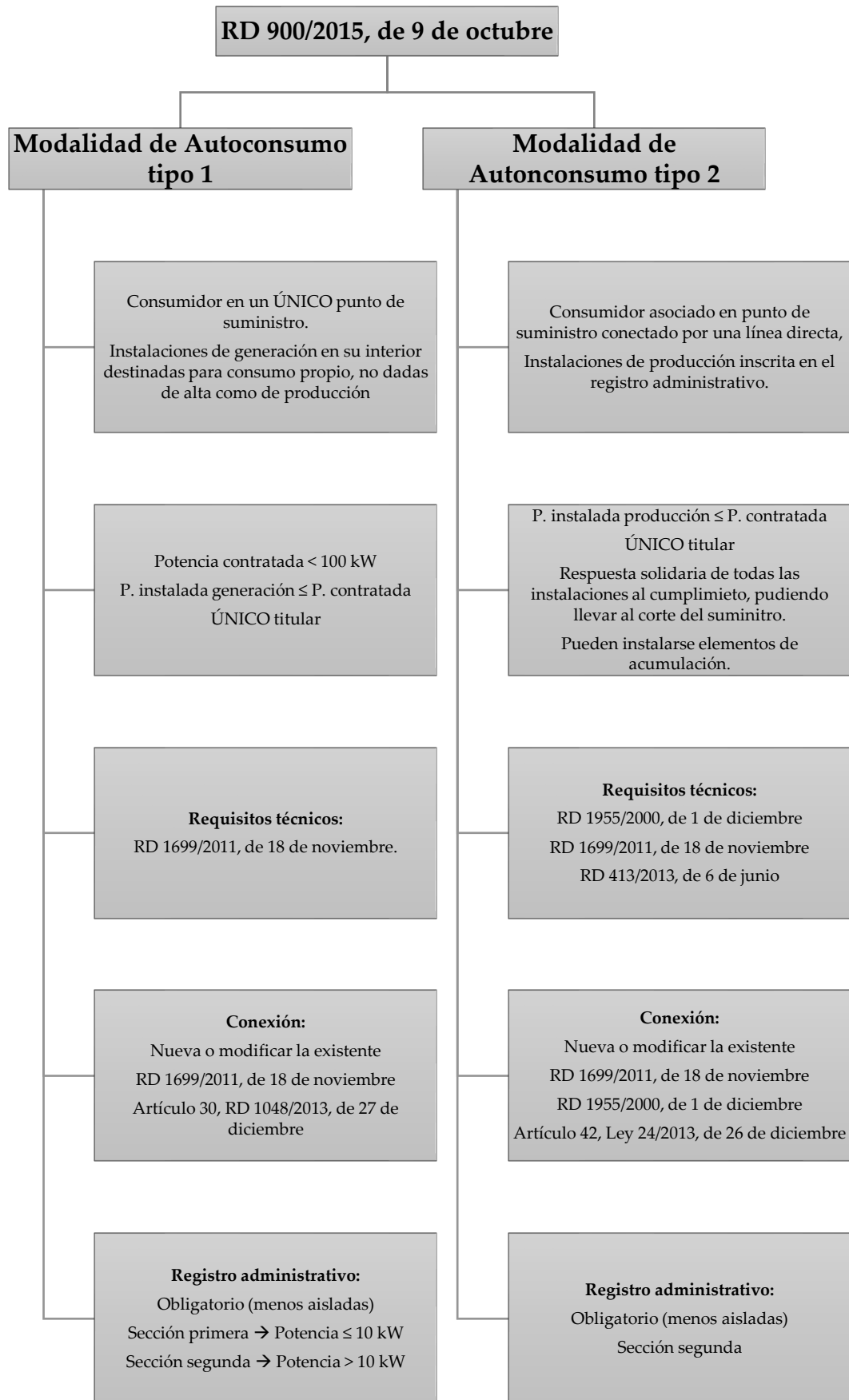
- **Vertido horario:** saldo neto horario de energía eléctrica generada por una instalación de generación conectada a la red interior de un consumidor y vertida al sistema eléctrico.

También se definen dos modalidades de autoconsumo, relacionadas con las definidas en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del sector eléctrico, de estas se esquematizan algunos puntos importantes en la figura 8 y se pueden apreciar con mayor detalle en la tabla 1.2 del apartado 1.1.2 del anejo 1.

Al consumidor acogido a cualquier modalidad de autoconsumo le resultarán de aplicación los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución, cargos asociados a costes del sistema y cargos por otros servicios del sistema.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 8. Esquema de puntos importantes del RD 900/2015



Fuente: BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO Núm. 243. Sábado 10 de octubre de 2015

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Se establece la obligatoriedad de que realizar estudios de conexión según sea el caso, así como d suscribir un contrato, o modificarlo, con la empresa distribuidora correspondiente.

Se deben instalar los equipos de medida en las redes interiores correspondientes, en los puntos más próximos posibles al punto frontera, y tendrán capacidad de medida de resolución al menos horaria. Cumpliendo los requisitos y condiciones establecidos en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico aprobado por el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto. Y estos deberán ser adecuados para la modalidad a la que esté acogida la instalación.

Los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución serán las que resulten de aplicación de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

Los cargos asociados y los cargos por otros servicios del sistema se calcularán considerando el precio estimado, en cada periodo, de otros servicios del sistema eléctrico correspondientes a la demanda peninsular se aplicarán a la potencia de aplicación de cargos y a la energía correspondiente al autoconsumo horario.

Temporalmente en la disposición transitoria primera se establece el régimen económico transitorio para el autoconsumo. Uno de los puntos más importantes pues determina de manera temporal el coste de los cargos asociados y los cargos por otros servicios del sistema. Actualmente, están vigentes los precios de los peajes de acceso establecidos en la **Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre**, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2017.

Se aplicarán **cargos fijos anuales** en función de la potencia, en €/kW, cuyo precio será el que se establece en la tabla 1.3, del apartado 1.1.2 del anejo 1, según el RD 900/2015. Estos se aplicarán sobre la diferencia entre la potencia aplicación de cargos y la potencia a facturar a efectos de los peajes de acceso.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Entonces:

$$\begin{aligned} & \textit{Potencia de cargos fijos} \\ & = \textit{Potencia de aplicación de cargos} - \textit{Potencia a facturar} \end{aligned}$$

La potencia de aplicación de cargos será:

- Cuando se disponga un equipo de medida en el circuito de consumo que registre la energía consumida total por el consumidor asociado y si el control de la potencia demandada se realiza con este equipo, esta será la potencia a facturar, y por tanto diferencia de potencias será nula.
- Cuando no se disponga de dicho equipo, hay dos casos para energía fotovoltaica, en el primero cuando no se disponen de elementos de acumulación esta vuelve a coincidir con la potencia a facturar, siendo la que se mide en el punto frontera. En el segundo supuesto la potencia de aplicación de cargos será la suma de la potencia a facturar más la potencia máxima de generación en el periodo tarifario, y solo en este caso se aplicarían los cargos fijos.

En el caso de ser de aplicación el cargo fijo tiene un precio, para la tarifa 3.0A de entre 5,87 €/kW y 31,92 €/kW, dependiendo del período tarifario y de entre 4,99 €/kW a 35,92 €/kW para la tarifa 3.1 A.

También será de aplicación un **cargo transitorio sobre el autoconsumo horario**, en €/kWh, los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo 1 conectados en baja tensión cuya potencia contratada sea inferior o igual a 10 kW estarán exentos del cargo transitorio por energía autoconsumida. Este estará constituido por los cargos variables, los pagos por capacidad y la componente de otros servicios del sistema, cuyos precios se pueden apreciar en las tablas 1.5 a 1.7, del apartado 1.1.2 del anejo 1. Y se encuentran entre 0,89 c€/kWh a 2 c€/kWh, para la tarifa 3.0A y entre 1 c€/kWh a 1,52 c€/kWh, para la tarifa 3.1A.

Una vez esquematizados los puntos y normativa que afectan a ambas modalidades de consumo, en las disposiciones adicionales de este Real Decreto se establece, que los consumidores que al realizar medidas de eficiencia (diferentes a la instalación de ningún medio de generación de electricidad o sistemas de acumulación) podrán ser autorizados excepcionalmente a verter energía a la red. También que la facturación del suministro y peajes de acceso se

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

realizará sobre la demanda horaria y sobre toda la potencia demandada, siendo que la demanda horaria no puede ser en ningún caso negativa.

Se establece también que las instalaciones de producción de energía eléctrica con potencia nominal no superior a 100 kW, conectadas directamente a una red de tensión no superior a 1 kV, ya sea de distribución o a la red interior de un consumidor, quedan excluidas del régimen de autorización administrativa previa y de autorización administrativa de construcción.

En la disposición adicional octava se determina que aquellos sujetos titulares de instalaciones de generación conectadas en el interior de la red de un consumidor o que compartan infraestructuras de conexión a la red con un consumidor asociado que no cumplan los requisitos y condiciones previstos en este real decreto para las modalidades tipo 1 y 2 deberán adecuar sus instalaciones para verter toda la energía neta generada a la red y adquirir toda la energía consumida, sin compartir infraestructuras eléctricas de acuerdo con la normativa sectorial.

En la disposición transitoria decima se establece también que se podrán instalar elementos de acumulación siempre que compartan equipo de medida y protecciones con la instalación de generación.

3.1.2.2. Ley 24/2013

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico y en el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo

Esta ley es actualmente la principal reguladora del sector eléctrico, su objeto es garantizar el suministro de energía eléctrica y adecuarlo a las necesidades del consumidor. En esta se definen el autoconsumo, sus modalidades y se establece que cualquier consumidor, sujeto a cualquier modalidad de autoconsumo, tendrá la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico. Así como también estará obligado a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

asociados a los costes del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo.

En esta se entiende por autoconsumo el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red o de un consumidor o a través de una línea directa eléctrica asociadas a un consumidor.

Se distinguen cuatro modalidades:

- a) De suministro con autoconsumo: cuando se trate de un consumidor que disponga de una instalación de generación destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no estuviera dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá como sujeto sólo el consumidor.
- b) De producción con autoconsumo: cuando se trate de un consumidor asociado a una instalación de producción debidamente inscrita en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica conectada en el interior de su red. Existirán dos l sujeto consumidor y el productor.
- c) Producción con autoconsumo de un consumidor conectado a través de una línea directa con una instalación de producción: cuando se trate de un consumidor asociado a una instalación de producción debidamente inscrita en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica a la que estuviera conectado a través de una línea directa. En este caso existirán dos sujetos el consumidor y el productor.
- d) Cualquier otra modalidad de consumo de energía eléctrica proveniente de una instalación de generación de energía eléctrica asociada a un consumidor.

Se definen en esta también los sujetos en las actividades de suministro de energía eléctrica, se destacan lo que se muestran a continuación:

- **Productores:** aquellas personas físicas o jurídicas que tienen la función de generar energía eléctrica, así como las de construir, operar y mantener las instalaciones de producción.
- **Consumidores:** son las personas físicas o jurídicas que adquieren la energía para su propio consumo.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Respecto a peajes, el artículo 16 establece que los peajes y cargos asociados al sistema serán únicos en todo el territorio nacional y no incluirán ningún tipo de impuesto. En el artículo 18 se hace responsable a las empresas distribuidoras y, en su caso, al operador del sistema, de la recaudación de estos y de su aplicación de acuerdo con el procedimiento de liquidaciones establecido.

En el artículo 42, se definen las líneas directas que son aquellas que tengan por objeto el enlace directo de una instalación de producción de energía eléctrica con un consumidor, con las condiciones que se establezcan reglamentariamente.

En el artículo 53, se establece las autorizaciones necesarias para la puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones de transporte, distribución, producción y líneas directas. Siendo estas las siguientes:

- Autorización administrativa previa, que se tramitará con el anteproyecto, acompañada con la evaluación de impacto ambiental, cuando corresponda. Previamente se deberán haber obtenido los permisos de acceso y conexión a las redes de transporte o distribución correspondientes.
- Autorización administrativa de construcción, cumpliendo los requisitos técnicos exigibles, se deberá presentar un proyecto de ejecución.
- Autorización de explotación, que permite poner en tensión la instalación.

Para la autorización de dichas instalaciones el promotor deberá acreditar suficientemente las condiciones técnicas y de seguridad de las instalaciones y del equipo asociado, el adecuado cumplimiento de las condiciones de protección del medio ambiente, las características del emplazamiento de la instalación y, por supuesto, su capacidad legal, técnica y económico-financiera para la realización del proyecto.

Así mismo la transmisión y cierre definitivo también requerirán de autorización administrativa previa.

En su disposición adicional duodécima establece que se podrá autorizar, reglamentaria y excepcionalmente a determinados consumidores conectados a la red eléctrica de alta tensión a verter energía a la red, siempre que este vertido sea resultado de la implantación de un sistema de ahorro y eficiencia energética.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*3.1.2.3.Reales Decretos y ordenes que establecen y modifican las tarifas de acceso a la red eléctrica*

Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

Orden ITC/1723/2009, de 26 de junio, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de julio de 2009 y las tarifas y primas de determinadas instalaciones de régimen especial.

Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.

Entre estos tres se definen las tarifas eléctricas (tabla 1.8, apartado 1.1.2 del anejo 1) y los períodos tarifarios que afectarán a estas. Estos son importantes para determinar la potencia de diseño de la instalación y para realizar la distribución horaria. En la ETSIAAB, los puntos de suministro están acogidos a dos tarifas, principalmente la 3.0A de baja de tensión, modalidad de tres períodos, con potencias contratadas inferiores a 15 kW y la tarifa 3.1A de alta tensión, específica de tres períodos para tensiones de 1 a 36 kV, con potencia contratada inferior o igual a 450 kW.

En las tablas 1 y 2, se pueden apreciar los horarios tarifarios que se aplicarían en península según la modalidad acogida, la ETSIAAB cuenta con 8 CUPS, en todas sus instalaciones, dos acogidos a la tarifa 3.1 A de alta tensión y tres períodos tarifarios y el resto acogidos a la tarifa 3.0 A de baja tensión.

Tabla 1. Horarios de los periodos tarifarios para la modalidad 3.0A de tres períodos							
Lunes a viernes laborables y sábados domingos y festivos							
	Año	Invierno			Verano		
	0h- 8h	8h -18h	18h- 22h	22h- 24h	8h -9h	9h- 13h	13h- 24h
Enero	Valle	Llano	Punta	Llano			
Febrero	Valle	Llano	Punta	Llano			
Marzo	Valle	Llano	Punta	Llano	Llano	Punta	Llano
Abril	Valle				Llano	Punta	Llano
Mayo	Valle				Llano	Punta	Llano
Junio	Valle				Llano	Punta	Llano
Julio	Valle				Llano	Punta	Llano
Agosto	Valle				Llano	Punta	Llano
Septiembre	Valle				Llano	Punta	Llano

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Octubre	Valle	Llano	Punta	Llano	Llano	Punta	Llano
Noviembre	Valle	Llano	Punta	Llano			
Diciembre	Valle	Llano	Punta	Llano			

Tabla 2. Horarios de los periodos tarifarios para la modalidad 3.1A de tres periodos									
	Lunes a viernes laborables							Sábados, Domingos y festivos	
	Año	Invierno			Verano			Año	
	0h- 8h	8h - 17h	17h- 23h	23h- 24h	8h - 10h	10h- 16h	16h- 24h	0h -18h	18h- 24h
Enero	Valle	Llano	Punta	Llano				Valle	Llano
Febrero	Valle	Llano	Punta	Llano				Valle	Llano
Marzo	Valle	Llano	Punta	Llano	Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Abril	Valle				Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Mayo	Valle				Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Junio	Valle				Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Julio	Valle				Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Agosto	Valle				Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Septiembre	Valle				Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Octubre	Valle	Llano	Punta	Llano	Llano	Punta	Llano	Valle	Llano
Noviembre	Valle	Llano	Punta	Llano				Valle	Llano
Diciembre	Valle	Llano	Punta	Llano				Valle	Llano

En ambos casos, en los meses de cambio de horario, marzo y octubre, se cambian también los periodos tarifarios de invierno a verano el último domingo de marzo, y de verano a invierno el último domingo de octubre. Se debe considerar que en el recibo se aprecian 6 periodos, pues se diferencia entre días laborables y sábados, domingos y festivos.

3.1.2.4.RD 413/2014

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

En este Real Decreto se regula la producción de energía a partir de fuentes renovables, y es de aplicación para diversos tipos de instalaciones, incluyendo las fotovoltaicas, que en este pertenecen a la categoría b.1.1 (“Instalaciones que únicamente utilicen la radiación solar como energía primaria mediante la tecnología fotovoltaica”). Sin embargo, está orientado principalmente a las

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

aquellas instalaciones cuya finalidad sea comercializar la energía producida y someterse a un régimen retributivo, no a aquellas volcadas al autoconsumo.

Se destacan entonces de este Real Decreto, algunos puntos importantes que si son de aplicación en el contexto del tipo instalación que tiene cabimiento en el contexto de la ETSIAAB.

Se define aquí, que la potencia instalada como la suma de las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente.

Se determina en este la obligatoriedad de establecer un contrato entre la empresa distribuidora y la instalación productora, de disponer con anterioridad a la puesta en funcionamiento de los equipos de medida necesarios y de estar inscritas en el registro administrativo de instalaciones de energía eléctrica.

La autorización de instalaciones la llevará a cabo la Administración General del Estado y será un requisito previo la obtención de los permisos de acceso y conexión a las redes de transporte o distribución correspondientes por la totalidad de la potencia instalada.

3.2.Situación actual**3.2.1. Consumo energético mensual**

Actualmente, la ETSIAAB, cuenta con 8 puntos de suministro de energía eléctrica en la totalidad de sus instalaciones, de los cuales 4 se encuentran en la antigua ETSIA, 3 en la antigua EUITA y 1 en los Campos de Prácticas (CP). En total estos 8 puntos de suministro tienen un consumo medio anual de 2.927.810 kWh o lo que es lo mismo aproximadamente 3 GWh anuales, que representan por lo tanto un gran gasto económico, que en 2015 ascendió a cerca de 500.000 €.

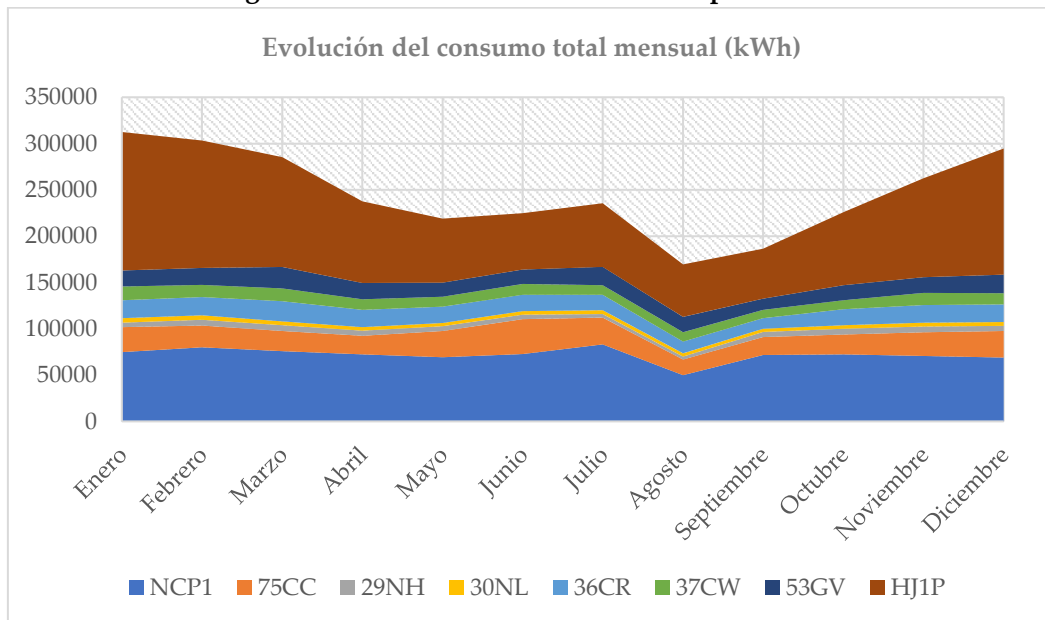
Cada punto de suministro tiene asignado un Código Único de Punto de Suministro (CUPS), para facilitar la identificación de cada uno de aquí en adelante se emplearán las últimas 4 cifras de cada uno, NCP1, HJ1P, 75CC, 29NH, 30NL, 36CR, 37CW y 53GV, que corresponden respectivamente, al edificio

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

principal de la ETSIA, los CP, la biblioteca de la ETSIA, el aula de la ETSIA, el edificio de motores de la ETSIA, el edificio principal de la EUITA, la biblioteca de la EUITA y al aula de la EUITA. Cabe resaltar que posteriormente en las tablas 1.9 a 1.16, del apartado 1.2.1 del anejo 1 se indica el CUPS completo y a que edificio corresponde.

En la figura 9 se representa la evolución del consumo mensual a lo largo de un año, para los distintos CUPS. Se observa con facilidad que el mes de menor consumo es agosto y los de mayor enero y diciembre. Así como que cerca de la mitad del consumo energético se produce en los Campos de Prácticas y gran parte del que se produce en la ETSIAAB es del Edificio Principal de la antigua ETSIA.

Figura 9. Consumo total de la ETSIAAB por meses



Se han empleado datos de tres años para analizar el consumo medio anual en los diferentes períodos tarifarios y así poder extrapolarlo a un consumo horario. Es importante destacar que en el consumo analizado no se consideró el nuevo edificio del itd-UPM, ya que este se inauguró durante el curso 2016- 2017 y no se disponen datos del mismo.

Para los edificios de la ETSIA y los CP se han utilizado datos reales de los años 2014, 2015 y 2016, encontrados en los recibos mensuales emitidos por la

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

empresa correspondiente encargada del suministro, en la figura 1.1 del apartado 1.2.1 del anejo 1 se puede apreciar un ejemplo de dichos recibos

En el caso de los edificios de la EUITA, se disponía de información completa del año 2014 y parcial del 2016, así como de la energía total consumida en los períodos de punta, llano o valle desde el 2011 hasta el 2013 (sin diferenciar del consumo en días laborales o sábados, domingos o festivos). A partir de los datos reales, se estimó que proporción correspondería a días laborables, para cada periodo, obteniendo así los consumos medios para cada mes para los años de 2012 y 2013.

Como los períodos de los recibos no correspondían con los meses de calendario, a partir de los datos disponibles se cumplieron tablas Excel, que en conjunto con los siguientes otros parámetros permitieron calcular el consumo mensual.

Al haber dos tipos de tarifas diferentes hay dos metodologías de cálculo para obtener el consumo energético, que entre ellas también contienen dos, las de los días laborables y los que no lo son, se explicarán por tipo de tarifa las operaciones realizadas. Dichas metodologías y sus particularidades, así como tablas resumen (tabla 1.9 a 1.16) de los resultados se pueden apreciar en detalle en el apartado 1.2.1 del anejo 1.

3.2.2. Consumo horario en días laborables

Para poder analizar la viabilidad del uso de energía solar fotovoltaica es fundamental estimar la evolución del consumo a lo largo del día para optimizar así la generación de energía, como las instalaciones de la ETSIAAB no disponen de contadores inteligentes que proporcionen esta evolución real se ha estimado a partir de los datos de consumo medio en cada periodo y las horas que abarca cada uno.

Al tratarse de un edificio empresarial, para que la aproximación fuese más realista, se supuso que el mayor consumo energético se produce en días laborables de 8:00 a 21:00, y a partir de esta hora el consumo horario sería igual al del periodo de valle, y que la energía sobrante se repartiría por igual en las horas restantes del tipo de periodo tarifario substituido por valle. En el caso de

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

los fines de semana y festivos al no ser días representativos de la actividad que se realiza en la ETSIAAB, no se ha realizado ningún cambio en la repartición del consumo.

Al agrupar los consumos de los diferentes CUPS, los CP, se analizan por separado por dos motivos, el primero que la evolución de su consumo diverge mucho del resto de edificios, como se observa en la figura 11, además de ser muy elevado, el segundo que no se encuentran en la misma ubicación que el resto de la Escuela, motivo por el cual, si se emplease energía fotovoltaica en ambas localizaciones, habría que tener una instalación productora en cada una.

Se debe considerar también que en los meses de marzo y octubre se modifica el horario de los periodos de punta y llano, por ello el reparto de las horas es un poco menos realista, debido a que hay en las horas que se cruzan periodos, y en el caso de la tarifa 3.0A de baja tensión, no se puede determinar que proporción corresponde a punta de verano o invierno, se optó por realizar una media de las horas en las que se cruzan llano y punta. La energía sobrante de la sustitución las últimas tres horas por valle, se repartió a horas cruzadas o horas llano, según correspondiese.

Desde la figura 10 hasta la figura 17, se puede observar la evolución del consumo diario por meses, para los días laborables, para cada punto de suministro que se encuentra en la ETSIAAB. Sin embargo, las figuras 18 a 29, resultan más interesantes, pues son las que reflejan el consumo total de todos los edificios, a excepción de los CP, según el mes y como contribuye cada uno a este.

Desde la tabla 1.17 a la tabla 1.24 del apartado 1.2.2 del anejo 1 se aprecia el consumo horario por puntos de suministro para los días laborables, y de la tabla 1.25 a la 1.32 del apartado 1.2.3 del mismo anejo, el consumo horario para los fines de semana y festivos.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 10. Consumo diario en días laborables- Ed. Principal ETSIA

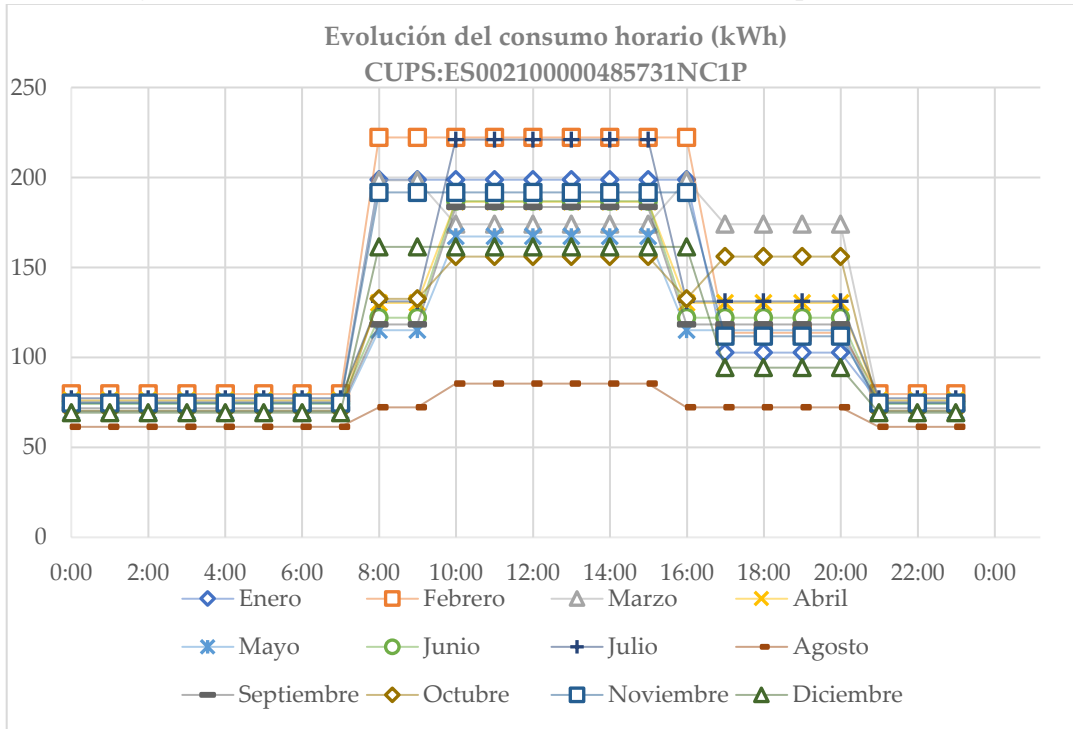
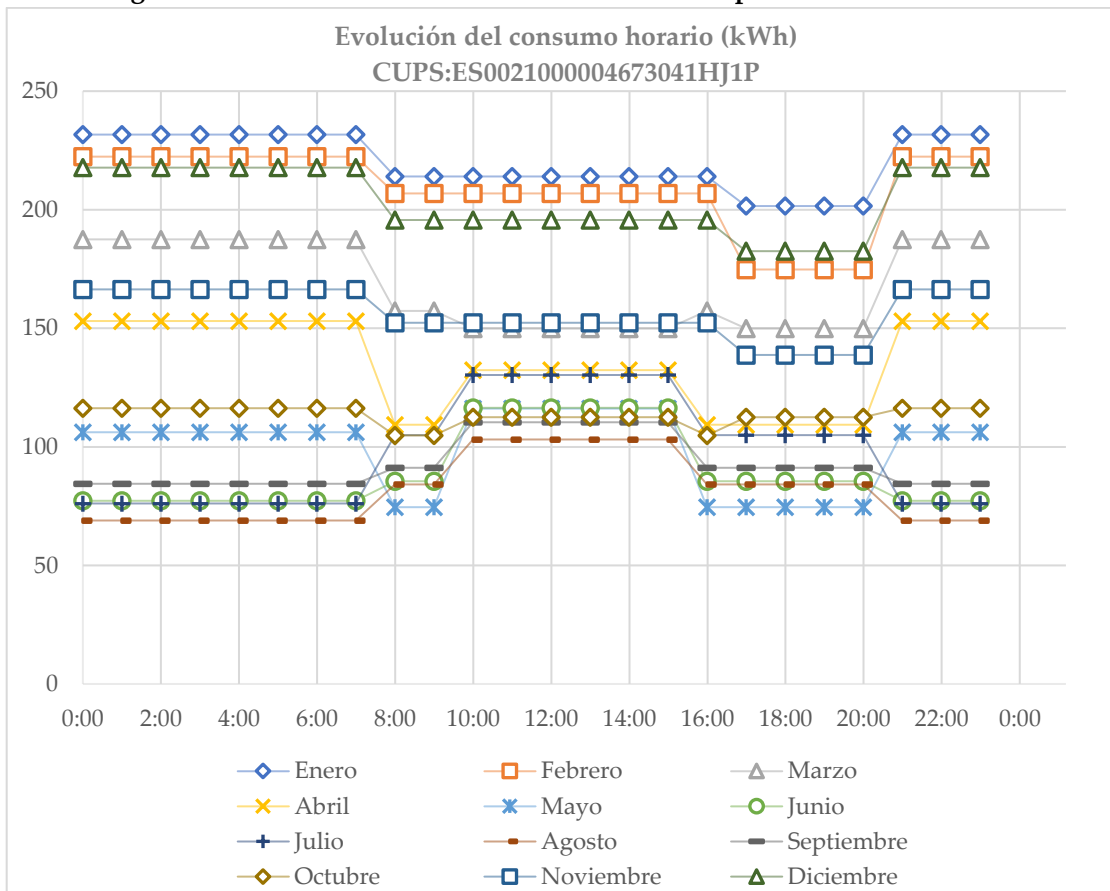


Figura 11. Consumo diario en días laborables - Campos de Prácticas



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 12. Consumo diario en días laborables - Biblioteca ETSIA

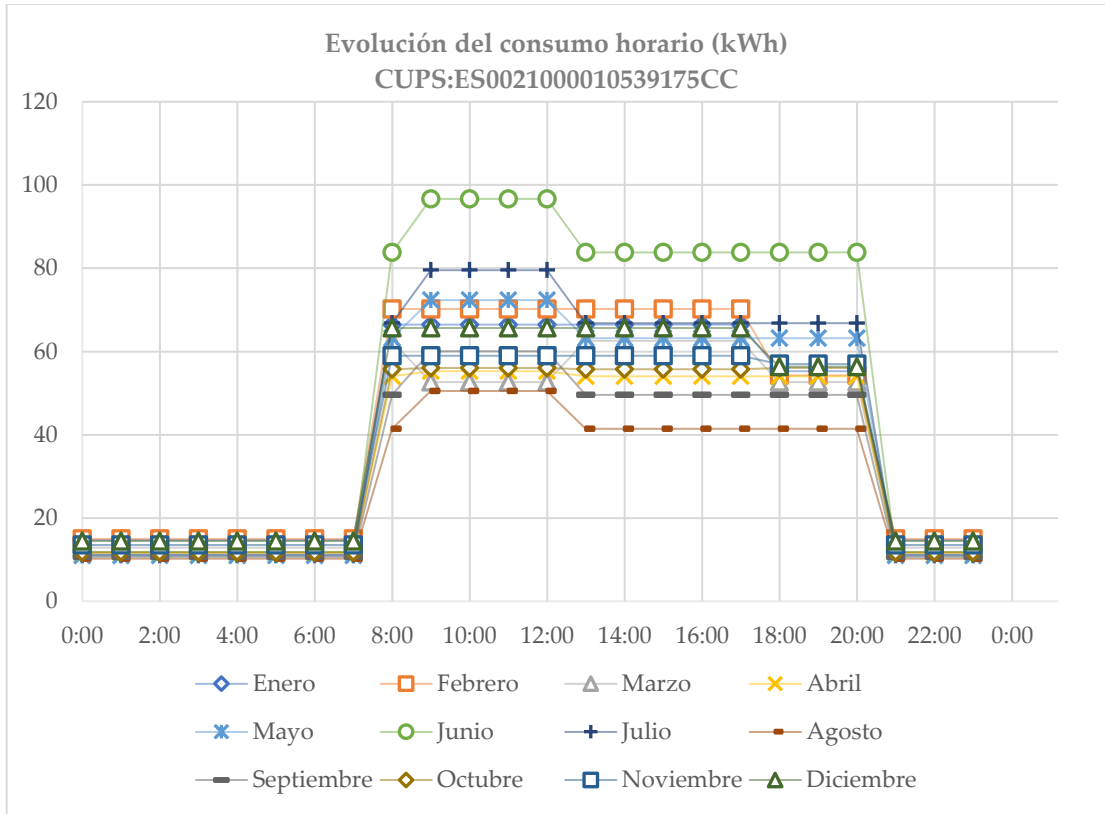
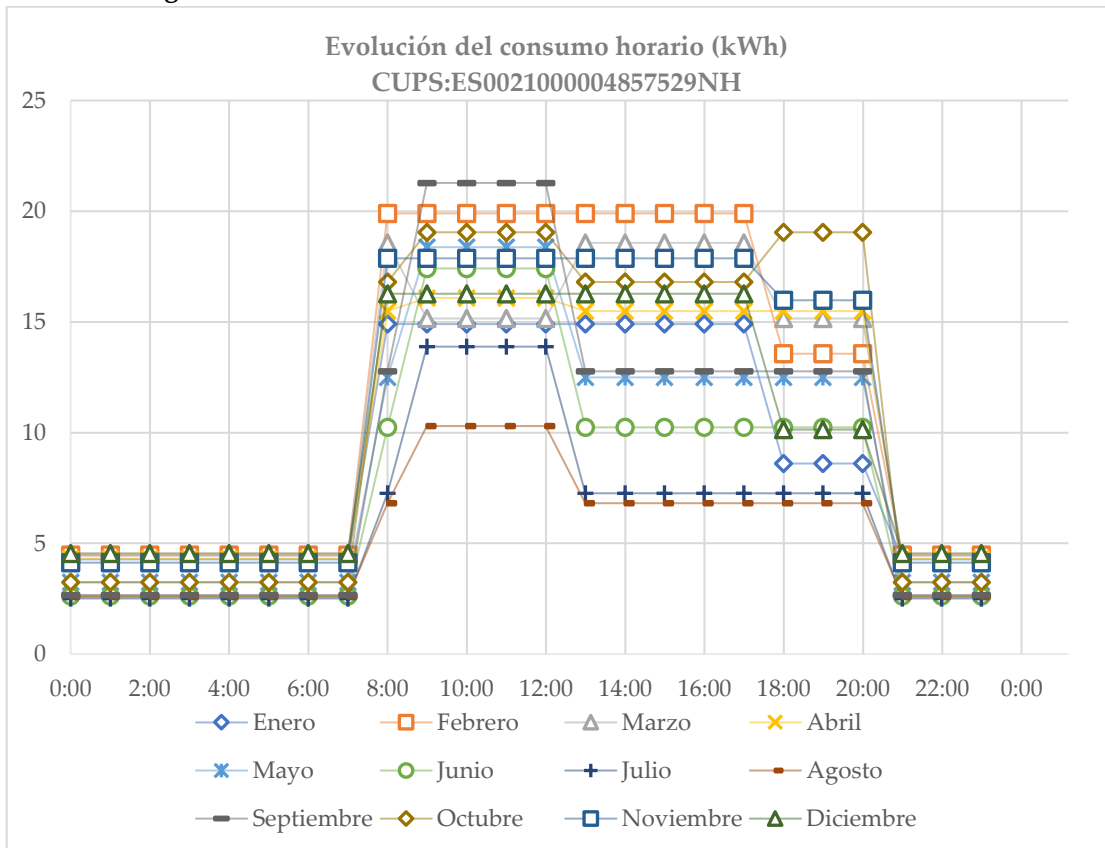


