



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Milton Alcoba Coronel

Director: José Serna Serrano



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Cartagena, marzo de 2024

Resumen

El presente trabajo aborda el estudio de una alternativa capaz de acrecentar la penetración de las renovables en el mix de producción de energética. Se realiza un análisis del rol actual que desempeñan las energías verdes en la producción mundial, destacando tanto su potencial como los inconvenientes que presenta su integración.

A partir de la recopilación de información referente a proyectos ejecutados en la actualidad en materia de hibridación, se determinan una serie de ventajas asociadas a la combinación de dos tecnologías maduras para lograr una gestión energética beneficiosa. Dicha combinación demuestra ser eficaz para estabilizar la intermitencia que trae aparejado el recurso eólico, generando beneficios para todas las partes intervinientes en el proceso productivo.

Partiendo de una serie de beneficios identificados, se constituyen las premisas de diseño para una propuesta de central hidro-eólica, tras un posterior estudio de diferentes alternativas de aprovechamiento. Se dimensiona su equipamiento principal, contemplando ambas tecnologías; y se exhibe su viabilidad técnica.

Finalmente, se valorizan las posibilidades económicas de llevarse a cabo. Mediante un análisis financiero, se determinan el monto de la inversión requerida; sus gastos de operación y mantenimiento; y sus beneficios pronosticados.

Índice

1. Introducción	1
1.1 Objeto del T.F.M.....	1
1.2 Justificación del proyecto	1
1.3 Alcance del proyecto	2
2. El presente de las Energías Renovables	3
2.1 Factores de impulso	3
2.1.1 El cambio climático	3
2.1.2 Medidas estratégicas para el desarrollo.....	4
2.1.3 Adaptabilidad.....	6
2.2 El potencial de las renovables.....	8
2.3 El desafío del almacenamiento.....	11
2.4 Ejemplos que implementan gestión energética	13
2.4.1 Gorona del Viento – Islas Canarias – España.....	13
2.4.2 Naturstromspeicher – Gaildorf - Alemania.....	18
2.5 Tecnología de generación hidro-eólica.....	24
3. Valoración de soluciones	26
3.1 La central de Torina.....	26
3.2 Justificación de la elección	28
3.3 Premisas de optimización de la central.....	29
4. Dimensionado	31
4.1. Estimaciones.....	31
4.2 Definición de tecnología hidráulica	33
4.2.1 Ciclos de turbinado	33
4.2.2 Caudal de turbinado.....	34
4.2.3 Volumen embalse superior	35
4.2.4 Caudal de bombeo.....	35
4.2.5 Potencia nominal de bombeo.....	36
4.2.6 Ciclos de funcionamiento de la central.....	36

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

4.2.7 Verificación de velocidad del fluido en conducciones	37
4.3 Definición de tecnología eólica.	37
4.3.1 Caracterización del recurso	37
4.3.1.1 Rugosidad superficial.....	38
4.3.1.2 Distribución de Weibull.....	39
4.3.3 Configuración del parque	43
4.3.5 Distribución propuesta	43
5. Análisis de viabilidad económica.	46
5.1 Inversión inicial.....	46
5.1.1 Tecnología hidráulica.....	46
5.1.2 Tecnología eólica.....	47
5.2 Costes de explotación	47
5.3 Ingresos	47
5.4 Análisis financiero.	48
6. Conclusiones	50
7. Referencias	52
Anexos.....	55

1. Introducción

1.1 Objeto del T.F.M

El presente trabajo aborda el estudio de la viabilidad técnico-económica de un proyecto híbrido de generación hidro-eólica, dimensionado en base a proyectos de la misma naturaleza existentes en la actualidad. El fin perseguido es determinar si la implementación de tecnología eólica e hidráulica en conjunto es capaz de mejorar las prestaciones que los sistemas presentan concebidos de manera aislada.

A partir de dicho análisis se pretende identificar escenarios presentes y futuros donde la hibridación tecnológica pueda mejorar la gestión energética, acrecentando la penetración renovable, mejorando su estabilidad o bien constituyendo beneficios económicos para las partes intervinientes en el proceso.

1.2 Justificación del proyecto

Este proyecto se enmarca en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [1], dentro del Objetivo número 7. Dicho compromiso, asumido por los estados miembros de las Naciones Unidas, tiene como fin garantizar el acceso a una energía asequible, segura y no contaminante. En búsqueda de un abastecimiento energético que reúna las características mencionadas, el desarrollo del presente trabajo realiza una serie de aportes.

En primera instancia, la cualidad de “no contaminante” hace referencia a aquellas fuentes respetuosas con el medio ambiente, con emisiones de CO₂ nulas o neutras y un aprovechamiento del recurso natural sostenible en el tiempo. Dicho de otro modo, refiere a las fuentes de generación renovable. El proyecto aquí planteado promueve el desarrollo de tecnologías existentes y maduras implementadas de manera innovadora.

Adicionalmente, abordada la asequibilidad, fijando parámetros de diseño que hacen posible la reutilización de instalaciones existentes con tecnología disponible en estado ocioso. A partir de ello, se disminuye el impacto ambiental y los costos económicos del proyecto.

Finalmente, busca garantizar la fiabilidad y regularidad del proceso productivo a partir de la sincronización optimizada de curvas producción/demanda, dando como resultado un aumento en la seguridad de su desarrollo.

Tal como se podrá apreciar, el proyecto analiza una situación particular donde la implementación de una generación híbrida pueda resultar beneficiosa para todos los actores del proceso de abastecimiento energético: tanto para la figura encargada de la explotación del recurso, como para aquella a cargo del transporte de la producción y/o bien la del regulador del mercado en que se vende la energética.

1.3 Alcance del proyecto

Las tareas llevadas a cabo durante la elaboración del presente trabajo comprenden:

- Exposición de la situación que atraviesan las energías renovables en el contexto mundial actual. Análisis de su crecimiento, sus desafíos en la penetración dentro de la matriz energética, sus desafíos y potencial.
- Recopilación de datos asociados al estado actual del arte de las tecnologías involucradas en la generación hidroeólica. Análisis de casos reales que implementan estas tecnologías.
- Tareas de investigación e identificación de posibles ubicaciones compatibles con el desarrollo de un proyecto, valorando su potencialidad.
- Dimensionado de equipamiento hidráulico necesario para la implementación de una generación híbrida, considerando la reutilización de tecnología disponible.
- Evaluación del potencial eólico de la zona de implantación propuesta. Obtención de datos del fenómeno viento, análisis, clasificación y caracterización del recurso.
- Análisis de distintos modelos de aerogeneradores disponibles en el mercado. Valoración de las distintas alternativas, a partir de la determinación del factor de carga asociado.
- Propuesta de gestión de ciclos de funcionamiento de la central.
- Elaboración de un estudio económico que permita valorar la materialización del proyecto, a partir de la estimación de su inversión inicial, costes operación e ingresos previstos.

2. El presente de las Energías Renovables

El impulso que han experimentado las energías renovables en el mundo es consecuencia de un conjunto de factores de distinta índole. Entre ellos se pueden mencionar como razones primigenias la progresiva y aun creciente concientización mundial respecto al cambio climático; y la volatilidad del precio de los combustibles fósiles, utilizados en métodos de generación convencional.

Dichos factores han demandado la implementación de medidas estratégicas de desarrollo y un marco regulatorio que exija el cumplimiento de compromisos medioambientales a las naciones. Como consecuencia, el sector de las renovables ha experimentado un impulso constante desde los inicios del siglo XXI.

A continuación, se desarrollan dichas temáticas y se abordan las características de la generación renovable, considerando sus virtudes para enfrentar los desafíos actuales.

2.1 Factores de impulso

2.1.1 El cambio climático

La Organización de las Naciones Unidas ya era capaz de predecir las consecuencias asociadas a un modelo energético basado en los combustibles fósiles desde el año 1972. En ese año se realiza la publicación de un estudio encargado por el Club de Roma al Instituto de Investigación de Massachusetts (MIT), que podría considerarse como el hito histórico que marca el inicio de un periodo de conciencia ambiental [2].

Consecuentemente, las naciones han ido asumiendo gradualmente compromisos energéticos de transición cada vez más ambiciosos, orientados a lograr un desarrollo sostenible. A partir de la implementación de medidas de gestión política favorables y la concesión de beneficios económicos destinados a aquellas producciones energéticas basadas en recursos renovables, se busca incentivar una progresiva descarbonización mundial.

Tal como se menciona en [3], con el aumento de precios del petróleo y el gas en 2021, agravado por la guerra llevada a cabo entre Rusia y Ucrania, el foco de los planes de recuperación económica se ha centrado en gran medida en las energías renovables y la eficiencia. El afán de alcanzar la soberanía energética, impulsada a través del

desarrollo sostenible, hace que las perspectivas para las energías renovables sean más prometedoras que nunca.

Adicionalmente, la meta establecida por la ONU para abordar el cambio climático en el año 2015 constituye en sí un factor de impulso para el desarrollo de las renovables. El Acuerdo de Paris [4] establece reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 1.5 °C.

Tal como se muestra en [5], el crecimiento que las fuentes de energía renovable deberían experimentar para alcanzar el escenario de 1.5 °C en 2050 exige un desarrollo del sector sin precedentes.

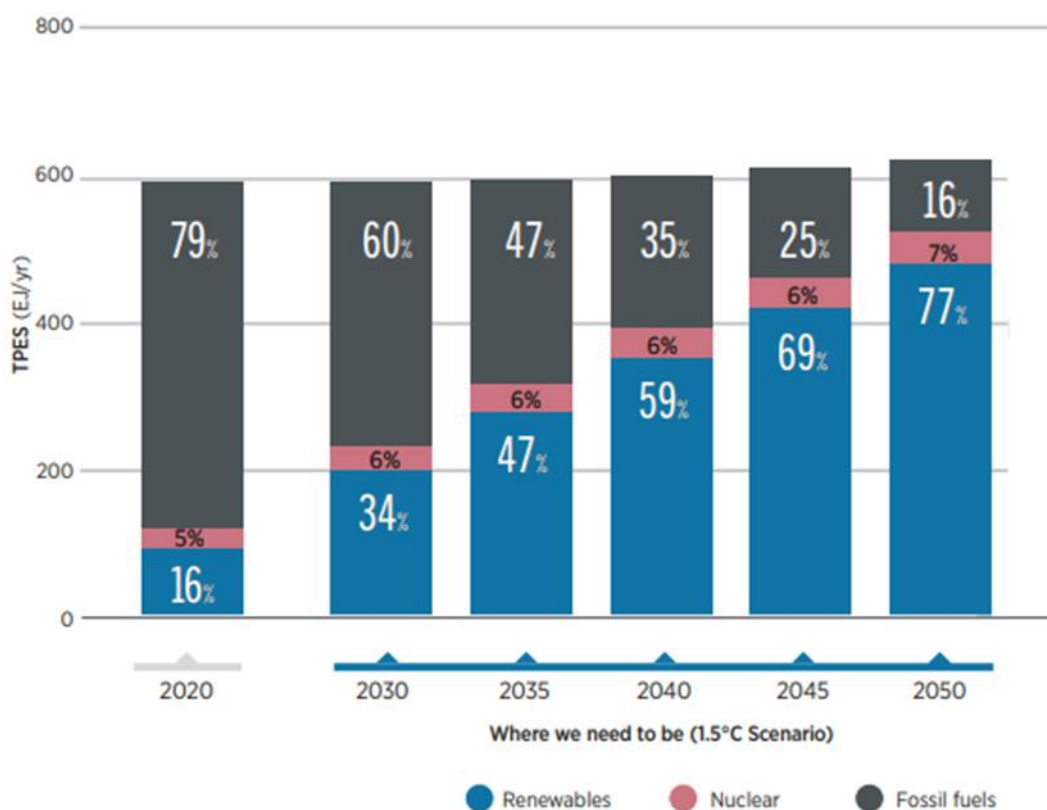


Figura 01. Porcentaje de fuentes renovables para 2030. Fuente: REmap 2030 IRENA.

2.1.2 Medidas estratégicas para el desarrollo.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

Como ya se ha mencionado, el camino hacia la transición energética requiere poner en práctica instrumentos efectivos para movilizar los capitales privados en un marco normativo que apoye su desarrollo.

En [28], se resumen cronológicamente las políticas llevadas a cabo por España para lograr el objetivo previamente mencionado. Dicha nación ocupa el segundo lugar de aquellas pertenecientes a la UE con la mayor potencia renovable instalada al 2022 según [6] y cuya cuota de contribución renovable en la generación eléctrica del mismo año ha alcanzado el 42.2 % según [7].

- Plan Energético Nacional (PEN) de 1978 a 1987: Introdujo propuestas en el uso de los recursos energéticos nacionales y su exploración. Fomentó la energía mini hidráulica, supuso el inicio de la normativa española de las energías renovables.

- PEN 1991-2000: Fomentó la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, pasando del 4,5% en 1990 al 10% como objetivo a alcanzar en el año 2000. [8].

- Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER) 2000-2010: Refleja la preocupación por la producción de energía sostenible, al establecer como objetivo que las fuentes de energía renovables supongan el 12% del consumo de energía primaria en España para el 2010. [9].

- PER 2005-2010: Sustituye al PFER manteniendo el objetivo propuesto, pero busca dar estabilidad y previsibilidad al régimen. Para ello, permitía a los titulares de instalaciones de generación eléctrica basadas en fuentes de energía renovable, optar entre vender la electricidad a la distribuidora de la zona a tarifa regulada, o venderla libremente en el mercado, añadiendo al precio del KWh una prima. [10].

- RD 661/2007: Establece un límite superior e inferior que limitan la retribución total en el caso de que la tarifa media, la cual sirve de base para el cálculo de la prima, fluctúe significativamente y produzca un incremento significativo de la prima a abonar al inversor.

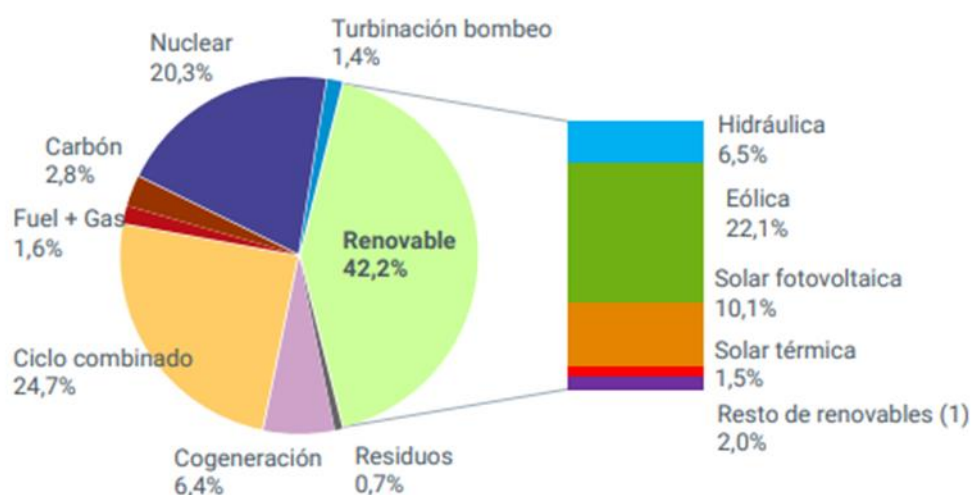
Además, introdujo como condición para regirse por el régimen económico especial la inscripción definitiva de la instalación en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial. [11].

- RD 1578/2008: Establece un peaje de generación, limitó las horas de funcionamiento con derecho a retribución primada de las plantas fotovoltaicas (medida que ya se había tomado respecto de la energía eólica y la termoeléctrica). [12].

- PER 2011-2020: Instauro como objetivo que las energías renovables representen en 2020 un 20,8% del consumo final bruto de energía en España. [13].

- RD Ley 1/2012: Se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos. [14].

- Ley 24/2013: Se abandonan los conceptos diferenciados de régimen ordinario y especial, dando lugar a una regulación unificada. Las energías renovables, la cogeneración y los residuos recibirán una retribución específica complementaria, suficiente para garantizar su competitividad con las tecnologías convencionales. [15].



(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeólica y residuos renovables.

Figura 02. Estructura de generación eléctrica española 2022. Fuente: Red Eléctrica.

2.1.3 Adaptabilidad.

La urgencia generada por el presente que atraviesa nuestro planeta, asociada al cambio climático; el conflicto armado recientemente desarrollado por Rusia y Ucrania; y la emergencia sanitaria causada por la pandemia Covid-19, imprimen una presión constante para desplazar los límites que rigen la generación renovable. [16].

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

Como consecuencia, la tecnología para el aprovechamiento de los recursos naturales se encuentra en constante desarrollo. En dicho contexto es que los proyectos renovables presentan una flexibilidad que les ha permitido adaptarse al ritmo de la evolución tecnológica. Esto los diferencia de las fuentes de generación convencionales, donde los parámetros de diseño iniciales o la implementación de modificaciones representan una problemática mayor.

La importancia de esta característica se refleja en el diverso alcance que poseen las modificaciones susceptibles de llevarse a cabo en dichos proyectos. Entre ellos, con un orden creciente asociado al impacto causado por la modificación, podemos mencionar:

- Optimización del sistema productivo, a partir de la sustitución de componentes de mayor grado tecnológico. Las instalaciones fotovoltaicas constituyen un ejemplo claro de esta capacidad, donde actualmente es común sustituir inversores que originalmente no contaban con la capacidad de gestión de baterías. De este modo, se incrementa la vida útil de las baterías y se les proporciona un funcionamiento seguro que impide el retroceso de la energía.

- Ampliación de potencia instalada. Las características de los parques eólicos o los huertos solares han permitido en infinidad de ocasiones realizar ampliaciones de la instalación posteriores a su construcción. La mejora en la predicción climática o el aumento de la demanda son algunas de las razones que estimulan estas modificaciones de potencia. En la actualidad se pueden observar ampliaciones en parques eólicos de hasta 40 MW adicionales.