Figura 13. Consumo diario en días laborables - Aulario ETSIA



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 14. Consumo diario en días laborables - Motores ETSIA

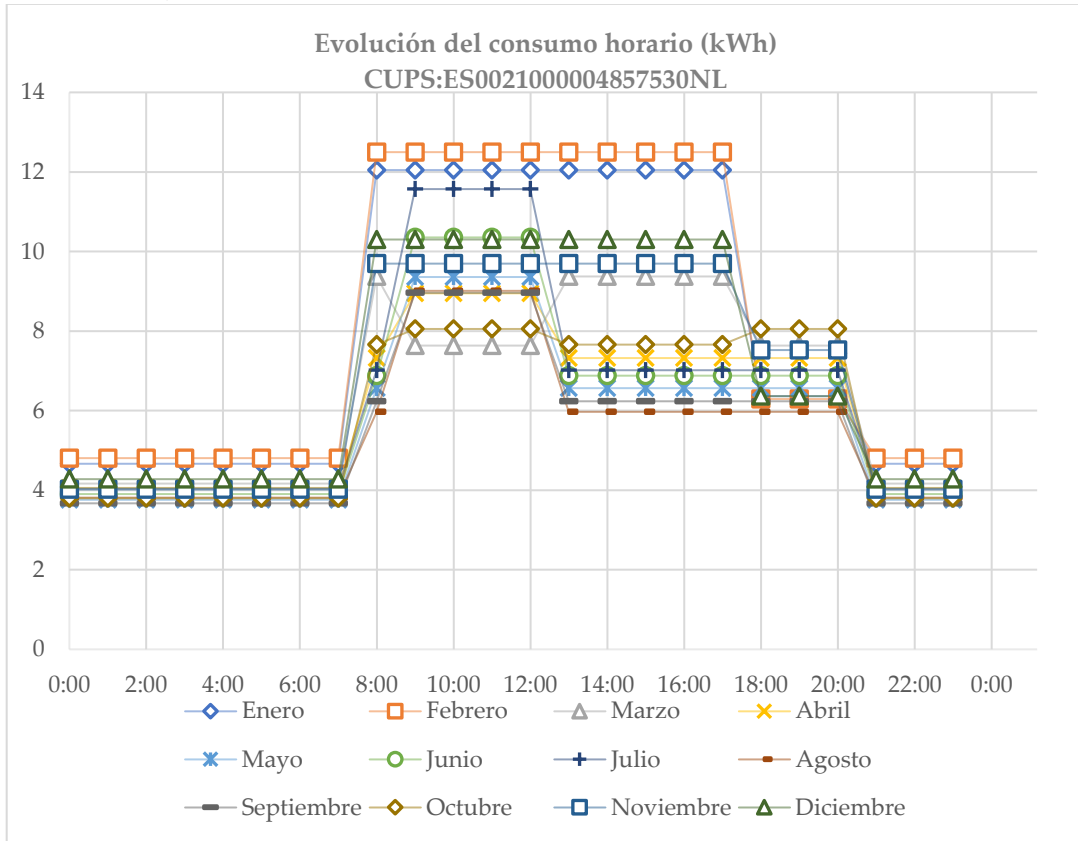
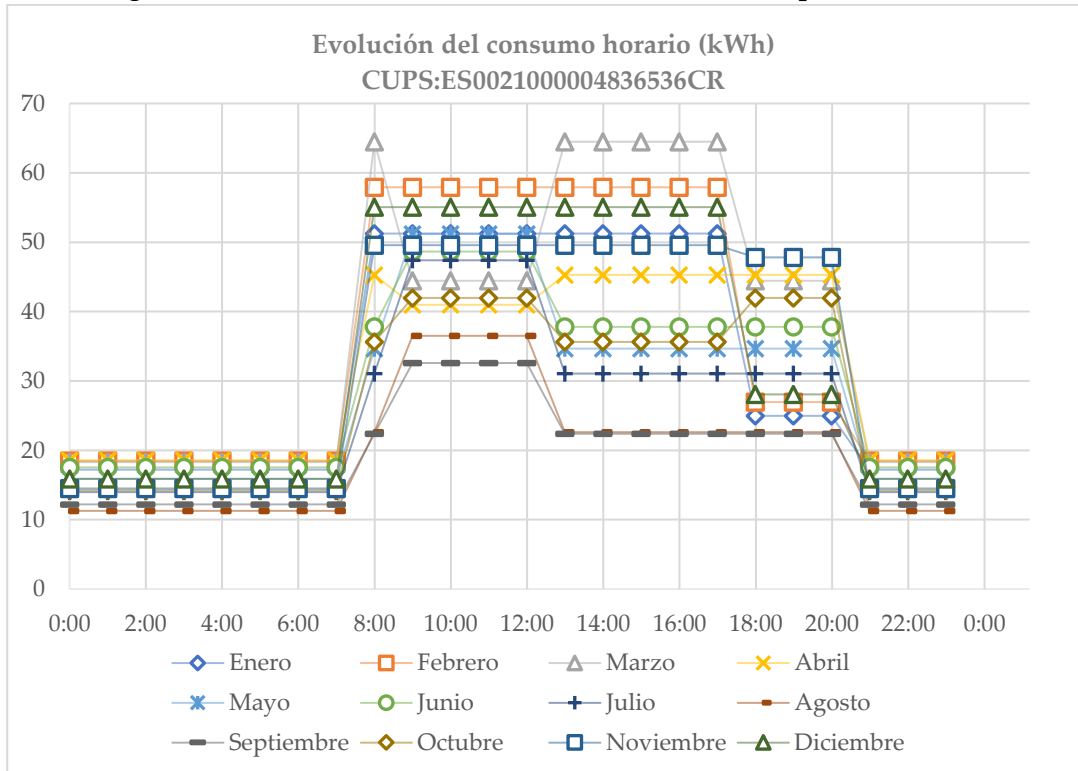


Figura 15. Consumo diario en días laborables – Ed. Principal EUITA



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 16. Consumo diario en días laborables - Biblioteca EUITA

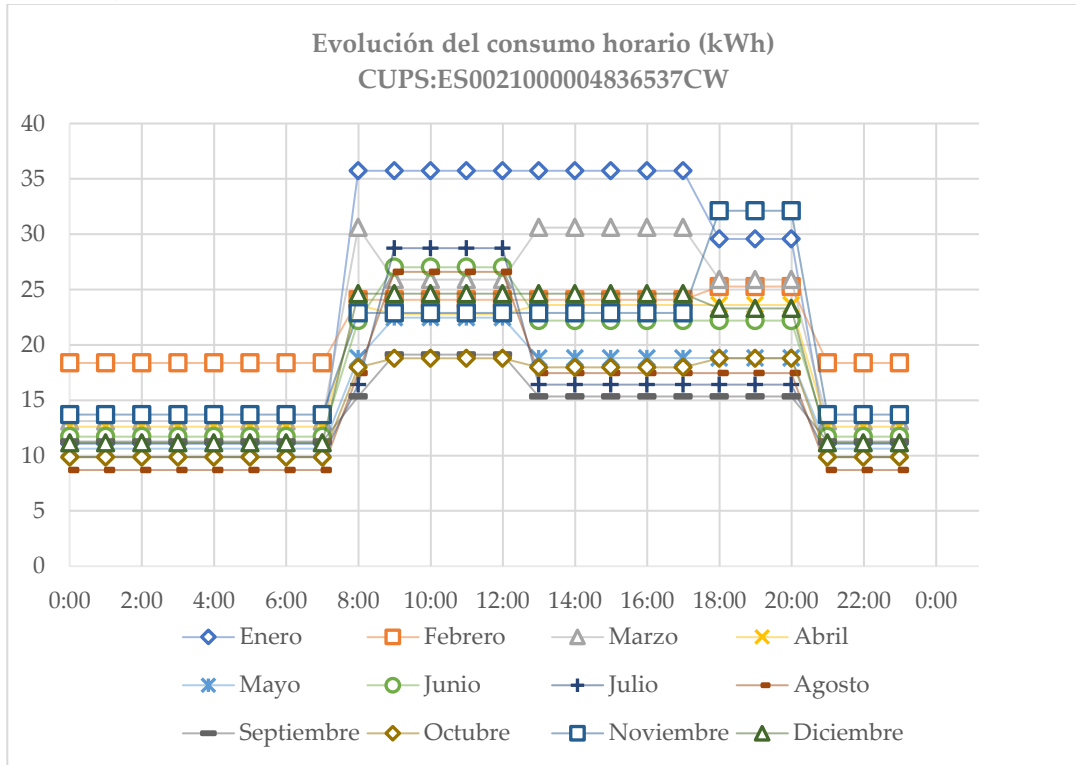
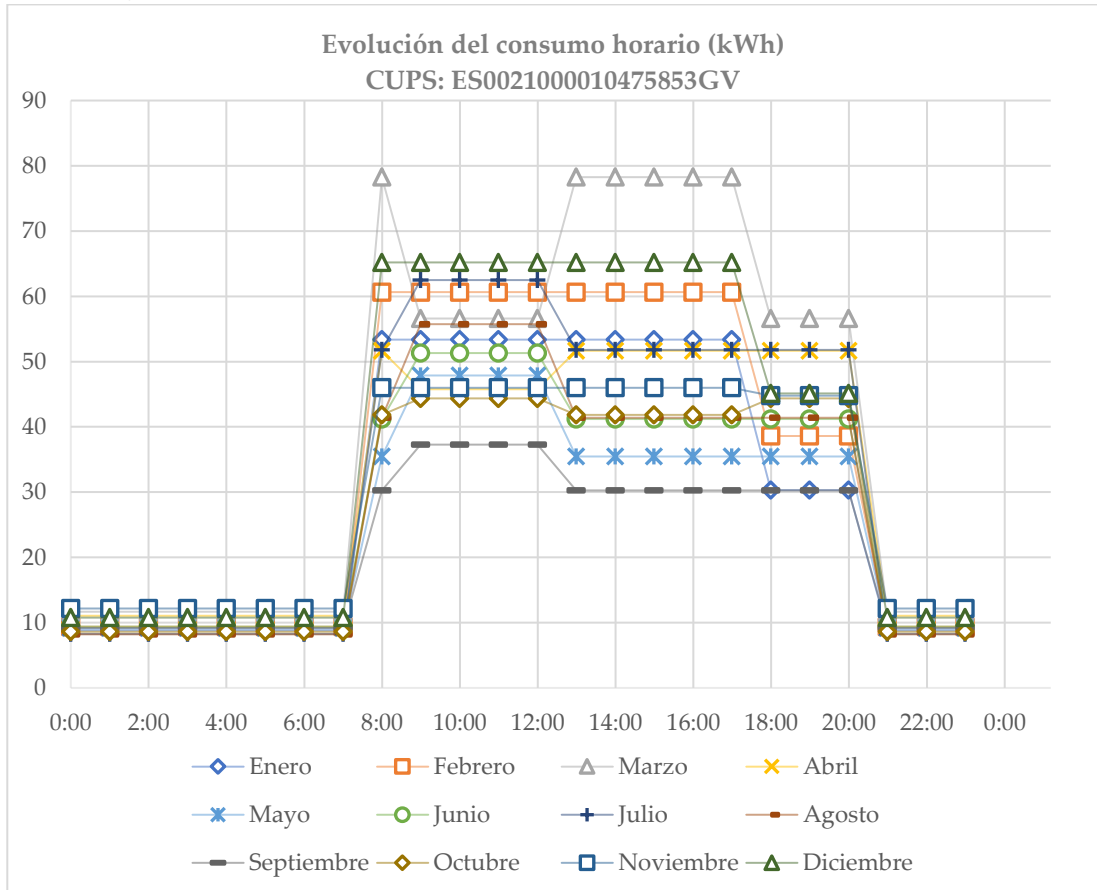


Figura 17. Consumo diario en días laborables – Aulario EUITA



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 18. Consumo diario total en días laborables – Enero

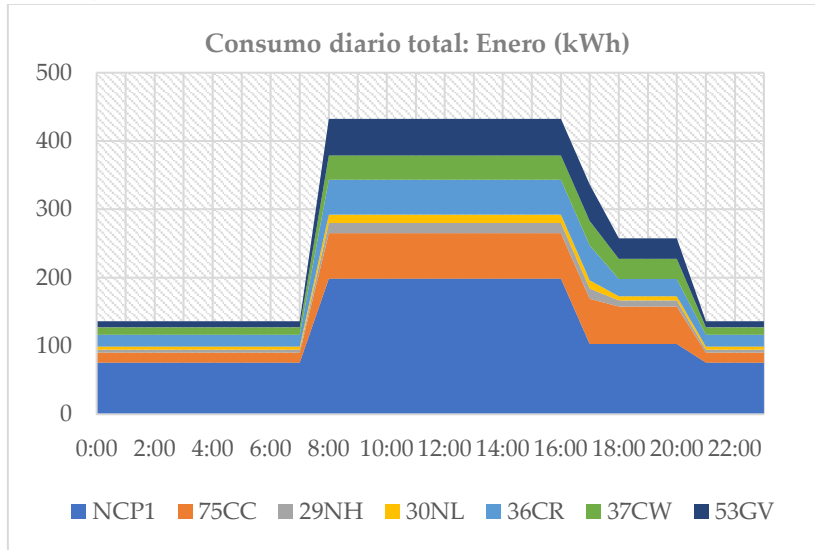


Figura 19. Consumo diario total en días laborables – Febrero

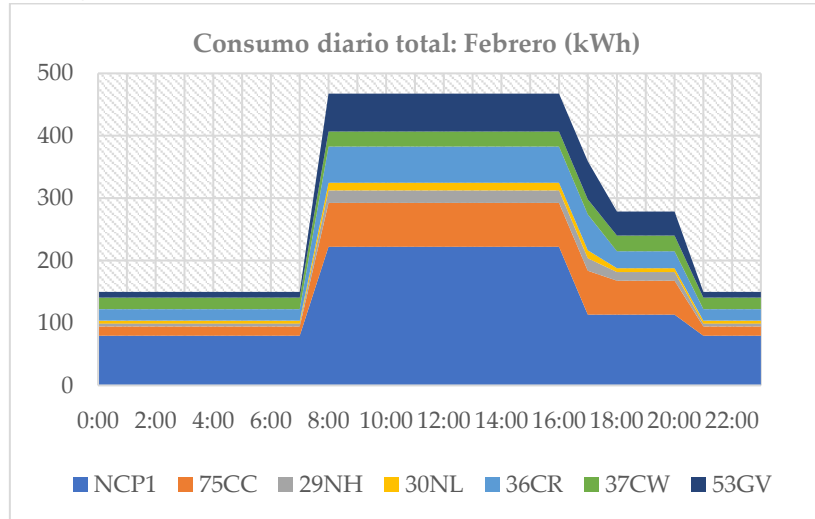
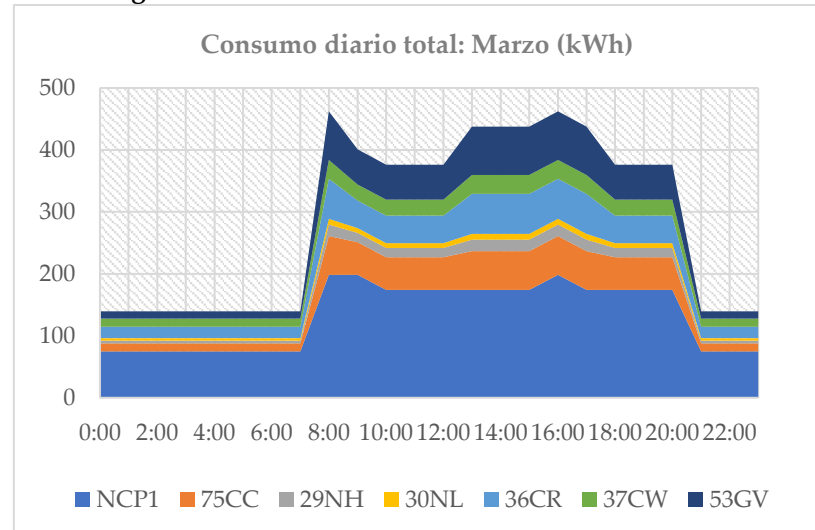


Figura 20. Consumo diario total en días laborables – Marzo



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 21. Consumo diario total en días laborables – Abril

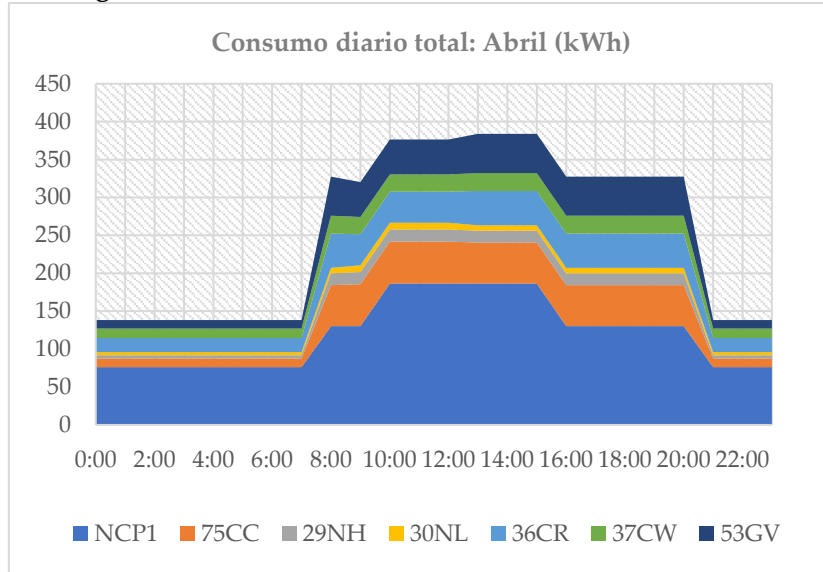


Figura 22. Consumo diario total en días laborables – Mayo

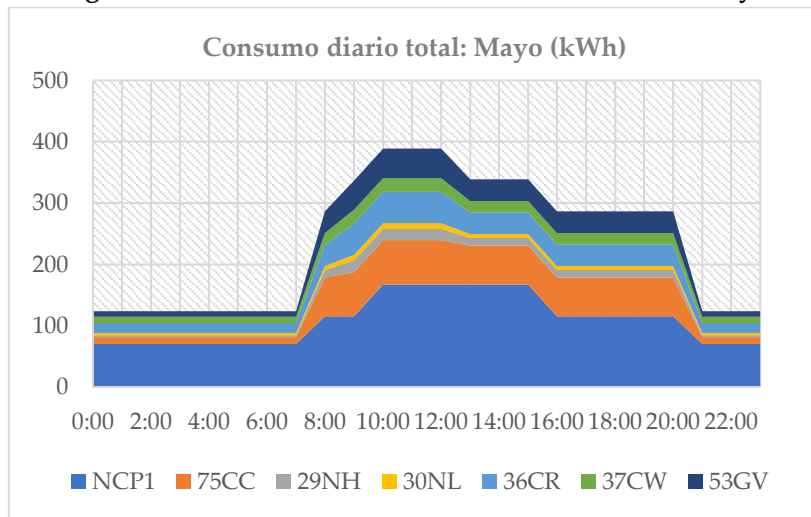
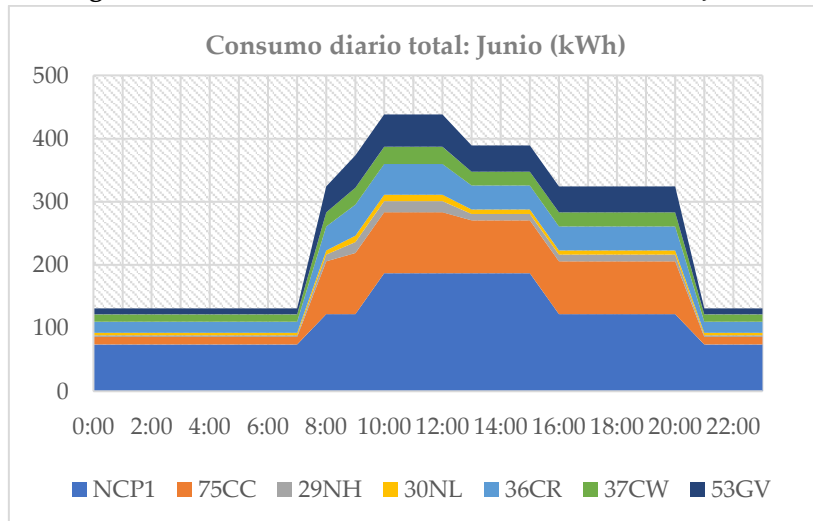


Figura 23. Consumo diario total en días laborables – Junio



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 24. Consumo diario total en días laborables – Julio

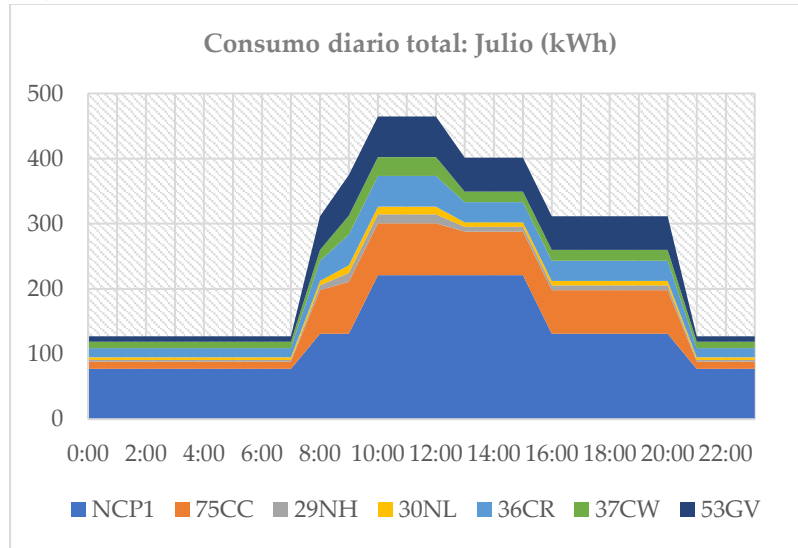


Figura 25. Consumo diario total en días laborables – Agosto

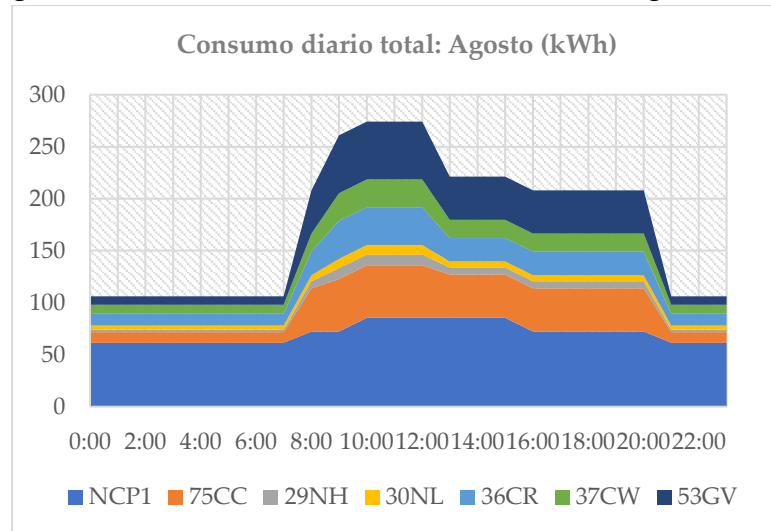
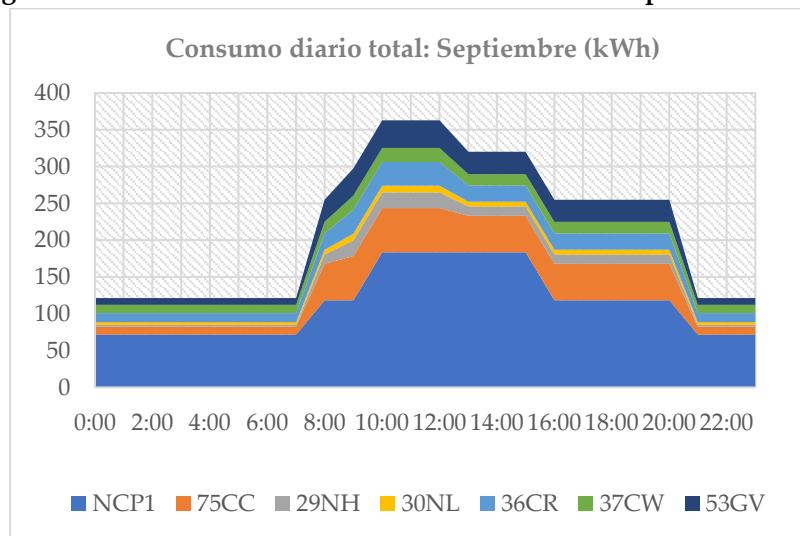


Figura 26. Consumo diario total en días laborables – Septiembre



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 27. Consumo diario total en días laborables – Octubre

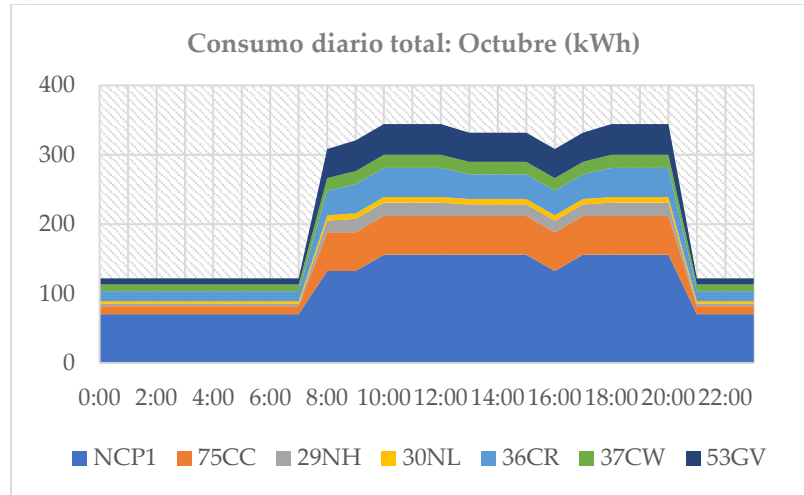


Figura 28. Consumo diario total en días laborables – Noviembre

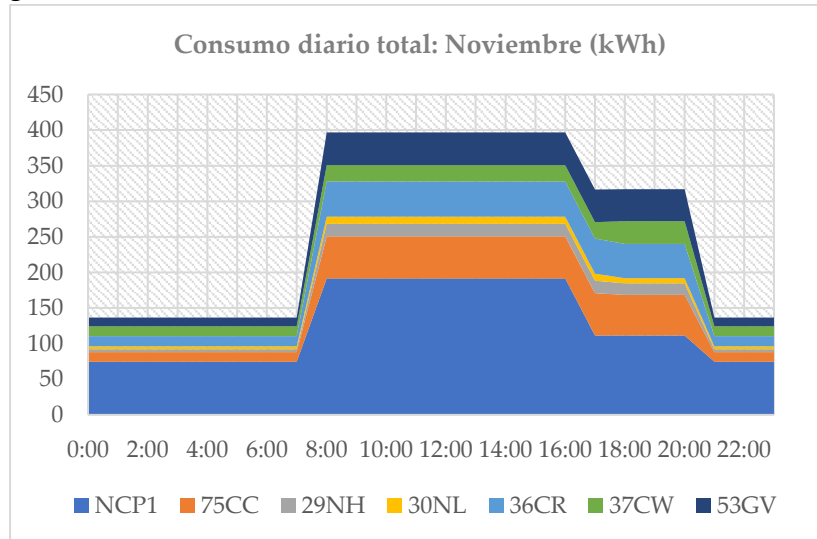
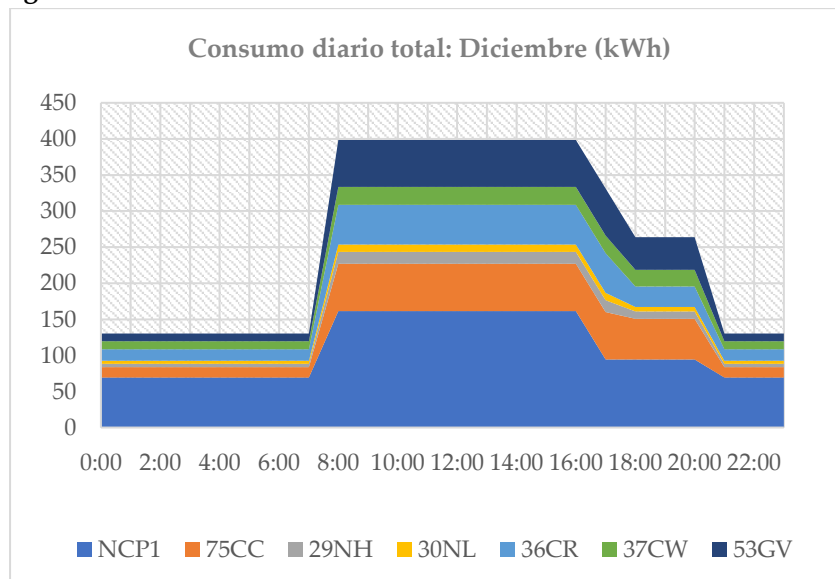


Figura 29. Consumo diario total en días laborables – Diciembre



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

En general el mayor consumo por hora oscila entre los 350 – 450 kWh, a excepción del mes de agosto que como se aprecia en el apartado 1.3.1, es, en general, el mes de menor consumo, como es evidente debido a las vacaciones de verano en una institución educativa. La menor demanda de energía se produce en las horas nocturnas, estos factores en conjunto son ideales para el empleo parcial de energía fotovoltaica pues la mayor demanda se produce en las horas que hay mayor disponibilidad de radiación solar.

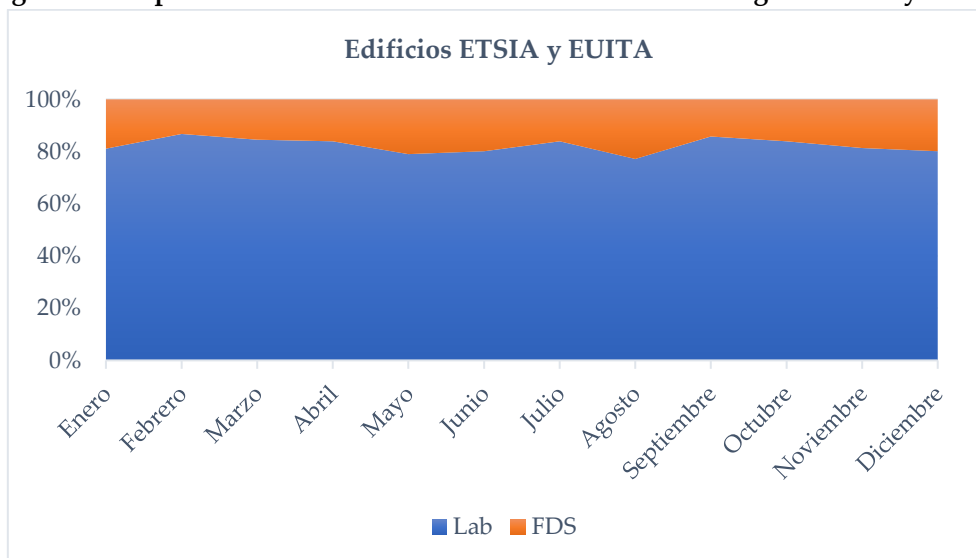
En el anejo 1.2, se pueden apreciar las tablas de consumo horario, tanto en días laborables como fines de semana y festivos, para cada CUPS, por meses.

3.2.3. Consumo horario en sábados, domingos y festivos

Como se ha mencionado anteriormente, en fines de semana la actividad en la ETSIAAB disminuye considerablemente y en respuesta a una menor actividad, el consumo energético también decrece. Por ello no se ha realizado ningún cambio al repartir el consumo horario a lo largo del día.

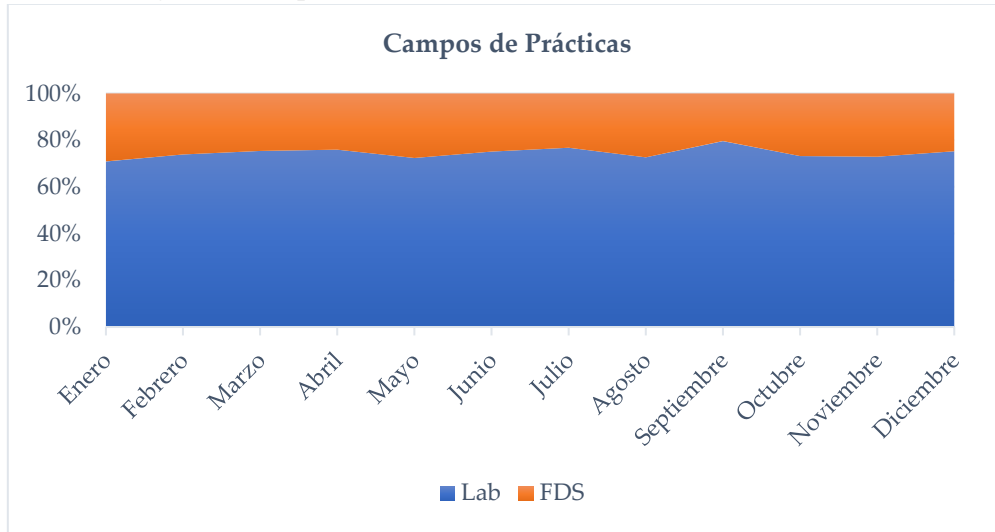
En general el consumo horario en fin de semana es estable tanto diariamente, como a nivel mensual. Este representa en torno a un 20% del consumo total mensual, como se observa en la figura 30, para los edificios de las antiguas ETSIA y EUITA y en torno a un 30% en los CP, como se aprecia en la figura 31.

Figura 30. Proporción del consumo en fin de semana de las antiguas ETSIA y EUITA



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

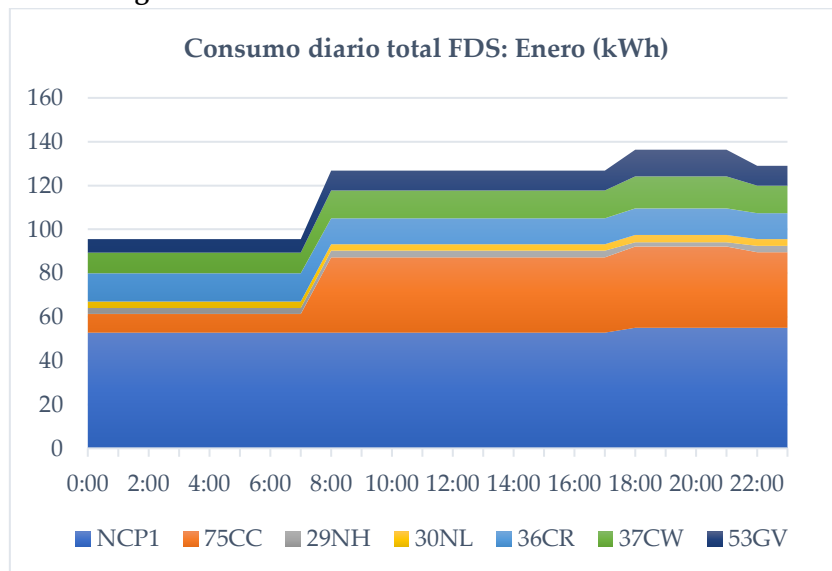
Figura 31. Proporción del consumo en fin de semana de los CP



De igual forma a como se hizo para los días laborables se estimó la evolución del consumo diario para los fines de semana y festivos, desde la figura 32 hasta la figura 43 se observa el consumo diario para los 12 meses del año, y como contribuye cada CUPS a este.

Se aprecia en las figuras que el consumo total, en final de semana aumenta en época de exámenes (noviembre a enero y mayo a julio), este incremento se debe principalmente a la apertura de la biblioteca de la antigua ETSIA, durante dichos períodos.

Figura 32. Consumo diario total en días FDS – Enero



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 33. Consumo diario total en días FDS – Febrero

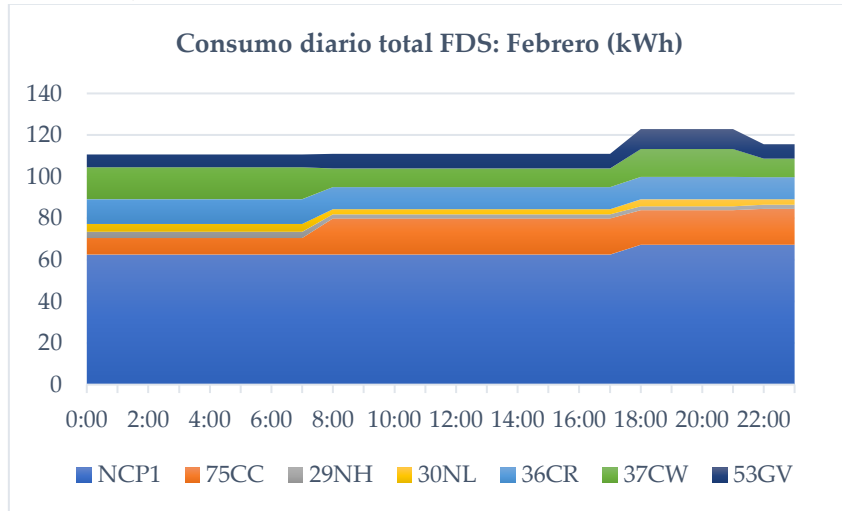


Figura 34. Consumo diario total en días FDS – Marzo

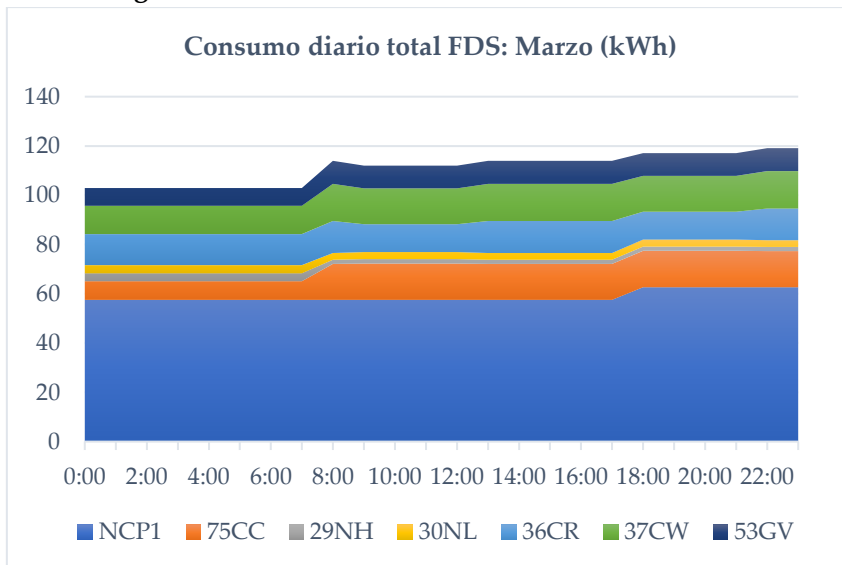
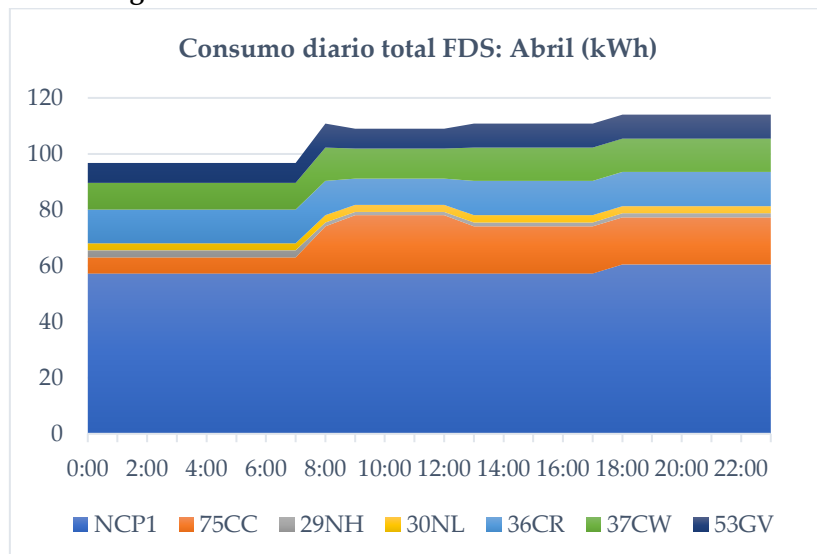


Figura 35. Consumo diario total en días FDS – Abril



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 36. Consumo diario total en días FDS – Mayo

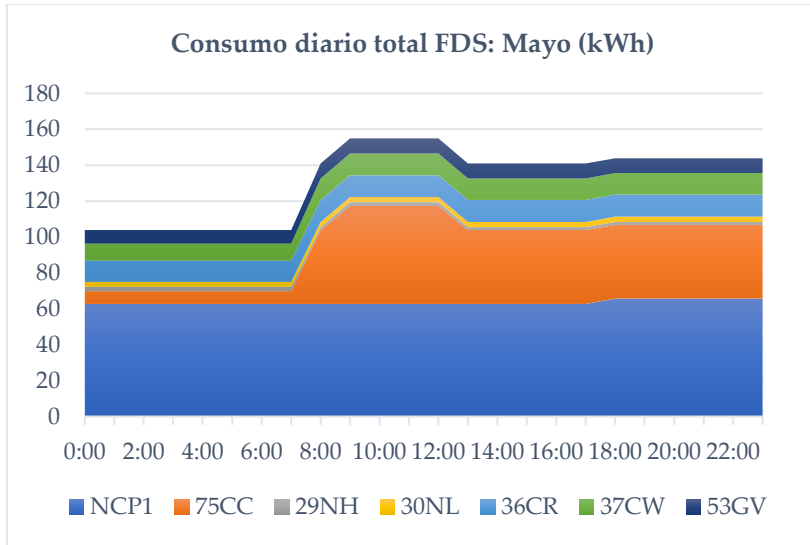


Figura 37. Consumo diario total en días FDS – Junio

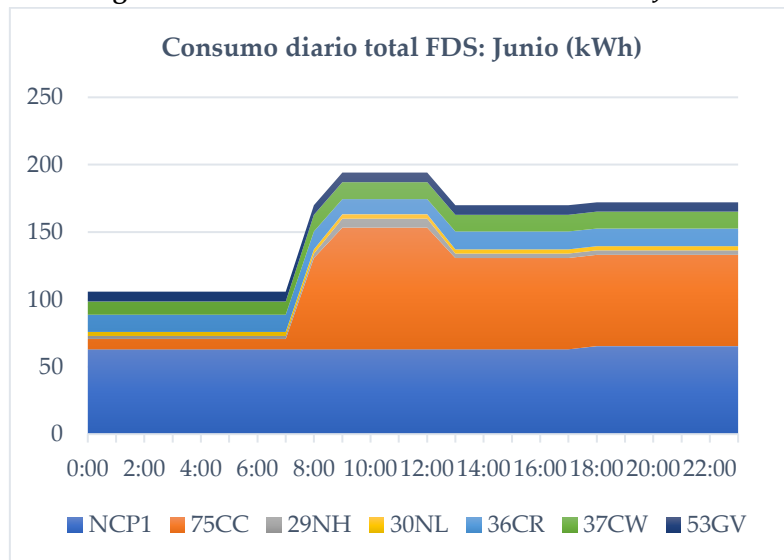
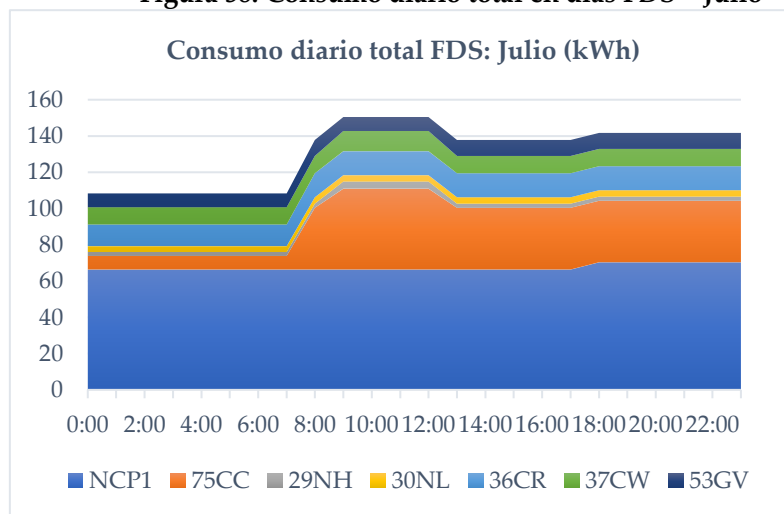


Figura 38. Consumo diario total en días FDS – Julio



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 39. Consumo diario total en días FDS – Agosto

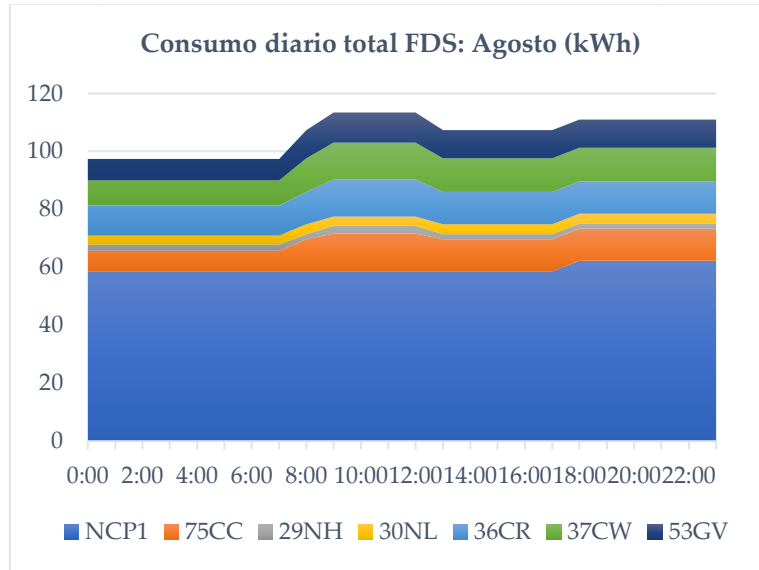


Figura 40. Consumo diario total en días FDS – Septiembre

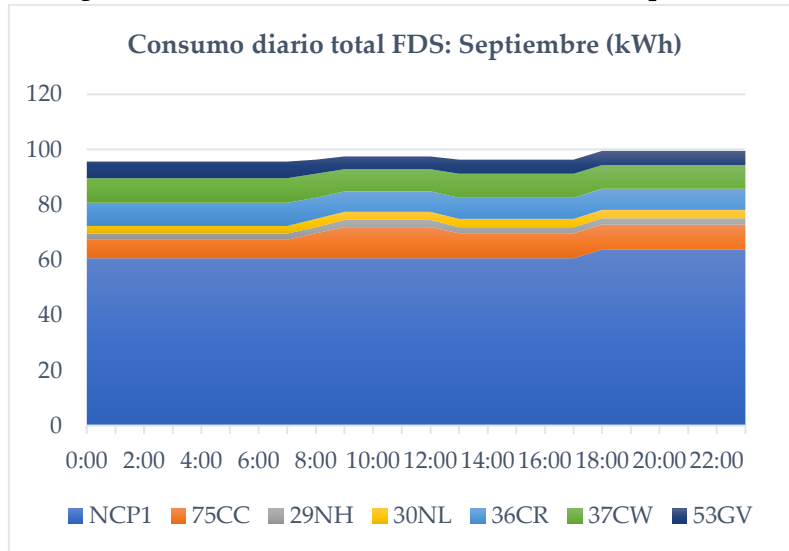
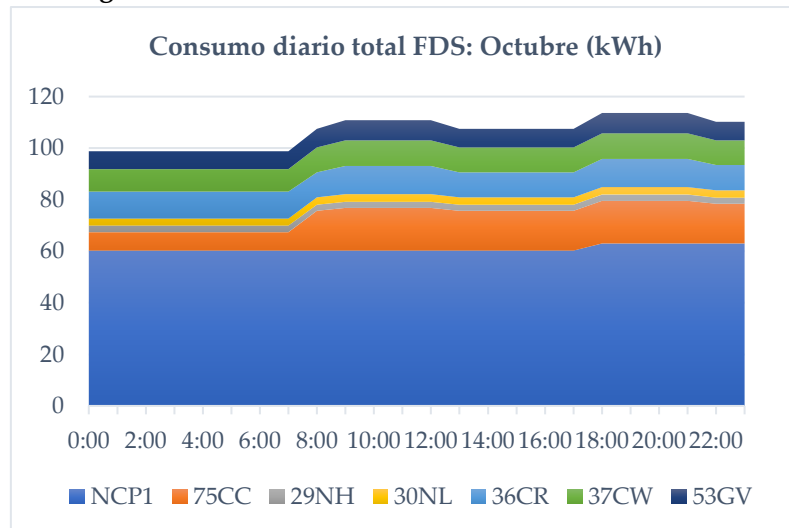


Figura 41. Consumo diario total en días FDS – Octubre



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 42. Consumo diario total en días FDS - Noviembre

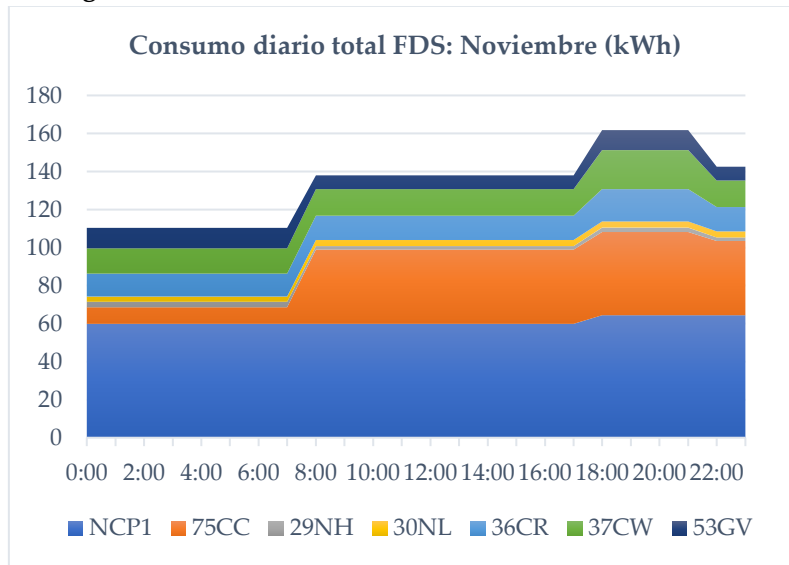
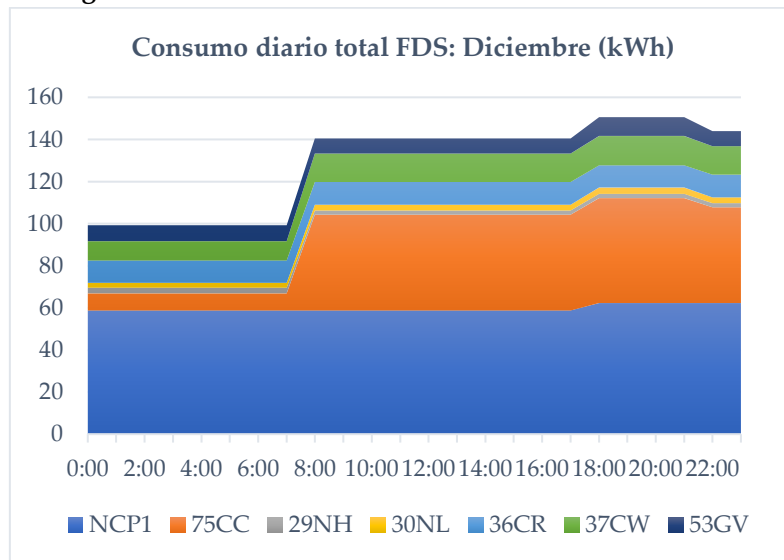


Figura 43. Consumo diario total en días FDS – Diciembre



3.2.4. Planta fotovoltaica existente

Actualmente en la ETSIAAB existe una planta fotovoltaica con una potencia nominal de 18,6 kWp, que genera aproximadamente 31.719 kWh al año y que son vendidos a la red antes de ser utilizados en la Escuela.

Los mencionados 18,6 kWp instalados ocupan una superficie de 362,5 m², (ver Plano 5), esto se puede traducir como una generación de 0,051 kW/m², tomando como referencia la distribución y separación usada entre paneles de forma que no se genera sombra entre ellos.

3.3.Situación futura

En los años analizados se ha observado que, en general, el consumo eléctrico ha disminuido, principalmente debido a la implementación de medidas que incrementan la eficiencia de los elementos que requieren este tipo de energía. La tendencia es que el consumo de energía eléctrica en cada punto de suministro disminuye, en mayor o menor medida, a excepción del edificio principal cuyo consumo ha incrementado entre un 0,5% y un 1% anual.

La variación del consumo anual por CUPS, en la mayoría de los casos disminuyó entorno a un 10%, a continuación, se puede apreciar con detalle dicha disminución para cada punto:

- NC1P: En el edificio principal de la ETSIAAB se produjo un incremento del consumo del 1,14% entre el 2014 y el 2015, del 0,38% entre el 2015 y el 2016 y un incremento total del 1,53% entre el 2014 y el 2016.
- HJ1P: Los campos de prácticas sufrieron una disminución en su consumo en los tres años analizados en un -5,05% entre el 2014 y el 2015, del -5,73% entre el 2015 y el 2016 y una disminución total del -10,49% entre el 2014 y el 2016.
- 75CC: La biblioteca de la antigua ETSIA incremento su consumo en un 7,17% entre el 2014 y 2015, sin embargo, lo disminuyó un -18,22% entre 2015 y 2016, lo que entre significo una disminución del consumo del -12,36% entre el 2014 y el 2016.
- 29NH: El aulario de la antigua ETSIA, disminuyó su consumo en un -2,60% entre el 2014 y el 2015, y del -4,11% entre el 2015 y el 2016, lo que fue un -6,60% entre el 2014 y el 2016.
- 30NL: En edificio de motores disminuyó su consumo en apenas un -0,75% entre el 2014 y el 2015, en un -11,20% entre el 2015 y el 2016, lo que entre 2014 y 2016 supuso un -11,87%.
- 36CR: En el edificio principal de la antigua EUITA el consumo disminuyó un -5,26% entre el 2012 y el 2013, un -8,54% entre el 2013 y el 2014, lo que supuso una disminución de -13,34% entre el 2012 y el 2014.
- 37CW: La biblioteca de la antigua EUITA incrementó su consumo en un 0,76% entre el 2012 y el 2013, y lo disminuyó un -1,96% entre el 2013

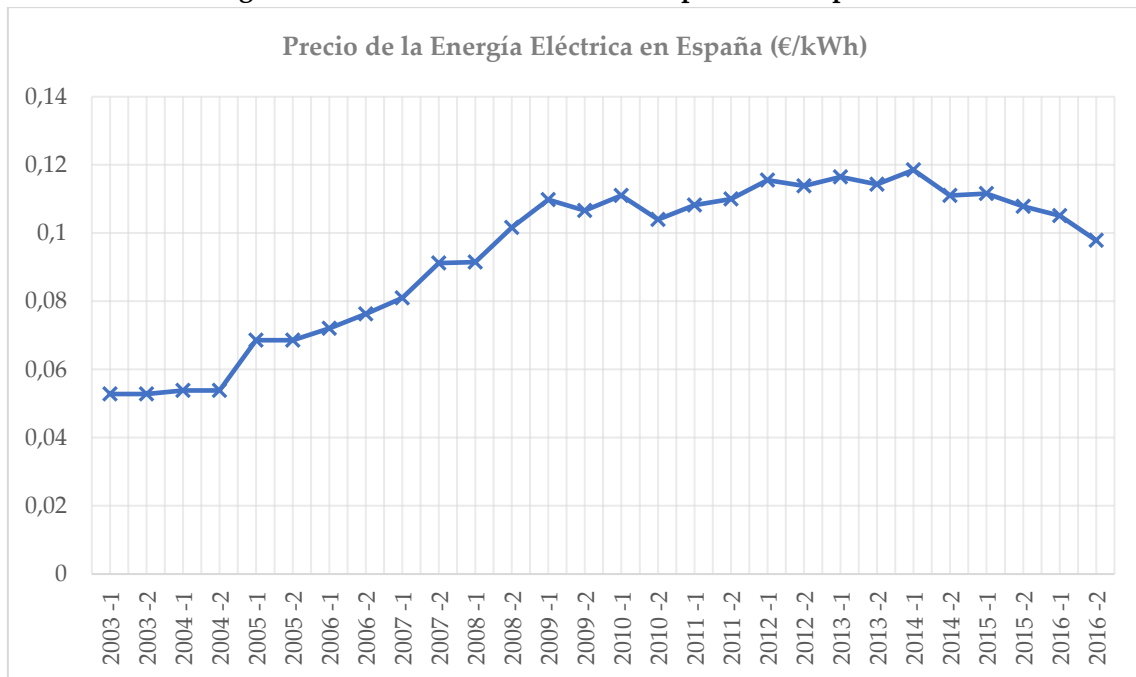
Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

y el 2014, suponiendo una disminución del -1,22% entre el 2012 y el 2014.

- 53GV: El aulario de la antigua EUITA, disminuyó su consumo en un -14,22% entre el 2012 y el 2013 y un -9,85% entre el 2013 y 2014, lo que supuso una disminución del -22,68% entre el 2012 y el 2014.

Por otra parte, el precio medio del kWh para el consumidor industrial, cuyo consumo es superior a los 5.000 kWh anuales, ha doblado su valor desde el 2003, sin embargo, se ha mantenido más o menos estable en los últimos cuatro años. En la figura 44, se observa el precio semestral del kWh desde el año 2003 hasta el 2016.

Figura 44. Precio medio del kWh en España (sin impuestos)



Fuente: Datos de EUROSTAT

En base a estos dos factores se puede prever que durante los próximos años el consumo eléctrico en la ETSIAAB disminuirá hasta un punto en el que se estabilice, una vez se implementen elementos más eficientes y se modernicen los equipamientos más antiguos, mientras tanto el precio de la energía eléctrica incrementará, por lo que el gasto anual probablemente suba de ligera a moderadamente en los próximos años.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

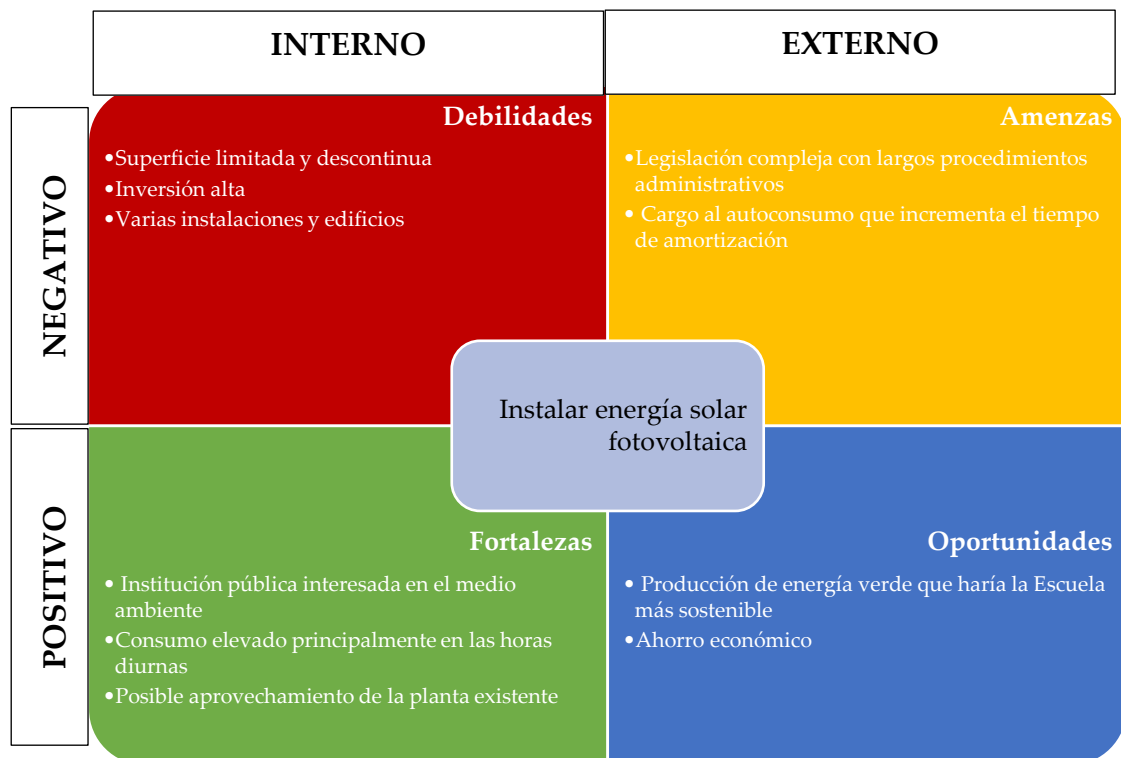
Cabe resaltar que entre el 2004 y el 2014 el porcentaje de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables en España pasó de un 19% a un 37,8%, lo que permite realizar un buen pronóstico respecto a la evolución de esta producción en los próximos años, y esperar que la energía eléctrica comprada de la red, si bien no se traduce en un ahorro económico, sea cada vez más verde.

En cuanto a legislación, debido a diversas críticas nacionales e internacionales que ha recibido el RD 900/2015, que también ha sido denominado “impuesto al sol” y que a diferencia de que establece la legislación europea no permite autoconsumir energía sin ningún cargo, se prevé que esta legislación cambie o bien sea modificada en los años a venir.

3.4. Análisis de problemas y oportunidades

Una vez analizada la situación actual de la ETSIAAB, y determinados los posibles condicionantes, limitaciones, recursos y oportunidades que pueden darse al considerar instalar energía fotovoltaica en esta Escuela, se ha llevado a cabo un diagnóstico de todo el conjunto de información obtenida, mediante una matriz de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), que se aprecia en la figura 45.

Figura 45. Matriz DAFO de la posibilidad de instalar energía solar fotovoltaica



4. Metas. Alternativas Estratégicas

4.1. Generación de alternativas

Dado que el objetivo de este estudio es determinar la viabilidad técnica y económica del empleo de energía solar fotovoltaica en el ámbito de la ETSIAAB, se busca encontrar la potencia óptima a instalar que permitiría amortizar la inversión y a la vez proporcionar parcialmente energía limpia y renovable sin comprometer el suministro de la misma.

Para hallar dicha potencia óptima se parten de los datos de irradiación extraídos del AEMET y de la evolución diaria del consumo determinada anteriormente. Debido a que la energía generada varía en función de la inclinación de los paneles, se analizaron dos inclinaciones, la que maximiza la producción total anual y la que maximiza la producción en el mes de diciembre (meses de invierno). Además de estas opciones se analizaron los diferentes CUPS por separado, así como en 5 grupos, determinados por los CP, el edificio principal de la antigua ETSIA, los tres edificios en baja tensión de la antigua ETSIA (biblioteca, aulario y motores), los tres edificios que conformaban la antigua EUITA y el conjunto de 6 edificios de la ETSIAAB acogido a la tarifa 3.0 A, es decir todos los de las antiguas ETSIA y EUITA, a excepción del edificio principal de la ETSIA.

Para obtener la potencia óptima a instalar se desarrolló una hoja Excel que recogía la potencia máxima demandada mensual, la potencia contratada en cada punto y la evolución diaria media mensual del consumo. Una vez establecidos los parámetros iniciales, con ayuda de la herramienta "Solver", de Excel se establecieron dos restricciones para encontrar la potencia óptima, la primera es que hubiese vertido cero, es decir que la energía tomada de la red sea siempre igual o superior a cero y la segunda que la potencia instalada fuese inferior a la máxima posible considerando la superficie disponible y la estimación aproximada basada en la planta fotovoltaica existente limita la potencia a 162 kWp.

La metodología empleada para obtener la energía, así como las diferentes estimaciones se aprecian en el apartado 2.1.1 del anejo 2.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Para las diferentes alternativas se llevó a cabo el análisis mes a mes, seleccionando para cada CUPS, o conjunto de CUPS, la menor potencia pico a instalar obtenida, es decir que el mes en el que se obtiene esa potencia limita al resto de al año, así en ningún mes se produciría un vertido de energía. Con el resultado se determinó la energía generada en cada mes, el ahorro económico generado, el tiempo de amortización, el coste que implicaría el pago del cargo transitorio y el porcentaje de energía producida.

Como uno de los objetivos era comparar el coste de las diferentes alternativas, así como el tiempo de amortización, se estableció un precio orientativo de 2€ por Watio pico de potencia instalado para así comparar las diferentes opciones en igualdad de condiciones, recordando siempre que los precios varían en función de varios aspectos como lo son la potencia instalada, la tecnología empleada, la marca comercial, entre otros.

4.1.1. Potencia óptima por punto de suministro

La primera alternativa consiste en estudiar una instalación fotovoltaica por cada CUPS existente en la ETSIAAB, de forma que se cumpliría que cada punto tenga un único y un mismo titular y a su vez habría mayor proximidad entre el punto de producción y donde se realiza el consumo. Las tablas que recogen los resultados de las opciones para cada punto de suministro se encuentran en el apartado 2.1.2 del anejo 2.

4.1.1.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (CUPS ES002100000485731NC1P)

El primer punto analizado fue el existente en el edificio principal de la antigua ETSIA, este punto es el único en el ámbito de la ETSIAAB, considerando como se mencionó anteriormente que los Campos de Prácticas se analizan aparte, acogido a una tarifa de alta tensión (3.1 A), motivo por el cual se considera que en cualquier caso debería ir aislado de los demás.

Se obtuvo que la mejor opción para este punto sería la de instalar 75 kWp, pues la inversión se amortiza en 9 años, permitiendo ahorrar, a precios actuales y con el cargo transitorio, establecido en el RD900/2015, aplicado sobre la energía autoconsumida, cerca de 17000 € anuales, durante los 21 años de vida útil restantes y suministrando un 15% de la energía consumida con una fuente renovable. Al no disponer de suficiente espacio en la cubierta de este edificio, se propone instalar esta potencia óptima en el edificio principal de la antigua EUITA

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

y conectar la planta propuesta exclusivamente al edificio principal, pues este es el único lugar de la ETSIAAB con superficie suficiente para instalar dicha potencia.

4.1.1.2. Biblioteca 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000010539175CC)

Este edificio está acogido a la tarifa de baja tensión 3.0A y tiene un consumo mensual superior a los 10.000 kWh. Sobre la cubierta de la biblioteca de la antigua ETSIA hay una superficie disponible de 244,351 m², lo que basándose en la planta existente permitiría instalar hasta 12,5 kWp de potencia.

En este caso las dos opciones analizadas son muy similares. La que parece ser más apropiada es la de instalar 11 kWp con una inclinación de 30°, pues a pesar de que el tiempo de amortización incrementa es más corto y se cubre una parte de la demanda energética muy próxima al otro caso con un mayor ahorro económico.

4.1.1.3. Aulario 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000004857529NH)

Este edificio está acogido a la tarifa 3.0A y tiene un consumo inferior a los 10.000 kWh, lo que determina el precio del término de facturación de potencia. Aquí hay una superficie disponible de 421,288 m², que tienen un potencial para instalar hasta 21,5 kWp, sin embargo, al realizar el análisis se obtuvo que con menos de 2 kWp de potencia instalada, que es la obtenida en el mes de abril, se cubre parcialmente la demanda energética, cumpliendo siempre con que no se vierta energía a la red, por lo que con 40 m² sería suficiente.

Se puede apreciar que la opción más adecuada es la de colocar 2 kWp con una inclinación de 50°, lo que maximiza la producción de energía en los meses de invierno, algo acorde con este edificio pues aquí se produce un mayor consumo en estos meses fríos, aunque se incrementa el tiempo de amortización en aproximadamente 6 semanas, esta alternativa permite un mayor ahorro económico y se cubre un 5,4% de la demanda con una energía renovable.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*4.1.1.4. Edificio de motores (CUPS ES0021000004857530NL)*

Este edificio no tiene de superficie disponible en cubierta al tratarse de tejados inclinados (de los cuales serían aptos 160,8 m², pero debido a la protección del espacio de ciudad universitaria no se consideraron), en este caso, al haber suficiente superficie en el aulario y baja potencia a instalar se podrían colocar allí las placas. Aquí la tarifa es de baja tensión con un consumo inferior a los 10.000 kWh mensuales, y el mes que limita la potencia es abril.