- Modificación de la naturaleza del proceso productivo. Constituye un cambio radical en el proceso productivo y su frecuencia de ocurrencia es relativamente baja, en comparación con los casos previamente mencionados. Su exponente más representativo resulta la transformación de centrales hidroeléctricas, las cuales se adaptan para funcionar como centrales de bombeo reversible a partir de la construcción de un embalse superior artificial.



Figura 03. Transformación de Alsa en la central de Aguayo (400 MW). Fuente: Google.

2.2 El potencial de las renovables

Una de las claves para entender el potencial de las energías renovables es abandonar la tendencia histórica de caracterizar la producción energética de una época a partir de la explotación masiva y concentrada de un único recurso. Tal situación, ligada a las fuentes fósiles, es la que actualmente ha llevado a identificar la primera mitad del siglo XX con el carbón y su complementaria con el petróleo.

La viabilidad de las renovables dependerá, entonces, de eliminar dicha concepción del modelo de producción energético, ya que no existe una única fuente natural capaz

de suplir la totalidad de la demanda energética mundial o sustituir el aporte total proveniente de las fuentes fósiles.

En concordancia con lo anteriormente expuesto, existen factores condicionantes que obligan a concebir holísticamente el uso de las fuentes renovables para la producción de energía. De manera no taxativa, los orígenes de dichos factores técnicos pueden remitir a la metodología de explotación, más concretamente al desarrollo tecnológico; o bien a la naturaleza de la fuente.

En el primer caso, es necesario comprender que el potencial de las energías renovables depende directamente de la eficiencia alcanzada por la tecnología disponible, capaz de transformar el recurso. En referencia a ello y particularmente remitiéndonos a la tecnología fotovoltaica, el sistema que integra las células fabricadas mayoritariamente con silicio y funcionando en conjunto con un inversor rara vez supera el umbral del 20% de eficiencia. Actualmente, existen avances prometedores de investigaciones que proponen la utilización de otros semi conductores tales como la perovskita, alcanzando rendimientos del 30% pero aún no se ha logrado su fabricación estandarizada. [17]

De manera similar, la tecnología de producción energética a partir del viento también posee sus limitaciones. La dinámica de fluidos establece un límite de energía capaz de ser extraído de una masa de aire en movimiento con un aerogenerador convencional. Dicho límite se aproxima al 59%, aunque en la práctica no es posible alcanzarlo. [18]

Sumado a esto y en referencia al segundo factor condicionante, las estimaciones de vientos, movimientos de mareas, radiación solar, entre otros fenómenos de la naturaleza, se realizan mediante modelos que idealizan la realidad, intentando una representación fidedigna. Como resultado, las fuentes de energías renovables siempre poseerán un grado de incertidumbre para el hombre.

Considerando las limitaciones previamente mencionadas, las renovables solo podrán revertir una crisis energética y liderar la evolución del modelo energético actual hacia un futuro sostenible si funcionan de manera estratégicamente integrada. El desafío actual al que se enfrentan las sociedades, como constituyentes de la demanda mundial energética, ya no consiste simplemente en disminuir el consumo fósil mitigado a través de las renovables. El objetivo, expresamente asumido por las distintas naciones a través de la ONU, conlleva la sustitución total de aquellas fuentes no renovables.

En este contexto, se ha intentado maximizar el rendimiento de los distintos proyectos de ingeniería en energías renovables, desarrollados originalmente de manera aislada. Como consecuencia, se modifica la concepción unidireccional del esquema de generación, evolucionando hacia la denominada generación distribuida. En este caso, las diferentes tecnologías funcionan como complementos capaces de respaldarse mutuamente, mejorando la fiabilidad del sistema.

Según [19], las redes de generación distribuida o Smart Grid son capaces de integrar al sistema de producción energético a las fuentes renovables considerando las características propias de su naturaleza. En este aspecto, podrían disminuir su variabilidad a partir del respaldo proveniente de otros puntos de generación; la escala de las instalaciones, gracias al mayor número de generadores; y finalmente sus costos operativos, dado que es una característica de las explotaciones renovables requerir una mayor inversión inicial a costa de la disminución de dichos costos.

Con el mismo objetivo, los nuevos proyectos de ingeniería son desarrollados contemplando la posibilidad de acoplar las distintas fuentes de generación en un mismo punto. Actualmente, existen proyectos híbridos que han demostrado que este es un camino viable hacia el autoabastecimiento. Tal es el caso de los sistemas de climatización a partir de una combinación de energía solar térmica y biomasa como sistema de apoyo; la producción industrial de algas para la generación biocombustible que implementa energía fotovoltaica como complemento de sus procesos; o las centrales híbridas.



Figura 04. Esquema de generación distribuida. Fuente: Google.

2.3 El desafío del almacenamiento

Entre los desafíos que presenta la transición energética se encuentra la necesidad de garantizar la disponibilidad de energía de manera flexible y estable. Para ello, resulta indispensable la capacidad de acumular volúmenes de energía, que puedan ser gestionados estratégicamente logrando dar respuesta a la demanda.

Considerando que actualmente el 52.2 % de la producción renovable mundial corresponde a fuentes no gestionables (eólica y fotovoltaica) según [20], una solución viable que ha sido objeto de estudio durante el último tiempo son los sistemas de almacenamiento energético, denominados ESS por sus siglas en inglés (Energy Storage Systems).

Estas tecnologías pueden ser clasificadas en cinco grupos según la forma en la que acumulan la energía. La elección del tipo más conveniente será consecuencia de una valoración de las características propias de cada sistema y del origen de la producción energética.

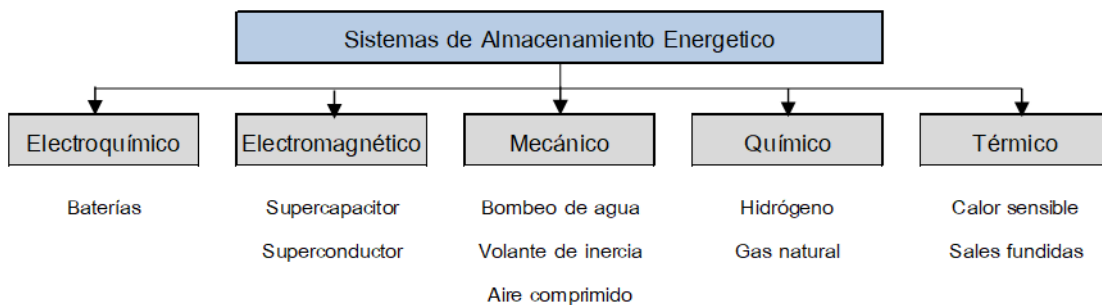


Figura 05. Clasificación ESS por tecnología. Fuente: Elaboración propia.

Tal como se menciona en [21], el bombeo de agua o PHS por sus siglas en inglés (Pumped Hydro Storage) es la mayor tecnología de almacenamiento y a la vez la más madura de ellas. A continuación, pueden observarse aquellas características propias de la tecnología PHS que destacan sobre las demás. Entre ellas se encuentran la capacidad energética de gestión (Power Rating), el rango de tiempo de carga/descarga

(Discharge Time), el tiempo de respuesta (Response Time), la eficiencia y su vida útil.

Table 2
Technical features of ESS.

System	Rating		Response time	Efficiency (%)	Lifetime In (years)
	Power rating (MW)	Discharge time typical			
PHS	100-5000	1-24 h+	min	70-80	>50
CAES	5-300	1-24 h+	min	41-75	>25
FES	0-0.25	s-h	<s	80-90	15-20
LA	0-20	s-h	<s	75-90	3-15
NiCd	0-40	s-h	<s	60-80	5-20
Li-on	0-0.1	min-h	<s	65-75	5-100
NaS	0.05-8	s-h	<s	70-85	10-15
VRB	0.03-3	s-10 h	s	60-75	5-20
ZnBr	0.05-2	s-10 h	s	65-75	5-10
FC	0-50	s-24 h+	s-min	34-44	10-30
SC	0-0.3	ms-1 h	<s	85-98	4-12
SMES	0.1-10	ms-8 s	<s	75-80	-

Figura 06. Características de las tecnologías ESS. Fuente: [21].

Comúnmente denominada “batería de agua”, este sistema basa su funcionamiento en el concepto de energía potencial gravitatoria. De manera simplificada consiste en transportar volúmenes de agua a grandes alturas, empleando algún tipo de energía aprovechable. Dichos volúmenes permanecen reservados hasta el momento en que la energía que fue empleada para conducir el agua ya no se encuentre disponible. Es entonces cuando se libera el volumen y se emplean dispositivos hidráulicos para extraer la energía contenida en el fluido.

En la práctica, el funcionamiento de este tipo de batería natural puede observarse en las centrales de bombeo reversible. En estos casos el sistema dispone de dos embalses, ubicados a una cierta diferencia de altura. Habitualmente, próximo al embalse inferior se ubica una central de bombeo con la capacidad suficiente para transportar agua desde el embalse inferior hasta el depósito superior a través de conductos. También en la parte inferior se ubican las turbinas, que actuaran cuando el agua sea liberada desde la parte alta, transformando la energía potencial del agua en electricidad. El nombre que caracteriza este tipo de central proviene del sentido de flujo que puede experimentar el agua durante su funcionamiento.

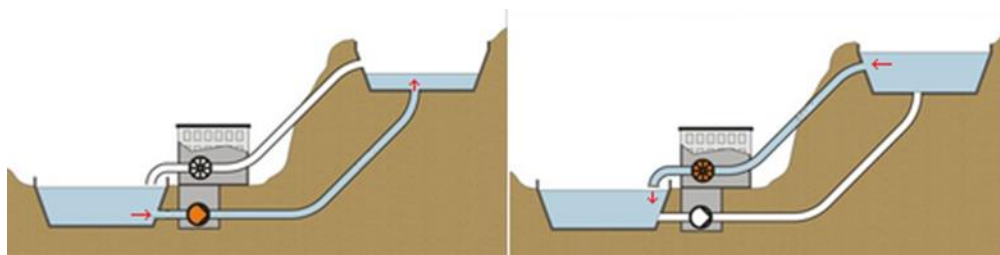


Figura 07. Esquema funcionamiento central de bombeo reversible. Fuente: XX.

Tal como se mencionó previamente, las diferentes tecnologías de generación de energía a partir de fuentes renovables deben comprenderse como una unidad capaz de complementarse. La implementación integrada y estratégicamente coordinada de dichos componentes es capaz de mejorar los rendimientos de los distintos proyectos y flexibilizar su funcionamiento.

A partir de la implementación del concepto de “batería de agua” acoplado a la tecnología de generación eólica, surgen las centrales hidro-eólicas. A continuación, se describen dos proyectos, que han sido concebidos de manera híbrida desde su desarrollo.

2.4 Ejemplos que implementan gestión energética

2.4.1 Gorona del Viento – Islas Canarias – España

El Hierro es la isla más occidental de aquellas 8 que integran el archipiélago canario. Con una población estable de 11.000 habitantes repartida en tres municipios, alberga el proyecto denominado Gorona del Viento. El mismo fue llevado a cabo por una sociedad compuesta por el Ayuntamiento de El Hierro, Endesa y el Gobierno de Canarias (a través del Instituto Tecnológico de Canarias), con el fin de reducir al máximo la dependencia de los combustibles fósiles.

El problema energético que enfrentaban los municipios locales se debía principalmente a la característica insular de su emplazamiento. La central térmica Llanos Blancos, encargada del abastecimiento energético de la isla previo a la construcción de la central hidro-eólica, dependía de la importación de diésel oil para poder funcionar.

La construcción de la central híbrida forma parte de un plan director más ambicioso, que apunta a lograr el abastecimiento total de la demanda energética de la isla a partir de fuentes renovables. El origen de este objetivo se encuentra íntimamente relacionado con la declaración de Canarias como Reserva de la Biosfera en el año 2000.

Actualmente la central renovable es la primera opción de generación, pero debido a sus características técnicas y las condiciones climáticas de El Hierro, aun es necesario acoplar la central térmica al mix de producción.

Inaugurada el 27 de junio de 2014, Gorona de Viento abastece una media del 49 % de la demanda anual de la isla (promedio informes del 2018-2022). Entre los hitos históricos que ha alcanzado durante su evolución progresiva se pueden mencionar:

- (2015) La central logra una producción continua del 100% de la demanda total de las comunidades durante 4 horas, reconociendo a la isla como la primera del mundo en lograr autoabastecerse a partir de energías renovables.

- (2018) La planta anuncia que los ingresos, obtenidos durante los primeros 4 años de operación, permitieron alcanzar la amortización de la inversión realizada para su construcción. La cifra estimada en 82 millones de euros fue saldada con la venta de energía producida bajo un régimen retributivo específico, garantizado por el entonces Ministerio de Industria, Energía y Turismo con el objetivo de garantizar la rentabilidad del proyecto.

- (2019) A lo largo de este año la central alcanza un total de 1905 horas operando para cubrir el 100 % de la demanda de la isla. A razón de este logro, se estima que la central térmica evita la emisión de 18.000 toneladas de CO₂ a la atmosfera y con ello el consumo de 7.000 toneladas de diésel para su funcionamiento.

- (2021) Los dividendos producto de la gestión alcanzados durante este año aumentan en más de un millón respecto a los del ejercicio anterior. La cifra alcanza los 3.5 millones de euros, correspondiendo 2.3 millones al cabildo de El Hierro, como socio mayoritario.

- (2022) Una porción de los dividendos obtenidos por la sociedad promotora del proyecto se designa al financiamiento de instalaciones domesticas de energía fotovoltaica y a subvenciones destinadas a la adquisición de vehículos eléctricos por parte de la población local. Dichas medidas son llevadas a cabo con el fin de alcanzar la independencia fósil total de la isla.

A continuación, se mencionan las características técnicas más relevantes del proyecto según el tipo de recurso empleado para la generación:

Tecnología Eólica	
Aerogeneradores	Enercon E70
Cantidad	5
Potencia Nominal	2.3 MW

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

Peso	296.000 kg
Altura de Buje	64 m
Largo de Aspas	35 m
Fundación	88 Tn hierro - 375 m ³ hormigón



Figura 08. Parque eólico. Fuente: Gorona del Viento.

Tecnología Hidráulica	
Capacidad depósito superior	380.000 m ³
Cota de coronación	715 m
Capacidad depósito inferior	150.000 m ³
Cota máxima lamina	56 m
Geotextil (ambos depósitos)	62.000 m ²
Lamina PVC (ambos depósitos)	70.000 m ²



Figura 09. Depósito superior. Fuente: Google.



Figura 10. Depósito inferior, edificio de subestación y bombeo y central térmica Llanos Blancos. Fuente: Google

Conducciones	
Cañería de impulsión	0.80 m diám..
Cañería de turbinación	1.00 m diám.
Longitud	3.015 m



Figura 11. Conducciones forzadas. Fuente: Gorona del Viento.

Instalaciones accesorias	
Turbinas tipo	Pelton
Cantidad	4
Potencia nominal	2.83 MW
$Q_{\max} - H_{\text{geom}}$	2.00 m ³ /s – 655 m
Grupo 1 bombeo	2 x 1.500 kW
Grupo 2 bombeo	6 x 500 kW



Figura 12. Estación de bombeo. Fuente: Gorona del Viento.



Figura 13. Turbina tipo Pelton. Fuente: Gorona del Viento.

2.4.2 Naturstromspeicher – Gaildorf - Alemania

Gaildorf es una ciudad alemana ubicada en la región de Schwäbisch Hall, provincia Baden-Württemberg. Situada a orillas del río Kocher y rodeada de 1,187 km² de bosque que integran el Parque Nacional del Bosque Suabo-Franconio.

La cadena montañosa de Limpurger, en las inmediaciones de la ciudad, alberga un proyecto piloto de generación eléctrica híbrido. Llevado a cabo por la empresa Max Bögl Wind AG con el apoyo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania; implementa tecnología hidro- eólica para la producción.

Su construcción se inició en el año 2016 y se compuso inicialmente de dos etapas, cada una de ellas caracterizadas por la fuente renovable asociada a la generación. A comienzos de 2018 concluyó la primera de ellas, quedando inaugurado el parque eólico. Lamentablemente, la etapa asociada a la tecnología hidráulica aún no ha podido finalizarse. El contratiempo que experimenta el proyecto se debe principalmente a la

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeléctrica

necesidad de llevar a cabo obras accesorias, capaces de garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Puntualmente en el año 2022, se determinó indispensable la construcción de una torre de 50 metros de altura, capaz de absorber el golpe de ariete de la tubería.

El proyecto resulta particularmente innovador por dos razones. La primera de ellas responde a la introducción del concepto “torre híbrida”, por parte de Max Bögl Wind AG. La empresa alemana ha patentado un sistema constructivo capaz de acoplar elementos prefabricados de hormigón armado con las tradicionales secciones tubulares de acero. La combinación de materiales en la construcción de la torre ha permitido que los aerogeneradores de Gaildorf reciban el título de aquellos más altos del mundo, tras alcanzar los 178 metros.

Como consecuencia del fenómeno de capa límite, la posibilidad de montar una turbina a mayor altura expone el elemento a una velocidad de viento mayor, aumentando su capacidad de producción y reduciendo las turbulencias a las que está sometido, mejorando la estabilidad de operación.