En este caso las potencias óptimas a instalar obtenidas coinciden para ambas inclinaciones, por lo que se escoge la que con menor tiempo de amortización cubre una mayor parte de la demanda energética, que para este edificio es la alternativa de instalar 3,4 kWp con una inclinación de 30°.

4.1.1.5. Aulario 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000010475853GV)

Este punto está acogido a la tarifa 3.0 A. Este edificio dispone de una superficie disponible en cubierta de 617,5 m², lo que supone un potencial para instalar hasta 31,5 kWp.

Si bien las dos opciones analizadas son muy similares, la mejor es la de instalar 6,5 kWp con una inclinación de 30°, pues se generan un mayor porcentaje de energía en menor tiempo de amortización.

4.1.1.6. Edificio Principal de la antigua EUITA (CUPS ES0021000004836536CR)

Este es el edificio que dispone de la mayor superficie donde se podría llevar a cabo la instalación de las placas solares fotovoltaicas contando con 1502 m², sin contar los 362,5 m² que ocupa la planta existente que se encuentra sobre esta cubierta. Es decir que se podrían llegar a instalar hasta 76,6 kWp, casi la mitad del potencial de todas las instalaciones.

En este caso la mejor opción es instalar 9,5 kWp con una inclinación de 50°, pues, aunque incrementa un poco el tiempo de amortización se cubre 0,3% más la demanda energética.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*4.1.1.7. Biblioteca 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000004836537CW)*

Este edificio está acogido a la tarifa 3.0 A y su consumo supera los 10.000 kWh mensuales, sin embargo, no cuenta con superficie en cubierta para instalar placas fotovoltaicas, por lo que, si se instalase la potencia óptima obtenida, limitada por el mes de septiembre, esta planta debería localizarse sobre la cubierta del aulario localizado en la antigua EUITA.

De igual forma que en el apartado anterior la inclinación óptima es de 50° instalando una potencia de 11 kWp, pues se genera un porcentaje mayor de energía a partir de una fuente renovable y el incremento en inversión y tiempo de amortización, no es tan elevado, como para no llevarlo a cabo.

4.1.2. Potencia óptima por conjuntos de puntos de suministro

Como se mencionó anteriormente, también se analizó la opción de instalar una potencia óptima que alimentase más de un punto de suministro, dejando separado en cualquier caso el Edificio Principal, pues es el que tiene mayor consumo y está acogido a una tarifa de alta tensión.

Se analizaron tres conjuntos, el de los edificios de motores, la biblioteca y el aulario de la antigua ETSIA, el de los edificios principal, biblioteca y aulario de la antigua EUITA y el que reunía todos los edificios mencionados en las dos primeras agrupaciones. Considerando que se agrupo el consumo horario de todos y que como cada uno tiene una potencia contratada diferente, se estableció que el termino de facturación de potencia, fuese siempre el 85% de la suma de las potencias contratadas al ser una estimación en conjunto, y verificando que en casi todos los casos la suma de las medidas de los máxímetros era inferior a dicho valor, se estableció el precio del kWh como el de la tarifa 3.0A cuando el consumo es mayor de 10.000 kWh, pues es el caso de la mayoría de los edificios y así se evitaba estimar una menor cuantía económica, de la que se podría llegar a alcanzar. Cabe resaltar que en los meses en los que la potencia demandada era superior al 85% de la contratada, se empleó el valor de la demanda como potencia de facturación.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*4.1.2.1. Conjunto ETSIA*

Estos tres edificios están acogidos a la tarifa 3.0 A y en total cuentan con una superficie apta para colocar placas fotovoltaicas de 665,6 m², que suponen un potencial para instalar hasta 34 kWp. En este caso el mes limitante fue septiembre y la opción más adecuada es la de instalar una potencia de 18 kWp con una inclinación de 30°, pues se genera una mayor cantidad de energía y consecuentemente se amortiza la inversión más rápidamente.

4.1.2.2. Conjunto EUITA

Los tres edificios que formaban la antigua EUITA son los que cuentan con una mayor superficie disponible en cubierta apta para la colocación de placas fotovoltaicas, sumando un total de 2120 m², lo que supone que se podría llegar a instalar una potencia de hasta 108 kWp.

En este caso el mes limitante es el mes de septiembre y las potencias óptimas en función de la inclinación coinciden, la mejor opción es instalar 27 kWp con una inclinación de 30°.

4.1.2.3. Conjunto ETSIAAB (Edificios Tarifa 3.0 A)

En este caso la superficie total disponible es de 2785 m², es decir que se podrían instalar hasta 142 kWp, como en otros casos el mes limitante en consumo es septiembre. La mejor opción es la de, con una inclinación de 30°, instalar una potencia de 45 kWp.

4.1.3. Potencia óptima Campos de Prácticas (CUPS ES0021000004673041HJ1P)

Los campos de prácticas se analizan por separado de los demás edificios de la ETSIAAB por dos motivos, el primero es que se encuentran localizados, en otro punto de la ciudad universitaria, a aproximadamente 1,5 km de las instalaciones principales de la ETSIAAB y el segundo es que su consumo diverge de los otros siendo más elevado, y en varios meses superior en el periodo nocturno. Otro punto importante es que cuenta con pocas edificaciones y estas,

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

en general, son de menores dimensiones que las de la ETSIAAB, también, cuenta con parcelas experimentales cultivadas, por lo que, a pesar de su gran extensión, en el caso de considerar la colocación de placas solares fotovoltaicas si se hiciese en cubierta no podrían estar en una superficie continua, y a pesar de existir superficie suficiente a nivel de suelo, esto le restaría superficie de cultivo.

Al igual que en los casos anteriores se analizaron dos inclinaciones para las placas, de 30° y 50°, y se planteó que el vertido fuese cero en todo momento, al no considerar solo la superficie en cubierta, no se restringió la potencia a la superficie, usando como límite 300 kWp, que nunca fueron superados.

En este caso se obtuvo que la mejor opción instalar en este caso es de 87 kWp con una inclinación de las placas de 50°, pues se cubre cerca de un 13,5% la demanda energética y se amortiza, bajo la situación actual en apenas 5 años. Sin embargo, es importante considerar que, si bien, existe superficie en cubierta suficiente para colocar esta potencia, esta se podría ver disminuida por la naturaleza de las naves que pueden no soportar las cargas o por efecto del sombreado no considerado, y a su vez si se dispusiera de la totalidad de dicha superficie al encontrar separaciones entre los diferentes ramales del generador fotovoltaico y entre los puntos de consumo, incrementarían considerablemente las pérdidas en el cableado, lo que conllevaría a una disminución del performance ratio de la instalación y con ello de la energía generada.

4.2. Análisis y selección de alternativas

Una vez determinadas las diferentes potencias óptimas y sus opciones para cada CUPS o conjunto de CUPS, y seleccionada la mejor opción para cada una de estas se desarrollaron once alternativas, en función de la superficie disponible, de forma que una planta diseñada para alimentar un punto de suministro o un conjunto de estos no se encontrase separada en dos ubicaciones diferentes, es decir que estuviesen todas las placas sobre una misma cubierta.

Esta condición transformaba en excluyentes las opciones que reuniesen al conjunto determinado ETSIAAB (de todos los edificios acogidos a la tarifa 3.0A) y al Edificio Principal de la ETSIA, pues no se dispone de suficiente superficie continua para instalar una potencia de 75 kWp y una de 45 kWp.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

De estas alternativas se analizó, de igual forma que en el apartado anterior, la cantidad de energía generada, así como la proporción de esta sobre la demanda total, la inversión, manteniendo el precio orientativo de 2 €/kWp, y el tiempo de amortización.

Las alternativas planeadas para el conjunto de la ETSIAAB son entonces las que se detallan a continuación.

4.2.1. Análisis de alternativas

Una vez desarrolladas las 11 alternativas se determinaron sus diferentes parámetros, estos se aprecian en las tablas correspondientes a cada alternativa que se encuentran en el apartado 2.2.1 del anejo 2.

4.2.1.1. Alternativa 1

Considerar la instalación de una planta fotovoltaica que suministre energía eléctrica únicamente al edificio principal de la ETSIAAB. Esta planta se encontraría sobre la cubierta del edificio de la antigua EUITA y tendría una potencia instalada de 75 kWp.

4.2.1.2. Alternativa 2

Considerar la instalación de 7 plantas fotovoltaicas para todas las potencias óptimas por cada CUPS, como una única alternativa, sin incluir los campos de prácticas.

En este caso cada planta, identificada por los últimos 4 de dígitos del CUPS del edificio al que alimenta, tendría las siguientes características en cuanto a inclinación, localización y superficie ocupada:

- NC1P: 75 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 1471 m², ubicados sobre el edificio principal de la antigua EUITA.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

- 75CC: 11 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 216 m², ubicados sobre la biblioteca de la antigua ETSIA.
- 29NH: 2 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 39 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- 30NL: 3,4 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 67 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- 53GV: 6,5 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 127 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.
- 36CR: 9,5 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 186 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.
- 37CW: 11 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 216 m², sobre el aulario de la antigua EUITA.

4.2.1.3. Alternativa 3

Considerar la instalación de tres plantas fotovoltaicas, dos para los 2 conjuntos de CUPS, de las antiguas ETSIA y EUITA, y otra para el edificio principal, sin incluir los campos de prácticas.

En este caso cada planta tendría las siguientes características:

- NC1P: 75 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 1471 m², ubicados sobre el edificio principal de la antigua EUITA.
- ETSIA (75CC, 29NH y 30NL): 18 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 353 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- EUITA (53GV, 36CR y 37CW): 27 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 529 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*4.2.1.4. Alternativa 4*

Considerar la instalación de una planta fotovoltaica para el conjunto ETSIAAB, sin el edificio principal, ni los campos de prácticas. Esta planta tendría instalados 45 kWp de potencia, con una inclinación de 30°, sobre la cubierta del edificio principal de la antigua EUITA, ocupando una superficie de 882 m².

4.2.1.5. Alternativa 5

Considerar la instalación de dos plantas fotovoltaicas para los 2 conjuntos de CUPS, de las antiguas ETSIA y EUITA. En este caso las plantas contarían con las siguientes características:

- ETSIA (75CC, 29NH y 30NL): 18 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 353 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- EUITA (53GV, 36CR y 37CW): 27 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 529 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.

4.2.1.6. Alternativa 6

Considerar la instalación de una planta fotovoltaica para solamente los campos de prácticas. Esta planta tendría instalada una potencia de 87 kWp, se ubicaría en alguna parcela disponible en los campos de prácticas sobre una superficie aproximada de 1706 m².

4.2.1.7. Alternativa 7

Considerar la instalación de dos plantas fotovoltaicas una para el edificio principal y otra para los campos de prácticas.

En este caso cada planta tendría las siguientes características:

- NC1P: 75 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 1471 m², ubicados sobre el edificio principal de la antigua EUITA.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

- HJ1P: 87 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 1706 m².

4.2.1.8. Alternativa 8

Considerar la instalación de 8 plantas fotovoltaicas para todas las potencias óptimas por CUPS, incluyendo los campos de prácticas.

En este caso cada planta tendría las siguientes características:

- NC1P: 75 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 1471 m², ubicados sobre el edificio principal de la antigua EUITA.
- 75CC: 11 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 216 m², ubicados sobre la biblioteca de la antigua ETSIA.
- 29NH: 2 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 39 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- 30NL: 3,4 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 67 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- 53GV: 6,5 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 127 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.
- 36CR: 9,5 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 186 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.
- 37CW: 11 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 216 m², sobre el aulario de la antigua EUITA.
- HJ1P: 87 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 1706 m².

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*4.2.1.9. Alternativa 9*

Considerar la instalación de cuatro plantas fotovoltaicas para los 2 conjuntos de CUPS, de las antiguas ETSIA y EUITA, así como el edificio principal y los campos de prácticas.

En este caso cada planta tendría las siguientes características:

- NC1P: 75 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 1471 m², ubicados sobre el edificio principal de la antigua EUITA.
- ETSIA (75CC, 29NH y 30NL): 18 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 353 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- EUITA (53GV, 36CR y 37CW): 27 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 529 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.
- HJ1P: 87 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 1706 m².

4.2.1.10. Alternativa 10

Considerar la instalación de tres plantas fotovoltaicas para los 2 conjuntos de CUPS, de las antiguas ETSIA y EUITA y para los campos de prácticas.

En este caso las plantas contarían con las siguientes características:

- ETSIA (75CC, 29NH y 30NL): 18 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 353 m², ubicados sobre el aulario de la antigua ETSIA.
- EUITA (53GV, 36CR y 37CW): 27 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 529 m², ubicados sobre el aulario de la antigua EUITA.
- HJ1P: 87 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 1706 m².

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*4.2.1.11. Alternativa 11*

Considerar la instalación de dos plantas fotovoltaicas, una para el conjunto ETSIAAB, sin el edificio principal y otra para los campos de prácticas. En este caso cada planta tendría las siguientes características:

- ETSIAAB: 45 kWp instalados con una inclinación de 30°, sobre una superficie aproximada de 882 m², ubicados sobre el edificio principal de la antigua EUITA.
- HJ1P: 87 kWp instalados con una inclinación de 50°, sobre una superficie aproximada de 1706 m².

4.2.2. Selección de alternativas

Una vez planteadas las 11 alternativas para seleccionar la que mejor se adaptase al entorno de la ETSIAAB, se llevó a cabo un análisis multicriterio, en el emplearon 9 criterios de valor, establecidos en el apartado 2.4, estos permitieron realizar una elección integral, considerando las ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones.

Debido a que cada criterio tiene un peso, así como una puntuación, que puede obtener cada alternativa, y que va de 1 a 5, siendo 1 la puntuación más baja y 5 la más alta, cada alternativa obtuvo entre 1 y 5 puntos.

Se construyó así la matriz multicriterio que se aprecia en la tabla 3, en la que se puede apreciar que la mejor alternativa es la número 7. Es decir, instalar dos plantas fotovoltaicas una que alimente el edificio principal de la ETSIAAB y otra en los campos de prácticas, instalando un total de 162 kWp, que generarían, aproximadamente, unos 285.582 kWh, cubriendo un 14,25% de la demanda de estos puntos de suministro.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 3. Matriz multicriterio de alternativas														
Criterios				Alternativas										
	Nº	Identificación	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Amb	1	% En. Generada relativa	20	5	3	3	2	2	4	5	4	4	3	3
	2	%En. Generada total	10	2	3	3	1	1	2	4	5	5	3	3
Eco	1	Tiempo de amortización	20	1	1	1	1	1	5	3	3	3	4	4
	2	Inversión	10	4	4	4	5	5	4	3	2	2	3	3
	3	% Ahorro relativo	15	3	2	2	1	1	5	4	3	3	3	3
	4	% CT	5	1	2	3	3	3	1	1	2	2	2	2
Con	1	Superficie ocupada	5	4	2,5	3	5	5	4	2	0,5	1	3	3
	2	Dificultad de instalación	5	5	0	3	5	5	5	3,5	0	2	2	3,5
	3	ETSIAAB	10	5	5	5	4	3	0	5	5	5	3	4
Puntuación total			100	3,25	2,525	2,75	2,4	2,3	3,65	3,725	3,175	3,3	3,1	3,275

4.3. Definición de las metas

Siendo el objetivo de este estudio determinar la viabilidad de la instalación de energía solar fotovoltaica y la parte de la demanda energética cubierta por la misma. La meta será evaluar la viabilidad del uso de energía fotovoltaica en la ETSIAAB y dimensionar y diseñar, orientativamente, la alternativa más adecuada suponiendo la instalación de la potencia óptima, obtenida tras el análisis de viabilidad.

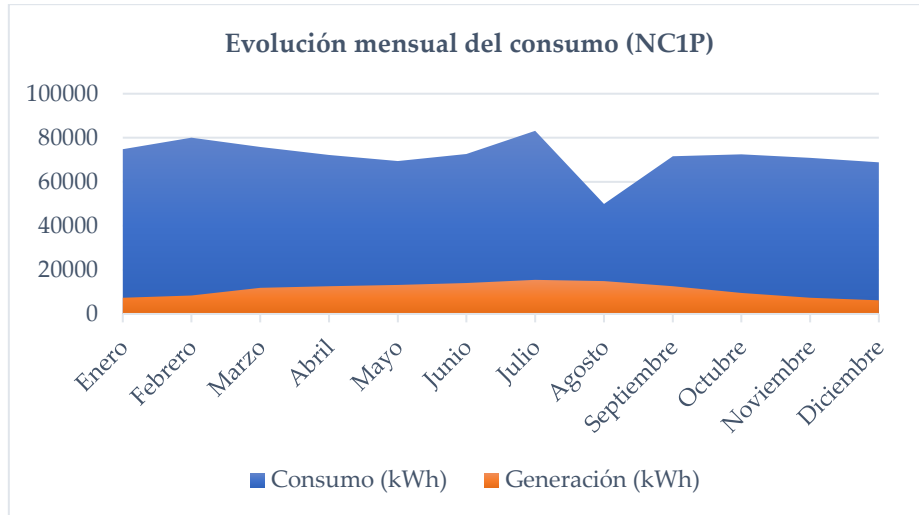
Esta consiste en instalar dos plantas fotovoltaicas, conectadas a los dos puntos de alta tensión de la ETSIAAB. Una que alimente al edificio principal y otra en los campos de prácticas, instalando un total de 162 kWp, que generarían en conjunto, aproximadamente, unos 285.582 kWh, cubriendo un 14,25% de la demanda de estos puntos de suministro.

La primera planta se encontraría sobre la cubierta del edificio principal de la antigua EUITA, con una potencia pico instalada de 72 kWp, inclinando las placas un ángulo de 30°, con una producción anual aproximada de 133.685 kWh, que supondría un ahorro de 16.764 € al año. En la figura 46 se pueden apreciar la

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

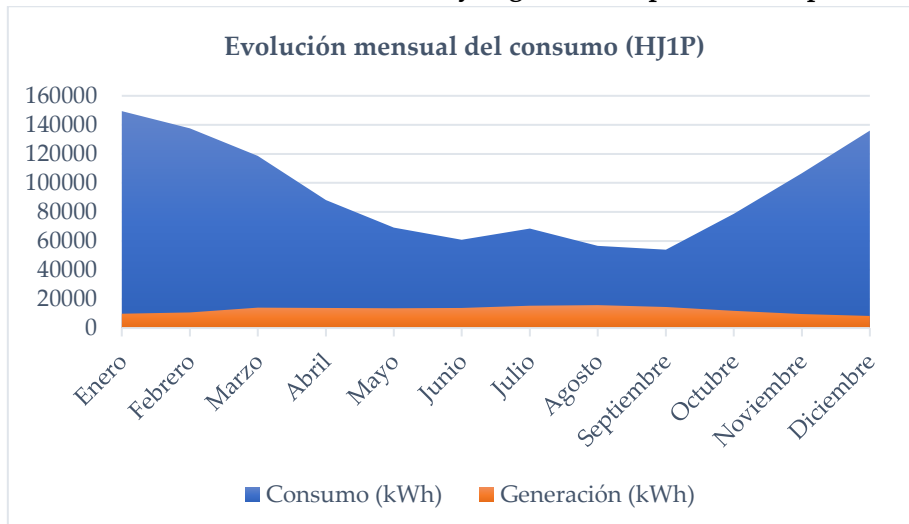
evolución del consumo medio a lo largo de los meses, así como el porcentaje que se generaría con energía solar fotovoltaica para suministrar parte de la energía requerida a dicho edificio.

Figura 46. Evolución mensual del consumo y la generación para el edificio principal de la ETSIAAB



La segunda planta se encontraría en los campos de prácticas con una potencia pico instalada de 87 kWp, inclinando las placas un ángulo de 50°, con una producción anual aproximada de 151.897 kWh, que supondría un ahorro de 35.336 € al año. En la figura 47 se pueden apreciar la evolución del consumo medio a lo largo de los meses, así como el porcentaje que se generaría con energía solar fotovoltaica para suministrar parte de la energía requerida por las instalaciones ubicadas en los campos.

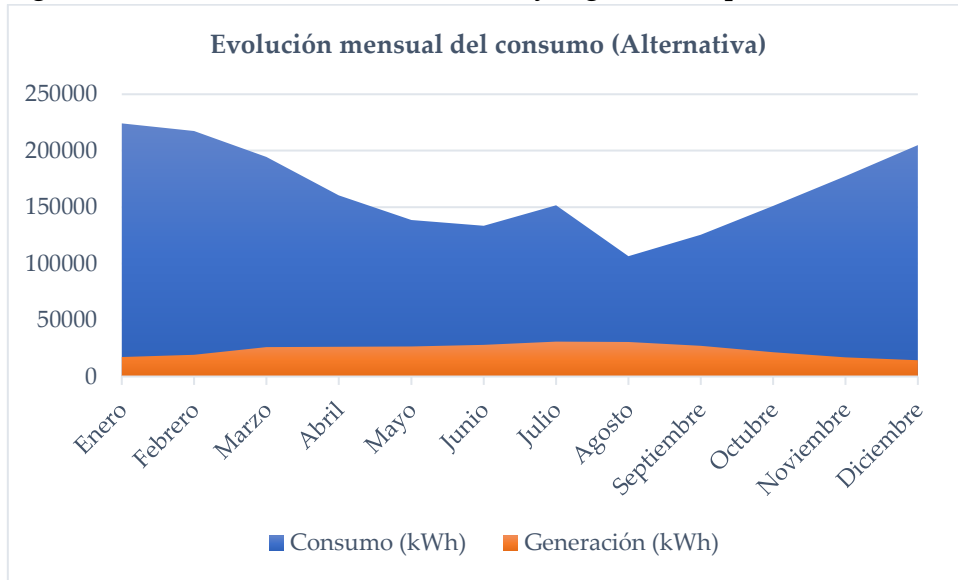
Figura 47. Evolución mensual del consumo y la generación para los Campos de Prácticas



Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

En la figura 48, se puede observar también la evolución del consumo, así como la proporción generada para el conjunto que supone la alternativa 7, resaltando que esta, sobre el total de energía consumida por todas las instalaciones de la ETSIAAB y no solo aquellas a que se conectarían a la planta fotovoltaica, en conjunto esta alternativa cubre un 12,25% de la demanda anual.

Figura 48. Evolución mensual del consumo y la generación para la Alternativa 7



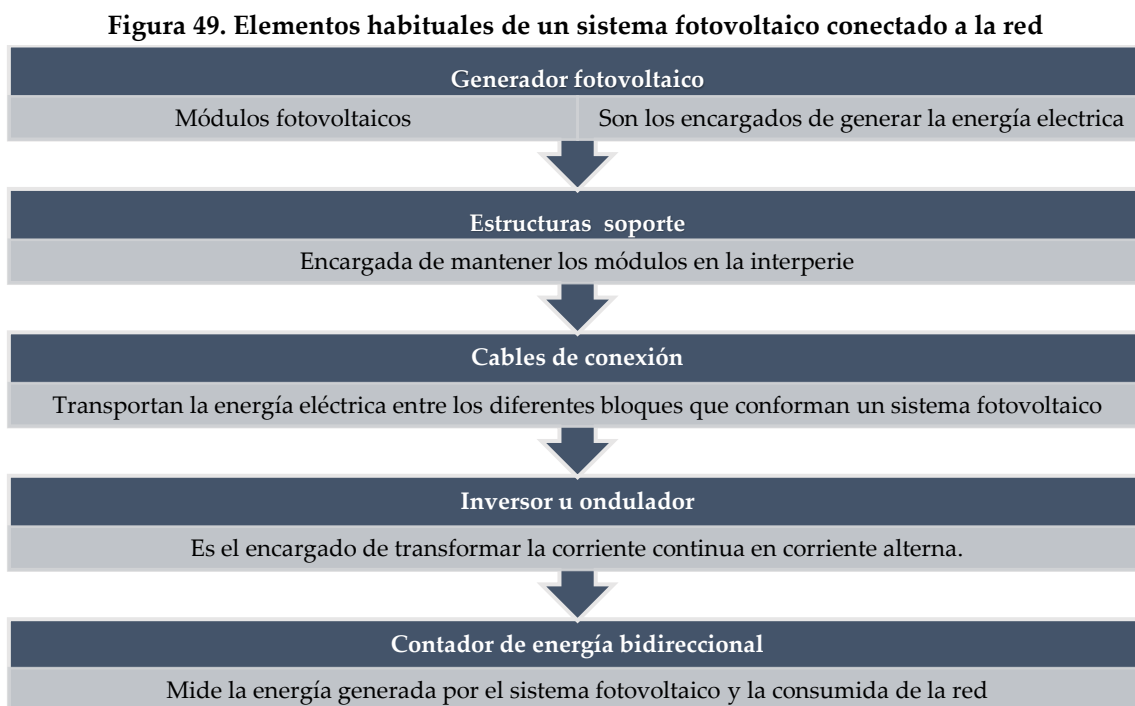
5. Ingeniería del Diseño

5.1. Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico está compuesto por determinados elementos habituales, sin embargo, un sistema puede adaptarse a las condiciones particulares que requiera una instalación y se diferenciarán algunos en función de si el sistema está conectado a la red o está aislado.

En el caso de la ETSIAAB, se ha planteado un sistema fotovoltaico conectado a la red, sin elementos de acumulación, para, de esta forma, asegurar el suministro de energía eléctrica en todo momento.

Los principales componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red son los que se aprecian en la figura 49.



Adicionalmente a estos elementos habituales se añadirá un dispositivo de inyección cero, para evitar verter la energía generada a la red, dada la dificultad de autorizar esta práctica y a las penalizaciones que podría conllevar, así se

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

previene que caso disminuya drásticamente el consumo en algún momento y la producción sea superior a la demanda, o por otra parte se produzca más de lo esperado, superando la demanda, esa energía acabe en la red eléctrica.

5.1.1. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico hace referencia al conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente para obtener la potencia deseada. Estos están formados por células solares.

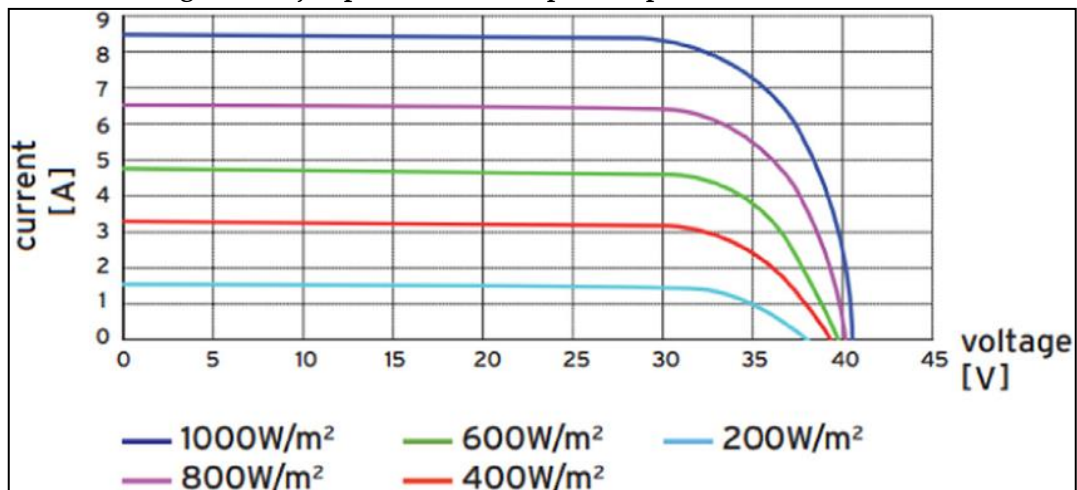
Las células se conectan en serie y/o paralelo formando los paneles, estos a su vez se conectan en serie formando ramales que se conectan en paralelo formando el generador, para así obtener la potencia deseada.

El material semiconductor más frecuentemente utilizado es el Silicio (monocristalino, policristalino o amorfo), sin embargo, están surgiendo y se están estudiando diversas alternativas como son el Arseniuro de Galio (GaAs), el Fósforo de Indio (InP) y el Teluro de Cadmio (CdTe). Lo que permite que exista gran variedad de módulos comerciales de diferentes materiales, configuraciones y rendimientos. Considerando siempre que los requerimientos de un sistema se pueden conseguir con independencia del tipo de módulos utilizados.

Los paneles se ven afectados por los factores ambientales y se pueden considerar las siguientes aproximaciones, la primera que la potencia de la célula disminuye un 0,5% por cada grado centígrado que sube su temperatura por encima de 25 °C, la segunda que la temperatura de las células está unos 20 °C por encima de la temperatura ambiente, la tercera que la corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante.

Existe un único punto par de valores tensión - intensidad para el cuál la potencia suministrada por la célula es máxima, estos se denominan tensión e intensidad de máxima potencia. Si la orientación permanece constante, la corriente de salida de un panel varía con el valor del voltaje. Cada panel tiene una curva I – V que relaciona la intensidad de la corriente con el voltaje, que la determina el fabricante, y si bien usualmente se determina para 25 °C, esta se desplaza en función de la irradiancia y la temperatura. Un ejemplo de esta curva para diferentes valores de irradiancia se observa en la figura 50.

Figura 50. Ejemplo de curva I-V para un panel fotovoltaico



Fuente: Yilmaz et al, 2016

Las características eléctricas determinadas por el fabricante se obtienen en condiciones estándar, estas condiciones son:

- Irradiancia incidente: 1000 W/m²
- Temperatura de la célula: 25 °C
- Espectro radiante: AM 1,5

Los parámetros característicos de un módulo fotovoltaico son:

- Potencia nominal, máxima o potencia pico: La máxima potencia que se puede alcanzar a una temperatura de la célula de 25 °C.
- Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mp}): Es el voltaje que generará el módulo cuando esté funcionando a su máximo rendimiento.
- Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mp}): Es la corriente que se generará en funcionamiento perfecto con el sol este incidiendo de forma perpendicular al módulo.
- Tensión a circuito abierto (V_{oc}): Es el máximo voltaje que se puede alcanzar cuando la intensidad de corriente es cero y por lo tanto la potencia también es nula.
- Intensidad de cortocircuito (I_{sc}): Es la máxima de intensidad de corriente que se puede presentar, cuando el voltaje es cero y por lo tanto la potencia también es nula.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

5.1.2. Estructura soporte

Esta servirá de soporte y fijación para los módulos, dotándolos de la orientación e inclinación adecuadas, debe ser de fácil instalación y desmontaje, previendo la posible necesidad de sustituciones, también debe ser aptas para su colocación a la intemperie, con materiales protegidos contra la corrosión y debe estar bien anclada para soportar las cargas máximas producidas por el viento y la nieve.

Existen dos tipos de estructuras, fijas o móviles con seguimiento solar, en el caso de las segundas se incrementa la producción eléctrica del sistema al seguir el sol desde el amanecer hasta el atardecer. Para el ámbito de la ETSIAAB, se recomiendan las estructuras fijas, orientadas al sur.

Los materiales más habituales utilizados en estas son el acero galvanizado, el acero y el aluminio.

5.1.3. Cables de conexión

Son un componente indispensable para llevar a cabo el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema fotovoltaico. Sin embargo, es inevitable que se produzcan pérdidas en el cableado, debido a que ningún conductor tiene resistencia nula, en la actualidad el más adecuado y utilizado es el cobre, que puede ser substituido por aluminio debido al ser más ligero, sin embargo, este tiene un 60% de la conductividad del cobre (FERNÁNDEZ, 2007).

La resistencia eléctrica viene dada por la siguiente expresión a temperatura constante, donde ρ es la resistividad lineal ($\Omega \cdot m$) y depende del material, L la longitud del conductor (m) y A su sección (m^2).

$$r = \frac{\rho \times L}{A}$$

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Un aumento del diámetro significa una menor caída en el voltaje en el cable, pero un mayor coste. Se debe calcular el diámetro del cableado en función de la máxima potencia de pérdidas admisibles para la instalación. En el caso de sistemas fotovoltaicos la caída de tensión debería ser inferior al 1,5% para corriente continua e inferior al 0,5% para corriente alterna (FERNÁNDEZ 2007).

Cabe resaltar que se deben cumplir siempre los reglamentos y normativas vigentes para el dimensionamiento del cableado. En el caso de sistemas conectados a la red el cableado será de cobre y tendrá la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos.

5.1.4. Inversos u ondulator

Los generadores fotovoltaicos producen corriente continua (DC) lo que en un sistema conectado a la red y en la mayoría de sistemas aislados, debido a las especificaciones de los elementos de consumo, hace imprescindible la presencia de un dispositivo que acondicione las características eléctricas del generador a las de los receptores, es decir que la conviertan en corriente alterna (AC).

Existen diversos tipos de inversores en el mercado, actualmente se usan principalmente los autoconmutados que controlan la conducción y la parada, en el caso de los inversores de conexión a red, estos deben cumplir unos requisitos específicos. De los tipos disponibles para esta aplicación, respecto al tipo según la forma de onda, se deben emplear inversores de onda senoidal pura, que proporcionan una forma de onda a la salida que se puede considerar idéntica a la de la red eléctrica.

El inversor fotovoltaico conectado a la red debe operar dentro de unos márgenes de tensión y frecuencia de salida, así como no afectar la distorsión armónica de la onda de tensión de la red, que debe cumplir la normativa vigente. Un inversor conectado a la red debe ser autoconmutado.

La potencia DC que un inversor puede obtener del generador depende del punto de trabajo de la curva I-V, así como de las condiciones ambientales y dicho inversor deberá funcionar en todo momento en el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico, por ello este debe tener seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Un inversor debe tener los siguientes parámetros característicos:

- Tensión nominal: La que se debe aplicar a los terminales de entrada del inversor.
- Potencia nominal: La que se puede suministrar al inversor.
- Capacidad de sobrecarga: Capacidad para suministrar una potencia superior a la nominal, así como el tiempo que puede mantener esta situación.
- Forma de onda: Señal caracterizada por su forma de onda y los valores de tensión eficaz y frecuencia de la misma.
- Eficiencia (o rendimiento): es la relación entre las potencias a la salida y entrada del inversor, su valor depende de las condiciones de carga, es decir de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal.

Los inversores conectados a la red tienen 3 tipos de configuraciones:

- Inversores centrales: Utilizados en grandes instalaciones (20 kW a 400 kW), en las que el generador fotovoltaico se conecta en ramas en paralelo y la conversión DC/AC está centralizada en un único inversor.
- Inversores modulares o "*string inverters*": En este modelo que surge en 1995, las ramas de un generador se conectan a inversores en el rango de potencias de 1 kW a 25 kW (en el caso de los inversores *multistring*).
- Inversores integrados en módulos fotovoltaicos o módulos AC: integra los módulos al inversor, sin embargo, las normativas de seguridad no siempre lo permiten. (ALONSO, 2005).