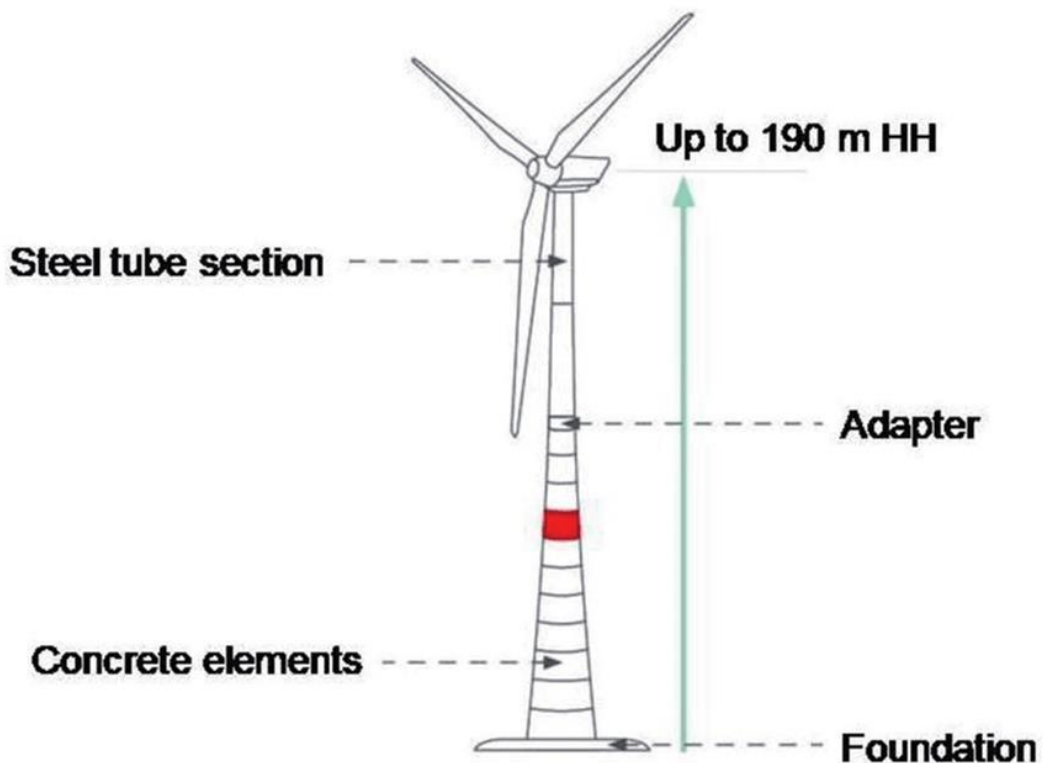


Figura 14. Secciones estructurales de la torre híbrida. Fuente: Max Bögl

Por otro lado, el proyecto implementa de manera innovadora el concepto de batería de agua, tras deconstruir la figura del embalse superior. A diferencia de las centrales de bombeo tradicionales, donde existe un único volumen de control en la parte alta de la instalación, el proyecto alemán revaloriza la fundación de cada aerogenerador a partir de su utilización como depósito. Compuesta de dos secciones, cada una de las fundaciones comprende una torre de 16 metros de diámetro y 30 de altura denominada depósito activo; y un anillado de hormigón pretensado de 63 metros de diámetro y 8 de altura denominado depósito pasivo.

La concepción de dichas estructuras como parte activa de la batería de agua trae consigo dos beneficios destacables del proyecto. En primera instancia, disminuye el impacto ambiental evitando la necesidad de emplazar un embalse adicional, de dimensiones considerables, en un bosque perteneciente a un parque nacional. Por otro lado, la posibilidad de evitar el proceso constructivo desarrollado in situ, que implica la materialización de un depósito de características impermeables, reduce los tiempos de obra y consecuentemente su costo. En contrapartida, la solución aquí propuesta permite prefabricar los elementos que integran los cuatro depósitos, trasladarlos y reducir a tareas de montaje su incorporación a la obra.



Figura 15. Proceso constructivo torre híbrida – depósitos superiores. Fuente: Max Bögl.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

Las cuatro estructuras fundacionales se encuentran vinculadas por una tubería forzada que se extiende bajo tierra hasta alcanzar el depósito inferior. De este modo, la totalidad de los depósitos superiores funcionan en paralelo, enviando o recibiendo agua desde el embalse inferior.

A pesar de resultar una tecnología de conocidas prestaciones, podría considerarse un hecho innovador la implementación de las turbinas reversibles que presenta el proyecto. A diferencia de las centrales de bombeo típicas, donde existe una sala de bombeo y una de turbinas; la central hidroeléctrica de Gaildorf cuenta con turbinas Francis capaces de desempeñar ambas funciones. Los costos de dicho equipamiento suelen ser elevados en comparación con sus competidores directos, pero otorgan una eficiencia al sistema que supera el 90 %.

Compartiendo la traza de la tubería previamente mencionada, se dispone la línea de evacuación de los aerogeneradores. La misma se extiende de lo alto de la instalación hasta la subestación eléctrica contigua al embalse inferior.



Figura 17. Esquema completo del proyecto Naturstromspeicher. Fuente: Max Bögl.

A continuación, se mencionan las características técnicas más relevantes del proyecto según el tipo de recurso empleado para la generación.

Tecnología Eólica	
Aerogeneradores	GE 3.4-137
Cantidad	4
Potencia Nominal	3.4 MW
Altura de Buje	178 m
Largo de Aspas	67.2 m



Figura 18. Parque eólico Naturstromspeicher. Fuente: Max Bögl.

Tecnología Hidráulica	
Capacidad depósito superior (4)	160.000 m ³
Capacidad depósito inferior	190.000 m ³



Figura 19. Sistema de tendido cañería forzada. Fuente: Max Bögl.

Conducciones forzadas	
Longitud cañería forzada	3200 m
Diámetro cañería	1.60 – 1.80 m
Material	Polietileno



Figura 20. Sistema de tendido cañería forzada. Fuente: Max Bögl.

2.5 Tecnología de generación hidroeléctrica

Como se ha podido observar, la implementación de tecnología híbrida para la producción energética a partir de fuentes renovables resulta un acontecimiento novedoso. No obstante, los componentes tecnológicos del sistema son considerados de uso tradicional de manera independiente. Por esta razón, su aplicación no representa un desafío tecnológico.

En [21] y [24] se describen los beneficios que aporta un ESS acoplado a la generación eólica, clasificados por el rol que desempeña el beneficiario que integra el sistema productivo. La siguiente tabla expone los más relevantes.

Beneficiario	Rol del ESS	Beneficios
Generador	Mejorar la integración a la red permitiendo controlar el despacho de energía.	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionar la producción (time-shifting). - Estabilizar de la potencia de salida. - Transportar efectivamente su producción. - Contar con reserva para PEM (black start).
Operador de la red	Mejorar la eficiencia del sistema disminuyendo la incertidumbre.	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilizar la fluctuación del precio de mercado. - Aumentar la inercia de la red. - Brindar respuesta a variaciones de frecuencia.

El estudio de la incidencia que posee el funcionamiento híbrido de una central, en comparación con su alternativa homogénea, resulta interesante en ciertas situaciones. En primera instancia podría mencionarse la condición insular o aislada, donde las consecuencias que trae aparejada la implantación pueden relacionarse con la centralización de la producción, la dependencia de combustibles importados o la incapacidad de interconectarse como sistema de respaldo, entre otras. Por otro lado, encontramos aquellas situaciones donde la generación distribuida es posible y existe una red capaz de interconectar los distintos puntos de generación. En tal caso, la hibridación de dichos puntos podría aumentar los rendimientos individuales, así como permitir una administración del recurso más eficiente a partir del almacenamiento y la estabilidad productiva.

A continuación, se describen distintos escenarios que actualmente podrían volverse terreno fértil para la implementación de centrales híbridas de generación energética hidroeléctrica.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

- CASO A) Adaptación de una central hidráulica

En este caso el proyecto estaría orientado hacia el diseño de un parque eólico contiguo a la central. Si se trata de una central hidroeléctrica del tipo presa, será necesario considerar dentro del paquete de modificaciones la inclusión de las bombas y las cañerías de conducción. En este caso la función del parque eólico asociado podría permitir producir la energía necesaria para bombear (evitando la compra en el mercado mayorista) y aumentar la producción total de la central. Por otro lado, los embalses permitirían acumular excedentes energéticos durante horas de poca demanda.

- CASO B) Adaptación de un parque eólico

Este caso puede resultar el más complejo de abordar para lograr la transformación hacia una generación híbrida. Puntualmente debido al volumen de obra requerido para la construcción de la central de bombeo completa y adicionalmente por las características orográficas necesarias que debe cumplir la ubicación del parque eólico. A pesar de ello, el volumen de almacenamiento hídrico no necesariamente debería igualar la capacidad productiva del parque eólico. Su utilización podría estar orientada a permitir almacenar un remanente energético capaz de subsanar los periodos de calmas de viento o simplemente reforzar la producción durante los picos de demanda.

- CASO C) Desarrollo integro de un nuevo proyecto.

Sin lugar a duda es la manera más eficiente de implementar ambas tecnologías como complemento, principalmente debido a que la rentabilidad del proyecto aumenta cuando las instalaciones se dimensionan en conjunto. Las experiencias actuales indican que un número menor de aerogeneradores con mayor capacidad resulta más eficiente que un gran número de ellos de menor capacidad. Esto se encuentra íntimamente relacionado con la magnitud de obra civil que debe ser llevada a cabo en condiciones geográficas desfavorables. Adicionalmente, la innovadora manera de acumulación propuesta en el proyecto de Naturshpifer Gaildorf disminuye los costos asociados a la construcción del embalse superior. Esta posibilidad otorga la mayor flexibilidad de los tres casos.

3. Valoración de soluciones

Para el desarrollo del presente trabajo se ha realizado una extensa búsqueda de posibles ubicaciones capaces de albergar un proyecto híbrido, valorando su potencial para tales fines. Respecto a los escenarios planteados en 2.5, se aborda el primero de ellos: CASO A) Adaptación de una central hidráulica. Las principales razones que fundamentan dicha decisión son tres y se listan a continuación.

- Magnitud de obra civil e impacto ambiental. El volumen de obra que representa la construcción de un embalse artificial, así como el alcance de implicancia que posee el impacto ambiental para el CASO B) Adaptación de un parque eólico, dificultan las posibilidades de llevar a cabo el proyecto.

- Agotamiento de posibles emplazamientos. Como ya se ha mencionado, la producción de energía hidroeléctrica es una tecnología madura que data del siglo XIX. Como consecuencia de ello, resulta limitado el número de ubicaciones susceptibles de albergar un nuevo proyecto que aún no hayan sido intervenidas con tales fines.

- Reutilización y reciclado. La posibilidad de revalorizar instalaciones existentes que se encuentran en desuso agrega mérito al desarrollo de un proyecto renovable, alineado con el desarrollo sostenible. De este modo, se minimizan los factores expuestos en el primer inciso y disminuyen los costos económicos para consumir el proyecto. Por dichas razones, es que se deja de lado el CASO C) Desarrollo íntegro de un nuevo proyecto.

3.1 La central de Torina.

La central eléctrica de Torina se encuentra ubicada en la comarca de Besaya, en el centro de la región española de Cantabria. Situada en las afueras del municipio de Barcena de Pie de Concha, 7 kilómetros aguas abajo de la central hidroeléctrica de Aguayo.



Figura 21. Ubicación Central de Torina. Fuente: Google Earth.

Esta central fue diseñada como parte del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico del río Torina. El diseño contemplaba la construcción de la presa de Alsa y un canal de desvío capaz de conducir el recurso hasta la presa de Cuchío, para su posterior explotación en la dicha central.

Las obras de construcción finalizaron en 1920, quedando configurada la presa de Alsa con 50 metros de altura y 190 metros de longitud en su coronación. Por su parte, el embalse alcanza un volumen de acumulación de 22.9 Hm³ y el canal de conducción recorre 5 km en una ladera del Pico Jano hasta alcanzar la presa de Cuchío.

En el año 1981 Electra de Viesgo, encargada de la explotación del embalse en dicha época, decide realizar una modificación radical en el proceso de aprovechamiento del recurso. A partir de la construcción del embalse de Mediajo, con capacidad de 10 Hm³ y un desnivel generado de 340 metros, se dan las condiciones necesarias para el emplazamiento de una central de bombeo reversible. La central emplazada a pie de la presa de Alsa, cuya potencia nominal alcanza los 400 MW, recibió el nombre de Central de Aguayo.

A partir de ese momento, la central de Torina se vuelve una instalación puesta en marcha en escasas situaciones, dado que su producción resulta insignificante comparada con la de Aguayo. Adicionalmente, según la Red de Patrimonio Industrial de Cantabria, a pesar de contar con una potencia nominal de 15.2 MW, nunca pudo superar los 13 MW debido a la sección de sus conducciones.

Actualmente el conjunto de embalses y centrales hidroeléctricas es propiedad de Repsol Generación Eléctrica SAU, quien tiene un proyecto de ampliación con un presupuesto de 636 millones de euros. Dicho proyecto, cuyo impacto ambiental ha superado la instancia de evaluación, contempla aumentar la potencia nominal de la central de Aguayo en 1100 MW.



Figura 22. Vista aérea de la Central de Torina y sala de máquinas. Fuente: Red de Patrimonio de Cantabria.

3.2 Justificación de la elección

La central de Torina cuenta con ciertas características que la vuelven una instalación con gran potencial para la generación híbrida.

- Su ubicación y características orográficas de emplazamiento constituyen una zona con excelentes prestaciones para el aprovechamiento del recurso eólico.
- Su interconexión con el embalse de Alsa, a través del canal de desvío, garantiza la disponibilidad del recurso hidráulico. Esta es una característica importante para reponer la pérdida de volumen por evaporación, que a la vez funcionaría a demanda intermitente dado que el río Torina posee su propio cauce.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

- El orden de magnitud de la potencia de turbinado instalada (15.2 MW) permite mantener una relación adecuada con la potencia eólica a instalar, sin necesidad de un gran número de aerogeneradores.
- Los componentes del sistema (conducciones, turbinas, subestación eléctrica y presa superior) pueden ser reutilizados, disminuyendo los costes de inversión.

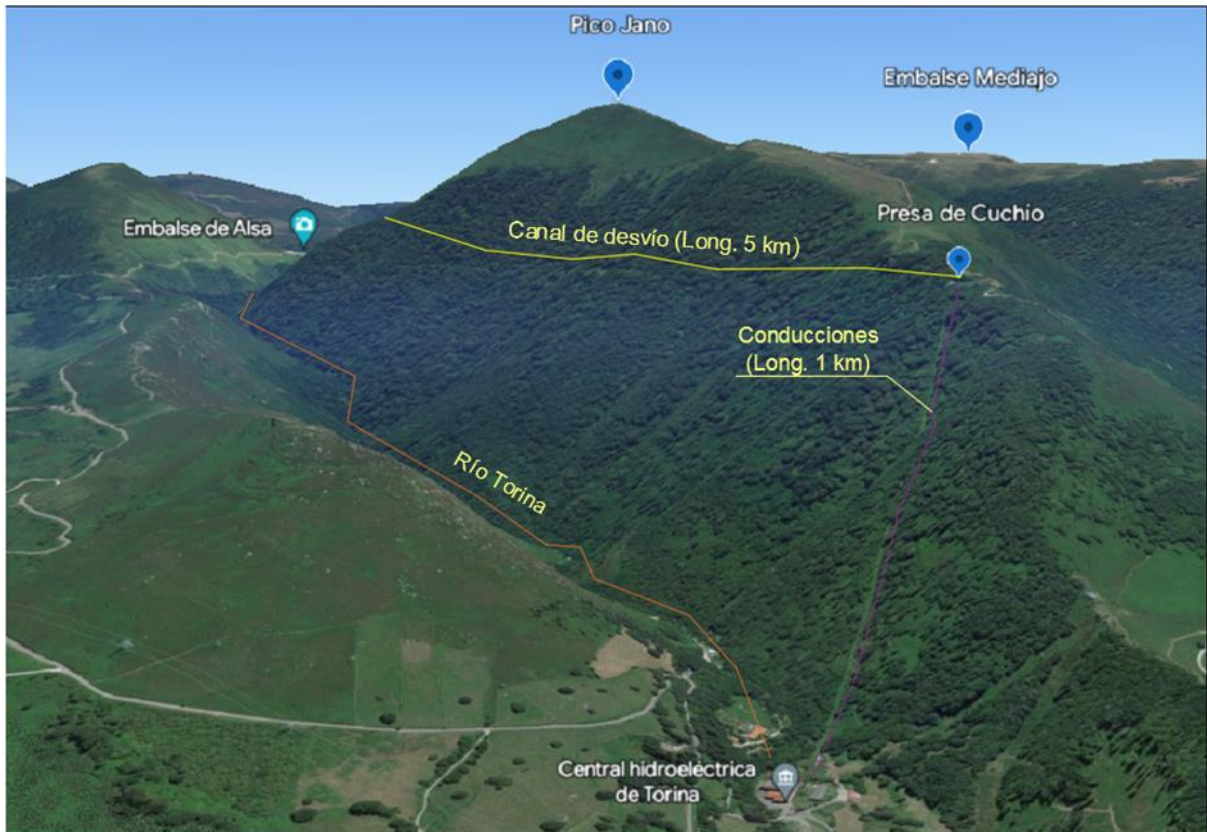


Figura 23. Imagen 3D de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.

3.3 Premisas de optimización de la central.

Previo al abordaje del dimensionado referido a la tecnología accesoria que debería acoplarse a la central para lograr la generación híbrida se establecen una serie de premisas que se respetarán durante dicho proceso.

- Se maximizará la producción energética. Para ello, se considerará la utilización del máximo potencial instalado en la central, es decir las tres turbinas Pelton existentes.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO

RÉGIMEN ORDINARIO

UnidadProducción	Tecnología	PotencialInstalada MW	PotenciaBruta MW	PotenciaNetaTotal MW
TORINA 1	EMBALSE	4,8	4,55	4,51
TORINA 2	EMBALSE	4,8	4,25	4,21
TORINA 3	EMBALSE	5,6	5,65	5,63

Figura 24. Potencia instalada Central de Torina. Fuente: estimación de ingresos netos de la recaudación del gravamen. Ministerio de la Presidencia.

- Se buscará reutilizar al máximo los recursos disponibles de la instalación.
- Se orientará el diseño hacia la obtención de los beneficios mencionados en el apartado 2.5, propios de la generación híbrida.
- Se coordinará la venta de la producción energética con los horarios pico de demanda, a partir de lo cual se establecerán los ciclos de funcionamiento de la central. La grafica siguiente es de carácter genérico y responde a la demanda promedio del territorio español.