El inversor debe cumplir toda la normativa vigente en cuanto a Seguridad Eléctrica y compatibilidad electromagnética. También es importante considerar que en el caso de que se optase por el uso de inversores modulares estos tendrían que ser sustituidos a los 10 años de la puesta en marcha de su instalación, en el caso de los inversores centrales algunos pueden durar más de 25 años, sin embargo, incrementan el coste.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

3.1.5. Otros elementos

Como se mencionó anteriormente en un sistema de autoconsumo conectado a la red es obligatoria la instalación de un **dispositivo de medida bidireccional**, tal como establece el RD 900/2015, de 9 de octubre, y dicho elemento deberá ubicarse en el punto que establezca dicho Real Decreto.

Otro elemento importante es el **dispositivo de inyección cero**, para evitar el vertido de energía a la red, este es un sistema electrónico insertado en el inversor que regula el flujo de corriente, de forma que solo deja entrar flujo de corriente cuando hay consumo y lo corta cuando no lo hay.

Además de los elementos mencionados existen otros elementos que posibilitan el adecuado funcionamiento de una instalación fotovoltaica, algunos son:

- **Diodos de bloqueo:** Evitan que los módulos actúen como receptores, se colocan a la salida de cada ramal y pueden suponer una pérdida de la fiabilidad y de potencia del sistema.
- **Diodos de paso (o de *by pass* o derivación):** Se utilizan para evitar los efectos del sombreado parcial y vienen integrados en los módulos, evitan que las células sombreadas actúen como receptores.
- **Elementos de protección y desconexión:** Estos deben ser adecuados para los valores y tipo de tensión y corriente que recibirán, así como deben acogerse a la normativa en vigor para conexiones a la red.
- **Sistema de monitorización:** Se instalará un sistema de fácil acceso al usuario que presente medias horarias de parámetros como el voltaje y la corriente a la entrada y salida del inversor, radiación solar y temperatura ambiente, entre otros.

5.2. Diseño previo y elección del tipo de módulos fotovoltaicos

En cuanto al diseño de la instalación al tratarse de un estudio de viabilidad, se empleó el software PVsyst para dar una idea orientativa del mismo,

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

en este caso se ha optado por establecer el uso de paneles solares fotovoltaicos tipo de Silicio policristalino, de 60 células, con una potencia de 250 Wp.

Se ha optado por paneles de silicio policristalino debido a que al ser más sencilla su fabricación, suelen tener un menor coste. También se optó por esta opción ya que al realizar las simulaciones con PVsyst, para una misma potencia instalada, y paneles con una misma potencia pico, se obtenía mayor producción para los policristalinos usando una superficie casi idéntica, esto se debe a que sus células son cuadradas, y a pesar de tener menor rendimiento, su forma conlleva a que para una misma superficie de módulo, la superficie efectiva de los policristalinos sea mayor incrementado su rendimiento global, frente a los monocristalinos.

Se ha realizado la simulación de dimensionamiento de la instalación para los dos puntos de suministro considerados la alternativa óptima, es decir el edificio principal de la ETSIAAB y los campos de prácticas, ambos acogidos a tarifas de alta tensión e instalando en ambos casos las potencias óptimas que maximizan el ahorro anual sin verter energía a la red eléctrica y con orientación sur. Las figuras del anejo 3, representan los balances y resultados principales de la simulación para cada edificio ordenados como tablas.

5.2.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (NC1P)

En este caso la potencia óptima a instalar es de 75 kWp con una inclinación de 30°, usando los módulos tipo de Silicio Policristalino de 250 kWp, se obtuvo en la simulación que serían necesarios 306 módulos conectados en 17 ramales de 18 paneles cada uno. Este generador tendría entonces una potencia instalada de 76,5 kWp y los módulos ocuparían una superficie de 498 m².

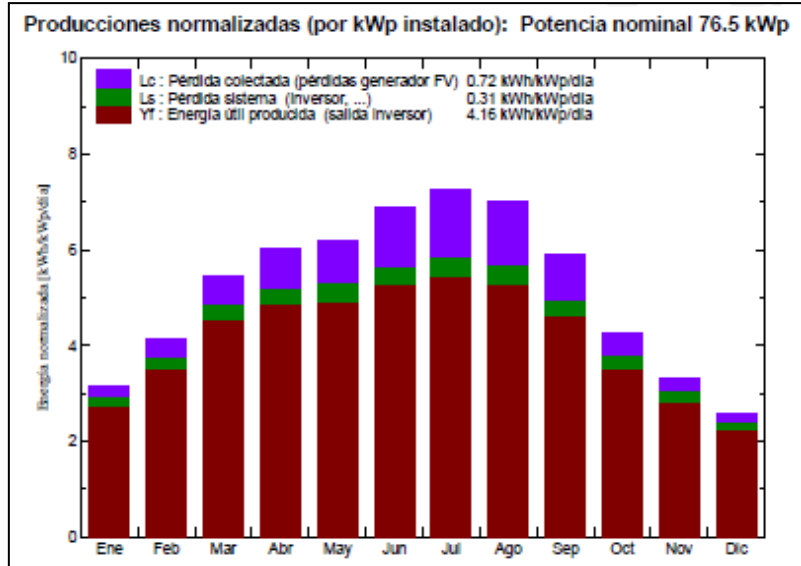
En cuanto a los inversores serían necesarios 2 de 30 kWac, con una tensión nominal de entre 450- 700 V y una potencia nominal total de 60 kWac.

De acuerdo con la simulación dicha instalación produciría 116.114 kWh anuales, un valor inferior a los 133.685 kWh estimados en el análisis con Excel, esto se debe principalmente a que la simulación que realiza PVsyst, considera unas pérdidas mayores, usando un PR del 80,21% y no del 90% que se consideró previamente, así como otros parámetros.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

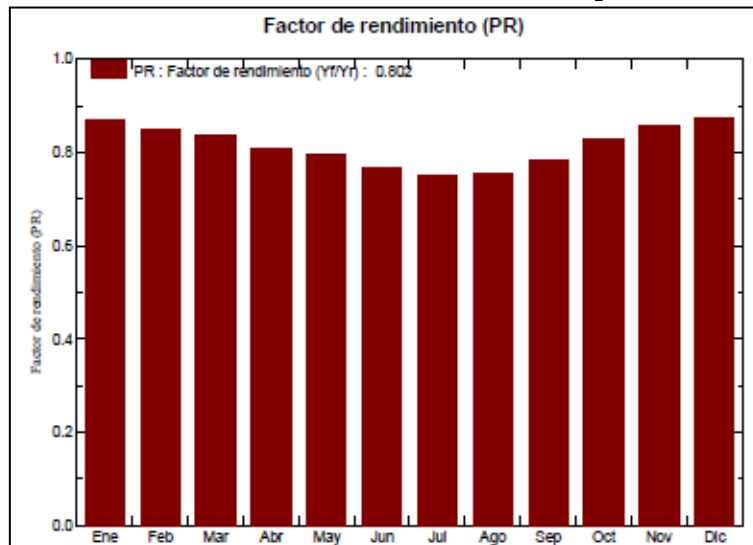
Los resultados obtenidos para la instalación fotovoltaica, simulada para el edificio principal se recogen en las figuras 51 a 53.

Figura 51. Producción en la simulación por kWp instalado para el Edificio Principal



Fuente: PVsyst (versión 2017)

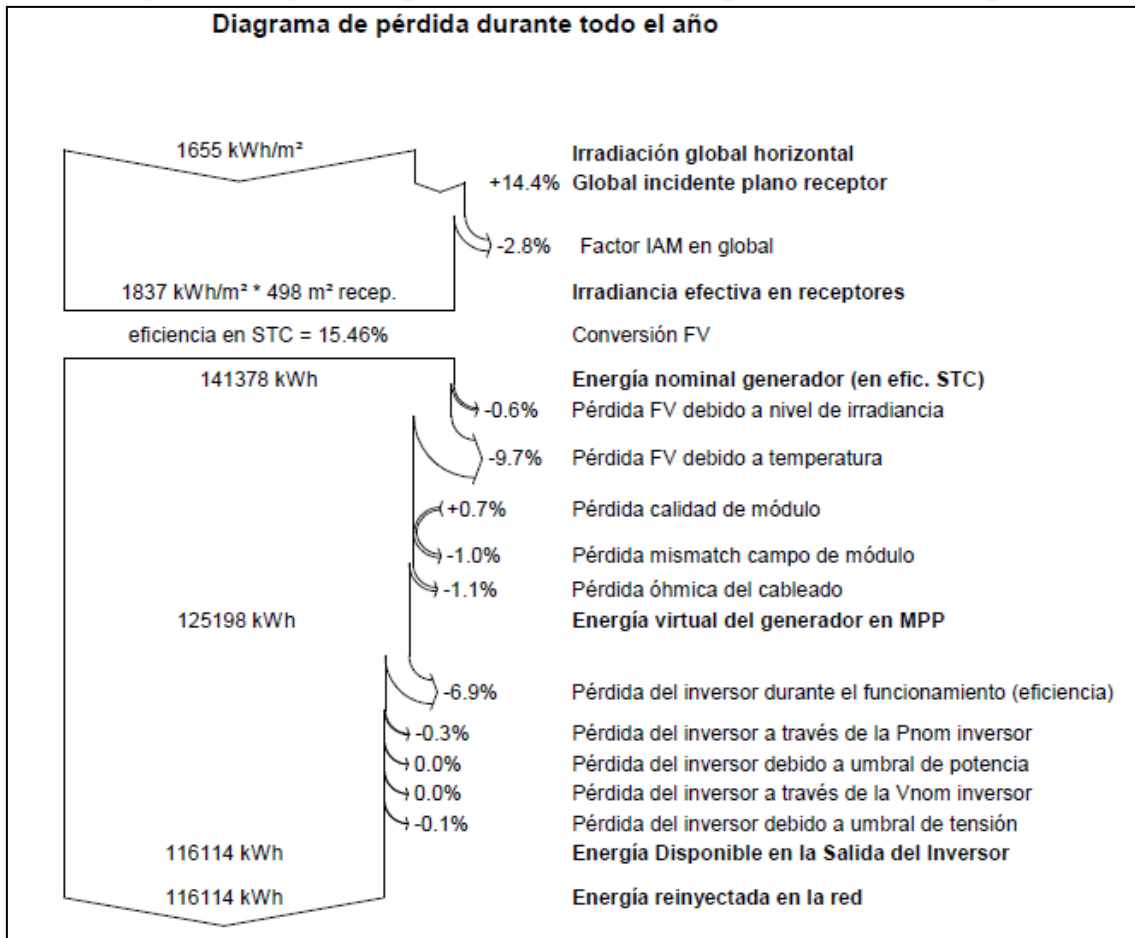
Figura 52. Performance Ratio considerado en la simulación para el Edificio Principal



Fuente: PVsyst (versión 2017)

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 53. Diagrama de pérdidas de la simulación para el Edificio Principal



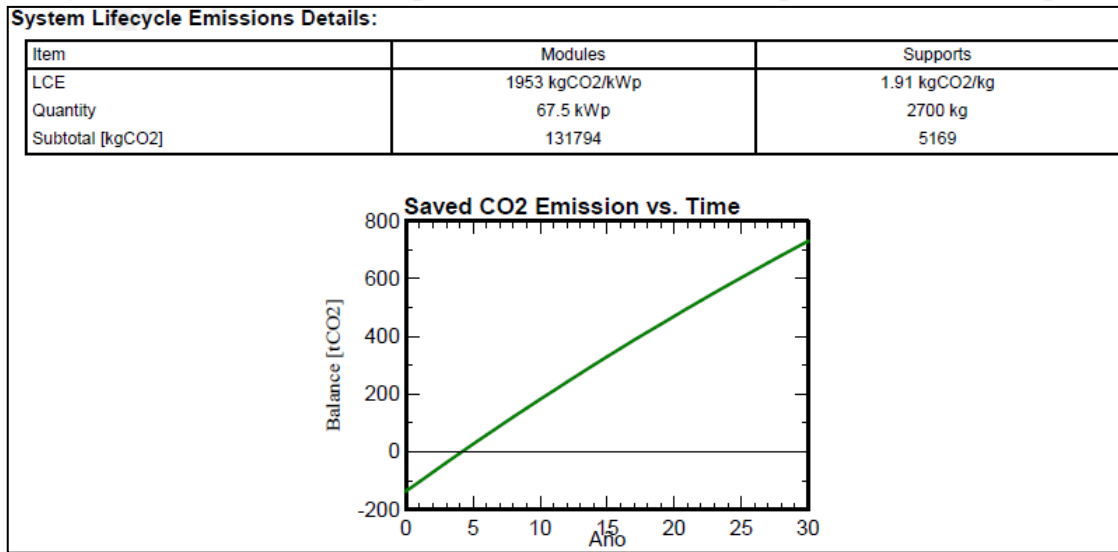
Fuente: PVsyst (versión 2017)

Es importante considerar que la fabricación de un sistema fotovoltaico genera emisiones de CO₂ y si bien estos evitan las emisiones que generaría usar una fuente de energía convencional, existe un periodo de tiempo en el que el CO₂ emitido en la fabricación es superior al evitado, la simulación que realiza PVsyst también facilita estos datos y permite ver a partir de que año se comienzan a evitar emisiones de CO₂ a la atmósfera.

La figura 54 muestra las emisiones evitadas por los módulos a lo largo de su vida útil, considerando esta de 30 años, también muestra las emisiones que producen a lo largo de su vida, que se generan en la fabricación y son de 1953 kg CO₂/kWp instalado y de 1,91 kg CO₂/kg de estructura soporte, lo que para 67,5 kWp instalados sobre una estructura de 2700 kg, supone 136,9 t de CO₂ emitidas frente a 997,7 t CO₂ evitadas suponiendo 30 años de vida útil y una producción de 116.110 kWh anuales, una emisión de 287 gCO₂/kWh y una degradación anual del 1%, se puede decir que 76,5 kWp instalados suponen una reducción en las emisiones de 730,5 t de CO₂.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 54. Emisiones causadas por los módulos fotovoltaicos para el Edificio Principal



Fuente: PVsyst (versión 2017)

5.2.2. Campos de Prácticas de la ETSIAAB (HJ1P)

En el caso de los Campos de Prácticas como el consumo incrementa considerablemente en los meses de invierno la potencia óptima a instalar tiene una inclinación de 50° y es de 87 kWp. Utilizando el mismo tipo de paneles que en el caso del edificio principal, pero inversores 12 kWac con 2 MPPT, se obtiene que serían necesarios 350 módulos conectados en 25 ramales de 14 módulos cada uno, que ocuparían una superficie de 560 m² y supondrían una potencia total del generador de 87,5 kWp. En cuanto a los inversores serían necesarios 12 inversores, siendo la potencia nominal de 72 kWac.

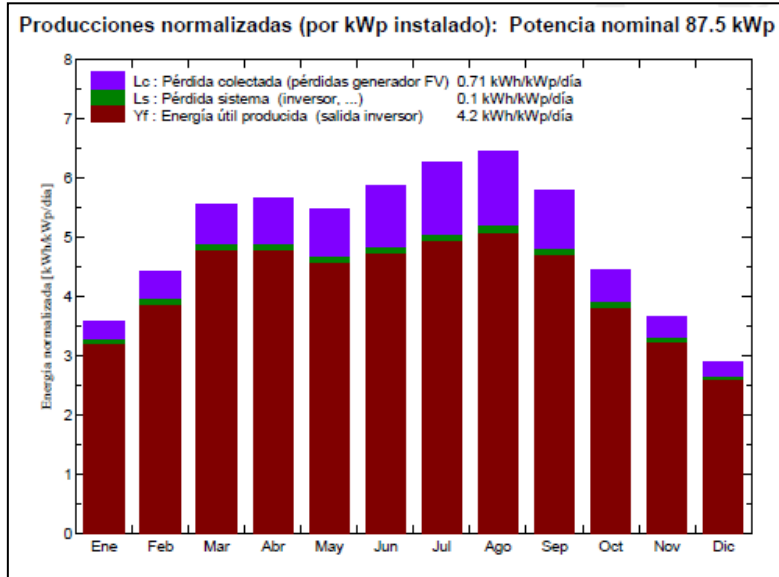
Los resultados obtenidos para dicha instalación fotovoltaica se recogen en las figuras 55 a 57. En este caso el PR simulado por el programa es del 83,84% y se estima que se generarían 134.061 kWh/año, un valor por debajo de los 151.896 kWh estimados en el análisis con Excel debido a que como se mencionó para el caso anterior la simulación PVsyst considera parámetros que en análisis previo no fueron tomados en cuenta.

Por otra parte la figura 58 muestra las emisiones evitadas por los módulos a lo largo de su vida útil, considerando esta de 30 años, también muestra las emisiones que producen a lo largo de su vida, que se generan en la fabricación y son de 1952 kg CO₂/kWp instalado y de 1,91 kg CO₂/kg de estructura soporte, lo que para 87,5 kWp instalados sobre una estructura de 3090 kg, supone 176,7 t de CO₂ emitidas frente a 1154,3 t CO₂ evitadas suponiendo 30 años de vida útil y

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

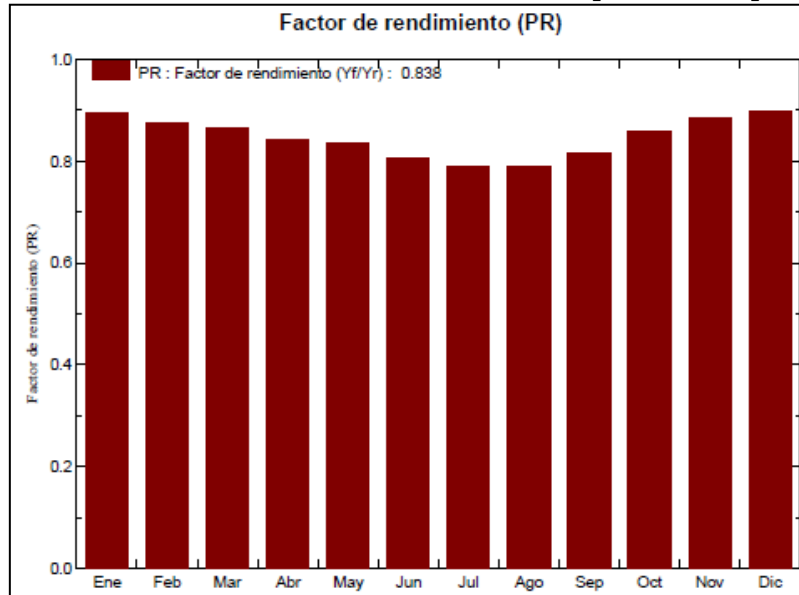
una producción de 134.060 kWh anuales, una emisión de 287 gCO₂/kWh y una degradación anual del 1%, se puede decir que 87,5 kWp instalados suponen una reducción en las emisiones de 823,8 t de CO₂.

Figura 55. Producción en la simulación por kWp instalado para los Campos de Prácticas



Fuente: PVsyst (versión 2017)

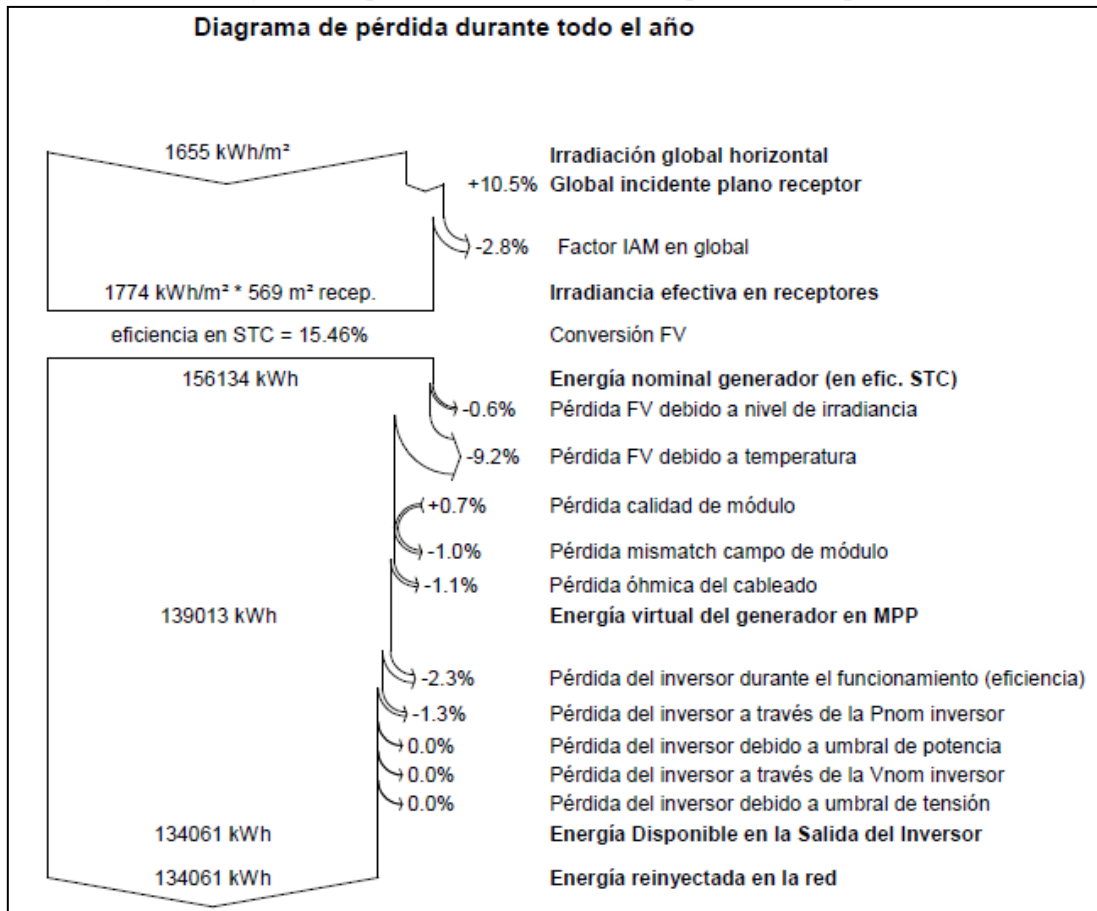
Figura 56. Performance Ratio considerado en la simulación para los Campos de Prácticas



Fuente: PVsyst (versión 2017)

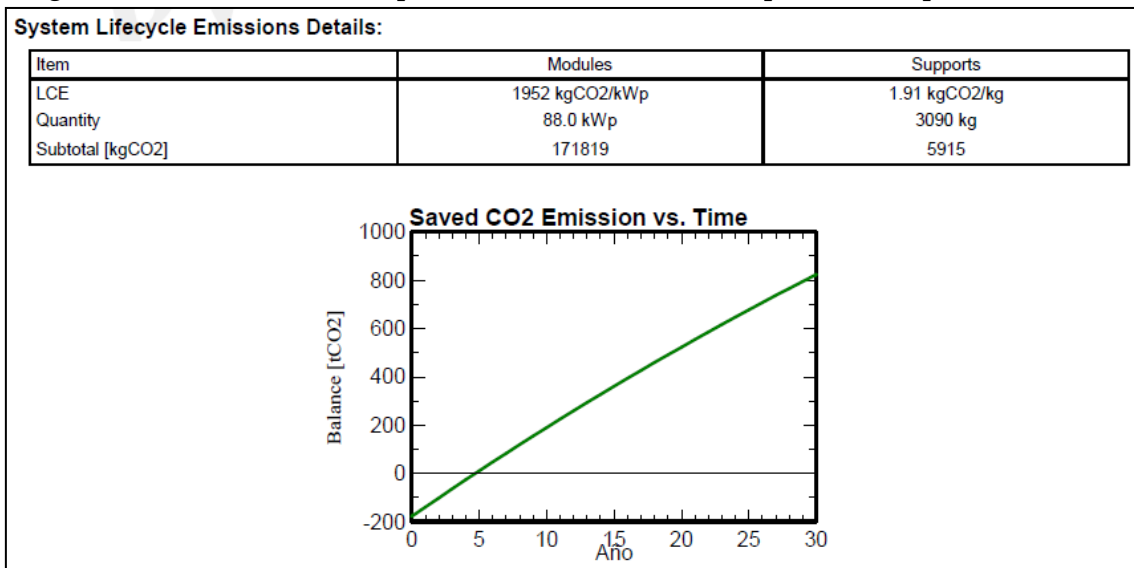
Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 57. Diagrama de pérdidas de la simulación para los Campos de Prácticas



Fuente: PVsyst (versión 2017)

Figura 58. Emisiones causadas por los módulos fotovoltaicos para los Campos de Prácticas



Fuente: PVsyst (versión 2017)

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB**5.2.3. Consideraciones importantes para el diseño**

Existen parámetros que no han sido considerados en el diseño, pues la idea de este es dar una idea general de las dimensiones que podría tener un proyecto así si se llevase a cabo. Sin embargo, hay aspectos que habría que añadir en ese caso como lo son:

- La disposición de todos los elementos de protección necesarios y obligatorios para proteger tanto a sistema como al usuario cumpliendo la normativa vigente.
- La existencia de una separación adecuada entre los módulos de forma que estos se puedan manipular de ser necesario, así como llevar a cabo el pertinente mantenimiento.
- Como los sistemas fotovoltaicos suelen encontrarse a la intemperie, deben adoptarse medidas adecuadas para que los diversos elementos que los conforman resulten resistentes contra los efectos de la humedad y la radiación o estén protegidos contra estos.
- La puesta a tierra es uno de los aspectos que debe ser analizado adecuadamente durante la fase de diseño, pues protege contra las tormentas y contra contactos indirectos.
- La superficie obtenida en las simulaciones de PVsyst se refiere exclusivamente a la que ocuparían los módulos fotovoltaicos, por ello, la considerada en las alternativas del anejo 2 es superior, usando como referencia la separación entre módulos de la planta fotovoltaica existente en la ETSIAAB, esta superficie en un caso real debe analizarse adecuadamente, así como llevar a cabo los cálculos de resistencia de cargas por lo que puede incrementar o disminuir la separación entre módulos y con ello la superficie total o inclusive limitar la potencia a instalar en función de las cargas que puedan soportar las cubiertas.

5.3.Mantenimiento

Una de las características y ventajas de los sistemas fotovoltaicos es que estos requieren escaso mantenimiento y este supone principalmente revisiones periódicas para verificar que la instalación mantiene dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento y las prestaciones de protección que garanticen su durabilidad en una situación similar a la de la puesta en marcha.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Se debe realizar un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las posibles incidencias.

Hay dos tipos de mantenimiento el preventivo y el correctivo, el primero consiste en una serie de inspecciones visuales periódicas, normalmente semestrales para instalaciones de más de 5 kWp, en estas se comprobarán las protecciones eléctricas, el estado de los módulos, los inversores y la estructura soporte, así como del estado mecánico de cables y terminales. De ser necesarias se llevarán a cabo labores de limpieza que para los módulos consisten en pasar un paño con agua y productos no abrasivos, cuando el panel no esté caliente y sólo para eliminar suciedad que no se pueda eliminar de forma natural.

En el caso del mantenimiento correctivo se realiza un plan por la realización de las operaciones de sustitución necesarias, ya sea en caso de avería grave de la instalación o para sustituciones programadas como es el caso de los inversores que como se mencionó anteriormente debido a su vida útil deberían cambiarse a los diez años.

6. Conclusiones

Una vez realizado el estudio se ha llegado a varias conclusiones, siendo la principal que, bajo la normativa actual, la incorporación de energía solar fotovoltaica parcialmente a la ETSIAAB, mediante una instalación conectada a la red, no sólo es viable, sino que es potencialmente rentable. Esto siempre y cuando no se vierta energía a la red. Además de ser amortizable en menos de 10 años, en los casos analizados.

Es importante considerar que durante la realización de este estudio se han realizado varias estimaciones y los resultados pueden variar, ya sea al dimensionar correctamente la instalación, al medir el consumo horario de forma exacta y no tras una aproximación, o incluyendo costes y/o impuestos que pueden no haber sido considerados. Además de que no se disponía de algunos datos en su totalidad al faltar parte de los recibos

También interesa destacar que se observó un consumo extremadamente elevado en las instalaciones de experimentación de los campos de prácticas, principalmente en los meses de invierno. Se ha presupuesto que gran parte de este puede deberse a los sistemas de calefacción que requieren las naves de producción animal, y que esto podría solventarse con un adecuado aislamiento o empleando calderas de biomasa, disminuyendo así su consumo al hacer estas instalaciones más eficientes, por lo que se considera que sería interesante estudiar dicha posibilidad.

Se observó también que, en la mayoría de los CUPS, nunca se llega a demandar el 85% de la potencia contratada, lo que conlleva a que en muchos casos se pague un valor por encima del consumo, en cuanto a términos de facturación de potencia, por lo que sería recomendable también estudiar la posibilidad de un reajuste de potencia, y tener especial atención en lo que a este aspecto refiere, pues si existiese una instalación fotovoltaica, una potencia contratada adecuada podría incrementar el capital ahorrado considerablemente.

A modo orientativo se realizó un presupuesto, con la herramienta Arquímedes de CYPE, para ver que tan próximas se encontraban las estimaciones de lo que podría llegar a costar una instalación fotovoltaica. Se establecieron las partidas más importantes y se obtuvo que el presupuesto era bastante próximo a los valores estimados, sin embargo, aún habría que incluir impuestos y licencias,

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

así como estudios para determinar si las cubiertas resisten las cargas a las que pueden ser sometidas. Por lo que la inversión inicial incrementaría aumentando el tiempo de amortización, sin considerar los costes de mantenimiento anual que se estima pueden ser próximos al 1% de la inversión.

ANEJOS

Anejo 1: Análisis y Diagnóstico de la Situación de Partida**1.1. Antecedentes**

1.1.1. Datos climatológicos

Al contar en la Ciudad Universitaria Madrileña con una estación climatológica, de los datos de libre acceso de la AEMET se tomaron datos de 30 años de radiación global sobre plano horizontal, desde 1982 a 1987 y desde 1992 a 2016 (los datos del 88 al 91, no se emplearon al no disponer de la información completa). En la tabla 1.1 se recogen los valores medios mensuales de irradiación global en kWh/(m².mes) y en Horas Solares Pico (HSP) promedio, que corresponden a 1 kWh/m².

Tabla 1.1. Irradiación global media sobre plano horizontal CiU (30 años)		
Mes	kWh/mes	HSP
Enero	64	2
Febrero	83	3
Marzo	135	4
Abril	164	5
Mayo	198	6
Junio	222	7
Julio	237	8
Agosto	208	7
Septiembre	154	5
Octubre	104	3
Noviembre	66	2
Diciembre	53	2

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

1.1.2. Legislación aplicable

1.1.2.1. RD 900/2015

Tabla 1.2. Características de las modalidades de autoconsumo definidas en el RD 900/2015, de 9 de octubre		
	Modalidad de Autoconsumo Tipo 1	Modalidad de Autoconsumo Tipo 2
Clasificación	Cuando se trate de un consumidor en un único punto de suministro o instalación, que disponga en su red interior de una o varias instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al consumo propio y que no estuvieran dadas de alta en el correspondiente registro como instalación de producción.	Cuando se trate de un consumidor de energía eléctrica en un punto de suministro o instalación, que esté asociado a una o varias instalaciones de producción debidamente inscritas en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica conectadas en el interior de su red o que compartan infraestructura de conexión con éste o conectados a través de una línea directa.
Requisitos generales	<p>Potencia contratada < 100 kW</p> <p>Potencias instaladas de generación potencia contratada</p> <p>El titular del punto de suministro será el mismo que el de todos los equipos de consumo e instalaciones de generación conectados a su red</p>	<p>Potencias instaladas de las instalaciones de producción \leq potencia contratada</p> <p>En el caso de que existan varias instalaciones de producción, el titular de todas y cada una de ellas deberá ser la misma persona física o jurídica.</p> <p>Cuando las instalaciones de producción compartan infraestructuras de conexión a la red de transporte o distribución o se conecten en la red interior de un consumidor responderán solidariamente por incumplimiento, aceptando las consecuencias que la desconexión del citado punto, en aplicación de la normativa vigente, pudiera conllevar para cualquiera de las partes.</p> <p>Cuando por incumplimiento de requisitos técnicos existan instalaciones peligrosas o cuando se haya manipulado el equipo de medida, la empresa distribuidora podrá proceder a la interrupción de suministro</p> <p>Podrán instalarse elementos de acumulación en las instalaciones de autoconsumo reguladas en este real decreto, cuando dispongan de las protecciones establecidas en la normativa de seguridad y calidad industrial que les aplique y se encuentren instaladas de tal forma que compartan equipo de medida que registre la generación neta o equipo que registre la energía horaria consumida.</p>
Requisitos técnicos	Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre	<p>Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre</p> <p>Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre</p> <p>Real Decreto 413/2014, de 6 de junio</p>

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Procedimiento de conexión	Solicitar una nueva conexión o modificar la existente a la empresa distribuidora de la zona o, en su caso, transportista aun cuando no fueran a verter energía a las redes de transporte y distribución en ningún instante procedente de la instalación de generación instalada	
	Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre Artículo 30 del Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre	Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre Artículo 42 de la Ley 24/2013 de 26 de diciembre
Estudios de acceso y conexión	Los que tengan contratada una potencia inferior o igual a 10 kW y que acreditando que cuentan con un dispositivo que impida el vertido instantáneo de energía a la red de distribución estarán exentos del pago.	Los previstos en el artículo 30 del Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre Pago de los derechos de acometida de generación previstos en el artículo 6 del Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre.
Peajes	Las condiciones de contratación del acceso a las redes y las condiciones de aplicación de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución serán las que resulten de aplicación de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.	
	A efectos de cálculo se consideran: Potencia contratada → la medida en punto frontera con las redes de distribución. Energía activa la energía → la demanda horaria Energía reactiva → la medida por el contador instalado en el punto frontera de la instalación	Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre A efectos de cálculo se consideran: Cuando el consumo horario de servicios auxiliares sea mayor que cero: <ul style="list-style-type: none"> ○ potencia demandada del consumidor asociado se realizará sobre la potencia del consumidor asociado utilizando a estos efectos el equipo que registre la energía horaria consumida. ○ Potencia demandada de los consumos de los servicios auxiliares de generación se realizará sobre la potencia de dichos servicios auxiliares de generación, utilizando a estos efectos, el equipo que registre la energía generada neta. Cuando la energía horaria neta generada sea mayor que cero: <ul style="list-style-type: none"> ○ Punto frontera de la instalación, si se dispone en dicho punto de equipo de medida que registre las medidas de potencia necesarias ○ Sobre la potencia del consumidor asociado, utilizando a estos efectos el equipo que registre la energía horaria consumida. Energía activa: <ul style="list-style-type: none"> ○ Consumidor asociado la energía correspondiente a la demanda horaria del consumidor asociado. ○ Consumos auxiliares de generación, la energía

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		<p>correspondiente al consumo horario de servicios auxiliares.</p> <p>Energía reactiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Consumidor asociado el equipo que registra la energía horaria consumida. ○ Consumos auxiliares de generación, el equipo que registra la energía generada neta
Contratos	<p>Suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora directamente o a través de la empresa comercializadora, o modificar el existente, de acuerdo con la normativa de aplicación, para reflejar esta circunstancia. El tiempo de permanencia será de mínimo un año desde la fecha de alta o modificación, prorrogable automáticamente</p>	<p>Suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora para sus servicios auxiliares de producción directamente o a través de la empresa comercializadora, o modificar el existente.</p> <p>O contrato de acceso conjunto cuando la suma de las potencias instaladas de las instalaciones de producción no sea superior a 100 kW y se cumplan todas las condiciones pertinentes</p>
Contraprestación económica		<p>Por el vertido horario de acuerdo a la normativa en vigor.</p> <p>Si el titular no dispone de un contrato de suministro en vigor y no sea consumidor directo en mercado, si existe vertido horario de la instalación de generación asociada éste pasará a ser cedido al sistema eléctrico sin ningún tipo de contraprestación económica vinculada a dicha cesión.</p>
Medida	<p>Cumpliendo los requisitos y condiciones establecidos en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico aprobado por el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto.</p> <p>Los equipos de medida se instalarán en las redes interiores correspondientes, en los puntos más próximos posibles al punto frontera, y tendrán capacidad de medida de resolución al menos horaria.</p> <p>A excepción de los servicios auxiliares de generación y, en su caso de instalaciones de acumulación, en el circuito que une la instalación de generación con su equipo de medida no podrá intercalarse ningún elemento de consumo.</p>	
	<p>Los equipos tendrán la misma precisión y requisitos que le corresponda como tipo frontera de consumidor</p> <p>Equipos necesarios para la facturación de los precios, tarifas, cargos, peajes y otros costes y servicios del sistema que le resulten de aplicación. Disponiendo de uno que registre la energía neta generada de la instalación de generación y de otro equipo de</p>	<p>Los equipos de medida de las instalaciones tendrán la misma clasificación en relación con la precisión de sus equipos y requisitos de comunicación. Esta será la más exigente de las que corresponderían a los distintos puntos de medida por separado.</p> <p>Disponer de un equipo de medida bidireccional que mida la energía generada neta; un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado y potestativamente, un equipo de</p>

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

	medida independiente en el punto frontera de la instalación.	medida bidireccional ubicado en el punto frontera de la instalación.
Cargos asociados	<p>Cargos fijos sobre la potencia de aplicación de cargos.</p> <p>Cargos variables sobre la energía correspondiente a la suma de la demanda horaria y del autoconsumo horario.</p>	<p>Cargos fijos</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Consumidor asociado sobre la potencia de aplicación de cargos, utilizando a estos efectos el equipo que registra la energía horaria consumida. ○ Servicios auxiliares de generación, la potencia de los servicios auxiliares de generación, cuando el consumo horario de servicios auxiliares sea mayor que cero, utilizando a estos efectos el equipo que registre la energía generada neta. <p>Cargos variables</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Consumidor asociado la energía correspondiente a la demanda horaria del consumidor asociado y al autoconsumo horario, En el caso de la energía correspondiente al autoconsumo horario se deducirá del cargo variable la cuantía correspondiente en cada periodo a las pérdidas del nivel de tensión del peaje de acceso a las redes de aplicación al suministro ○ servicios auxiliares de generación, sobre la energía correspondiente al consumo horario de servicios auxiliares.
Cargos por otros servicios del sistema	Se calcularán considerando el precio estimado, en cada periodo, de otros servicios del sistema eléctrico correspondientes a la demanda peninsular se aplicará a la energía correspondiente al autoconsumo horario.	
Encargado lectura	Distribuidor	
Registro administrativo	Inscripción obligatoria, excepto para instalaciones aisladas	
	Sección primera → Potencia ≤ 10 kW Sección segunda → Potencia > 10 kW	Sección segunda

Fuente: BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO Núm. 243. Sábado 10 de octubre de 2015

NT	Peaje de acceso	Cargo fijo (€/kW)					
		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
BT	2.0 A (Pc ≤ 10 kW)	8,144129					
	2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW)	8,144129					
	2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW)	8,144129					
	2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW)	14,545413					
	2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW)	14,545413					
	2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW)	14,545413					
	3.0 A (Pc > 15 kW)	31,925550	5,878730	14,207985			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	35,952537	6,717794	4,985851			
	6.1 A (1 kV a 30 kV)	22,169359	7,844864	9,790954	11,926548	14,278122	4,882162
	6.1 B (30 kV a 36 kV)	14,050921	3,782129	6,817708	8,953302	11,304876	3,525577
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	9,082012	1,409534	4,372144	6,352856	8,073738	2,442188
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	9,279523	2,525841	3,099548	5,479569	6,893947	1,911493

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

6.4 (≥ 145 kV)	2,815509	0,000000	1,718359	3,457606	4,990376	0,970612
----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Tabla 1.4. Cargo transitorio por autoconsumo (€/kWh)

NT	Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
BT	2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	0,043187					
	2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	0,057144	0,006148				
	2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	0,057938	0,006430	0,006112			
	2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,054883					
	2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,068081	0,015450				
	2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,068875	0,018220	0,011370			
	3.0 A ($P_c > 15$ kW)	0,020568	0,013696	0,008951			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	0,015301	0,009998	0,012035			
	6.1 A (1 kV a 30 kV)	0,011775	0,011336	0,007602	0,009164	0,009986	0,006720
	6.1 B (30 kV a 36 kV)	0,011775	0,008312	0,007322	0,008260	0,009403	0,006349
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,012669	0,011554	0,007881	0,008377	0,008716	0,006245
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,015106	0,012816	0,008530	0,008510	0,008673	0,006278
	6.4 (≥ 145 kV)	0,011775	0,008531	0,007322	0,007788	0,008257	0,006104

Tabla 1.5. Componente de cargo variable (€/kWh)

NT	Peaje de acceso	Componente de cargo variable (€/kWh) asociado a los costes del sistema					
		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
BT	2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	0,033214					
	2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	0,047029	0,000000				
	2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	0,047824	0,000000	0,000125			
	2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,044909					
	2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,057967	0,009301				
	2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,058761	0,011790	0,005382			
	3.0 A ($P_c > 15$ kW)	0,006850	0,004048	0,003550			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	0,003526	0,001191	0,006691			
	6.1 A (1 kV a 30 kV)	0,000000	0,003024	0,000280	0,002337	0,003158	0,001376
	6.1 B (30 kV a 36 kV)	0,000000	0,000000	0,000000	0,001433	0,002575	0,001005
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,000894	0,003242	0,000559	0,001550	0,001888	0,000902
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,003331	0,004504	0,001208	0,001683	0,001845	0,000934
	6.4 (≥ 145 kV)	0,000000	0,000219	0,000000	0,000960	0,001429	0,000761

Tabla 1.6. Componente asociado a otros servicios del sistema

Componente	Precio (€/kWh)
Retribución operador del mercado	0,000025
Retribución operador del sistema	0,000109
Servicio de interrumpibilidad	0,002000
Servicios de ajuste	0,003210

La componente por capacidad, tendrá los precios previstos en el artículo 4 de la **Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre**, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros retributivos de instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.7. Precio unitario de la financiación de los pagos por capacidad							
NT	Peaje de acceso	€/kWh					
		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
BT	2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	0,004630					
	2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	0,004771	0,000805				
	2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	0,004771	0,001087	0,000644			
	2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,004630					
	2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,004771	0,000805				
	2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,004771	0,001087	0,000644			
	3.0 A ($P_c > 15$ kW)	0,008374	0,004304	0,000058			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	0,006432	0,003463	0,000000			
	6.1 A (1 kV a 30 kV)	0,006432	0,002969	0,001979	0,001484	0,001484	0,000000
	6.1 B (30 kV a 36 kV)	0,006432	0,002969	0,001979	0,001484	0,001484	0,000000
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,006432	0,002969	0,001979	0,001484	0,001484	0,000000
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,006432	0,002969	0,001979	0,001484	0,001484	0,000000
	6.4 (≥ 145 kV)	0,006432	0,002969	0,001979	0,001484	0,001484	0,000000

1.1.2.2. Reales Decretos y ordenes que establecen y modifican las tarifas de acceso a la red eléctrica

Las tarifas de acceso de aplicación general son las que se muestran en la tabla 1.5, siendo T, tensión, BT, baja tensión, AT, alta tensión y P_c , potencia contratada.

Tabla 1.8. Tarifas eléctricas vigentes		
T	Tarifa simple para baja tensión ($T < 1$ kV)	
BT	2.0A	$P_c \leq 10$ kW Sin discriminación horaria
	2.0 DHA	$P_c \leq 10$ kW Con discriminación horaria
	2.0 DHS	$P_c \leq 10$ kW Con discriminación horaria supervalve
	2.1 A	$10 \text{ kW} < P_c \leq 15$ kW Sin discriminación horaria
	2.1 DHA	$10 \text{ kW} < P_c \leq 15$ kW Con discriminación horaria
	2.1 DHS	$10 \text{ kW} < P_c \leq 15$ kW Con discriminación horaria supervalve
	Tarifa general para baja tensión ($T < 1$ kV)	
	3.0 A	$P_c < 15$ kW Modalidad de tres períodos
	AT	Tarifa específica de tres períodos para tensiones de 1 a 36 kV
3.1 A		$P_c \leq 450$ kW Con discriminación horaria La P_c en un periodo tarifario superior (P_{n+1}) debe ser mayor o igual a la contratada en el período anterior.
Tarifas generales para alta tensión		

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Modalidad de seis períodos	
6.1A	1 kV ≤ T < 30 kV Pc > 450 kW
6.1B	30 kV ≤ T < 36 kV Pc > 450 kW
6.2	36 ≤ T < 72,5 kV Pc > 450 kW
6.3	72,5 kV ≤ T < 145 kV Pc > 450 kW
6.4	T ≥ 145 kV Pc > 450 kW

1.2. Situación actual

1.2.1. Consumo energético mensual

Los recibos facilitados contienen la información como se muestra en la figura 1.1, dicha información se reorganizó a meses de calendario y se separó en días laborables y fines de semana para que su análisis fuera más sencillo. Se extrajeron como datos el CUPS, el período de facturación, la potencia contratada y el tipo de tarifa. Así como las potencias útiles en kW y la energía consumida en kWh

Figura 1.1. Recibos tipo recibidos

The image displays two electricity bills from Iberdrola. The left bill is a standard 'FACTURA DE ELECTRICIDAD' for the client 'UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID'. It details the billing period from 13/01/2016 to 09/02/2016, with a total amount of 3,991.20 €. The right bill is a more detailed 'CONOCER AL DETALLE SU FACTURACIÓN Y CONSUMOS' bill for the same client and period. It breaks down the total into energy and reactive power consumption across six meters (P1 to P6), showing specific kWh and kVArh values for each meter and date. A 'CONSUMOS' table at the bottom of the right bill provides a summary of these readings.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Los máxímetros registran la potencia demandada durante un período en intervalos de 15 min. Se diferencian 6 períodos, para la tarifa 3.0 A de baja tensión P1, P2 y P3 corresponden a punta, llano y valle respectivamente, para los días laborables y P4, P5 y P6 punta, llano y valle para sábados, domingos y festivos de carácter nacional. En el caso de la tarifa 3.1 A de alta tensión también se diferencian 6 períodos, P1 y P4 corresponden a punta en horario de invierno y verano respectivamente, P2 y P3 a llano y valle en días laborables y P5 y P6 a llano y valle para fines de semana y festivos.

La metodología de cálculo utilizada para pasar de los recibos al consumo mensual consideraba los siguientes parámetros:

- N° días: El total de días que corresponde a un recibo.
- N° día mes e: Todos los días de ese recibo que pertenecen al mes a estimar (en la línea inferior).
- Lab mes e: Los días laborables del mes a estimar
- S, D y F: sábados, domingos y festivos de carácter nacional del recibo o el mes a estimar.

Se hará referencia al recibo a y al recibo b, siendo el a el que contiene los primeros días del mes a estimar y el b el que contiene los últimos. El a se encuentra sobre la línea del mes estimado anteriormente y el b directamente sobre la línea del mes a estimar. Cabe resaltar que para la potencia en todos los casos se escogió la mayor en dos recibos que abarcaban el mismo mes.

Tarifa 3.0 A:

- Días laborables:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P1, P2 \text{ o } P3)}{N^\circ \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a} \times (N^\circ \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a - \text{Lab mes } e_a) + \frac{kWh_b (P1, P2 \text{ o } P3)}{N^\circ \text{ días}_b - S, D \text{ y } F_b} \times (\text{Lab mes } e_b)$$

- Sábados, domingos y festivos:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P3, P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_a} \times (S, D \text{ y } F_a + \text{Lab mes } e_a - N^\circ \text{ Días mes}_a) + \frac{kWh_b (P3, P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_b} \times (N^\circ \text{ Días mes}_b - \text{Lab mes } e_b)$$

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

- Para el mes de enero:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P1, P2 \text{ o } P3)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a} \times (Lab \text{ mes } e_a) + \frac{kWh_b (P1, P2 \text{ o } P3)}{N^{\circ} \text{ días}_b - S, D \text{ y } F_b} \times (Lab \text{ mes } e_b)$$

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P3, P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_a} \times (N^{\circ} \text{ Días mes}_a - Lab \text{ mes } e_a) + \frac{kWh_b (P3, P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_b} \times (N^{\circ} \text{ Días mes}_b - Lab \text{ mes } e_b)$$

- Diciembre de 2016, al no disponer del último recibo de dicho año se realizó la siguiente estimación:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P1, P2 \text{ o } P3)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a} \times (31 - S, D \text{ y } F_{Dic})$$

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P3, P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_a} \times (S, D \text{ y } F_{Dic})$$

Tarifa 3.1 A:

En el caso de la tarifa de alta tensión los recibos del edificio principal de la ETSIA si corresponden con los meses de calendario por lo que no fue necesario realizar ningún cambio, sin embargo, para los campos de prácticas si se realizó una estimación de la forma que se indica a continuación con la particularidad de que los meses de marzo, abril, octubre y noviembre se ven afectados por el cambio de horario:

- Días laborables:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P1, P2, P3 \text{ o } P4)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a} \times (N^{\circ} \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a - Lab \text{ mes } e_a) + \frac{kWh_b (P1, P2, P3 \text{ o } P4)}{N^{\circ} \text{ días}_b - S, D \text{ y } F_b} \times (Lab \text{ mes } e_b)$$

- Sábados, domingos y festivos:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_a} \times (S, D \text{ y } F_a + Lab \text{ mes } e_a - N^{\circ} \text{ Días mes}_a) + \frac{kWh_b (P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_b} \times (N^{\circ} \text{ Días mes}_b - Lab \text{ mes } e_b)$$

- Para el mes de enero:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P1, P2, P3 \text{ o } P4)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D \text{ y } F_a} \times (Lab \text{ mes } e_a) + \frac{kWh_b (P1, P2, P3 \text{ o } P4)}{N^{\circ} \text{ días}_b - S, D \text{ y } F_b} \times (Lab \text{ mes } e_b)$$

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_a} \times (N^{\circ} \text{ Días mes}_a - Lab \text{ mes } e_a) + \frac{kWh_b (P4 \text{ o } P5)}{S, D \text{ y } F_b} \times (N^{\circ} \text{ Días mes}_b - Lab \text{ mes } e_b)$$

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

- Diciembre de 2016, al no disponer del último recibo de dicho año se realizó la siguiente estimación:

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P1, P2, P3 o P4)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D y F_a} \times (31 - S, D y F_{Dic})$$

$$P_x (kWh) = \frac{kWh_a (P4 o P5)}{S, D y F_a} \times (S, D y F_{Dic})$$

- Para el mes de marzo, al producirse cambio de horario de invierno a verano el segundo recibo solo abarcará P1 hasta el último día laborable antes del último domingo de dicho mes.

$$P1 (kWh) = \frac{kWh_a (P1)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D y F_a} \times (N^{\circ} \text{ días}_a - S, D y F_a - Lab \text{ mes } e_a) + kWh_b (P1)$$

$$P2 (kWh) = \frac{kWh_b (P2)}{Lab \text{ pós cambio hora}_b} \times Lab \text{ marzo pós cambio hora}_b$$

- Para el mes de abril, no habrá P1, por ello la potencia en P1 es 0 kW, y cambia el método para estimar P2.

$$P2 (kWh) = \frac{kWh_a (P2)}{Lab \text{ pós cambio hora}_a} \times Lab \text{ abril pós cambio hora}_b + \frac{kWh_b (P2)}{N^{\circ} \text{ días}_b - S, D y F_b} \times (Lab \text{ mes } e_b)$$

- Para el mes de octubre el procedimiento es similar al de marzo, pero aquí el cambio ocurre de P2 a P1.

$$P2 (kWh) = \frac{kWh_a (P2)}{N^{\circ} \text{ días}_a - S, D y F_a} \times (N^{\circ} \text{ días}_a - S, D y F_a - Lab \text{ mes } e_a) + kWh_b (P2)$$

$$P1 (kWh) = \frac{kWh_b (P1)}{Lab \text{ pós cambio hora}_b} \times Lab \text{ octubre pós cambio hora}_b$$

- Para el mes de noviembre, no habrá P2, por ello la potencia en P2 es 0 kW, y cambia el método para estimar P1.

$$P1 (kWh) = \frac{kWh_a (P1)}{Lab \text{ pós cambio hora}_a} \times Lab \text{ noviembre pós cambio hora}_b + \frac{kWh_b (P2)}{N^{\circ} \text{ días}_b - S, D y F_b} \times (Lab \text{ mes } e_b)$$

Como se ha mencionado anteriormente para la antigua EUITA solo se disponen de los recibos de 2014 y parte de 2016, por lo que se realizó con estos una estimación de que proporción del consumo total, en cada tipo de periodo tarifario, correspondía a punta, llano o valle en días laborables, para obtener así una aproximación del consumo para los años de 2012 y 2013 de los que se tienen datos de mes y consumo en punta, llano y valle total, pero no se sabe el periodo exacto de cada recibo.

Dos casos particulares más se dieron en los campos de prácticas, no se dispone del recibo del 14/10/2015 al 12/11/2015 por lo que se emplearon las medias del mismo periodo de los años 2014 y 2016. Y en el periodo del 12/07/2016

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

al 09/08/2016 todas las lecturas fueron de cero, probablemente por no poder acceder al contador en ese mes, por ello también se usaron las medias de dicho período en los años 2014 y 2015, y al recibo del siguiente mes se descontaron esas medias para el consumo energético y la potencia se dejó intacta.

Una vez organizada toda la información, se recogen los consumos medios mensuales de tres años por punto de suministro, desde la tabla 1.9 hasta la tabla 1.16.

Tabla 1.9. Consumo mensual Edificio Principal ETSIA							
Tarifa	3.1 A		Potencia contratada	Punta	320		
Cups	ES002100000485731NC1P			Llano	320		
Edificio Principal ETSIA				Valle	320		
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	11238	37299	12091	0	3638	10470	74737
Febrero	12489	42291	12968	0	3227	9008	79984
Marzo	11126	36280	12979	2266	3513	9667	75830
Abril	0	23545	12569	23133	3382	9599	72228
Mayo	0	21346	11796	21062	3932	11263	69400
Junio	0	22955	12654	23926	3377	9771	72680
Julio	0	25726	13819	29661	3649	10347	83142
Agosto	0	14497	10319	10770	3739	10554	49879
Septiembre	0	22964	12622	24230	3062	8728	71605
Octubre	2052	25005	11986	19276	3661	10511	72492
Noviembre	12315	37187	12334	0	3611	10063	70830
Diciembre	10840	31987	11625	0	3726	10542	68810
Año	60059	3411082	147763	154326	42517	120524	861618
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	179	321	195	0	72	101	
Febrero	188	325	200	0	79	76	
Marzo	169	296	200	189	79	80	
Abril	0	229	172	272	84	87	
Mayo	0	200	144	233	75	77	
Junio	0	186	137	291	79	101	
Julio	0	255	148	324	81	82	
Agosto	0	119	99	149	76	73	
Septiembre	0	208	149	275	76	77	
Octubre	127	223	152	237	73	83	
Noviembre	171	280	184	0	89	91	
Diciembre	179	309	192	0	75	83	
Año (máx)	188	325	200	324	89	101	

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.10. Consumo mensual Campos de Prácticas							
Tarifa	3.1 A		Potencia contratada			Punta	215
Cups	ES002100004673041HJ1P					Llano	215
Campos de prácticas						Valle	215
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	25481	43274	37199	0	11657	31845	149455
Febrero	23201	42280	36079	0	9210	26763	137532
Marzo	19437	35632	32433	1924	7125	22152	118702
Abril	0	25262	25311	16382	4850	16376	88181
Mayo	0	17641	17798	14630	4374	14747	69189
Junio	0	17705	13142	14845	3692	11408	60792
Julio	0	21513	13597	17457	3994	11903	68464
Agosto	0	16668	11564	12961	3896	11612	56702
Septiembre	0	17092	13278	12511	2687	8326	53894
Octubre	2377	22920	19740	12543	5229	15906	78716
Noviembre	18355	31782	27544	0	7524	21429	106634
Diciembre	24435	41483	36516	0	8743	24863	136039
Año	113285	333252	284201	103253	72980	217330	149455
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	290	346	319	0	277	298	
Febrero	291	344	320	0	275	293	
Marzo	281	329	310	169	268	282	
Abril	0	297	277	220	222	256	
Mayo	0	217	212	220	149	201	
Junio	0	177	162	174	114	157	
Julio	0	156	116	187	109	119	
Agosto	0	156	113	187	109	119	
Septiembre	0	141	128	150	93	109	
Octubre	131	183	182	159	138	168	
Noviembre	229	273	261	0	212	224	
Diciembre	250	306	291	0	234	249	
Año (máx)	291	346	320	220	277	298	

Tabla 1.11. Consumo mensual Biblioteca ETSIA							
Tarifa	3.0 A		Potencia contratada			Punta	250
Cups	ES002100010539175CC					Llano	250
Biblioteca ETSIA						Valle	250
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	3626	13945	2362	1632	4555	756	26876
Febrero	3600	14820	2432	534	1660	508	23553
Marzo	3914	13005	2227	551	1630	566	21893
Abril	4566	10756	1912	774	1878	430	20317
Mayo	6037	12550	1840	2213	4999	570	28209

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Junio	8263	16885	2019	3106	6977	534	37782
Julio	7113	14207	2008	1539	3523	513	28902
Agosto	4246	8473	1713	520	1328	572	16851
Septiembre	5285	10528	1882	362	865	430	19353
Octubre	4812	11477	2015	652	1704	546	21205
Noviembre	3811	12759	2236	1635	4370	650	25461
Diciembre	3854	14389	2439	2008	5484	649	28822
Año	59125	153793	25085	15525	38972	6723	37782
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	98	119	88	84	96	44	
Febrero	94	116	95	80	96	32	
Marzo	86	105	88	28	34	23	
Abril	79	89	73	44	42	20	
Mayo	103	106	49	96	95	11	
Junio	138	136	46	117	121	14	
Julio	145	142	55	124	129	18	
Agosto	145	142	63	122	127	17	
Septiembre	122	116	58	28	27	10	
Octubre	122	116	56	40	38	10	
Noviembre	84	98	72	74	80	30	
Diciembre	84	99	75	80	90	41	
Año (máx)	145	142	95	124	129	44	

Tabla 1.12. Consumo mensual Aulario ETSIA							
Tarifa	3.0 A			Potencia contratada	Punta	150	
Cups	ES0021000004857529NH				Llano	150	
Aulario ETSIA					Valle	150	
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	600	3139	680	86	387	237	5130
Febrero	916	4223	724	60	190	191	6305
Marzo	1089	3904	770	65	191	239	6258
Abril	1332	3152	713	43	159	193	5591
Mayo	1532	2546	542	82	197	197	5096
Junio	1502	2152	446	242	357	151	4851
Julio	1243	1615	448	138	238	152	3833
Agosto	871	1464	437	111	220	171	3273
Septiembre	1873	2704	470	84	220	142	5493
Octubre	1788	3504	554	96	277	196	6415
Noviembre	1071	3850	680	85	219	218	6123
Diciembre	734	3591	758	86	251	215	5634
Año	14551	35844	7221	1177	2907	2300	6415
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	36	47	20	4	31	11	
Febrero	39	49	16	5	36	7	

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Marzo	40	49	19	4	20	7	
Abril	37	44	17	3	5	7	
Mayo	46	59	12	3	5	6	
Junio	82	81	9	55	58	5	
Julio	82	87	10	77	82	3	
Agosto	61	75	22	41	46	4	
Septiembre	80	74	23	27	26	3	
Octubre	80	74	18	45	63	16	
Noviembre	58	49	20	33	63	16	
Diciembre	32	40	20	4	19	10	
Año (máx)	82	87	23	77	82	16	

Tabla 1.13. Consumo mensual Edificio Motores ETSIA							
Tarifa	3.0 A			Potencia contratada	Punta	63	
Cups	ES0021000004857530NL				Llano	63	
Edificio motores ETSIA					Valle	63	
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	475	2597	747	147	399	258	4623
Febrero	481	2735	781	104	244	241	4586
Marzo	548	2097	721	114	305	252	4038
Abril	740	1612	670	94	284	185	3585
Mayo	787	1482	631	114	345	218	3578
Junio	886	1569	664	111	336	209	3777
Julio	1037	1688	726	116	360	223	4150
Agosto	756	1366	639	130	408	250	3549
Septiembre	789	1477	646	93	286	178	3470
Octubre	713	1718	652	114	331	205	3733
Noviembre	549	2167	663	124	350	207	4060
Diciembre	491	2346	720	117	324	186	4183
Año	8253	22855	8260	1379	3972	2613	4623
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	14	27	20	6	6	5	
Febrero	14	29	19	7	6	5	
Marzo	15	27	16	7	6	5	
Abril	16	18	13	4	5	4	
Mayo	16	14	12	5	5	4	
Junio	19	15	10	5	7	5	
Julio	24	18	9	5	6	5	
Agosto	24	18	9	5	6	5	
Septiembre	18	15	9	4	6	4	
Octubre	18	16	10	5	5	4	
Noviembre	15	20	15	5	6	4	
Diciembre	14	21	15	6	6	4	
Año (máx)	24	29	20	7	7	5	

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.14. Consumo mensual Edificio Principal EUITA							
Tarifa	3.0 A		Potencia contratada			Punta	114
Cups	ES0021000004836536CR					Llano	114
Aulario EUITA						Valle	114
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	1968	11672	2937	463	1369	995	19404
Febrero	2053	12736	3054	345	1019	764	19971
Marzo	2465	13324	3071	386	1537	999	21783
Abril	3383	9584	3073	349	1348	884	18622
Mayo	4442	7805	2753	448	1377	881	17706
Junio	3947	8003	2856	439	1517	982	17744
Julio	4289	7271	2531	442	1336	794	16664
Agosto	3086	5004	1901	500	1311	814	12617
Septiembre	2755	5026	2051	257	808	598	11496
Octubre	4226	8239	2581	403	967	698	17115
Noviembre	3222	10683	2370	649	1469	921	19313
Diciembre	1995	11614	2534	465	1426	931	18966
Año	37833	110960	31714	5148	15485	10261	211400
Potencia máxima demanda mensual (kW) (2014)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	47	98	58	13	19	14	
Febrero	44	101	63	14	19	14	
Marzo	77	101	63	14	14	15	
Abril	84	79	55	21	18	25	
Mayo	84	76	54	21	18	25	
Junio	73	64	44	17	18	15	
Julio	63	55	41	20	19	14	
Agosto	63	55	40	20	19	14	
Septiembre	65	63	41	12	13	14	
Octubre	75	77	47	14	15	14	
Noviembre	75	102	53	14	15	14	
Diciembre	37	102	53	13	14	13	
Año (máx)	84	102	63	20	19	25	

Tabla 1.15. Consumo mensual Biblioteca EUITA							
Tarifa	3.0 A		Potencia contratada			Punta	50
Cups	ES0021000004836537CW					Llano	70
Biblioteca EUITA						Valle	70
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	2130	8080	1891	559	1450	720	14830
Febrero	1947	5688	3052	432	860	977	12956
Marzo	1877	6603	2197	553	1801	916	13947
Abril	1873	5152	2075	398	1330	709	11538
Mayo	1951	4365	1840	450	1327	704	10638

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Junio	2208	4791	1905	480	1440	757	11581
Julio	2597	3991	1788	376	965	634	10352
Agosto	2240	3848	1456	501	1379	692	10116
Septiembre	1613	3615	1882	282	918	640	8950
Octubre	1756	4331	1783	342	961	581	9753
Noviembre	2231	5132	2222	796	1679	1031	13090
Diciembre	1619	5370	1785	605	1763	800	11943
Año	24149	61301	23928	5669	15539	9110	139695
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	40	44	32	12	15	11	
Febrero	23	46	39	12	15	11	
Marzo	50	50	339	18	20	18	
Abril	50	50	30	21	21	19	
Mayo	44	44	30	21	21	19	
Junio	33	33	17	14	15	13	
Julio	52	52	17	14	15	13	
Agosto	52	52	15	14	15	14	
Septiembre	54	54	18	14	15	14	
Octubre	54	54	18	12	14	12	
Noviembre	34	34	23	20	20	18	
Diciembre	34	34	23	20	20	18	
Año (máx)	54	54	67	21	21	19	

Tabla 1.16. Consumo mensual Aulario EUITA							
Tarifa	3.0 A			Potencia contratada	Punta	150	
Cups	ES0021000010475853GV				Llano	200	
Edificio Principal EUITA					Valle	200	
Consumo medio mensual							
Consumo medio mensual (kWh)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	2138	11787	1517	464	1035	475	17416
Febrero	2595	12957	1555	305	673	399	18483
Marzo	3396	15530	1969	357	1106	568	22925
Abril	3784	10316	1830	261	935	520	17645
Mayo	4162	7530	1588	312	917	559	15068
Junio	4180	8113	1529	275	800	560	15457
Julio	5630	11097	1500	259	885	505	19876
Agosto	4716	8386	1381	404	1135	586	16610
Septiembre	3162	6342	1537	164	539	435	12179
Octubre	4191	9117	1561	284	718	457	16328
Noviembre	2997	9875	1985	401	834	824	16916
Diciembre	2921	13471	1716	393	937	670	20107
Año	43871	124521	19666	3878	10514	6559	209010
Potencia máxima demanda mensual (kW)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Enero	81	115	67	12	18	12	
Febrero	68	113	67	12	18	12	

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Marzo	86	113	67	12	15	12	
Abril	86	94	66	11	15	11	
Mayo	65	79	54	9	11	11	
Junio	145	131	82	13	14	12	
Julio	145	159	104	17	17	12	
Agosto	140	159	104	17	17	11	
Septiembre	175	137	152	15	18	11	
Octubre	175	137	152	15	18	14	
Noviembre	73	94	62	14	15	14	
Diciembre	73	94	62	14	13	14	
Año (máx)	175	159	152	17	18	14	

1.2.2. Consumo horario en días laborables

Las tablas 1.17 a 1.24 recogen el consumo horario en kWh en los días laborables para cada CUPS.