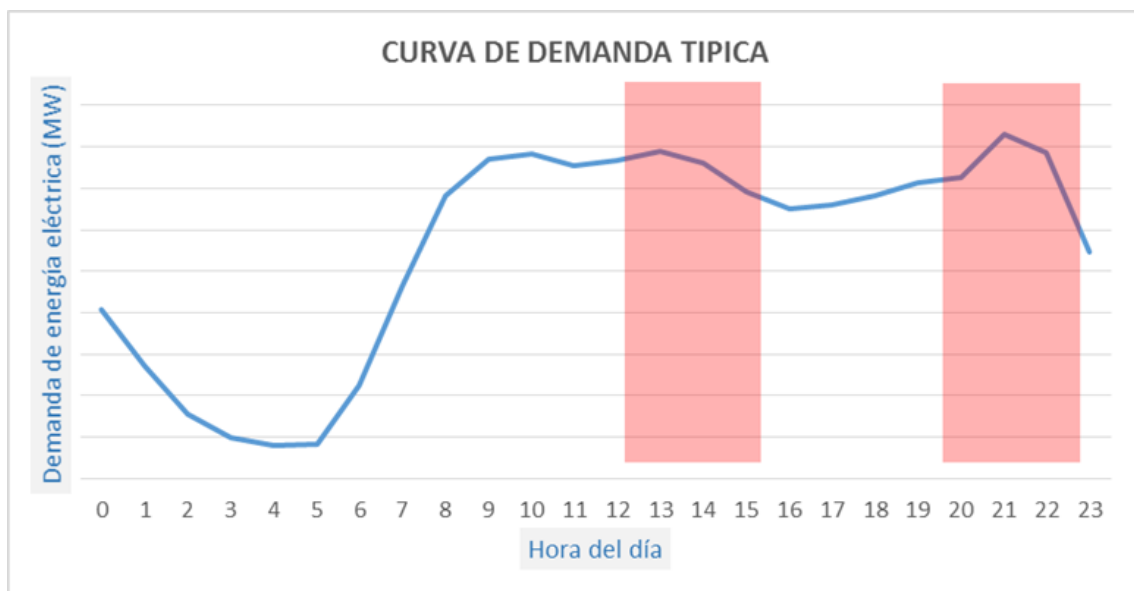


Figura 25. Curva de demanda genérica. Fuente: Elaboración propia.

4. Dimensionado

4.1. Estimaciones

Dado que la central de Torina se ha puesto en marcha en escasas oportunidades desde la construcción de la central reversible de Aguayo, no se dispone de datos recientes sobre su funcionamiento. Por tal motivo, existen parámetros que deberán estimarse en base a la información disponible.

El primer caso es la sección de las conducciones que transportan el agua, desde la presa de Cuchío hasta las turbinas. A partir de imágenes satélites, es posible identificar dos tuberías en paralelo con una longitud de 1000 metros cada una. Adicionalmente, disponemos de datos orográficos que nos indican una diferencia de nivel, entre ambos extremos de dichas conducciones de 423 metros.

Por otro lado, en base a una reseña infográfica que Viesgo comparte con aquellos visitantes que acuden a la central de Torina (actual museo), podemos conocer el caudal nominal de operación original del que disponía la instalación.



Figura 26. Infografía de la central museo. Fuente: Viesgo Distribución.

A partir de los datos previamente mencionados, podemos calcular la potencia nominal que el fluido es capaz de aportar:

$$P_n = \rho * g * H_n * Q$$

$$P_n = 13.95 \text{ MW}$$

Siendo:

- P_n , potencia nominal del salto.
- ρ , densidad del agua $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$.
- g , aceleración de la gravedad $\approx 10 \text{ m/s}^2$.
- H_n , salto bruto = 423 m.
- Q , caudal máximo canal de derivación = $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$ [26].

A continuación, se realizará una estimación de las pérdidas que sufre el fluido al atravesar las conducciones forzadas que lo depositan en la instancia previa a su aprovechamiento. Es decir, inmediatamente antes del conjunto de turbomáquinas.

Para ello, nos valdremos de la relación de potencias (nominal, efectiva y útil) que predomina en las turbinas instaladas en la central. Según [27] los rendimientos característicos de las turbinas tipo Pelton, también denominado “de acción”, son los siguientes:

- η_{TOTAL} , rendimiento total = 0.89 (turbinas con potencia nominal entre 7.500 y 75.000 kW).
- η_{mec} , rendimiento mecánico = 0.97 a 0.995.
- η_{hid} , rendimiento hidráulico = 0.90 a 0.93.
- η_{vol} , rendimiento volumétrico = 0.97 a 0.99.

La relación entre potencias puede expresarse del siguiente modo:

$$P_u = P_{ef} * \eta_{mec}$$

$$P_n * \eta_{TOTAL} = \rho * g * (H_n - \Delta h) * Q * \eta_{mec}$$

$$\Delta h = 39.09 \text{ m}$$

Siendo:

- Δh , pérdidas ocasionadas en la conducción.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeléctrica

Conociendo las pérdidas ocasionadas durante la conducción del fluido desde la presa de Cuchío hasta las turbinas; y a partir de la ecuación de Darcy-Weisbach, se puede realizar una estimación del diámetro equivalente asociado a la sección total de las conducciones:

$$\Delta h = 0.0826 * \lambda * \frac{Q^2}{D^5} * L$$

$$D_{eq} = 0.98 \text{ m}$$

Siendo:

- λ , coeficiente de fricción adimensional = 0.02.
- L , longitud de las conducciones = 2000 m (1000 cada tubería).
- D_{eq} , diámetro interno de la sección del conducto equivalente.

Finalmente, dado que la conducción del fluido se realiza por dos tuberías en paralelo, se puede estimar el área del conducto equivalente y a partir de ella los diámetros de las conducciones, capaces de satisfacer la misma demanda de sección.

$$A_{eq} = A_1 + A_2$$

$$\frac{\pi * (D_{eq})^2}{4} = 2 * \frac{\pi * (D)^2}{4}$$

$$D = 0.69 \text{ m}$$

Siendo:

- D , diámetro interno de cada una de las tuberías.
- $A_1 = A_2$

4.2 Definición de tecnología hidráulica

4.2.1 Ciclos de turbinado

Como primera medida se establecerá la duración de los periodos de turbinado. Para ello, se utilizará la curva de demanda de la figura XX, a partir de la cual se identifican

dos periodos de punta: de 7:00 a 11:00 hs y de 19:00 a 23:00 hs. Con ello se determina una duración de 4 hs por ciclo de turbinado.

Cabe destacar que la duración del ciclo previamente determinada es compatible con las características del sistema de almacenamiento seleccionado (figura XX), el cual posee un tiempo de respuesta para cambiar su funcionamiento (bombeo-turbinado) en minutos y una capacidad de descarga de 1 a 24 hs.

A partir de la definición de los ciclos de turbinado, indirectamente se configuran los ciclos de bombeo, siendo estos constituyentes de las horas restantes del día. Asimismo, la determinación de un periodo de tiempo correspondiente con la duración de un día, resulta un parámetro adecuado para la evaluación del recurso eólico, el cual posee un grado de fiabilidad conocido para dicho periodo.

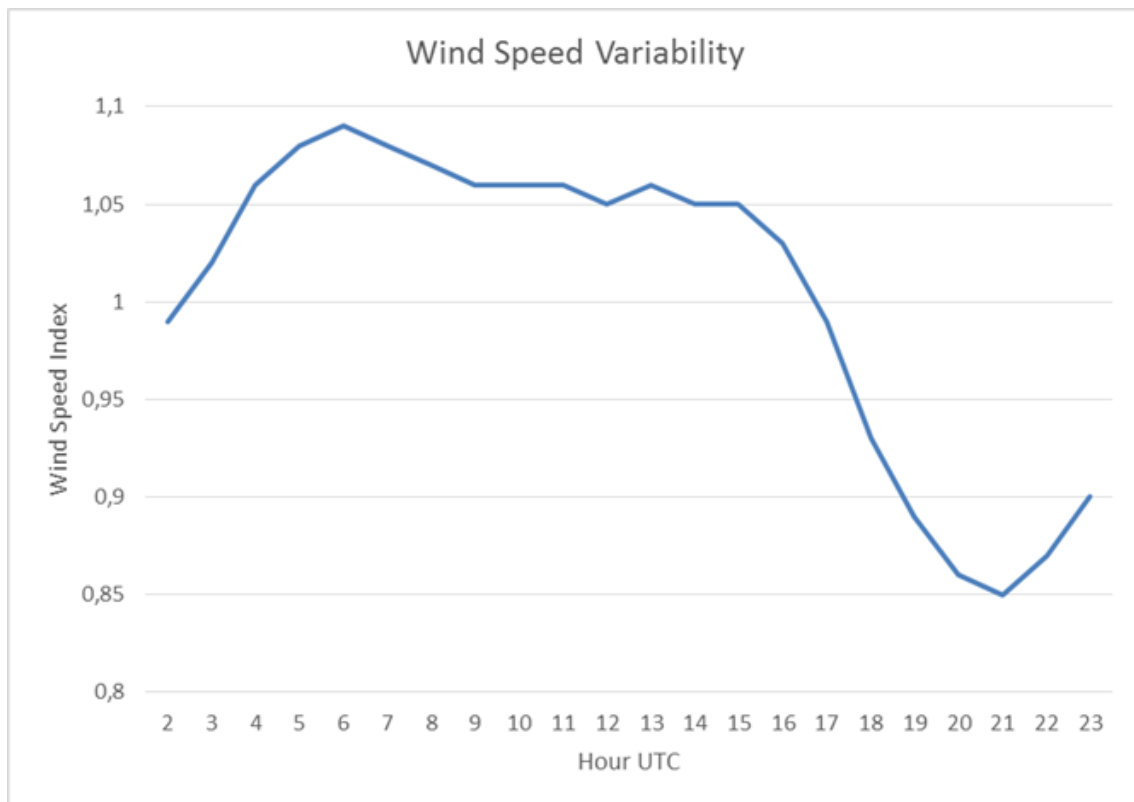


Figura 27. Variación de la velocidad de viento en la zona de estudio. Fuente: Global Wind Atlas.

4.2.2 Caudal de turbinado

A continuación, se define el caudal de turbinado, el cual debe ser capaz de movilizar las tres turbinas Pelton durante el periodo de tiempo establecido como la duración del ciclo. Para ello, y en concordancia con las premisas de diseño establecidas en el apartado 3.3, se requerirá una potencia efectiva igual a la suma de las tres turbinas.

$$P_{ef} = \rho * g * H_{ef} * Q_t$$

$$Q_t = 3.76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo:

- Q_t , el caudal necesario para alcanzar un ciclo de turbinado de 4 hs.
- P_{ef} , potencia efectiva de turbinado = $(4.55 + 4.25 + 5.65) = 14.46 \text{ MW}$.
- H_{ef} , altura efectiva = $(423 - 39.09) = 383.91 \text{ m}$.

4.2.3 Volumen embalse superior

A partir del caudal previamente determinado, es posible estimar el volumen de agua mínimo que el embalse superior debe ser capaz de almacenar para garantizar los ciclos de funcionamiento propuestos.

$$Vol_{sup} = Q_t * t_{turbinado}$$

$$Vol_{sup} = 54144 \text{ m}^3$$

Siendo:

- Q_t , caudal de turbinado necesario = $3.76 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $T_{turbinado}$, duración del ciclo de turbinado = 4 hs.

4.2.4 Caudal de bombeo

Tal como se mencionó previamente, la determinación de los periodos de bombeo y su duración son consecuencia de los ciclos de turbinado. A partir de ello, se puede identificar un periodo de bombeo entre las 11:00 y las 19:00 hs y otro entre las 23:00 y las 7:00 hs. En ambos casos se dispone de un total de 8 hs para efectuar la reposición del volumen del embalse superior, a partir de ello determinaremos nuestro caudal de bombeo mínimo.

$$Q_b = Vol_{sup} / t_{bombeo}$$

$$Q_b = 1.90 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo:

- Vol_{sup} , volumen del embalse superior = 55000 m³.
- T_{bombeo} , duración del ciclo de bombeo = 8 hs.

4.2.5 Potencia nominal de bombeo.

A continuación, se debe estimar la potencia de bombeo necesaria para elevar el volumen de agua hacia el depósito superior, en el tiempo de duración del ciclo correspondiente. Para ello, se deben considerar las pérdidas que se producen en la cañería de conducción, estimadas en el apartado 4.1.

$$P_b = \rho * g * (H_b + \Delta P) * Q_b$$

$$P_b = 8.77 \text{ MW}$$

Siendo:

- H_b , altura a vencer por el fluido debido a las condiciones del terreno = 423 m.
- ΔP , pérdidas estimadas en la conducción = 39.09 m.c.a.
- Q_b , el caudal necesario para alcanzar un ciclo de bombeo de 8 hs.

4.2.6 Ciclos de funcionamiento de la central.

Finalmente, la siguiente tabla resume las características principales de los ciclos de funcionamiento propuestos, a partir de la tecnología previamente dimensionada.

PERIODO	DURACION	FUNCIONAMIENTO	CAUDAL AFECTADO	VOLUMEN AFECTADO	ACUMULADO
(hs)	(hs)	-	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)
Inicio					55000
19:00 - 23:00	4	TURBINADO	3,76	54144	856
23:00 - 7:00	8	BOMBEO	1,90	54720	55576
7:00 - 11:00	4	TURBINADO	3,76	54144	1432
11:00 - 19:00	8	BOMBEO	1,90	54720	56152

Tal como se puede apreciar, ambos periodos de bombeo poseen una duración de 8 hs. En el segundo caso, permitiría contar con un remanente de energía en el embalse superior, si decidiéramos aumentar su capacidad hasta 57.000 m³; o bien bombear agua hasta la capacidad de 55.000 m³ y mantener en reposo los ciclos hidráulicos, dando lugar a un periodo aproximado de 2 horas donde se podría inyectar energía a la red proveniente del parque eólico.

Por otro lado, la posibilidad de incorporar bombas de velocidad variable permitiría modificar el caudal bombeado en cada ciclo. De este modo, podría optimizarse el funcionamiento establecido sin necesidad de ampliar el depósito superior.

4.2.7 Verificación de velocidad del fluido en conducciones

Por último, para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico sin ocasionar daños excesivos en las tuberías de conducción forzada; es necesario verificar que la velocidad que alcanzará el fluido en su interior. Se debe tener en cuenta que la central posee un caudal nominal de funcionamiento menor al determinado en el apartado 4.2.2.

$$V_{fluido} = \frac{Q_t}{A_{secc}}$$

$$V_{fluido} = 4.98 \text{ m/s}$$

Siendo:

- V_{fluido} , velocidad de fluido.
- A_{secc} , área de las conducciones = 0.754 m^2 .
- Q_t , caudal de turbinado = $3.76 \text{ m}^3/\text{s}$.

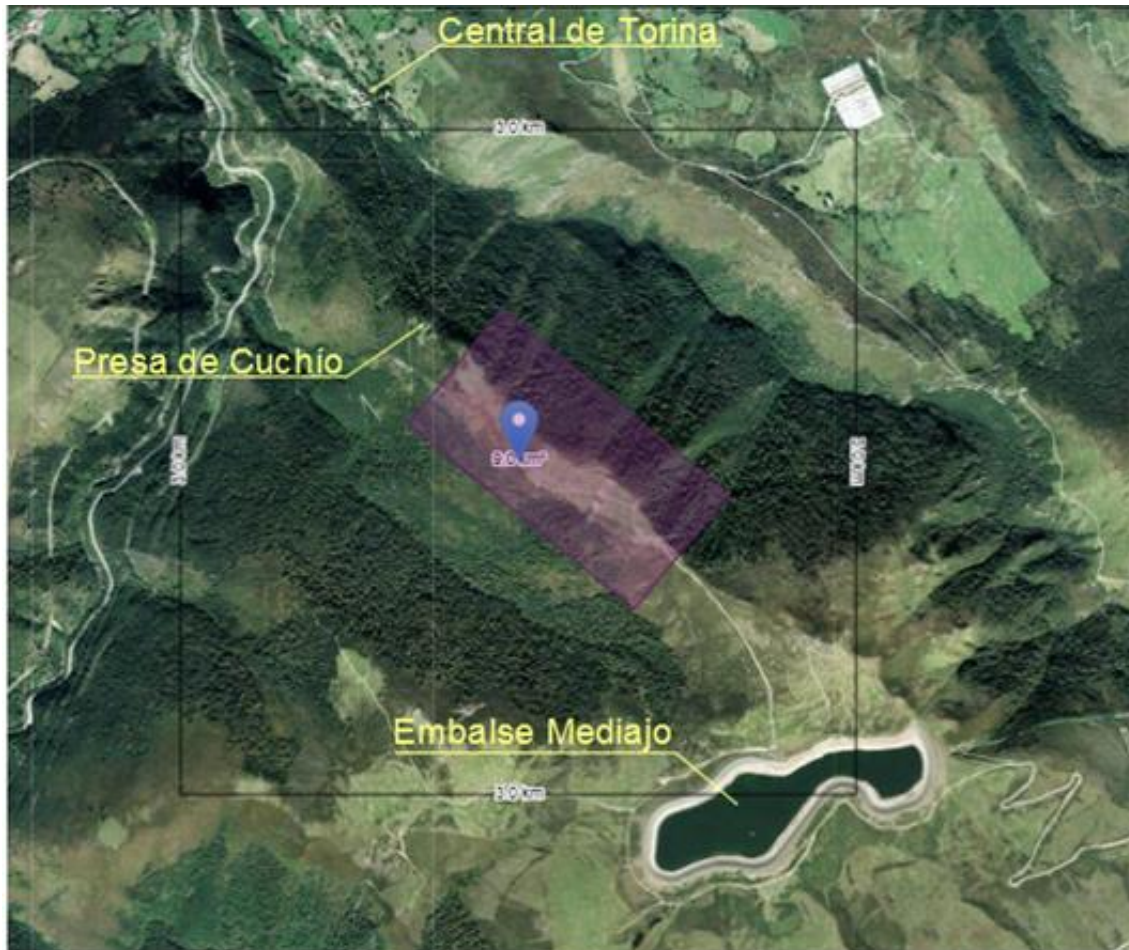
Como se puede apreciar, la velocidad obtenida es ligeramente menor a la recomendada para tuberías de este tipo. Por tal motivo, durante el análisis económico se consideran 2 alternativas: la primera de ellas sin modificaciones en la conducción, y una segunda agregando una sección que garantice una velocidad de fluido de 2 m/s.