Tabla 1.17. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Ed. Principal -NC1P)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
valle	valle	0:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		1:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		2:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		3:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		4:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		5:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		6:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
Punta	Llano	7:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		8:00	199	222	198	130	115	122	131	72	118	133	192	161
		9:00	199	222	198	130	115	122	131	72	118	133	192	161
		10:00	199	222	174	186	167	187	221	85	184	156	192	161
		11:00	199	222	174	186	167	187	221	85	184	156	192	161
		12:00	199	222	174	186	167	187	221	85	184	156	192	161
		13:00	199	222	174	186	167	187	221	85	184	156	192	161
Llano	Punta	14:00	199	222	174	186	167	187	221	85	184	156	192	161
		15:00	199	222	174	186	167	187	221	85	184	156	192	161
		16:00	199	222	198	130	115	122	131	72	118	133	192	161
		17:00	103	114	174	130	115	122	131	72	118	156	112	94
		18:00	103	114	174	130	115	122	131	72	118	156	112	94
		19:00	103	114	174	130	115	122	131	72	118	156	112	94
		20:00	103	114	174	130	115	122	131	72	118	156	112	94
Llano	Punta	21:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		22:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69
		23:00	76	80	75	76	70	74	77	61	72	70	75	69

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.18. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Campos -HJ1P)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		1:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		2:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		3:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		4:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		5:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		6:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
Punta	Llano	7:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		8:00	214	207	157	109	75	86	105	84	91	105	152	196
		9:00	214	207	157	109	75	86	105	84	91	105	152	196
		10:00	214	207	150	132	116	116	130	103	110	113	152	196
		11:00	214	207	150	132	116	116	130	103	110	113	152	196
		12:00	214	207	150	132	116	116	130	103	110	113	152	196
		13:00	214	207	150	132	116	116	130	103	110	113	152	196
		14:00	214	207	150	132	116	116	130	103	110	113	152	196
		15:00	214	207	150	132	116	116	130	103	110	113	152	196
		16:00	214	207	157	109	75	86	105	84	91	105	152	196
Llano	Punta	17:00	202	175	150	109	75	86	105	84	91	113	139	183
		18:00	202	175	150	109	75	86	105	84	91	113	139	183
		19:00	202	175	150	109	75	86	105	84	91	113	139	183
		20:00	202	175	150	109	75	86	105	84	91	113	139	183
		21:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		22:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218
		23:00	232	222	187	153	106	77	76	69	84	116	166	218

Tabla 1.19. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Biblioteca ETSIA -75CC)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
Valle	Valle	0:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		1:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		2:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		3:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		4:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		5:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		6:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
Punta	Llano	7:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14		
		8:00	66	70	63	54	63	84	67	41	50	56	59	66		
		9:00	66	70	53	55	72	97	80	51	60	56	59	66		
		10:00	66	70	53	55	72	97	80	51	60	56	59	66		
		11:00	66	70	53	55	72	97	80	51	60	56	59	66		
		12:00	66	70	53	55	72	97	80	51	60	56	59	66		
		13:00	66	70	63	54	63	84	67	41	50	56	59	66		
		14:00	66	70	63	54	63	84	67	41	50	56	59	66		
		Llano		15:00	66	70	63	54	63	84	67	41	50	56	59	66

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		16:00	66	70	63	54	63	84	67	41	50	56	59	66
		17:00	66	70	63	54	63	84	67	41	50	56	59	66
	Punta	18:00	55	54	53	54	63	84	67	41	50	56	57	56
		19:00	55	54	53	54	63	84	67	41	50	56	57	56
		20:00	55	54	53	54	63	84	67	41	50	56	57	56
		21:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14
		22:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14
		23:00	15	15	13	12	11	12	11	10	11	12	14	14

Tabla 1.20. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Aulario ETSIA -29NH)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		1:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		2:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		3:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		4:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		5:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		6:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
Llano	Llano	7:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5
		8:00	15	20	19	15	13	10	7	7	13	17	18	16
		9:00	15	20	15	16	18	17	14	10	21	19	18	16
		10:00	15	20	15	16	18	17	14	10	21	19	18	16
		11:00	15	20	15	16	18	17	14	10	21	19	18	16
		12:00	15	20	15	16	18	17	14	10	21	19	18	16
		13:00	15	20	19	15	13	10	7	7	13	17	18	16
	Punta	14:00	15	20	19	15	13	10	7	7	13	17	18	16
		15:00	15	20	19	15	13	10	7	7	13	17	18	16
		16:00	15	20	19	15	13	10	7	7	13	17	18	16
		17:00	15	20	19	15	13	10	7	7	13	17	18	16
		18:00	9	14	15	15	13	10	7	7	13	19	16	10
		19:00	9	14	15	15	13	10	7	7	13	19	16	10
	Punta	20:00	9	14	15	15	13	10	7	7	13	19	16	10
		21:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	5	
		22:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	5	
		23:00	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	5	

Tabla 1.21. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Motores ETSIA -30NL)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		1:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		2:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		3:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		4:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		5:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		6:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		7:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Llano	Punta	8:00	12	12	9	7	7	7	7	6	6	8	10	10	
		9:00	12	12	8	9	9	9	10	12	9	9	8	10	10
		10:00	12	12	8	9	9	9	10	12	9	9	8	10	10
		11:00	12	12	8	9	9	9	10	12	9	9	8	10	10
		12:00	12	12	8	9	9	9	10	12	9	9	8	10	10
	Llano	Llano	13:00	12	12	9	7	7	7	7	6	6	8	10	10
			14:00	12	12	9	7	7	7	7	6	6	8	10	10
			15:00	12	12	9	7	7	7	7	6	6	8	10	10
			16:00	12	12	9	7	7	7	7	6	6	8	10	10
			17:00	12	12	9	7	7	7	7	6	6	8	10	10
Punta		18:00	6	6	8	7	7	7	7	6	6	8	8	6	
		19:00	6	6	8	7	7	7	7	6	6	8	8	6	
		20:00	6	6	8	7	7	7	7	6	6	8	8	6	
		21:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		22:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		23:00	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Tabla 1.22. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Ed. Principal EUITA -36CR)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		1:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		2:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		3:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		4:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		5:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		6:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
Llano	Llano	8:00	51	58	64	45	35	38	31	23	22	36	50	55
		9:00	51	58	44	41	51	49	47	37	33	42	50	55
		10:00	51	58	44	41	51	49	47	37	33	42	50	55
		11:00	51	58	44	41	51	49	47	37	33	42	50	55
		12:00	51	58	44	41	51	49	47	37	33	42	50	55
		13:00	51	58	64	45	35	38	31	23	22	36	50	55
		14:00	51	58	64	45	35	38	31	23	22	36	50	55
		15:00	51	58	64	45	35	38	31	23	22	36	50	55
		16:00	51	58	64	45	35	38	31	23	22	36	50	55
		17:00	51	58	64	45	35	38	31	23	22	36	50	55
Llano	Punta	18:00	25	27	44	45	35	38	31	23	22	42	48	28
		19:00	25	27	44	45	35	38	31	23	22	42	48	28
		20:00	25	27	44	45	35	38	31	23	22	42	48	28
		21:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		22:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16
		23:00	17	18	18	19	16	18	14	11	12	14	15	16

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.23. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Biblioteca EUITA -37CW)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Valle	Valle	0:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		1:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		2:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		3:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		4:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		5:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		6:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
Llano	Punta	7:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11			
		8:00	36	24	31	24	19	22	16	17	15	18	23	25			
		9:00	36	24	26	23	22	27	29	27	19	19	23	25			
		10:00	36	24	26	23	22	27	29	27	19	19	23	25			
		11:00	36	24	26	23	22	27	29	27	19	19	23	25			
		12:00	36	24	26	23	22	27	29	27	19	19	23	25			
		13:00	36	24	31	24	19	22	16	17	15	18	23	25			
	Llano	Llano	14:00	36	24	31	24	19	22	16	17	15	18	23	25		
			15:00	36	24	31	24	19	22	16	17	15	18	23	25		
			16:00	36	24	31	24	19	22	16	17	15	18	23	25		
			17:00	36	24	31	24	19	22	16	17	15	18	23	25		
			Punta	18:00	30	25	26	24	19	22	16	17	15	19	32	23	
				19:00	30	25	26	24	19	22	16	17	15	19	32	23	
				20:00	30	25	26	24	19	22	16	17	15	19	32	23	
				21:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11	
			Llano	Llano	22:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11
					23:00	11	18	13	13	11	12	10	9	11	10	14	11

Tabla 1.24. Consumo horario medio (kWh) - Días laborables (Aulario EUITA -53GV)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Valle	Valle	0:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		1:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		2:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		3:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		4:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		5:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		6:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
Llano	Punta	7:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8	
		8:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7	
		9:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7	
		10:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7	
		11:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7	
		12:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7	
		13:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7	
	Llano	Llano	14:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
			15:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		16:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
		17:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
	Punta	18:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		19:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		20:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		21:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		22:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
		23:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7

1.2.3. Consumo horario en sábados, domingos y festivos

Las tablas 1.25 a 1.32 recogen el consumo horario en kWh en los días laborables para cada CUPS.

Tabla 1.25. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Ed. Principal -NC1P)

Annual	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	0:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	1:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	2:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	3:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	4:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	5:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	6:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	7:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	8:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	9:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	10:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	11:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	12:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	13:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	14:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	15:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	16:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	17:00	53	63	58	57	63	63	66	59	61	60	60	59
	18:00	55	67	63	60	66	65	70	62	64	63	64	62
19:00	55	67	63	60	66	65	70	62	64	63	64	62	
Llano	20:00	55	67	63	60	66	65	70	62	64	63	64	62
	21:00	55	67	63	60	66	65	70	62	64	63	64	62
	22:00	55	67	63	60	66	65	70	62	64	63	64	62
	23:00	55	67	63	60	66	65	70	62	64	63	64	62

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.26. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Campos -HJ1P)

Anual	Hora	Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Campos -HJ1P)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	0:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	1:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	2:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	3:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	4:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	5:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	6:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	7:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	8:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	9:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	10:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	11:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	12:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	13:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	14:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	15:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	16:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	17:00	162	186	131	98	82	73	76	64	68	92	128	137
	18:00	179	192	126	87	73	71	77	64	67	91	135	144
19:00	179	192	126	87	73	71	77	64	67	91	135	144	
Llano	20:00	179	192	126	87	73	71	77	64	67	91	135	144
	21:00	179	192	126	87	73	71	77	64	67	91	135	144
	22:00	179	192	126	87	73	71	77	64	67	91	135	144
	23:00	179	192	126	87	73	71	77	64	67	91	135	144

Tabla 1.27. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Biblioteca ETSIA -75CC)

Verano	Invierno	Hora	Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Biblioteca ETSIA -75CC)											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		1:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		2:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		3:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		4:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		5:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		6:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
Punta	Llano	7:00	9	8	8	6	7	8	7	7	7	7	9	8
		8:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45
		9:00	34	17	15	21	55	90	45	13	11	17	39	45
		10:00	34	17	15	21	55	90	45	13	11	17	39	45
		11:00	34	17	15	21	55	90	45	13	11	17	39	45
		12:00	34	17	15	21	55	90	45	13	11	17	39	45
		13:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45
Llano		14:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		15:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45
		16:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45
		17:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45
	Punta	18:00	37	17	15	17	41	68	34	11	9	17	44	50
		19:00	37	17	15	17	41	68	34	11	9	17	44	50
		20:00	37	17	15	17	41	68	34	11	9	17	44	50
		21:00	37	17	15	17	41	68	34	11	9	17	44	50
		22:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45
		23:00	34	17	15	17	41	68	34	11	9	15	39	45

Tabla 1.28. Consumo horario medio (kWh) - FDS y festivos (Aulario ETSIA -29NH)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Valle	Valle	0:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		1:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		2:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		3:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		4:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		5:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		6:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
		7:00	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	
Llano	Llano	8:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	
		9:00	3	2	2	1	2	7	4	3	3	2	2	2	
		10:00	3	2	2	1	2	7	4	3	3	2	2	2	
		11:00	3	2	2	1	2	7	4	3	3	2	2	2	
		12:00	3	2	2	1	2	7	4	3	3	2	2	2	
		13:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	
		14:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	
		15:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	
		16:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	
		17:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	
		Punta	18:00	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2
			19:00	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2
20:00	2		2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2		
21:00	2		2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2		
	22:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2		
	23:00	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2		

Tabla 1.29. Consumo horario medio (kWh) - FDS y festivos (Motores ETSIA -30NL)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
		1:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
		2:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
		3:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
		4:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		5:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
		6:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
		7:00	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
Punta	Llano	8:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		9:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		10:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		11:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		12:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		13:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		14:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		15:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		16:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		17:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
Llano	Punta	18:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		19:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		20:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		21:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		22:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
		23:00	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3

Tabla 1.30. Consumo horario medio (kWh) - FDS y festivos (Ed. Principal EUITA -36CR)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		1:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		2:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		3:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		4:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		5:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		6:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
Punta	Llano	7:00	13	12	13	12	12	13	12	10	8	10	12	11
		8:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
		9:00	12	11	11	9	12	11	13	13	7	11	13	11
		10:00	12	11	11	9	12	11	13	13	7	11	13	11
		11:00	12	11	11	9	12	11	13	13	7	11	13	11
		12:00	12	11	11	9	12	11	13	13	7	11	13	11
		13:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
		14:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
		15:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
		16:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
Llano	Punta	17:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
		18:00	12	11	11	12	12	13	13	11	8	11	17	11
		19:00	12	11	11	12	12	13	13	11	8	11	17	11
		20:00	12	11	11	12	12	13	13	11	8	11	17	11
		21:00	12	11	11	12	12	13	13	11	8	11	17	11
		22:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11
		23:00	12	11	13	12	12	13	13	11	8	10	13	11

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.31. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Biblioteca EUITA -37CW)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Valle	Valle	0:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		1:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		2:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		3:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		4:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		5:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		6:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
Llano	Punta	7:00	9	15	11	10	9	10	10	9	9	9	13	9	
		8:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13	
		9:00	13	9	15	11	12	13	11	13	8	10	14	13	
		10:00	13	9	15	11	12	13	11	13	8	10	14	13	
		11:00	13	9	15	11	12	13	11	13	8	10	14	13	
		12:00	13	9	15	11	12	13	11	13	8	10	14	13	
		13:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13	
	Llano	Llano	14:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13
			15:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13
			16:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13
			17:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13
			18:00	15	13	15	12	12	13	10	12	9	10	21	14
			19:00	15	13	15	12	12	13	10	12	9	10	21	14
			20:00	15	13	15	12	12	13	10	12	9	10	21	14
	Llano	Punta	21:00	15	13	15	12	12	13	10	12	9	10	21	14
			22:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13
			23:00	13	9	15	12	12	13	10	12	9	10	14	13

Tabla 1.32. Consumo horario medio (kWh) – FDS y festivos (Aulario EUITA -53GV)

Verano	Invierno	Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valle	Valle	0:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		1:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		2:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		3:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		4:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		5:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		6:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
Llano	Llano	7:00	6	6	7	7	8	7	8	7	6	7	11	8
		8:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
		9:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7
		10:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7
		11:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7
		12:00	9	7	9	7	8	7	8	10	5	8	7	7
		13:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
		14:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
Llano		15:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

		16:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
		17:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
	Punta	18:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		19:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		20:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		21:00	12	10	9	9	8	7	9	10	5	8	11	9
		22:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7
		23:00	9	7	9	9	8	7	9	10	5	7	7	7

Anejo 2: Objetivos, Metas. Alternativas Estratégicas

2.1. Generación de alternativas

2.1.1 Metodología de cálculo

Para determinar tanto la energía generada como la irradiación sobre plano inclinado fijo, del generador, se analizó la metodología propuesta por Fernández Salgado, 2007. Donde α representa el azimut, que al suponer la óptima para el hemisferio norte, es decir al sur, es cero; β es la inclinación con el plano horizontal (tabla 1.33)., que depende de ϕ , que es la latitud. En función del periodo de diseño se usará una inclinación u otra, se analizaron dos casos, maximizar anual y maximizar la producción en invierno.

Tabla 1.33. Inclinación óptima y constante de mayoración de la irradiación sobre el plano del generador			
Período de diseño	$\beta_{\text{óptima}}$	$\beta_{\text{opt}} (\text{Madrid})$	$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi+10$	50,5°	1,7
Julio	$\phi-20$	20,5°	1
Anual	$\phi-10$	30,5°	1,15

La siguiente ecuación da dicha irradiación en función de $G_{dm}(0)$, que es la irradiación diaria media sobre plano horizontal, obtenida de la estación meteorológica, FI el factor de irradiación y FS el factor de sombreado.

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \times K \times FI \times FS$$

El factor de irradiación viene determinado por la siguiente ecuación para latitudes entre 15° y 90°, como es el caso de Madrid que se encuentra a aproximadamente 40,5°.

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (\phi - \beta_{opt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times \alpha^2]$$

“El factor de sombreado (FS) representa el porcentaje de radiación incidente sobre el generador respecto al caso de ausencia total de sombras. Las

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

pérdidas por sombreado vienen dadas por $(1-FS)$ (Fernández, 2007), siendo así la superficie disponible escogida al encontrarse en las cubiertas no encuentra obstáculos y por ello no habrá pérdidas por sombreado y FS es uno.

Se obtiene entonces que la irradiación corregida diaria anual es de 5,33 HSE, empleando el valor medio anual de los 30 años analizados, que es de 4,64 HSE diarias de media anual. Pero al desconocer los ángulos de inclinación óptimos para cada mes, así como sus constantes de mayoración no se puede extrapolar esta metodología a los valores mensuales.

Para obtener la irradiación diaria mensual corregida se utilizaron los valores del programa PVsyst. Se observa que los valores medios de irradiación global sobre plano horizontal son muy próximos a las medias obtenidas de 30 años, motivo por el cual se dan como válidos (también se ha comprobado su proximidad al compararlos con un ejemplo de Fernández Salgado).

A partir de los datos de irradiación sobre plano inclinado se empleó la siguiente fórmula para determinar la energía generada, en la que se buscó optimizar la potencia pico a instalar. Dicha fórmula aplica el "Performance ratio" (PR), se empleó un valor medio de 0,9, basándose en los valores reales (figura 1.4) de la planta fotovoltaica existente en la ETSIAAB.

$$\frac{kWh \text{ generados}}{\text{día}} = \frac{G_{am}(0,30) \left(\frac{kWh}{m^2 \times \text{día}} \right) \times P_p(kW) \times PR}{G_{CEM} \left(1 \frac{kW}{m^2} \right)}$$

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 1.2. Datos de irradiación sobre plano horizontal e inclinado 30° (Máxima producción anual)

Climatología Mensual en Madrid, (Lat. 40.45° N, long. -3.55° W, alt. 585 m)		
Plano: inclinación 30°, acimut 0°, bo (IAM)=0.05		
	Horiz. Glob kWh/m ² .día	Tilted Glob kWh/m ² .día
Enero	2.00	3.53
Febrero	2.94	4.42
Marzo	4.32	5.64
Abril	5.56	6.21
Mayo	6.33	6.30
Junio	7.32	6.97
Julio	7.66	7.40
Agosto	6.69	7.11
Septiembre	5.09	6.24
Octubre	3.30	4.58
Noviembre	2.29	3.66
Diciembre	1.69	2.96
Año	4.61	5.42

Leyendas: Horiz. Glob Global on horizontal plane
Tilted Glob Gobal on tilted plane

Fuente: PVSyst (versión 2017)

Figura 1.3. Datos de irradiación sobre plano horizontal e inclinado 50° (Máxima producción en diciembre)

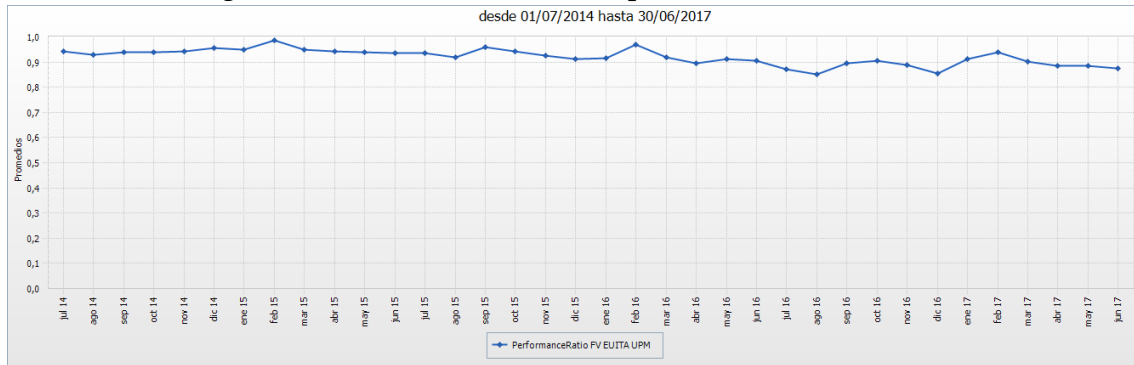
Climatología Mensual en Madrid, (Lat. 40.45° N, long. -3.55° W, alt. 585 m)		
Plano: inclinación 50°, acimut 0°, bo (IAM)=0.05		
	Horiz. Glob kWh/m ² .día	Tilted Glob kWh/m ² .día
Enero	2.00	4.11
Febrero	2.94	4.86
Marzo	4.32	5.82
Abril	5.56	5.88
Mayo	6.33	5.58
Junio	7.32	5.94
Julio	7.66	6.36
Agosto	6.69	6.51
Septiembre	5.09	6.22
Octubre	3.30	4.87
Noviembre	2.29	4.13
Diciembre	1.69	3.44
Año	4.61	5.31

Leyendas: Horiz. Glob Global on horizontal plane
Tilted Glob Gobal on tilted plane

Fuente: PVSyst (versión 2017)

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Es importante considerar que el PR es el factor de rendimiento global del sistema, que considera las diversas pérdidas que se producen, por temperatura, en el inversor, en el cableado, entre otras. Por ello, en un sistema que alimentase elementos de consumo este podría disminuir en mayor o menor medida.

Figura 1.4. Performance Ratio de la planta fotovoltaica de la ETSIAAB**Fuente: SunnyPortal**

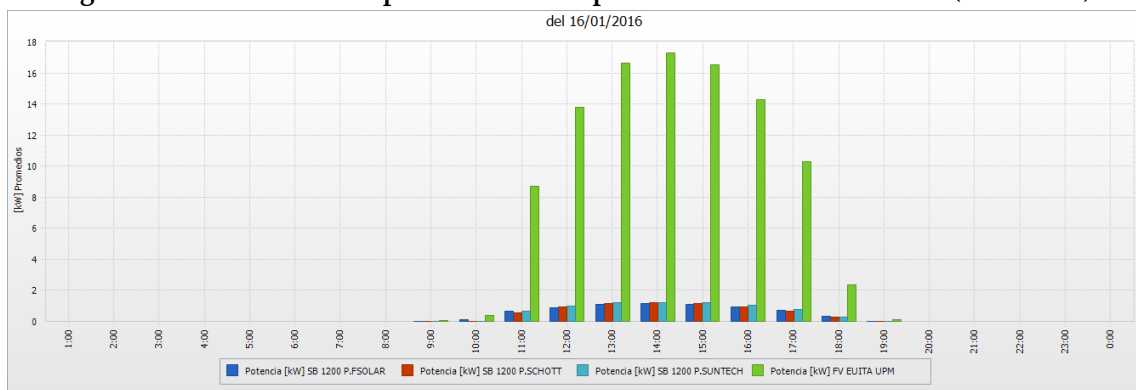
Para llevar a cabo una distribución de la energía diaria generada se emplearon las curvas de la planta existente en la ETSIAAB, en días que se consideraron, al no haber picos sobresalientes, poco nublados (figuras 1.5 a 1.16). Se distribuyó esa energía para cada mes como se indica a continuación:

- Enero: 9 horas de producción de 10:00 a 19:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1%, 9%, 14%, 17%, 18%, 17%, 14%, 9% y 1%.
- Febrero: 10 horas de producción de 10:00 a 20:00 y una distribución en porcentaje por hora de 2%, 8%, 11%, 13,5%, 16%, 16%, 13,5%, 11%, 8% y 2%.
- Marzo: 11 horas de producción de 9:00 a 20:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1,5%, 7%, 9%, 11%, 14%, 15%, 14%, 11%, 9%, 7% y 1,5%.
- Abril: 13 horas de producción de 9:00 a 22:00 y una distribución en porcentaje por hora de 0,5%, 3%, 7%, 9%, 12%, 12%, 13%, 12%, 12%, 9%, 7%, 3% y 0,5%.
- Mayo: 13 horas de producción de 9:00 a 22:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1%, 3,5%, 7%, 9%, 11%, 12%, 13%, 12%, 11%, 9%, 7%, 3,5% y 1%.
- Junio: 13 horas de producción de 9:00 a 22:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1,5%, 4%, 7,5%, 10%, 10%, 10,5%, 13%, 10,5%, 10%, 10%, 7,5%, 4% y 1,5%.
- Julio: 13 horas de producción de 9:00 a 22:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1%, 3,5%, 7%, 9,5%, 11%, 12%, 12%, 12%, 11%, 9,5%, 7%, 3,5% y 1%.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

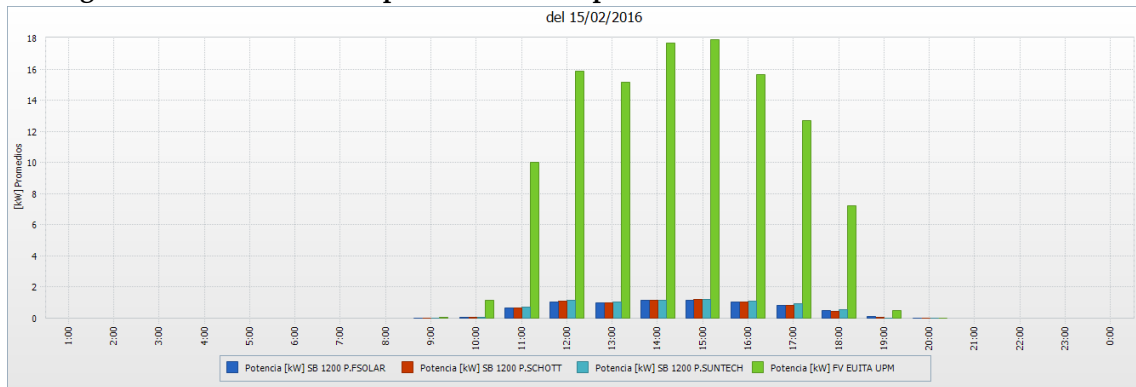
- Agosto: 13 horas de producción de 9:00 a 22:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1%, 3%, 7%, 9%, 12%, 12%, 12%, 12%, 12%, 9%, 7%, 3% y 1%.
- Septiembre: 11 horas de producción de 10:00 a 21:00 y una distribución en porcentaje por hora de 2%, 5%, 9%, 13, 14%, 14%, 14%, 13%, 9%, 5% y 2%.
- Octubre: 10 horas de producción de 10:00 a 20:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1%, 6%, 12%, 15%, 16%, 16%, 15%, 12%, 6% y 1%.
- Noviembre: 9 horas de producción de 10:00 a 19:00 y una distribución en porcentaje por hora de 3%, 10%, 13%, 15,5%, 17%, 15,5%, 13%, 10% y 3%.
- Diciembre: 9 horas de producción de 10:00 a 19:00 y una distribución en porcentaje por hora de 1%, 8%, 14%, 17%, 20%, 17%, 14%, 8% y 1%.

Figura 1.5. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (16/01/2016)



Fuente: SunnyPortal

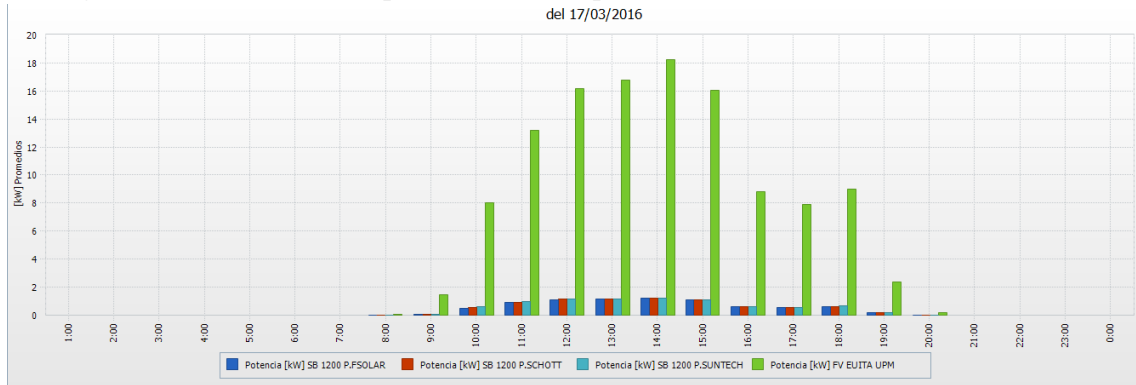
Figura 1.6. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/02/2016)



Fuente: SunnyPortal

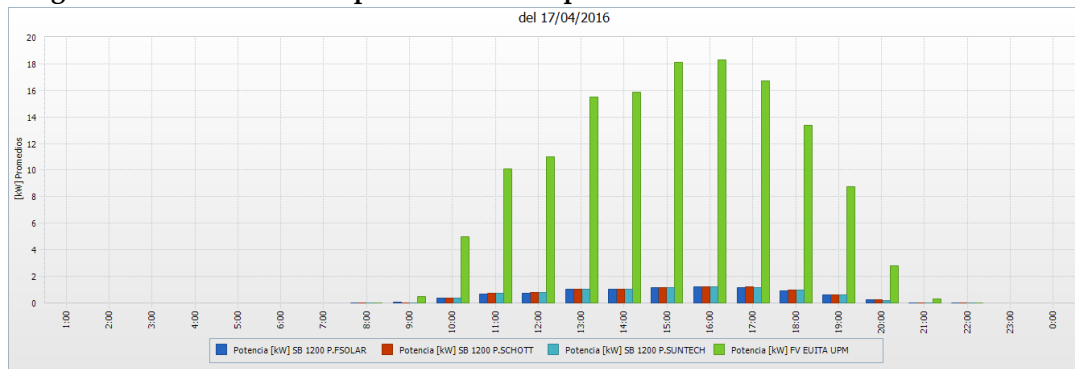
Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 1.7. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (17/03/2016)



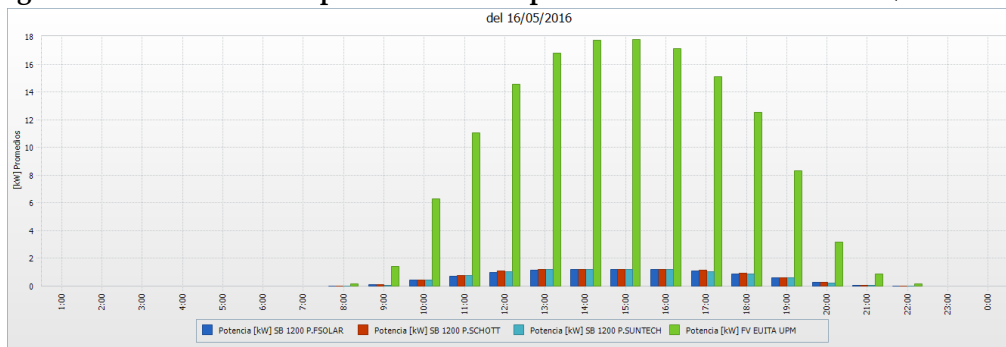
Fuente: SunnyPortal

Figura 1.8. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (17/04/2016)



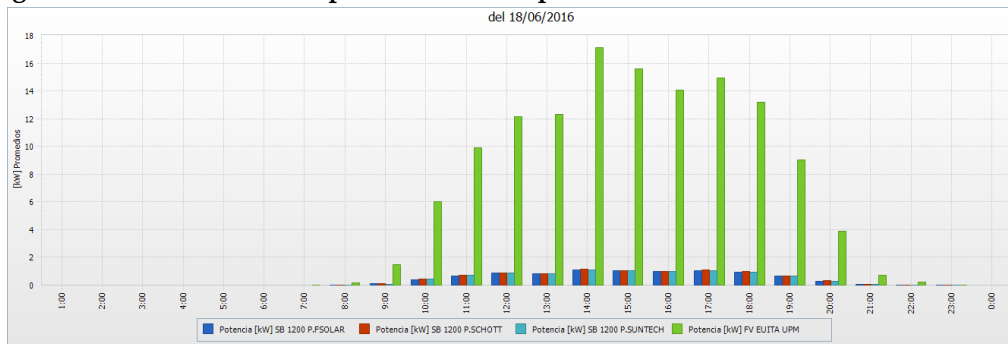
Fuente: SunnyPortal

Figura 1.9. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (16/05/2016)



Fuente: SunnyPortal

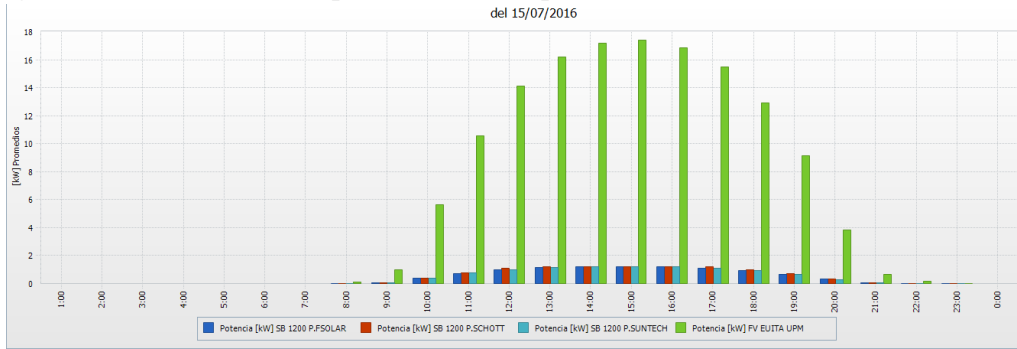
Figura 1.10. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (18/06/2016)



Fuente: SunnyPortal

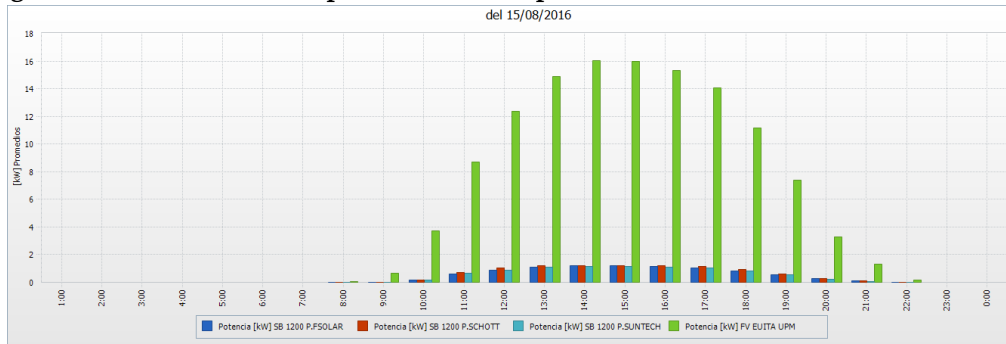
Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 1.11. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/07/2016)



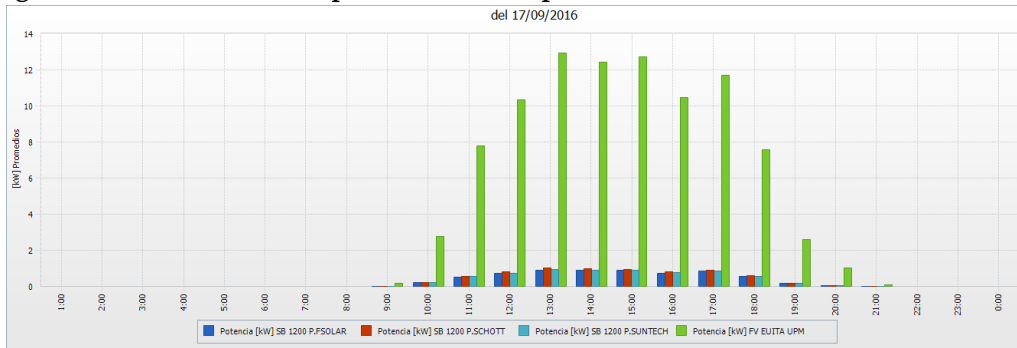
Fuente: SunnyPortal

Figura 1.12. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/08/2016)



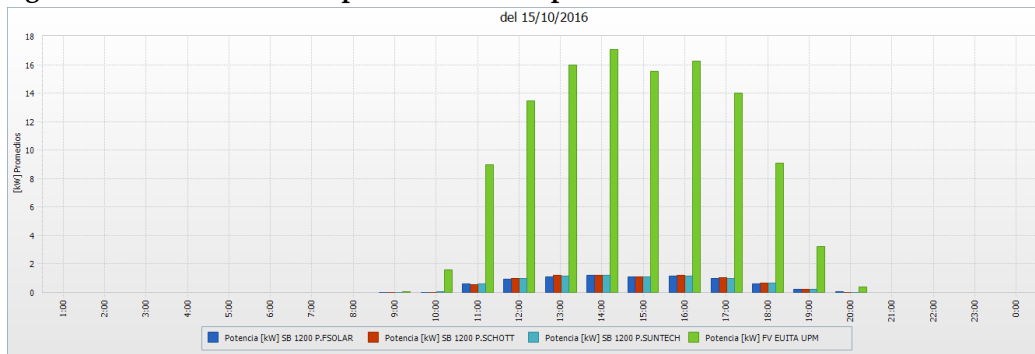
Fuente: SunnyPortal

Figura 1.13. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (17/09/2016)



Fuente: SunnyPortal

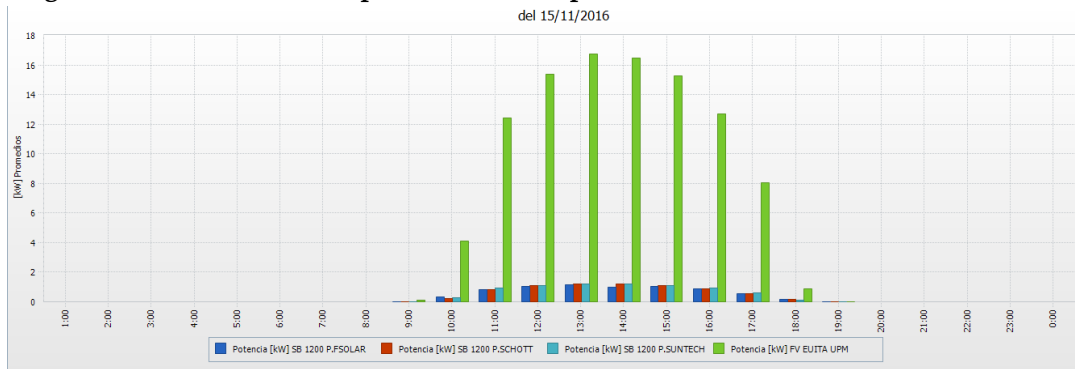
Figura 1.14. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/10/2016)



Fuente: SunnyPortal

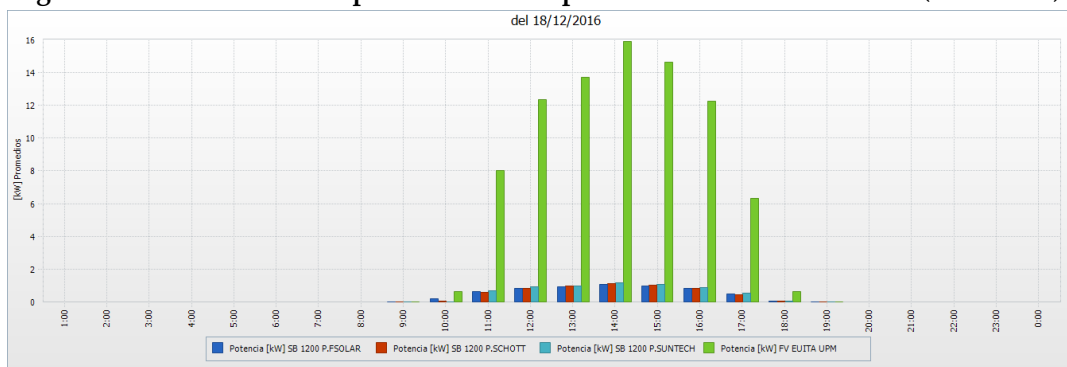
Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Figura 1.15. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (15/11/2016)



Fuente: SunnyPortal

Figura 1.16. Evolución de la producción de la planta fotovoltaica ETSIAAB (18/12/2016)



Fuente: SunnyPortal

Para determinar el coste que representaría el consumo energético sin el uso de energía solar fotovoltaica se emplearon los precios de los términos de energía activa y de potencia, para cada periodo tarifario, vigentes actualmente y en función de la media de días laborables y festivos de cada mes, del consumo horario en kWh y del termino de facturación de potencia se obtuvo el consumo mensual y al resultado se le aplico un 21% de IVA.