4.3 Definición de tecnología eólica.

4.3.1 Caracterización del recurso

Para realizar la caracterización del recurso se utilizará la herramienta informática Global Wind Atlas (GWA). Tal como se detalla en [25], su funcionamiento se basa en un proceso de reducción de escala a partir de mediciones de viento efectuadas durante el periodo 2008-2017. Partiendo de una cuadrícula con espacios de 30 km^2 , realiza una simulación que concluye con resultados cada 250 m a 5 diferentes alturas para áreas de estudio de 9 km^2 .

En la imagen siguiente se puede apreciar el área que define la herramienta, mientras que en un color púrpura se ha indicado la zona de interés para la implantación de los aerogeneradores. Dicha zona se ubica en una meseta próxima al Pico Jano, con el cual comparte una altitud que ronda los 900 m.s.n.m., y en las inmediaciones de la presa de Cuchío.



Área de estudio Global Wind Atlas. Fuente: GWA.

4.3.1.1 Rugosidad superficial.

El conjunto de irregularidades que presenta la superficie de la zona de estudio resulta un parámetro determinante para caracterizar el perfil de velocidades. Tal como se puede apreciar en la siguiente imagen, se trata de una zona de bosque donde mayoritariamente predomina un índice de rugosidad igual a 1 m. Este valor permite filtrar la información contenida en el archivo GWC (Generalized Wind Climate) que utiliza la herramienta Global Wind Atlas, aumentando el grado de fidelidad de la caracterización.



Zona de estudio con layer Roughness Length activado. Fuente: GWA.

4.3.1.2 Distribución de Weibull.

Para lograr un modelo capaz de predecir la variación de la velocidad del viento a lo largo del tiempo, se emplea la conocida distribución de probabilidades formulada por el matemático sueco Waloddi Weibull. Dicha herramienta estadística permite calcular la probabilidad que existe de que el viento posea una determinada velocidad. La expresión que caracteriza la distribución se muestra a continuación.

$$p(U) = \left(\frac{k}{c}\right) * \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} * \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right]$$

La fórmula depende básicamente de dos parámetros: el factor de escala (c) que se expresa en m/s y se relaciona de forma directa con la velocidad media; y el factor de forma adimensional (k), cuyo papel es modificar la simetría de la distribución asociando valores cercanos a 1 con distribuciones muy asimétricas y aquellos más elevados (k > 2-3) a distribuciones simétricas.

A partir del archivo GWC que utiliza Global Wind Atlas se pueden obtener los valores de dichos factores, condicionados por dos parámetros de diseño. El primero de ellos es la altura que se tomará como referencia, la cual dado el caso de estudio se puede estimar en 100 m. Dicho valor surge considerando las características típicas de los aerogeneradores de mercado.

Por otro lado, la rugosidad superficial determinada en el apartado 4.3.2.2 permite concluir la caracterización de ambos factores.

Dado que la herramienta GWA brinda valores de ambos coeficientes para alturas de 10, 50, 100, 150 y 200 m; y rugosidades de 0, 0.03, 0.1, 0.4 y 1.5, se debe realizar una interpolación para corregir la rugosidad del caso. En el ANEXO I se puede observar la clasificación de los datos extraídos del fichero de texto que conforman el archivo GWC y que serán utilizados para la caracterización del recurso.

Distribucion de Weibull para 100 m y rugosidad =1					
R 0,40		R 1,00		R 1,50	
c	k	c	k	c	k
3,54	1,73	3,25	1,96	3,00	2,15
2,07	1,46	1,83	1,45	1,63	1,45
1,28	1,17	1,19	1,19	1,11	1,20
1,09	1,06	1,02	1,02	0,96	0,98
2,40	1,06	2,59	1,09	2,74	1,12
6,30	1,47	6,13	1,53	5,98	1,58
10,87	2,02	10,23	2,05	9,69	2,08
10,48	1,66	9,05	1,54	7,86	1,45
2,16	0,84	1,91	0,86	1,70	0,87
2,24	0,78	2,43	0,83	2,58	0,88
6,59	1,37	6,19	1,46	5,85	1,53
4,87	1,50	4,41	1,53	4,03	1,55

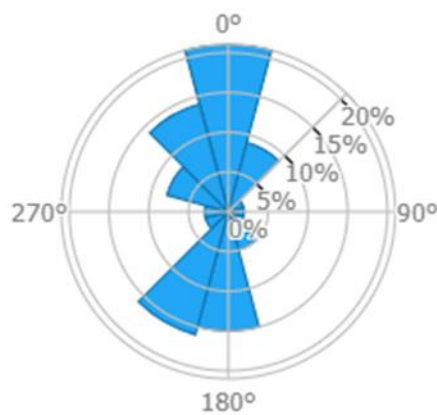
Valores de “k” y “c” a 100 m de altura, para una rugosidad superficial de 1 m.

Finalmente, para mejorar el grado de precisión del análisis realizado se debe evaluar la variación del parámetro de frecuencia asociado a cada sector. Dicho valor refleja la probabilidad que tiene el viento de proceder de cada uno de los 12 sectores que quedan determinados por la rosa de los vientos. Para lograr su estimación, nuevamente es necesario realizar una interpolación de los valores extraídos del fichero GWC.

Frecuencia (f) para R = 1		
0,40	1	1,50
f	f	f
20,87	20,40	20,01
5,24	4,57	4,01
2,14	2,24	2,33
1,73	1,68	1,64
2,09	2,33	2,53
5,48	5,97	6,37
17,61	19,46	21
14,18	11,77	9,76
2,66	2,70	2,74
2,97	3,23	3,45
8,42	9,19	9,84
16,61	16,46	16,33

Frecuencia interpolada para una rugosidad superficial de 1 m.

Wind Frequency Rose



Rosa de los vientos para una rugosidad superficial de 1 m.

4.3.2 Determinación del modelo de aerogenerador

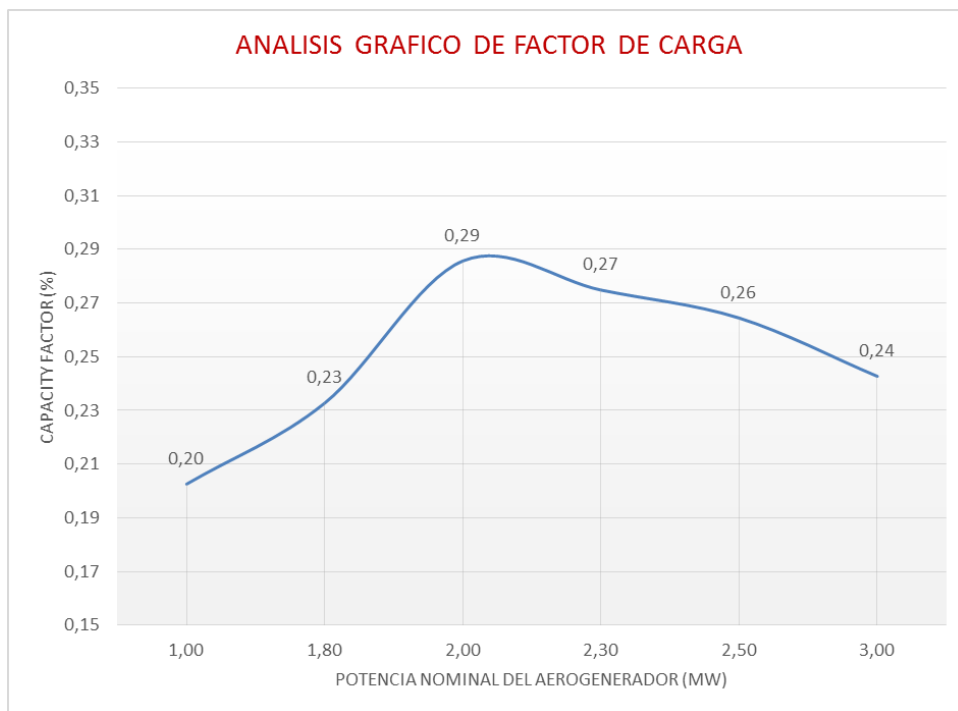
Para la determinación del aerogenerador que mejor se adapta al emplazamiento seleccionado se realiza una comparativa entre una serie de modelos con distinta potencia nominal. El coeficiente que se considera determinante es el denominado factor de carga. El mismo se define como la relación que existe entre la energía generada por el aerogenerador durante un periodo de tiempo (en el caso abordado 1 año) y la que hubiera producido en dicho periodo, si hubiese funcionado de forma continua y a plena

carga. Dicho parámetro adimensional demuestra que no necesariamente un aerogenerador de mayor potencia nominal será el más adecuado.

En el ANEXO II del presente trabajo se encuentran los cálculos correspondientes a cada modelo de aerogenerador, la determinación de su producción anual, sus horas de funcionamiento equivalente y el factor de carga. A continuación, se puede observar un resumen de dichos resultados.

Modelo	Pot. Nom. (MW)	Hs. EQ. hs / año	CF %	Prod. Anual (MWh)
Enercon E-58	1,00	1774,6	0,20	1774,6
Vestas V90-1800	1,80	2039,2	0,23	3670,5
Gamesa G114	2,00	2503,1	0,29	5006,2
Siemens SWT 113	2,30	2407,9	0,27	5538,2
Enercon E-115	2,50	2316,7	0,26	5791,7
Enercon E-115 E	3,00	2126,2	0,24	6378,6

Tabla resumen de cálculos por tipo de aerogenerador.



Análisis gráfico de resultados obtenidos para cada modelo de aerogenerador.

4.3.3 Configuración del parque

Tal como se pudo comprobar en el apartado anterior, el modelo más adecuado para nuestro emplazamiento resulta el modelo de 2.0 MW de Gamesa. En el ANEXO III se encuentra la ficha técnica correspondiente a dicha turbina.

Conociendo el volumen de energía que el ejemplar es capaz de producir en la zona caracterizada a partir de GWA; se calcula el número de aerogeneradores necesarios para satisfacer nuestra demanda.

En el apartado 4.2.6 se determinaron los ciclos de funcionamiento de la central, a partir de los cuales se puede deducir la demanda energética que el sistema de bombeo propuesto requerirá durante un año.

$$Nro. de Aeros = \frac{E_{dcentral/annual}}{E_{pmodelo /annual}}$$

$$Nro. de Aeros = \frac{P_{eje} * t_{ciclo} * Nro_{ciclos/año}}{Prod /annual}$$

$$Nro. de Aeros = \frac{P_b * t_{ciclo} * Nro_{ciclos/año}}{\eta_{TOTAL} * Prod /annual}$$

$$Nro. de Aeros \cong 12$$

Siendo:

- P_b , potencia de bombeo útil determinada en 4.2.5 = 8.77 MW.
- t_{ciclo} , duración de un ciclo de bombeo = 8 hs.
- $Nro_{ciclos/año}$, la cantidad de ciclos de bombeo en un año = 730.
- η_{TOTAL} , rendimiento total de la bomba = $\eta_m * \eta_v * \eta_h \approx 0.85$ según [27].
- $Prod / annual$, la producción energética anual del modelo seleccionado = 5006 MWh.

4.3.5 Distribución propuesta

Tal como se pudo observar en el apartado 4.3.2, la zona propuesta para la implantación del parque eólico se ubica en la cima de la cadena montañosa que contiene al Pico Jano. Los factores fundamentales que justifican dicha ubicación y constituyen un beneficio para el aprovechamiento eólico se relacionan con el denominado “efecto colina”. Por un lado, la posibilidad de orientar el rotor en la dirección del viento sin encontrar obstáculos intermedios. Por otro, las velocidades ligeramente superiores que

se producen en la cima de las montañas. El motivo de ello es la compresión que experimenta el aire en la cara expuesta directamente al viento, hasta alcanzar la cumbre. Posteriormente, la corriente realiza su descompresión al descender por la ladera a sotavento de la colina.

Habiendo considerado aquellos factores de la ubicación a los que se podría asociar un beneficio para el parque eólico, se deben evaluar aquellos que pudieran constituir un perjuicio para el mismo. Para ello, se basa la distribución en una serie de recomendaciones de diseño, cuyo objetivo principal es disminuir el denominado “efecto estela”. Dicho fenómeno describe las variaciones que la corriente de aire experimenta al atravesar el rotor de un aerogenerador. Tal como se ha podido demostrar, no solo disminuye la velocidad del fluido, sino que se generan turbulencias adicionales a las ya producidas por el terreno, siendo dichas alteraciones capaces disminuir la producción de los aerogeneradores ubicados aguas abajo.

El criterio de diseño que prevalece a la hora de determinar la distribución de las maquinas es:

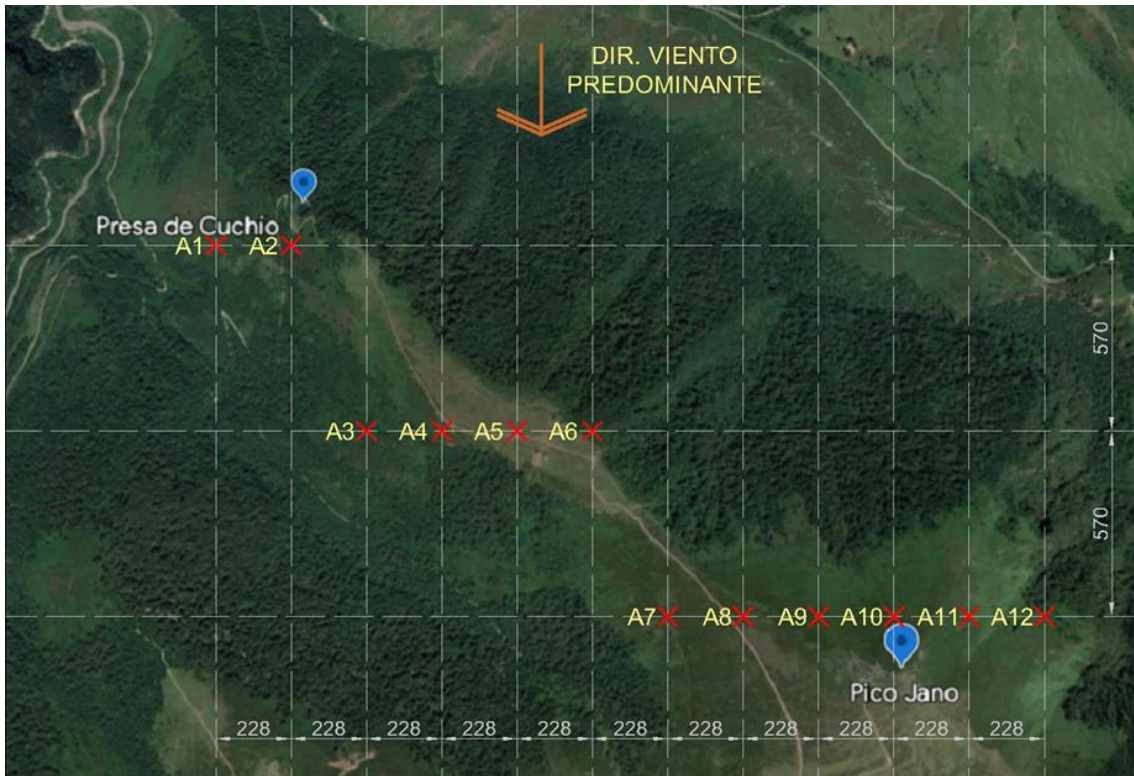
- una separación de 5 a 7 diámetros de rotor en la dirección del viento dominante.
- una separación de 2 a 4 diámetros de rotor en la dirección perpendicular del viento dominante.

Finalmente, considerando el diámetro del rotor de nuestro modelo previamente seleccionado, se puede establecer una ubicación precisa para cada uno de los aerogeneradores del parque eólico. A continuación, se observa una propuesta de implantación realizada para el presente trabajo, donde se ha priorizado utilizar aquellas zonas con baja densidad boscosa.

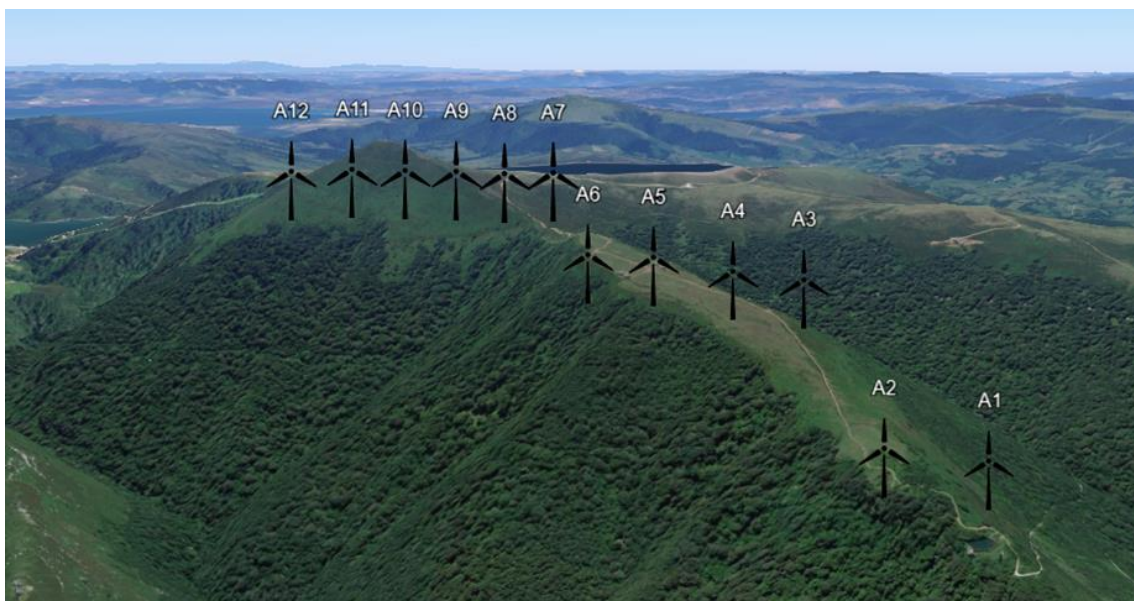
Siendo:

- D_v , separación vertical (viento predominante) = 570 m.
- D_h , separación horizontal (perpendicular viento predominante) = 228 m.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica



Implantación parque eólico propuesta.



Implantación parque eólico propuesta 3D.

5. Análisis de viabilidad económica.

En el presente apartado se realiza un estudio de las variables económicas inherentes al proyecto desarrollado, con el fin de determinar si es recomendable o no su ejecución y los plazos necesarios para garantizar su rentabilidad. Para ello, se analiza particularmente la inversión inicial. Tal situación se debe a que este parámetro es difícil de estimar a partir de estadísticas, dado el amplio margen de variables involucradas en cada obra.

Por otro lado, los costos de operación y mantenimiento son estimados a partir de la estadística recogida en el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, diferenciando cada tecnología por su naturaleza.

Por último, se determinan los ingresos previstos durante el periodo de explotación asociado a la vida útil de la central y finalmente se establecen los parámetros financieros característicos de un proyecto: VAN y TIR.

5.1 Inversión inicial

5.1.1 Tecnología hidráulica

Para estimar el costo correspondiente al equipamiento hidráulico que la central necesariamente debe acoplar a sus instalaciones para lograr la hibridación, se realiza un estudio individualizado por especialidad. Los detalles correspondientes a la estimación de costes se pueden observar en el ANEXO IV. A continuación, se detallan sintéticamente los resultados obtenidos.

OBRA CIVIL		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Construcción de embalses superior e inferior.	Comprende excavacion con medios mecanicos, extension de material con pendiente adecuada, perfilado de terreno e impermeabilizacion con un esquema adecuado.	1.335.872,95 €
Imprevistos de obra civil.	Comprende un 5% adicional.	66.793,65 €
OBRA MECANICA		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Suministro y montaje de equipo de bombeo	Comprende suministro y montaje mecanico de bombas y motores.	831.754,29 €
Imprevistos de obra mecanica.	Comprende un 5% adicional.	41.587,71 €
OBRA ELECTRICA		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Sistema electrico, de control y linea.	Comprende el suministro y conexionado de material electrico, sistema SCADA y adptacion de la linea para vinculacion con la red.	667.936,47 €
Imprevistos de obra electrica.	Comprende un 2% adicional.	13.358,73 €
MONTO INVERSION INICIAL TECNOLOGIA HIDRAULICA		
TOTAL		2.957.303,80 €

5.1.2 Tecnología eólica

La tecnología eólica necesaria para el proyecto, a diferencia de su complementaria, comprende una obra íntegramente nueva. Por tal motivo, es posible realizar una estimación simplificada de la inversión inicial a partir del PER 2011-2020, publicado por IDAE [13]. Dicho informe elabora un promedio de inversión basado en los parques eólicos on-shore ejecutados en España. A continuación, se observan los resultados obtenidos para el proyecto basados en dicha publicación.

ANÁLISIS DE COSTOS PARQUES EOLICOS ONSHORE (PER 2011-2020 - IDAE)		
DESCRIPCION	INCIDENCIA % SOBRE I. INICIAL	COSTO
Aerogeneradores	75	23.520.000,00 €
Obra civil e ingeniería	8	2.508.800,00 €
Instalacion electrica	5	1.568.000,00 €
Subestacion y conexión electrica	10	3.136.000,00 €
Promocion	2	627.200,00 €
MONTO INVERSION INICIAL TECNOLOGIA EOLICA		
TOTAL		31.360.000,00 €

* Para los cálculos se han considerado aerogeneradores de 2 MW, con un precio de 980.000 €/MW para 100 metros de altura de buje.

5.2 Costes de explotación

Del mismo modo que en el apartado anterior, para la estimación de los costos de operación y mantenimiento se utilizará el PER 2011-2020, publicado por el IDAE. Nuevamente, se realizará una distinción a partir del tipo de tecnología para la composición del coste final.

ANÁLISIS DE COSTOS DE O _y M (PER 2011-2020 - IDAE)			
TECNOLOGIA	POT. INSTALADA (MW)	INDICE IDAE (€/MW año)	COSTO (€/año)
Hidraulica	9	40.000,00 €	360.000,00 €
Eolica	24	45.000,00 €	1.080.000,00 €

5.3 Ingresos

Para poder estimar los ingresos asociados a la venta de energía es necesario conocer dos parámetros. El primero de ellos es la producción que la central híbrida es capaz de alcanzar, la cual puede estimarse a partir de los ciclos de funcionamiento determinados en el apartado 4.2.6.

El segundo parámetro afectado es el precio de venta de la energía, cuya estimación es realizada a partir de un estudio de los precios del pool de mercado. Para ello, se

analiza la evolución de dicho precio a lo largo del periodo transcurrido en 2023 (Enero-Octubre). Cabe destacar que la unidad de medida de tiempo para evaluar las fluctuaciones del coste energético necesariamente debe ser horaria. A partir de ello, se aumentará la fiabilidad del modelo, el cual será capaz de representar la coordinación propuesta para efectuar la venta durante las horas pico de mayor demanda.

En el ANEXO V se puede observar el análisis efectuado respecto a la fluctuación del precio de venta en el mercado energético. A continuación, se resumen los resultados más relevantes.

PERIODO (hs)	DURACION (hs)	FUNCIONAMIENTO -	POTENCIA MW	PRODUCCION MWh
19:00 - 23:00	4	TURBINADO	14,46	57,84
23:00 - 7:00	8	BOMBEO	8,77	-
7:00 - 11:00	4	TURBINADO	14,46	57,84
11:00 - 19:00	8	BOMBEO	8,77	-
PROD. DIARIA				115,68
PROD. ANUAL				42223,2

* Para los cálculos se ha considerado un 2% extra de pérdidas en el cableado, aunque habitualmente es considerado en el rendimiento organico de los equipos.

	FRANJA 1 7:00 - 11:00 (€/MWh)	FRANJA 2 19:00 - 23:00 (€/MWh)	FRANJA 3 00:00 - 23:59 (€/MWh)
Enero	79,08	111,67	69,97
Febrero	142,87	159,27	133,47
Marzo	142,87	117,59	89,70
Abril	99,22	87,08	73,73
Mayo	81,43	84,82	74,21
Junio	97,20	105,80	93,02
Julio	94,90	100,12	90,47
Agosto	99,42	111,33	96,05
Septiembre	111,44	127,78	103,34
Octubre	101,00	116,95	90,12
MEDIA	104,94	112,24	77,31

5.4 Análisis financiero.

En el ANEXO VI se lleva a cabo el cálculo de los índices generalmente ponderados durante la fase de evaluación de viabilidad de un proyecto (VAN, TIR y periodo de retorno).

Para tal caso, se consideran los siguientes valores:

- Inversión inicial: compuesta por la suma de los resultados obtenidos en los apartados 5.1.1 y 5.1.2 (€ 34.317.304).

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeólica

- Costes de explotación anual: comprenden todos aquellos gastos en los que la central debe incurrir durante la fase de operación y mantenimiento. En el apartado 5.2 se han determinado según la naturaleza de su tecnología (€ 1.440.000).
- Ingresos anuales: desarrollados en el apartado 5.3, obtenidos a partir del producto del volumen de energía turbinado y el precio de venta del pool de mercado según la franja horaria (€4.585.046,01).
- Índice de precios al consumo: se toma un valor de 3% anual, aunque la media considerando los últimos 10 años no supera el 2%.
- Actualización del precio de venta por MWh en el pool de mercado (4%).

Adicionalmente, el estudio económico plantea tres escenarios distintos que permiten elaborar una comparativa y enriquecen el análisis financiero:

- Escenario 1: proyecto de construcción la central de generación hidroeólica, sin modificaciones en los valores determinados en el apartado 5.4.
- Escenario 2: proyecto de construcción de la central de generación hidroeólica considerando agregar una tercera cañería, capaz de garantizar una velocidad del fluido en las conducciones de 2 m/s.
- Escenario 3: proyecto de construcción del parque eólico aislado, con idéntica potencia y sin capacidad de gestión energética.

6. Conclusiones

Tal como ha quedado expuesto en el presente trabajo, la implementación de tecnología híbrida en el proceso productivo energético es una posibilidad merecedora de ser valorada en diversos escenarios. Tomando como base proyectos existentes, su viabilidad cobra importancia en proyectos insulares, donde la interconexión a partir de una red se encuentra limitada; y donde existe una dependencia de la importación de recursos.

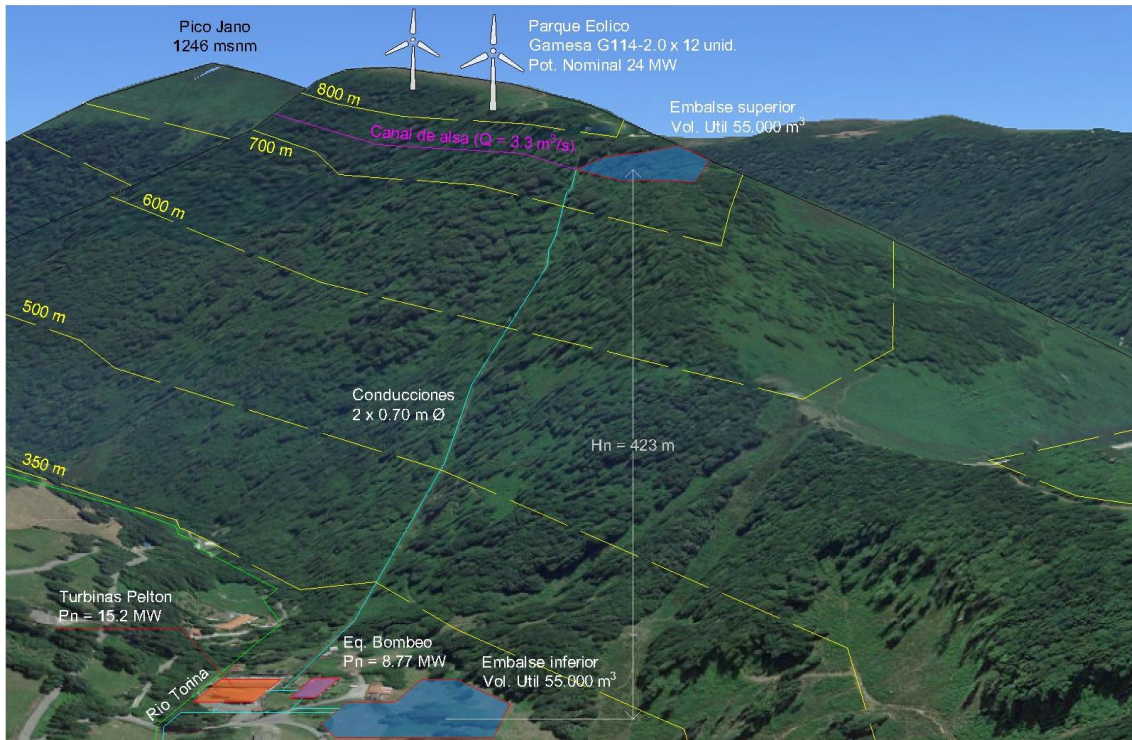
Por otro lado, adquiere relevancia el estudio de su factibilidad cuando se buscan alcanzar los objetivos mencionados en el apartado 2.5, que competen tanto a la figura del generador como a la del operador de la red encargado de la distribución y el transporte.

Ya sea en un caso o en el otro, es vital realizar un estudio específico abordando las características del emplazamiento; dado que para lograr un proyecto rentable resulta imposible establecer un dimensionado típico con una guía de pasos modelo. Una de las razones para abordar de manera individual cada proyecto, manifestada expresamente en el presente trabajo, es la posibilidad de reutilizar infraestructura.

Constituyendo un escenario prometedor para las centrales hidroeléctricas se posiciona la adaptación de centrales hidráulicas existentes. Tal como se ha observado, dichas instalaciones generalmente disponen de una serie de características que pueden optimizar la interacción de ambas tecnologías. En primer lugar, la diferencia de altitud que generalmente se presenta en dichos proyectos puede permitir que en su parte más elevada mejoren las prestaciones de los aerogeneradores. Por otro lado, la posibilidad de compartir el/los embalses existentes (según el tipo de central hidráulica), constituyen junto con la tecnología de turbinado hidráulico el ahorro más significativo para un proyecto de este tipo.

Finalmente, la constante innovación que experimentan ambas tecnologías individualmente se vuelve un factor que incentiva la reformulación de su interacción. Ya sea aumentando la altura de montaje de góndola o el diámetro de rotor, para aerogeneradores; o bien desarrollando estructuras de contención más flexibles y capaces de emplearse como embalse. Estos factores podrían permitir en un futuro extender las limitaciones actuales asociadas a la escala de potencia que deben mantener ambas tecnologías en la constitución de una central híbrida.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeléctrica



Esquema 3D de la central.

7. Referencias

- [1] NACIONES UNIDAS. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivo 7
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- [2] Los límites del crecimiento. Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad elaborado por MIT 1972.
- <https://es.scribd.com/document/265771401/Los-Limites-Del-Crecimiento/>
- [3] IRENA (2014), REmap 2030: A Renewable Energy Roadmap, Summary of Findings, June 2014. IRENA, Abu Dhabi.
- <https://www.irena.org/remap>
- [4] ONU (2015) Acuerdo de Paris.
- https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- [5] IRENA (2023), World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
- [6] IRENA (2022), Renewable Statistics 2023, The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>
- [7] Informe del Sistema Eléctrico. Resumen de Energías Renovables 2022.
- <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables>
- [8] Plan Energético Nacional 1991-2000.
- https://www.congreso.es/public_oficiales/L4/CONG/BOCG/E/E_169.PDF
- [9] Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010.
- https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_4044_PFER2000-10_1999_1cd4b316.pdf
- [10] Plan de Energías Renovables en España 2005-2010.
- [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_PER_2005-2010_8_de_gosto-2005_Completo.\(modificacionpag_63\)_Copia_2_301254a0.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_PER_2005-2010_8_de_gosto-2005_Completo.(modificacionpag_63)_Copia_2_301254a0.pdf)

[11] Real Decreto 661/2007.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-10556>

[12] Real Decreto 1578/2008.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-15595>

[13] Plan de Energías Renovables 2011-2020.

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_PER_2011-2020_def_93c624ab.pdf

[14] Real Decreto Ley 1/2012.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-1310>

[15] Ley 24/2013.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>

[16] IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. 2022. Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. World Bank, Washington DC. © World Bank. License: Creative Commons Attribution Non Commercial 3.0 IGO (CC BY-NC 3.0 IGO).

<https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/tracking-sdg-7-the-energy-progress-report-2022>

[17] Antonio Urbina (2020) J. Phys. Energy 2 022001.

[18] A. Betz (1920) Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnutzung des Windes durch Windmotoren. Gesamte Turbinenwesen.

[19] IRENA (2022), Smart Electrification with Renewables: Driving the transformation of energy services, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

<https://www.irena.org/Publications/2022/Feb/Smart-Electrification-with-Renewables>

[20] IRENA (2022), Energy Transition by Technology.

<https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/>

[21] Haoran Zhao, Qiuwei Wu, Shuju Hu, Honghua Xu, Claus Nygaard Rasmussen, Review of energy storage system for wind power integration support, Applied Energy, Volume 137, 2015, Pages 545-553, ISSN 0306-2619.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914004668>

[22] RE&PQJ (2019) Volume No.17.

[23] Integrating wind and water for renewable Energy (Volume 2017, Issue 6, June 2017, Pages 22, 24-25). World Pumps.

[https://doi.org/10.1016/S0262-1762\(17\)30174-8](https://doi.org/10.1016/S0262-1762(17)30174-8)

[24] Wind Europe Org. (2017), Wind Energy and on-site Energy Storage System. Exploring Market Opportunities.

<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/policy/position-papers/WindEurope-Wind-energy-and-on-site-energy-storage.pdf>

[25] Sánchez del Rey A. (2020). Revisión y comparativa de recursos online para evaluación de emplazamientos óptimos en parques eólicos. [TFM]. Universidad Politécnica de Cartagena.

[26] Información obtenida del portal web de la empresa encargada de la explotación energética de la central de Torina durante su ciclo de funcionamiento. Viesgo Distribución.

[27] Claudio Mataix. Turbomaquinas Hidráulicas, 3^{ra} edición. Editorial ICAI, Madrid - España.

[28] Raquel González Franco (2018). El régimen retributivo de las Energías renovables en España. Consecuencias de la modificación de su régimen jurídico-económico. Universidad Pontificia Comillas. TFG.

Anexo I.