El término de facturación de potencia para las tarifas 3.0 A y 3.1 A, viene definido en el RD1164/2001, y se determina con la máxima potencia demandada, en cada período, medida por el maxímetro. Dicho término se calcula con las siguientes fórmulas, donde P_F es la potencia a facturar, P_C , la contratada y P_D , la demandada:

- $0,85P_C \leq P_D \leq 1,05P_C \rightarrow P_F = P_D$
- $P_D > 1,05P_C \rightarrow P_F = P_D + 2(P_D - 1,05P_C)$
- $P_D < 0,85P_C \rightarrow P_F = 0,85P_C$

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

En el caso de instalar una planta fotovoltaica para determinar el coste económico, se utilizó la misma metodología anterior para la energía activa consumida de la red, y adicionalmente se obtuvo el coste del cargo transitorio que supondría la energía consumida y se redujo al 85% el término de facturación de potencia del momento de mayor consumo, llano o valle, según el mes, resaltado que en muchos casos la potencia demandada actualmente ya es inferior al 85% de la contratada, por lo que la planta fotovoltaica no supondría ningún cambio en el coste de la potencia si no se lleva a cabo un reajuste.

Los precios de la energía eléctrica, a junio de 2017, vienen recogidos en la tabla 1.33, ya los precios de la energía autoconsumida se encuentran en la tabla 1.4, del apartado 1.1.2 del anejo 1, que contiene el cargo transitorio por autoconsumo vigente desde el 01 de enero de 2017.

Tabla 1.33. Precios de la energía eléctrica 2017			
Tarifa	Período	Término de potencia (€/kW año)	Precio de energía (€/kWh)
Tarifa 3.0 A > 10.000 kWh	Punta	41,895552	0,149288
	Llano	25,603997	0,127786
	Valle	17,458222	0,095404
Tarifa 3.0 A < 10.001 kWh	Punta	41,728885	0,149288
	Llano	25,437330	0,127786
	Valle	17,291555	0,095404
Tarifa 3.1 A	Punta	59,173468	0,131381
	Llano	36,490689	0,120124
	Valle	8,367731	0,094029

Fuente: Gas Natural Fenosa, 29/06/2017

2.1.2. Potencia óptima por punto de suministro

2.1.1.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (CUPS ES002100000485731NC1P)

Se obtuvieron como se indica en la tabla 1.34, en función de la inclinación de los paneles, la potencia óptima a instalar para garantizar que el vertido fuese cero en todo momento, y el ahorro, tanto económico como energético, que estas generarían. En el análisis se limitó la potencia en función de la superficie disponible en toda la ETSIAAB, sin embargo, este edificio no tiene capacidad para instalar ninguna de las potencias, este dispone de una superficie disponible en cubierta de apenas 393,6 m² lo que permitiría instalar hasta 20 kWp, esto sin considerar los tejados inclinados que incrementan en 178,9 m² dicha superficie, pero que debido al nivel de protección de la ciudad universitaria no se

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

consideraron. También se aprecia en dicha tabla, la energía y el ahorro que generarían, la potencia óptima es la del mes de marzo.

Inclinación	30°	50°	30°	50°
Consumo (kWh/año)	862842			
Consumo sin FV (€/año)	151304			
Potencia óptima (kWp)	75	73	20	20
Energía generada (kWh/año)	133685	126453	35649	34919
Cargo transitorio generación (€/año)	1612,5	1529,5	430	419
Consumo CON FV (€/año)	134550	135380	146375	146484
Ahorro (€/año) con CT	16754	15923	4929	4819
Ahorro (€/año) sin CT	18366	17453	5359	5238
CT generación/Consumo CON (%)	1,19	1,13	0,29	0,29
Coste instalación (€)	150000	146000	40000	40000
Amortización SIN CT (años)	8,2	8,4	28	27,9
Amortización CON CT (años)	9	9,2	30,4	30,3
Energía generada (%)	15,3	14,6	4,1	4
Ahorro económico (%) con CT	11,1	10,5	3,3	3,2

Se aprecia que instalar apenas los 20 kWp de potencia que la superficie de este edificio permite, es inviable para cualquier inclinación pues el tiempo de amortización es superior a los 30 años de vida útil que pueden llegar a tener las placas, además de que la energía generada no llega al 4%.

2.1.1.2. Biblioteca 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000010539175CC)

De igual forma que en el apartado anterior se determinó la potencia óptima para este punto de suministro, con las dos inclinaciones diferentes, obteniendo que, en este caso, la superficie sobre la biblioteca si es suficiente para instalar dicha potencia, que es la obtenida para el mes de septiembre. En la tabla 1.35, se pueden apreciar ambas alternativas, así como la energía generada y otros parámetros relevantes.

Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	299532	
Consumo sin FV (€/año)	66817	
Potencia óptima (kWp)	11	11,5
Energía generada (kWh/año)	19607	20078
Cargo transitorio generación (€/año)	291	297
Consumo CON FV (€/año)	63963	63901

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Ahorro (€/año) con CT	2855	2665
Ahorro (€/año) sin CT	3146	2962
CT generación/Consumo CON (%)	0,46	0,47
Coste instalación (€)	22000	23000
Amortización SIN CT (años)	7	7,8
Amortización CON CT (años)	7,7	8,6
Energía generada (%)	6,5	6,7
Ahorro económico (%) con CT	4,27	4,00

2.1.1.3. *Aulario 1 de la ETSIAAB (ETSIA) (CUPS ES0021000004857529NH)*

Tabla 1.36. Alternativas de potencia óptima para el Aulario ETSIA		
Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	64084	
Consumo sin FV (€/año)	22401	
Potencia óptima (kWp)	1,5	2
Energía generada (kWh/año)	2674	3492
Cargo transitorio generación (€/año)	39,69	51,69
Consumo CON FV (€/año)	22046	21937
Ahorro (€/año) con CT	355	463
Ahorro (€/año) sin CT	395	515
CT generación/Consumo CON (%)	0,18	0,23
Coste instalación (€)	3000	4000
Amortización SIN CT (años)	7,6	7,8
Amortización CON CT (años)	8,4	8,6
Energía generada (%)	4,2	5,4
Ahorro económico (%) con CT	1,58	2,07

2.1.1.4. *Edificio de motores (CUPS ES0021000004857530NL)*

Tabla 1.37. Alternativas de potencia óptima para el Edificio de Motores		
Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	47394	
Consumo sin FV (€/año)	12298	
Potencia óptima (kWp)	3,4	
Energía generada (kWh/año)	6060	5936
Cargo transitorio generación (€/año)	89,97	87,86
Consumo CON FV (€/año)	11493	11510
Ahorro (€/año) con CT	805	788
Ahorro (€/año) sin CT	895	876
CT generación/Consumo CON (%)	0,78	0,76
Coste instalación (€)	6800	
Amortización SIN CT (años)	7,6	7,7

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Amortización CON CT (años)	8,4	8,6
Energía generada (%)	12,8	12,5
Ahorro económico (%) con CT	6,54	6,41

2.1.1.5. Aulario 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000010475853GV)

En la tabla 1.38, se puede apreciar que la potencia óptima a instalar para cada una de las inclinaciones planteadas, al igual que en el caso anterior coinciden. Dicha potencia es la que se obtuvo para el mes de septiembre, cabe recordar que este edificio está cogido a la tarifa 3.0 A.

Tabla 1.38. Alternativas de potencia óptima para el Aulario 2 (EUITA)		
Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	209484	
Consumo sin FV (€/año)	47225	
Potencia óptima (kWp)	6,5	
Energía generada (kWh/año)	11586	11349
Cargo transitorio generación (€/año)	172	168
Consumo CON FV (€/año)	45508	45539
Ahorro (€/año) con CT	1718	1686
Ahorro (€/año) sin CT	1890	1854
CT generación/Consumo CON (%)	0,38	0,37
Coste instalación (€)	13000	
Amortización SIN CT (años)	6,9	7
Amortización CON CT (años)	7,6	7,7
Energía generada (%)	5,53	5,42
Ahorro económico (%) con CT	3,64	3,57

2.1.1.6. Edificio Principal de la antigua EUITA (CUPS ES0021000004836536CR)

Tabla 1.39. Alternativas de potencia óptima para el Edificio Principal de la antigua EUITA		
Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	211870	
Consumo sin FV (€/año)	40627	
Potencia óptima (kWp)	9	9,5
Energía generada (kWh/año)	16042	16586
Cargo transitorio generación (€/año)	238	246
Consumo CON FV (€/año)	38447	38375
Ahorro (€/año) con CT	2180	2252
Ahorro (€/año) sin CT	2419	2498
CT generación/Consumo CON (%)	0,62	0,64
Coste instalación (€)	18000	19000
Amortización SIN CT (años)	7,4	7,6
Amortización CON CT (años)	8,3	8,4

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Energía generada (%)	7,57	7,83
Ahorro económico (%) con CT	5,37	5,54

2.1.1.7. *Biblioteca 2 de la ETSIAAB (EUITA) (CUPS ES0021000004836537CW)*

En la tabla 1.40, se observan las potencias óptimas obtenidas para las dos inclinaciones analizadas, así como la energía generada y los demás parámetros de interés.

Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	139889	
Consumo sin FV (€/año)	26010	
Potencia óptima (kWp)	10,5	11
Energía generada (kWh/año)	18716	19205
Cargo transitorio generación (€/año)	277	284
Consumo CON FV (€/año)	23447	23383
Ahorro (€/año) con CT	2563	2628
Ahorro (€/año) sin CT	2841	2912
CT generación/Consumo CON (%)	1,19	1,22
Coste instalación (€)	21000	22000
Amortización SIN CT (años)	7,4	7,6
Amortización CON CT (años)	8,2	8,4
Energía generada (%)	13,37	13,73
Ahorro económico (%) con CT	9,85	10,10

2.1.2. Potencia óptima por conjuntos de puntos de suministro

2.1.2.1. *Conjunto ETSIA*

Se observa en la tabla 1.41, las potencias óptimas obtenidas para las dos inclinaciones analizadas.

Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	411010	
Consumo sin FV (€/año)	101375	
Potencia óptima (kWp)	18	
Energía generada (kWh/año)	32084	31427
Cargo transitorio generación (€/año)	476	465
Consumo CON FV (€/año)	96962	97050

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Ahorro (€/año) con CT	4413	4324
Ahorro (€/año) sin CT	4889	4789
CT generación/Consumo CON (%)	0,49	0,48
Coste instalación (€)	36000	
Amortización SIN CT (años)	7,4	7,5
Amortización CON CT (años)	8,2	8,3
Energía generada (%)	7,8	7,6
Ahorro económico (%) con CT	4,35	4,27

2.1.2.2. Conjunto EUITA

Tabla 1.42. Alternativas de potencia óptima para el conjunto EUITA		
Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	561243	
Consumo sin FV (€/año)	112194	
Potencia óptima (kWp)	27	
Energía generada (kWh/año)	48051	47140
Cargo transitorio generación (€/año)	713	698
Consumo CON FV (€/año)	105687	105810
Ahorro (€/año) con CT	6507	6383
Ahorro (€/año) sin CT	7220	7081
CT generación/Consumo CON (%)	0,67	0,66
Coste instalación (€)	54000	
Amortización SIN CT (años)	7,5	7,6
Amortización CON CT (años)	8,3	8,5
Energía generada (%)	8,6	8,4
Ahorro económico (%) con CT	5,80	5,69

2.1.2.3. Conjunto ETSIAAB (Edificios Tarifa 3.0 A)

Tabla 1.43. Alternativas de potencia óptima para el conjunto ETSIAAB (Sin edificio principal)		
Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	972253	
Consumo sin FV (€/año)	213483	
Potencia óptima (kWp)	45	45,5
Energía generada (kWh/año)	80211	79440
Cargo transitorio generación (€/año)	1191	1176
Consumo CON FV (€/año)	202833	202938
Ahorro (€/año) con CT	10650	10545
Ahorro (€/año) sin CT	11841	11721
CT generación/Consumo CON (%)	0,59	0,58
Coste instalación (€)	90000	91000
Amortización SIN CT (años)	7,6	7,8
Amortización CON CT (años)	8,5	8,6
Energía generada (%)	8,3	8,2

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Ahorro económico (%) con CT	4,99	4,94
-----------------------------	------	------

2.1.3. Potencia óptima campos de prácticas (CUPS ES0021000004673041HJ1P)

Inclinación	30°	50°
Consumo (kWh/año)	1131052	
Consumo sin FV (€/año)	182771	
Potencia óptima (kWp)	83	87
Energía generada (kWh/año)	147945	151896
Cargo transitorio generación (€/año)	1785	1823
Consumo CON FV (€/año)	147818	146435
Ahorro (€/año) con CT	34953	35336
Ahorro (€/año) sin CT	36737	37159
CT generación/Consumo CON (%)	1,21	1,24
Coste instalación (€)	166000	174000
Amortización SIN CT (años)	4,5	4,7
Amortización CON CT (años)	4,7	4,9
Energía generada (%)	13,1	13,4
Ahorro económico (%) con CT	19,12	19,33

2.2. Análisis y selección de alternativas

2.2.1. Análisis de alternativas

2.2.1.1. *Alternativa 1*

En la tabla 1.45, se pueden apreciar los parámetros a considerar de dicha planta que, al estar planteada exclusivamente para este edificio, coinciden, con los de potencia óptima a 30° de la tabla 1.34.

Parámetro	Unidad	NC1P
Inclinación	°	30
Superficie estimada	(m ²)	1471
Localización	Cubierta EP EUITA	
Potencia óptima	kWp	75
Consumo	kWh/año	872842
Energía generada	kWh/año	133685
Energía generada	%	15,32

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Ahorro con CT	€/año	16754
Gasto sin FV	€/año	151304
Consumo con FV	€/año	134550
Ahorro con CT	%	11,07
Cargo transitorio generación	€/año	1613
Ahorro sin CT	€/año	18366
CT/ Consumo con CT	%	1,20
Amortización sin CT	años	8,17
Amortización con CT	años	8,95
Coste instalación	€	150000

2.2.1.2. Alternativa 2

La tabla 1.46, recoge los parámetros totales de esta alternativa, y cuál sería la energía generada y el tiempo de amortización del conjunto.

Tabla 1.46. Alternativa 2		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	2322
Potencia óptima	kWp	118,4
Consumo	kWh/año	1845096
Energía generada	kWh/año	210222
Energía generada	%	11,39
Ahorro con CT	€/año	27474
Gasto sin FV	€/año	366683
Consumo con FV	€/año	339209
Ahorro con CT	%	7,49
Cargo transitorio generación	€/año	2747
Ahorro sin CT	€/año	30221
CT/ Consumo con CT	%	0,81
Amortización sin CT	años	7,84
Amortización con CT	años	8,62
Coste instalación	€	236800

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*2.2.1.3. Alternativa 3*

La tabla 1.47 recoge los parámetros más importantes de esta alternativa.

Tabla 1.47. Alternativa 3		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	2353
Potencia óptima	kWp	120
Consumo	kWh/año	1845096
Energía generada	kWh/año	213821
Energía generada	%	11,59
Ahorro con CT	€/año	27673
Gasto sin FV	€/año	364872
Consumo con FV	€/año	337199
Ahorro con CT	%	7,58
Cargo transitorio generación	€/año	2802
Ahorro sin CT	€/año	30475
CT/ Consumo con CT	%	0,83
Amortización sin CT	años	7,88
Amortización con CT	años	8,67
Coste instalación	€	240000

2.2.1.4. Alternativa 4

En la tabla 1.48, se pueden apreciar los parámetros a considerar de dicha planta que, al estar planteada exclusivamente para este conjunto, coinciden, con los de potencia óptima a 30° de la tabla 1.43.

Tabla 1.48. Alternativa 4		
Parámetro	Unidad	ETSIAAB
Inclinación	°	30
Superficie estimada		882
Localización	Cubierta EP. EUITA	
Potencia óptima	kWp	45
Consumo	kWh/año	972253
Energía generada	kWh/año	80211
Energía generada	%	8,52
Ahorro con CT	€/año	10651
Gasto sin FV	€/año	213484
Consumo con FV	€/año	202833
Ahorro con CT	%	4,99

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Cargo transitorio generación	€/año	1191
Ahorro sin CT	€/año	11841
CT/ Consumo con CT	%	0,59
Amortización sin CT	años	7,60
Amortización con CT	años	8,45
Coste instalación	€	90000

2.2.1.5. *Alternativa 5*

La tabla 1.49. recoge los parámetros más relevantes del conjunto de esta alternativa.

Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	882
Potencia óptima	kWp	45
Consumo	kWh/año	972253
Energía generada	kWh/año	80136
Energía generada	%	8,24
Ahorro con CT	€/año	10919
Gasto sin FV	€/año	213568
Consumo con FV	€/año	202649
Ahorro con CT	%	5,11
Cargo transitorio generación	€/año	1190
Ahorro sin CT	€/año	12109
CT/ Consumo con CT	%	0,59
Amortización sin CT	años	7,46
Amortización con CT	años	8,24
Coste instalación	€	90000

2.2.1.6. *Alternativa 6*

Parámetro	Unidad	HJ1P
Inclinación	°	50
Superficie estimada	(m ²)	1706
Localización	Campos	
Potencia óptima	kWp	87
Consumo	/año	1131052
Energía generada	kWh/año	151897
Energía generada	%	13,43
Ahorro con CT	€/año	35336

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Gasto sin FV	€/año	182771
Consumo con FV	€/año	147435
Ahorro con CT	%	19,33
Cargo transitorio generación	€/año	1823
Ahorro sin CT	€/año	37159
CT/ Consumo con CT	%	1,24
Amortización sin CT	años	4,68
Amortización con CT	años	4,92
Coste instalación	€	174000

2.2.1.7. *Alternativa 7*

La tabla 1.47 recoge los parámetros más importantes de esta alternativa en conjunto.

Tabla 1.51. Alternativa 7		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	3176
Potencia óptima	kWp	162
Consumo	kWh/año	2003895
Energía generada	kWh/año	285582
Energía generada	%	14,25
Ahorro con CT	€/año	52089
Gasto sin FV	€/año	334074
Consumo con FV	€/año	281985
Ahorro con CT	%	15,59
Cargo transitorio generación	€/año	3435
Ahorro sin CT	€/año	55525
CT/ Consumo con CT	%	1,22
Amortización sin CT	años	5,84
Amortización con CT	años	6,22
Coste instalación	€	324000

2.2.1.8. *Alternativa 8*

La tabla 1.48, recoge los parámetros más importantes de la alternativa 8, en su conjunto.

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.52. Alternativa 8		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	4027
Potencia óptima	kWp	205
Consumo	kWh/año	2976148
Energía generada	kWh/año	362119
Energía generada	%	12,17
Ahorro con CT	€/año	62810
Gasto sin FV	€/año	549454
Consumo con FV	€/año	486644
Ahorro con CT	%	11,43
Cargo transitorio generación	€/año	4570
Ahorro sin CT	€/año	67380
CT/ Consumo con CT	%	0,94
Amortización sin CT	años	6,10
Amortización con CT	años	6,54
Coste instalación	€	410800

2.2.1.9. Alternativa 9

La tabla 1.49, recoge los parámetros más importantes de la alternativa 9, en su conjunto.

Tabla 1.53. Alternativa 9		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	4059
Potencia óptima	kWp	207
Consumo	kWh/año	2976148
Energía generada	kWh/año	365717
Energía generada	%	12,29
Ahorro con CT	€/año	63008
Gasto sin FV	€/año	547643
Consumo con FV	€/año	484634
Ahorro con CT	%	11,51
Cargo transitorio generación	€/año	4625
Ahorro sin CT	€/año	67633
CT/ Consumo con CT	%	0,95
Amortización sin CT	años	6,12
Amortización con CT	años	6,57
Coste instalación	€	414000

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB*2.2.1.10. Alternativa 10*

La tabla 1.50, recoge los parámetros más importantes de la alternativa 10, en su conjunto.

Tabla 1.54. Alternativa 10		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	2588
Potencia óptima	kWp	132
Consumo	kWh/año	2103306
Energía generada	kWh/año	232032
Energía generada	%	11,03
Ahorro con CT	€/año	46255
Gasto sin FV	€/año	396339
Consumo con FV	€/año	350084
Ahorro con CT	%	11,67
Cargo transitorio generación	€/año	3012
Ahorro sin CT	€/año	49267
CT/ Consumo con CT	%	0,86
Amortización sin CT	años	5,36
Amortización con CT	años	5,71
Coste instalación	€	264000

2.2.1.11. Alternativa 11

La tabla 1.51, recoge los parámetros más importantes de la alternativa 11, en su conjunto.

Tabla 1.55 Alternativa 11		
Parámetro	Unidad	Total
Superficie estimada	(m ²)	2588
Potencia óptima	kWp	132
Consumo	kWh/año	2103306
Energía generada	kWh/año	232032
Energía generada	%	11,04
Ahorro con CT	€/año	45986
Gasto sin FV	€/año	396354
Consumo con FV	€/año	350268
Ahorro con CT	%	11,61
Cargo transitorio generación	€/año	3014

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Ahorro sin CT	€/año	49000
CT/ Consumo con CT	%	0,86
Amortización sin CT	años	5,39
Amortización con CT	años	5,74
Coste instalación	€	264000

2.3. Definición de las metas

Tabla 1.56. Consumo y energía generada en el Edificio Principal

Mes	Consumo (kWh)	Generación (kWh)	%
Enero	74737	7386,525	9,9
Febrero	79984	8437,338	10,5
Marzo	75830	11801,7	15,6
Abril	72228	12575,25	17,4
Mayo	69400	13182,75	19,0
Junio	72680	14114,25	19,4
Julio	83142	15484,5	18,6
Agosto	49879	14877,675	29,8
Septiembre	71605	12636	17,6
Octubre	72492	9583,65	13,2
Noviembre	70830	7411,5	10,5
Diciembre	68810	6193,8	9,0
Total	861618	133685	15,5

Tabla 1.57. Consumo y energía generada en los Campos de Prácticas

Mes	Consumo (kWh)	Generación (kWh)	%
Enero	149455	9976,203	6,7
Febrero	137532	10761,61464	7,8
Marzo	118702	14126,886	11,9
Abril	88181	13812,12	15,7
Mayo	69189	13544,334	19,6
Junio	60792	13953,06	23,0
Julio	68464	15437,628	22,5
Agosto	56702	15801,723	27,9
Septiembre	53894	14610,78	27,1
Octubre	78716	11820,951	15,0
Noviembre	106634	9701,37	9,1
Diciembre	136039	8349,912	6,1
Total	1124300	151897	13,5

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Tabla 1.58. Consumo y energía generada por la alternativa 7			
Mes	Consumo (kWh)	Generación (kWh)	%
Enero	224193	17362,728	7,7
Febrero	217516	19198,95264	8,8
Marzo	194532	25928,586	13,3
Abril	160409	26387,37	16,5
Mayo	138589	26727,084	19,3
Junio	133472	28067,31	21,0
Julio	151606	30922,128	20,4
Agosto	106580	30679,398	28,8
Septiembre	125499	27246,78	21,7
Octubre	151208	21404,601	14,2
Noviembre	177464	17112,87	9,6
Diciembre	204849	14543,712	7,1
Total	1985918	285582	14,4

Anejo 3: Ingeniería del Diseño

3.2.1. Edificio Principal de la ETSIAAB (NC1P)

Figura 1.17. Balances y resultados principales de la simulación para el Edificio Principal

Balances y resultados principales								
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
Enero	60.4	26.15	5.94	97.9	95.1	7025	6527	0.872
Febrero	82.2	34.04	7.53	115.7	112.7	8094	7529	0.851
Marzo	133.1	53.63	10.84	168.6	163.9	11579	10790	0.837
Abril	164.0	59.75	12.82	180.6	175.4	11984	11149	0.807
Mayo	193.4	75.33	17.83	192.3	186.4	12591	11706	0.796
Junio	217.2	69.22	23.95	206.5	200.0	13007	12095	0.766
Julio	232.7	61.25	26.60	225.3	218.4	13902	12935	0.750
Agosto	204.2	57.94	26.01	217.4	211.2	13492	12562	0.755
Septiembre	150.0	55.13	21.04	177.0	172.0	11401	10619	0.784
Octubre	100.1	48.69	15.58	132.2	128.5	8986	8373	0.828
Noviembre	66.3	33.73	9.18	99.4	96.5	7013	6520	0.857
Diciembre	50.8	27.60	6.26	79.5	77.1	5722	5310	0.873
Año	1654.5	602.45	15.35	1892.3	1837.4	124794	116114	0.802

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 DiffHor Irradiación difusa horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador
 T Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía reinyectada en la red
 GlobInc Global incidente plano receptor PR Factor de rendimiento

Fuente: PVsyst (versión 2017)

3.2.2. Campos de Prácticas de la ETSIAAB (HJ1P)

Figura 1.18. Balances y resultados principales de la simulación para los Campos de Prácticas

Balances y resultados principales								
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
Enero	60.4	26.15	5.94	111.1	109.0	8912	8699	0.895
Febrero	82.2	34.04	7.53	124.1	121.6	9735	9505	0.875
Marzo	133.1	53.63	10.84	171.9	167.5	13308	13004	0.864
Abril	164.0	59.75	12.82	170.1	164.8	12862	12557	0.844
Mayo	193.4	75.33	17.83	169.7	163.5	12698	12394	0.835
Junio	217.2	69.22	23.95	176.0	169.3	12733	12428	0.807
Julio	232.7	61.25	26.60	193.9	186.7	13737	13412	0.791
Agosto	204.2	57.94	26.01	199.5	193.1	14110	13782	0.790
Septiembre	150.0	55.13	21.04	173.5	168.5	12660	12367	0.815
Octubre	100.1	48.69	15.58	138.2	134.9	10614	10370	0.857
Noviembre	66.3	33.73	9.18	109.9	107.6	8702	8496	0.883
Diciembre	50.8	27.60	6.26	89.5	87.6	7222	7048	0.900
Año	1654.5	602.45	15.35	1827.5	1774.1	137291	134061	0.838

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 DiffHor Irradiación difusa horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador
 T Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía reinyectada en la red
 GlobInc Global incidente plano receptor PR Factor de rendimiento

Fuente: PVsyst (versión 2017)

Bibliografía

ABELLA, Miguel Alonso. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al Diseño y Dimensionado de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica*. Colección Era Solar. Madrid, España. S.A.P.T Publicaciones Técnicas S.L. Segunda Edición, revisada y aumentada.

ADRASE (Acceso a Datos de Radiación Solar de España). *Datos Mensuales de Radiación Global*. Fecha de consulta: 17/02/2017. Disponible en: <http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-peninsula.html>

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). *Guía Resumida del Clima en España (1981- 2010)*. Fecha de consulta: 15/02/2017. Disponible en: http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/guia_resumida_2010

APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables). *¿Qué es la Energía Solar Fotovoltaica?* Fecha de consulta: 12/02/2017. Disponible en: http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php

ASOLMEX (Asociación Mexicana de Energía Solar Fotovoltaica). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*. Fecha de consulta: 15/02/2017. Disponible en: <http://www.asolmex.org/energia.html>

FERNÁNDEZ SALGADO, José M^a. (2007). *Guía Completa de la Energía Solar Fotovoltaica (Adaptada al Código Técnico de la Edificación)*. Madrid, España. A. Madrid Vicente Ediciones.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de da Energía). (2011). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. Fecha de consulta: 13/07/2017. Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica>

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

KNIER, Gil. *How do Photovoltaics Work?* Fecha de consulta: 15/02/2017.
 Disponible en: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells>

LORENZO, E. (2002). *Sistemas de Energía Fotovoltaica: Manual del Instalador*. Sevilla, España. PROGNSA (Promotora General de Estudios, S.A). Primera edición.

LORENZO, E. (2006). *Electricidad Solar Fotovoltaica. Volumen II: Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos*. Sevilla, España. PROGNSA (Promotora General de Estudios, S.A). Primera edición.

Jefatura del Estado. (2013). *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico*. Fecha de consulta: 25/04/2017. Disponible en: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>

MINETUR (Ministerio de Industria Energía y Turismo). (2014). *Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos*. Fecha de consulta: 31/05/2017. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-6123

MINETUR (Ministerio de Industria Energía y Turismo). (2015). *Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo*. Fecha de consulta: 25/04/2017. Disponible en: http://boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-10927

MINETUR (Ministerio de Industria Energía y Turismo). (2016). *La Energía en España 2015*. Fecha de consulta: 16/02/2017. Disponible en: http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

MINISTERIO DE ECONOMÍA. (2001). *Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de*

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

energía eléctrica. Fecha de consulta: 09/05/2017. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-20850

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. (2015). *La Energía en España 2015*. Fecha de consulta: 03/07/2017. Disponible en: http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). (2016) *Energías Renovables 2016. Reporte de la Situación Mundial*. Fecha de consulta: 15/04/2107. Disponible en: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). (2017) *Renewables 2017.Global Status Report*. Fecha de consulta: 16/07/2107. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf

SunFields. *Test de Rendimiento Paneles Solares- ¿Qué Marcas tienen Mejor Rendimiento?* Fecha de consulta: 17/02/2017. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/test-rendimiento-paneles/>

SUNNYPORTAL. *Datos de Rendimiento de la Planta Solar Fotovoltaica de la EUITA*. Fecha de consulta: 29/06/17. Disponible en: <https://www.sunnyportal.com/>

UPM (Universidad Politécnica de Madrid). (2016). *Memoria económica 2015*. Fecha de consulta: 15/02/2017. Disponible en: <http://upm.es/UPM/DatosEconomicos/MemoriaEconomica>

YILMAZ, Saban; BINICI, Hanifi; RIZA OZCALIK, Hasan. (2016). *Energy supply in a green school via a photovoltaic-thermal power system*. Fecha de Consulta: 15/05/2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289569814_Energy_supply_in_a_green_school_via_a_photovoltaic-thermal_power_system

PRESUPUESTO

Estudio de Viabilidad del Empleo de Energía Solar Fotovoltaica en la ETSIAAB

Presupuesto

Obra: Presupuesto Orientativo del Estudio de Viabilidad de Emplear Energía Solar Fotovoltaica							% C.I. 3		
Presupuesto							Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Código	Tipo	Ud	Resumen						
INSTALACION	Capítulo		Presupuesto Orientativo del Estudio de Viabilidad de Emplear Energía Solar Fotovoltaica				285.093,65	285.093,65	
N	FOTOVOLTA								
01	Capítulo		Ed. Principal				128.617,49	128.617,49	
P32R	Partida	Ud	Sistema Fotovoltaico			1,000	127.023,05	127.023,05	
			Conjunto de Módulos Fotovoltaicos de Silicio Policristalino de250 Wp y otros elementos de funcionamiento						
7-3-P32R296	Material	ud	Panel solar policristalino 250W (60 células)			306,000	230,000	70.380,00	
7-3-P32R222	Material	ud	Estructura aluminio 3 paneles 250 W (60 células).			102,000	204,000	20.808,00	
7-3-P32R252	Material	ud	Inversor Red 30 kW			2,000	11.320,000	22.640,00	
7-3-P32R144	Material	m	Cond. aista. RV-k 0,6-1kV 50mm² Cu			350,000	21,000	7.350,00	
7-3-P32R200	Material	ud	Cuadro de control			1,000	645,350	645,35	
P32R110	Material	Ud	Otros			1,000	1.500,000	1.500,00	
			P32R			1,000	127.023,05	127.023,05	
O	Partida	H	Mano de obra			1,000	1.594,44	1.594,44	
			Mano de obras						
7-1-O01B110	Mano de obra	H	Oficial 1º electricista			20,000	18,050	361,00	
7-1-O01B120	Mano de obra	H	Oficial 2º electricista			20,000	17,600	352,00	
7-1-O01B220	Mano de obra	H	Instalador fotovoltaica			25,000	17,200	430,00	
O01B221	Mano de obra	H	Ayudante instalador fotovoltaica			25,000	16,200	405,00	
			O			1,000	1.594,44	1.594,44	
			01				128.617,49	128.617,49	
02	Capítulo		Campos de Prácticas				156.476,16	156.476,16	
PR2Rb	Partida	u	Sistema Fotovoltaico 2			1,000	154.526,11	154.526,11	
			Conjunto de Módulos Fotovoltaicos de Silicio Policristalino de250 Wp y otros elementos de funcionamiento						
7-3-P32R296	Material	ud	Panel solar policristalino 250W (60 células)			350,000	230,000	80.500,00	
7-3-P32R222	Material	ud	Estructura aluminio 3 paneles 250 W (60 células).			117,000	204,000	23.868,00	
PR2R253	Material	ud	Inversor Red 12 kW			12,000	2.276,000	27.312,00	
7-3-P32R144	Material	m	Cond. aista. RV-k 0,6-1kV 50mm² Cu			700,000	21,000	14.700,00	
7-3-P32R200	Material	ud	Cuadro de control			1,000	645,350	645,35	
P32R110	Material	Ud	Otros			2,000	1.500,000	3.000,00	
			PR2Rb			1,000	154.526,11	154.526,11	
Ob	Partida	Ud	Mano de Obra 2			1,000	1.950,05	1.950,05	
			Mano de obra necesaria en los Campos de Prácticas						
7-1-O01B110	Mano de obra	H	Oficial 1º electricista			25,000	18,050	451,25	
7-1-O01B120	Mano de obra	H	Oficial 2º electricista			25,000	17,600	440,00	
7-1-O01B220	Mano de obra	H	Instalador fotovoltaica			30,000	17,200	516,00	
O01B221	Mano de obra	H	Ayudante instalador fotovoltaica			30,000	16,200	486,00	
			Ob			1,000	1.950,05	1.950,05	
			02				156.476,16	156.476,16	
			INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA ETSIAAB				285.093,65	285.093,65	

PLANOS