ANEXO I

GLOBAL WIND ATLAS 3.0 (.GWC FILE)

COORDENADAS (-028,43,111)

	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	SECTOR 9	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12
RUGOSIDAD SUPERFICIAL (0,00 m)	f 3,28 c 3,94 k 1,326	1,29 2,88 1,506	3,24 1,45 1,088	2,14 1,01 0,916	1,54 1,24 1,135	3,75 5,09 9,3	9,03 13,35 17,01	22,74 31,35 46,1	46,1 39,1 28,57	3,61 1,93 0,857	2,48 1,93 1,076	5,47 6,09 1,451
RUGOSIDAD SUPERFICIAL (0,00 m)	f 4,74 c 1,443 k 1,443	3,78 1,639 1,178	1,39 0,99 0,807	1,217 0,99 0,881	1,217 0,99 0,881	6,79 11,67 16,37	11,67 16,37 21,07	16,37 21,07 25,77	21,07 25,77 30,47	30,47 35,17 39,87	35,17 39,87 44,57	44,57 49,27 53,97
RUGOSIDAD SUPERFICIAL (0,10 m)	f 5,26 c 1,490 k 1,838	3,78 1,639 1,178	1,39 0,99 0,807	1,217 0,99 0,881	1,217 0,99 0,881	6,79 11,67 16,37	11,67 16,37 21,07	16,37 21,07 25,77	21,07 25,77 30,47	30,47 35,17 39,87	35,17 39,87 44,57	44,57 49,27 53,97
RUGOSIDAD SUPERFICIAL (1,50 m)	f 20,01 c 1,20 k 1,623	6,62 1,107 0,932	0,41 0,34 0,27	0,34 0,27 0,2	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13	0,27 0,2 0,13

Distribución de Weibull para 100 m y rugosidad=1

R	0,40	1,00	1,50
c	3,54	1,73	3,00
k	2,07	1,46	1,63
f	1,28	1,17	1,11
c	1,09	1,06	1,02
k	2,40	1,07	2,59
f	6,13	6,13	5,98
c	6,30	1,47	1,53
k	10,87	2,02	10,23
f	10,48	1,66	9,05
c	2,16	0,84	1,91
k	6,59	1,37	6,19
f	4,87	1,50	4,41
c			4,03
k			1,55

Frecuencia (f) para R = 1

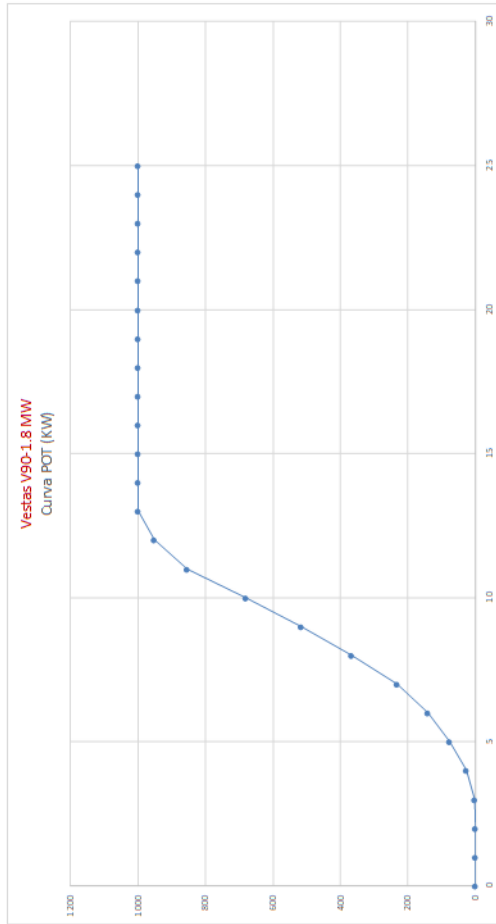
f	0,40	1,00	1,50
f	20,87	20,40	20,01
c	5,24	4,57	4,01
k	2,14	2,24	2,33
f	1,73	1,68	1,64
c	2,09	2,33	2,53
k	5,48	5,97	6,37
f	17,61	19,46	21
c	14,18	11,77	9,76
k	2,66	2,70	2,74
f	2,97	3,23	3,45
c	8,42	9,19	9,84
k	16,61	16,46	16,33



NOTA: LOS DATOS PRESENTADOS EN FORMATO TABLA HAN SIDO ORGANIZADOS Y CLASIFICADOS DESDE EL FICHERO DE TEXTO (.GWC) PROCEDENTE DE GLOBAL WIND ATLAS.

ENERCON E-58 1,0 MW

ANEXO II



Sector	TOTAL	f	MWh
1	156.79	0.20	39.64
2	35.73	0.05	1.63
3	12.08	0.02	0.27
4	16.29	0.02	0.27
5	965.42	0.02	8.51
6	1887.78	0.02	112.61
7	4351.05	0.19	846.66
8	3518.67	0.12	414.12
9	330.78	0.03	6.94
10	605.07	0.03	19.55
11	1971.38	0.09	181.26
12	856.63	0.15	140.81

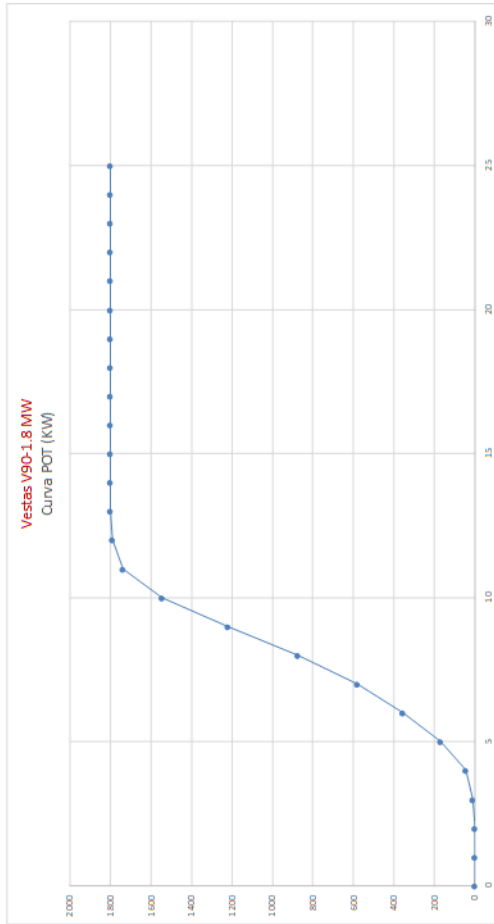
ANUAL	1774.61
H.E. EQ.	1774.61
F. CARGA	0.20

Sector 1				Sector 2				Sector 3				Sector 4				Sector 5				Sector 6			
k	1.982	c	3.245	k	1.451	c	1.830	k	1.185	c	1.187	k	1.016	c	1.019	k	1.089	c	2.585	k	1.528	c	6.125
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)
0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0	0	0.00000	0	0	0.00000	0.00000		
1	0	0.17637	0.00000	1	0	0.39619	0.00000	1	0	0.42761	0.00000	1	0	0.37380	0.00000	1	0	0.27125	0.00000	1	0	0.08992	0.00000
2	0	0.45775	0.00000	2	0	0.28463	0.00000	2	0	0.17158	0.00000	2	0	0.13863	0.00000	2	0	0.19323	0.00000	2	0	0.11527	0.00000
3	10	0.13791	20.84073	3	10	0.12772	11.18804	3	10	0.09500	5.16950	3	10	0.07843	4.44421	3	10	0.13156	10.71377	3	10	0.12320	10.71377
4	46	0.16379	66.02654	4	46	0.05033	20.28150	4	46	0.01840	7.41442	4	46	0.01840	7.41442	4	46	0.08765	35.31861	4	46	0.11829	47.65435
5	170	0.08871	132.10719	5	170	0.00636	25.25397	5	170	0.00636	7.96410	5	170	0.00636	9.91580	5	170	0.05745	85.59593	5	170	0.07568	160.55598
6	355	0.08871	132.10719	6	355	0.00636	15.82385	6	355	0.00636	4.57044	6	355	0.00636	4.57044	6	355	0.02722	7.56733	6	355	0.09388	201.33376
7	580	0.01381	70.16425	7	580	0.00312	6.71056	7	580	0.00308	1.59895	7	580	0.00308	4.86719	7	580	0.02950	121.41174	7	580	0.07856	359.21107
8	874	0.00406	31.05640	8	874	0.00031	2.40426	8	874	0.00010	0.74295	8	874	0.00011	0.23425	8	874	0.01522	116.54934	8	874	0.08387	486.88848
9	1219	0.00099	10.53845	9	1219	0.00007	0.72593	9	1219	0.00002	0.15175	9	1219	0.00011	0.17187	9	1219	0.00963	102.85533	9	1219	0.09052	559.48190
10	1544	0.00020	2.70060	10	1544	0.00001	0.18243	10	1544	0.00000	0.07900	10	1544	0.00004	0.52863	10	1544	0.00606	82.00860	10	1544	0.03859	527.40788
11	1740	0.00003	0.51357	11	1740	0.00000	0.03750	11	1740	0.00000	0.02931	11	1740	0.00001	0.21178	11	1740	0.00380	57.80860	11	1740	0.02943	448.57905
12	1789	0.00000	0.07449	12	1789	0.00000	0.00665	12	1789	0.00000	0.00441	12	1789	0.00000	0.07728	12	1789	0.00237	37.07246	12	1789	0.01176	340.94492
13	1800	0.00000	0.00885	13	1800	0.00000	0.00104	13	1800	0.00000	0.00096	13	1800	0.00000	0.02755	13	1800	0.00147	21.18500	13	1800	0.01577	248.72285
14	1800	0.00000	0.00088	14	1800	0.00000	0.00015	14	1800	0.00000	0.00095	14	1800	0.00000	0.00975	14	1800	0.00091	14.31079	14	1800	0.01123	177.07579
15	1800	0.00000	0.00000	15	1800	0.00000	0.00002	15	1800	0.00000	0.00004	15	1800	0.00000	0.00345	15	1800	0.00056	8.81581	15	1800	0.00786	123.90583
16	1800	0.00000	0.00000	16	1800	0.00000	0.00000	16	1800	0.00000	0.00001	16	1800	0.00000	0.00122	16	1800	0.00034	5.41284	16	1800	0.00541	85.28401
17	1800	0.00000	0.00000	17	1800	0.00000	0.00000	17	1800	0.00000	0.00000	17	1800	0.00000	0.00043	17	1800	0.00021	3.31319	17	1800	0.00366	57.78322
18	1800	0.00000	0.00000	18	1800	0.00000	0.00000	18	1800	0.00000	0.00000	18	1800	0.00000	0.00015	18	1800	0.00013	2.02122	18	1800	0.00245	36.56065
19	1800	0.00000	0.00000	19	1800	0.00000	0.00000	19	1800	0.00000	0.00000	19	1800	0.00000	0.00005	19	1800	0.00008	1.23077	19	1800	0.00161	25.36037
20	1800	0.00000	0.00000	20	1800	0.00000	0.00000	20	1800	0.00000	0.00000	20	1800	0.00000	0.00002	20	1800	0.00005	0.74716	20	1800	0.00104	16.44636
21	1800	0.00000	0.00000	21	1800	0.00000	0.00000	21	1800	0.00000	0.00000	21	1800	0.00000	0.00001	21	1800	0.00003	0.45248	21	1800	0.00067	10.51964
22	1800	0.00000	0.00000	22	1800	0.00000	0.00000	22	1800	0.00000	0.00000	22	1800	0.00000	0.00000	22	1800	0.00002	0.27388	22	1800	0.00042	6.60054
23	1800	0.00000	0.00000	23	1800	0.00000	0.00000	23	1800	0.00000	0.00000	23	1800	0.00000	0.00000	23	1800	0.00001	0.16480	23	1800	0.00006	4.13820
24	1800	0.00000	0.00000	24	1800	0.00000	0.00000	24	1800	0.00000	0.00000	24	1800	0.00000	0.00000	24	1800	0.00001	0.09913	24	1800	0.00016	2.54666
25	1800	0.00000	0.00000	25	1800	0.00000	0.00000	25	1800	0.00000	0.00000	25	1800	0.00000	0.00000	25	1800	0.00001	0.05913	25	1800	0.00010	1.54816
TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
454.441				82.38				251.7				37.99				266.00				4952.61			

Sector 7				Sector 8				Sector 9				Sector 10				Sector 11				Sector 12			
k	2.053	c	10.226	k	1.545	c	9.051	k	0.857	c	1.909	k	0.834	c	2.425	k	1.456	c	6.186	k	1.528	c	4.412
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)
0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000
1	0	0.01720	0.00000	1	0	0.04972	0.00000	1	0	0.27722	0.00000	1	0	0.24712	0.00000	1	0	0.08956	0.00000	1	0	0.14266	0.00000
2	0	0.03476	0.00000	2	0	0.06965	0.00000	2	0	0.15753	0.00000	2	0	0.11558	0.00000	2	0	0.11593	0.00000	2	0	0.16921	0.00000
3	10	0.05091	4.45934	3	10	0.07799	6.83198	3	10	0.09647	8.45041	3	10	0.10061	8.81340	3	10	0.11939	10.45896	3	10	0.16221	14.20981
4	46	0.06459	26.02659	4	46	0.08241	33.06358	4	46	0.06132	24.71052	4	46	0.06939	27.95947	4	46	0.11355	45.75262	4	46	0.13901	56.01384
5	170	0.07507	111.79900	5	170	0.08282	123.33170	5	170	0.03922	59.45305	5	170	0.04901	72.99058	5	170	0.10257	152.74137	5	170	0.11023	164.14984
6	355	0.08194	254.81919	6	355	0.08031	242.74599	6	355	0.02644	82.22148	6	355	0.03522	109.51174	6	355	0.08918	277.32888	6	355	0.08226	255.81585
7	580	0.08509	432.44812	7	580	0.07575	384.84922	7	580	0.01774	90.14265	7	580	0.02563	130.21901	7	580	0.07521	382.12489	7	580	0.05835	296.48355
8	874	0.08474	648.76569	8	874	0.06883	584.64838	8	874	0.01205	92.13106	8	874	0.01885	144.28984	8	874	0.06182	473.39831	8	874	0.03960	308.21750
9	1219	0.08132	868.82011	9	1219	0.06514	674.22709	9	1219	0.00923	67.95650	9	1219	0.01398	149.24953	9	1219	0.04970	530.79831	9	1219	0.03584	275.87857
10	1544	0.07545	1070.54609	10	1544	0.05612	759.66776	10	1544	0.00567	76.75148	10	1544	0.01044	141.18973	10	1544	0.03917	529.72268	10	1544	0.03185	219.85485
11	1740	0.06786	1034.86295	11	1740	0.04913	748.80963	11	1740	0.00394	60.01357	11	1740	0.00785	119.58114	11	1740	0.02932	462.19869	11	1740	0.02989	150.78661
12	1789	0.05926	928.67151	12	1789	0.04441	664.62056	12	1789	0.00275	49.05826	12	1789	0.00595	92.90581	12	1789	0.03009	381.82177	12	1789	0.03083	94.41100
13	1800	0.05091	793.24727	13	1800	0.03644	569.90539	13	1800	0.00198	30.38688	13	1800	0.00450	70.97823	13	1800	0.01791	27.3002213	13	1800	0.03034	52.66302
14	1800	0.04156	655.96517	14	1800	0.03044	479.95302	14	1800	0.00136	21.41171	14	1800	0.00345	54.12020	14	1800	0.01820	201.82256	14	1800	0.00186	29.32186
15	1800	0.03344	527.33614	15	1800	0.02335	399.65307	15	1800	0.00096	15.15079	15	1800	0.00263	41.43956	15	1800	0.00934	147.20711	15	1800	0.00051	15.99566
16	1800	0.02622	413.21387	16	1800	0.02088	329.61068	16	1800	0.00066	10.76161	16	1800	0.00202	31.82878	16	1800	0.00672	106.01317	16	1800	0.00003	8.39950
17	1800	0.02005	316.19311	17	1800	0.01704	286.62669	17	1800	0.00048	7.67097	17	1800	0.00156	24.53216	17	1800	0.00478	75.42382	17	1800	0.00027	4.33055
18	1800	0.01495	235.78187	18	1800	0.01176	217.03200	18	1800	0.00038	5.48578	18	1800	0.00120	18.96516	18	1800	0.00336	53.04341	18	1800	0.00014	2.18033
19	1800	0.01088	171.57235	19	1800	0.01102	173.74185	19	1800	0.00028	3.93498	19	1800	0.00093	14.70336	19	1800	0.00234	36.89171	1			

VESTAS V90-1.8 MW

ANEXO II



Sector	TOTAL	f	MW/h
1	454.44	0.20	92.71
2	82.38	0.05	3.76
3	28.17	0.02	0.63
4	37.99	0.02	0.64
5	636.00	0.02	19.25
6	4053.16	0.06	101.79
7	8784.15	0.19	1799.34
8	7102.72	0.12	639.95
9	728.39	0.03	19.69
10	1293.59	0.03	41.81
11	4190.25	0.09	385.27
12	1944.61	0.16	319.70

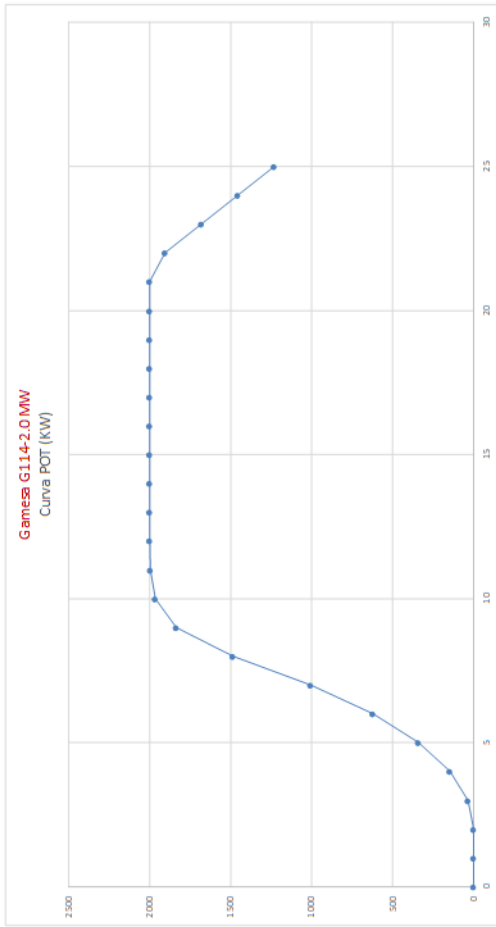
ANUAL	35770.52
HE EQ.	2039.18
F. CARGA	0.23

GAMESA G114-2.0 MW

ANEXO II

Sector 1					Sector 2					Sector 3					Sector 4					Sector 5					Sector 6				
k	1.982	c	3.245	6.125	k	1.451	c	1.830	6.125	k	1.185	c	1.019	6.125	k	1.089	c	2.585	6.125	k	1.528	c	6.125	6.125					
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)					
0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000					
1	0	0.17637	0.00000	0.00000	1	0	0.39619	0.00000	0.00000	1	0	0.42761	0.00000	0.00000	0	0	0.37380	0.00000	0.00000	1	0	0.27125	0.00000	0.00000					
2	0	0.45775	0.00000	0.00000	2	0	0.28463	0.00000	0.00000	2	0	0.17158	0.00000	0.00000	2	0	0.13863	0.00000	0.00000	2	0	0.19233	0.00000	0.00000					
3	32	0.13791	66.69033	3.245	3	32	0.09500	15.64241	0.00000	3	32	0.05073	14.22146	0.00000	3	32	0.13156	11.09210	0.00000	3	32	0.11230	34.28406	0.00000					
4	146	0.16379	209.48965	64.17171	4	146	0.05033	23.53271	0.00000	4	146	0.01843	23.56228	0.00000	4	146	0.08765	90.78820	0.00000	4	146	0.11829	151.28250	0.00000					
5	342	0.08871	265.78859	50.05055	5	342	0.00538	16.01186	0.00000	5	342	0.00538	16.01186	0.00000	5	342	0.05745	172.11638	0.00000	5	342	0.07568	329.59840	0.00000					
6	621	0.03873	210.64880	27.26332	6	621	0.00501	11.03556	0.00000	6	621	0.00340	13.03566	0.00000	6	621	0.03722	109.61142	0.00000	6	621	0.09388	509.61142	0.00000					
7	1008	0.01381	131.54083	11.66264	7	1008	0.00038	3.40296	0.00000	7	1008	0.00086	7.95904	0.00000	7	1008	0.03950	211.00923	0.00000	7	1008	0.07856	689.73180	0.00000					
8	1486	0.00406	52.80238	4.88531	8	1486	0.00011	1.42818	0.00000	8	1486	0.00031	4.00176	0.00000	8	1486	0.01522	136.18905	0.00000	8	1486	0.08387	831.29231	0.00000					
9	1836	0.00099	15.87252	1.57252	9	1836	0.00002	0.79714	0.00000	9	1836	0.00011	1.76501	0.00000	9	1836	0.00963	154.96131	0.00000	9	1836	0.09052	812.94161	0.00000					
10	1985	0.00020	3.48957	0.34896	10	1985	0.00001	0.32118	0.00000	10	1985	0.00004	0.67777	0.00000	10	1985	0.00606	104.36486	0.00000	10	1985	0.03859	671.21508	0.00000					
11	1994	0.00003	0.58854	0.05885	11	1994	0.00000	0.04309	0.00000	11	1994	0.00001	0.24269	0.00000	11	1994	0.00380	66.30926	0.00000	11	1994	0.02943	514.06128	0.00000					
12	1999	0.00000	0.08323	0.08323	12	1999	0.00000	0.00732	0.00000	12	1999	0.00000	0.08635	0.00000	12	1999	0.00237	41.42417	0.00000	12	1999	0.01176	360.95640	0.00000					
13	2000	0.00000	0.00984	0.00984	13	2000	0.00000	0.00115	0.00000	13	2000	0.00000	0.00107	0.00000	13	2000	0.00147	25.72555	0.00000	13	2000	0.00177	276.35850	0.00000					
14	2000	0.00000	0.00098	0.00098	14	2000	0.00000	0.00017	0.00000	14	2000	0.00000	0.00183	0.00000	14	2000	0.00091	15.90688	0.00000	14	2000	0.00113	198.75088	0.00000					
15	2000	0.00000	0.00001	0.00001	15	2000	0.00000	0.00002	0.00000	15	2000	0.00000	0.00385	0.00000	15	2000	0.00056	9.79534	0.00000	15	2000	0.00078	137.67314	0.00000					
16	2000	0.00000	0.00000	0.00000	16	2000	0.00000	0.00000	0.00000	16	2000	0.00000	0.00135	0.00000	16	2000	0.00034	6.01427	0.00000	16	2000	0.00041	64.76002	0.00000					
17	2000	0.00000	0.00000	0.00000	17	2000	0.00000	0.00000	0.00000	17	2000	0.00000	0.00048	0.00000	17	2000	0.00021	3.68132	0.00000	17	2000	0.00036	64.20258	0.00000					
18	2000	0.00000	0.00000	0.00000	18	2000	0.00000	0.00000	0.00000	18	2000	0.00000	0.00017	0.00000	18	2000	0.00013	2.24850	0.00000	18	2000	0.00024	42.84516	0.00000					
19	2000	0.00000	0.00000	0.00000	19	2000	0.00000	0.00000	0.00000	19	2000	0.00000	0.00006	0.00000	19	2000	0.00008	1.36753	0.00000	19	2000	0.00041	28.17819	0.00000					
20	2000	0.00000	0.00000	0.00000	20	2000	0.00000	0.00000	0.00000	20	2000	0.00000	0.00002	0.00000	20	2000	0.00005	0.83020	0.00000	20	2000	0.00104	18.27262	0.00000					
21	2000	0.00000	0.00000	0.00000	21	2000	0.00000	0.00000	0.00000	21	2000	0.00000	0.00001	0.00000	21	2000	0.00003	0.50276	0.00000	21	2000	0.00067	11.68849	0.00000					
22	1906	0.00000	0.00000	0.00000	22	1906	0.00000	0.00000	0.00000	22	1906	0.00000	0.00000	0.00000	22	1906	0.00002	0.28948	0.00000	22	1906	0.00042	7.03159	0.00000					
23	1681	0.00000	0.00000	0.00000	23	1681	0.00000	0.00000	0.00000	23	1681	0.00000	0.00000	0.00000	23	1681	0.00001	0.15980	0.00000	23	1681	0.00006	3.86462	0.00000					
24	1455	0.00000	0.00000	0.00000	24	1455	0.00000	0.00000	0.00000	24	1455	0.00000	0.00000	0.00000	24	1455	0.00001	0.68013	0.00000	24	1455	0.00016	2.05852	0.00000					
25	1230	0.00000	0.00000	0.00000	25	1230	0.00000	0.00000	0.00000	25	1230	0.00000	0.00000	0.00000	25	1230	0.00001	0.05807	0.00000	25	1230	0.00010	2.05791	0.00000					
TOTAL					TOTAL					TOTAL					TOTAL					TOTAL									
947.535					192.57					85.18					136.487					591.161					306.43				

Sector 7					Sector 8					Sector 9					Sector 10					Sector 11					Sector 12				
k	2.053	c	10.226	6.186	k	1.545	c	9.051	6.186	k	0.857	c	2.425	6.186	k	1.456	c	1.528	6.186	k	1.528	c	6.186	6.186					
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	(MWH)					
0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0.00000					
1	0	0.01720	0.00000	0.00000	1	0	0.04972	0.00000	0.00000	1	0	0.27722	0.00000	0.00000	1	0	0.24712	0.00000	0.00000	1	0	0.08556	0.00000	0.00000					
2	0	0.03476	0.00000	0.00000	2	0	0.06605	0.00000	0.00000	2	0	0.15158	0.00000	0.00000	2	0	0.11593	0.00000	0.00000	2	0	0.11593	0.00000	0.00000					
3	32	0.05091	14.26988	3.245	3	32	0.07799	21.86232	0.00000	3	32	0.09647	27.04132	0.00000	3	32	0.11091	28.20286	0.00000	3	32	0.11939	31.48666	0.00000					
4	146	0.06459	82.60614	4.146	4	146	0.08241	105.39479	0.00000	4	146	0.06939	85.74093	0.00000	4	146	0.11355	145.21321	0.00000	4	146	0.11355	145.21321	0.00000					
5	342	0.07507	224.91359	5.042	5	342	0.08282	248.11438	0.00000	5	342	0.03922	119.60556	0.00000	5	342	0.04901	146.83986	0.00000	5	342	0.10257	307.27971	0.00000					
6	621	0.08194	445.75412	6.21	6	621	0.08031	436.87961	0.00000	6	621	0.02542	191.56842	0.00000	6	621	0.08918	485.11598	0.00000	6	621	0.08226	447.49759	0.00000					
7	1008	0.08509	751.99122	7.1008	7	1008	0.07575	668.84140	0.00000	7	1008	0.01774	136.86170	0.00000	7	1008	0.02563	226.31165	0.00000	7	1008	0.07521	654.10671	0.00000					
8	1486	0.08474	1103.04966	8.1486	8	1486	0.06983	909.02460	0.00000	8	1486	0.01205	156.62688	0.00000	8	1486	0.06182	804.76658	0.00000	8	1486	0.06960	815.53913	0.00000					
9	1836	0.08132	1307.83764	9.1836	9	1836	0.06514	1015.48837	0.00000	9	1836	0.00328	132.40960	0.00000	9	1836	0.04970	799.31458	0.00000	9	1836	0.03584	418.51568	0.00000					
10	1985	0.07145	1268.81576	10.1985	10	1985	0.05612	866.01832	0.00000	10	1985	0.00367	97.86038	0.00000	10	1985	0.03917	674.21533	0.00000	10	1985	0.01685	279.80306	0.00000					
11	1994	0.06186	1165.35616	11.1994	11	1994	0.04913	658.11863	0.00000	11	1994	0.00384	68.77948	0.00000	11	1994	0.00785	137.09723	0.00000	11	1994	0.00989	172.76590	0.00000					
12	1999	0.05926	1037.68270	12.1999	12	1999	0.04441	742.65939	0.00000	12	1999	0.00475	48.11261	0.00000	12	1999	0.00395	408.23987	0.00000	12	1999	0.00383	102.14142	0.00000					
13	2000	0.05931	881.88386	13.2000	13	2000	0.03614	633.22554	0.00000	13	2000	0.00198	35.79512	0.00000	13	2000	0.00791	303.35861	0.00000	13	2000	0.00394	585.14964	0.00000					
14	2000	0.04156	728.18352	14.2000	14	2000	0.03044	533.26022	0.00000	14	2000	0.00136	23.97979	0.00000	14	2000	0.00280	224.24729	0.00000	14	2000	0.00186	345.97884	0.00000					
15	2000	0.03344	585.27905	15.2000	15	2000	0.02333	444.07008	0.00000	15	2000	0.00096	16.83415	0.00000	15	2000	0.0												



Sector	TOTAL	f	MWh
1	947.35	0.20	193.27
2	193.37	0.05	8.93
3	69.26	0.02	1.55
4	85.18	0.02	1.43
5	1366.47	0.02	31.84
6	5926.13	0.06	346.38
7	11286.09	0.19	2192.15
8	3172.92	0.12	1079.57
9	1143.49	0.05	309.2
10	2896.13	0.05	61.34
11	9913.61	0.09	543.73
12	3129.57	0.15	515.04

ANUAL	5006.25
Hs EQ.	2503.12
F. CARGA	0.29

SIEMENS SWT 113 2,3 MW

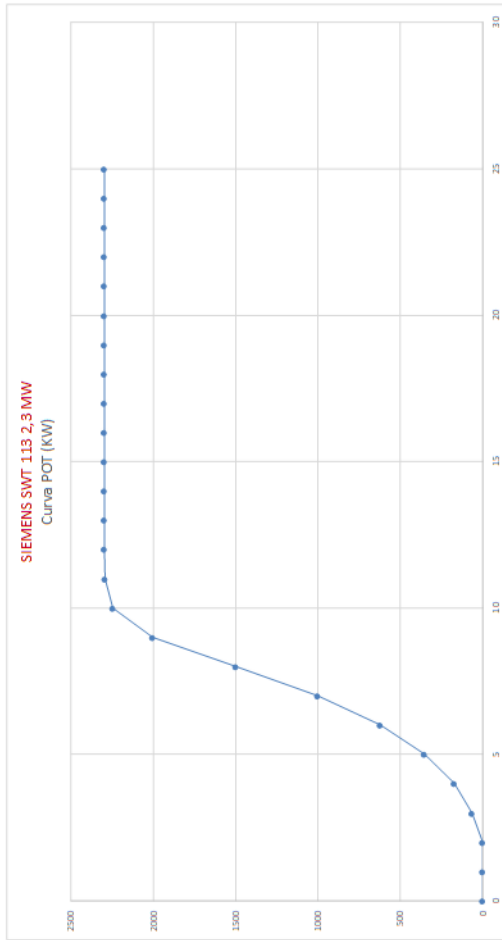
ANEXO II

Sector 1				Sector 2				Sector 3				Sector 4				Sector 5				Sector 6			
k	1.982	c	3.245	k	1.451	c	1.830	k	1.185	c	1.187	k	1.016	c	1.019	k	1.089	c	2.585	k	1.528	c	6.125
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)
0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000
1	0	0.17637	0.00000	1	0	0.39619	0.00000	2	0	0.42761	0.00000	1	0	0.37380	0.00000	0	0	0.27125	0.00000	1	0	0.08992	0.00000
2	0	0.45775	0.00000	2	0	0.28463	0.00000	3	66	0.09500	34.11873	3	32	0.13863	0.00000	2	0	0.19323	0.00000	2	0	0.11527	0.00000
3	66	0.13791	137.54880	3	66	0.12772	73.84108	4	171	0.05900	27.56228	4	146	0.01843	23.56228	4	171	0.08745	131.29309	3	66	0.12320	70.71087
4	171	0.16379	245.15765	4	171	0.05933	75.98426	5	352	0.00656	16.90936	5	342	0.00656	17.94923	5	352	0.05745	177.14902	4	171	0.11829	177.18703
5	352	0.08871	273.53960	5	352	0.00656	16.90936	6	623	0.00340	10.03856	6	623	0.00340	10.03856	6	623	0.09722	203.14890	5	352	0.07868	353.03110
6	623	0.08871	273.53960	6	623	0.00340	10.03856	7	1002	0.00038	3.38271	7	1008	0.00038	7.99044	7	1002	0.03950	209.74825	6	623	0.09384	511.25286
7	1002	0.01381	111.14899	7	1002	0.00038	3.38271	8	1497	0.00000	1.72525	8	1496	0.00000	1.40076	8	1497	0.03950	209.74825	7	1002	0.07868	353.03110
8	1497	0.00406	53.19385	8	1497	0.00000	1.40076	9	2005	0.00000	0.00000	9	1836	0.00000	0.00000	9	2005	0.03950	209.74825	8	1497	0.08387	371.24688
9	2005	0.00099	17.33935	9	2005	0.00000	0.00000	10	2246	0.00000	0.00000	10	1994	0.00000	0.67777	10	2246	0.00606	112.28957	9	2005	0.09052	397.33429
10	2246	0.00020	3.92847	10	2246	0.00000	0.00000	11	2296	0.00000	0.00000	11	1994	0.00000	0.67777	11	2296	0.00606	112.28957	10	2246	0.03899	167.20025
11	2296	0.00003	0.67768	11	2296	0.00000	0.00000	12	2300	0.00000	0.00658	12	1999	0.00000	0.00000	12	2300	0.00380	76.34699	11	2296	0.02943	59.19181
12	2300	0.00000	0.00658	12	2300	0.00000	0.00658	13	2300	0.00000	0.00000	13	2000	0.00000	0.00000	13	2300	0.00147	29.57864	12	2300	0.01176	48.33033
13	2300	0.00000	0.00000	13	2300	0.00000	0.00000	14	2300	0.00000	0.00000	14	2000	0.00000	0.00000	14	2300	0.00091	18.28601	13	2300	0.01176	48.33033
14	2300	0.00000	0.00000	14	2300	0.00000	0.00000	15	2300	0.00000	0.00000	15	2000	0.00000	0.00000	15	2300	0.00056	11.28604	14	2300	0.01123	28.28351
15	2300	0.00000	0.00000	15	2300	0.00000	0.00000	16	2300	0.00000	0.00000	16	2000	0.00000	0.00000	16	2300	0.00034	6.91541	15	2300	0.00541	108.97402
16	2300	0.00000	0.00000	16	2300	0.00000	0.00000	17	2300	0.00000	0.00000	17	2000	0.00000	0.00000	17	2300	0.00021	4.23352	16	2300	0.00366	78.83296
17	2300	0.00000	0.00000	17	2300	0.00000	0.00000	18	2300	0.00000	0.00000	18	2000	0.00000	0.00000	18	2300	0.00013	2.83382	17	2300	0.00245	49.27194
18	2300	0.00000	0.00000	18	2300	0.00000	0.00000	19	2300	0.00000	0.00000	19	2000	0.00000	0.00000	19	2300	0.00008	1.57466	18	2300	0.00245	49.27194
19	2300	0.00000	0.00000	19	2300	0.00000	0.00000	20	2300	0.00000	0.00000	20	2000	0.00000	0.00000	20	2300	0.00005	0.95473	19	2300	0.00161	34.40491
20	2300	0.00000	0.00000	20	2300	0.00000	0.00000	21	2300	0.00000	0.00000	21	2000	0.00000	0.00000	21	2300	0.00003	0.54717	20	2300	0.00104	21.01351
21	2300	0.00000	0.00000	21	2300	0.00000	0.00000	22	2300	0.00000	0.00000	22	1996	0.00000	0.00000	22	2300	0.00002	0.34963	21	2300	0.00067	19.44176
22	2300	0.00000	0.00000	22	2300	0.00000	0.00000	23	2300	0.00000	0.00000	23	2000	0.00000	0.00000	23	2300	0.00001	0.21658	22	2300	0.00042	8.48513
23	2300	0.00000	0.00000	23	2300	0.00000	0.00000	24	2300	0.00000	0.00000	24	1485	0.00000	0.00000	24	2300	0.00001	0.12867	23	2300	0.00036	5.28770
24	2300	0.00000	0.00000	24	2300	0.00000	0.00000	25	2300	0.00000	0.00000	25	1330	0.00000	0.00000	25	2300	0.00001	0.07684	24	2300	0.00016	3.24506
25	2300	0.00000	0.00000	25	2300	0.00000	0.00000	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
			104.725				246.11				91.40				85.18				148.635				532.46

Sector 7				Sector 8				Sector 9				Sector 10				Sector 11				Sector 12			
k	2.053	c	10.226	k	1.545	c	9.051	k	0.857	c	1.909	k	0.834	c	2.425	k	1.456	c	6.186	k	1.528	c	4.412
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)
0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000
1	0	0.01720	0.00000	1	0	0.04972	0.00000	1	0	0.15733	0.00000	2	0	0.13158	0.00000	1	0	0.08956	0.00000	1	0	0.14266	0.00000
2	0	0.03476	0.00000	2	0	0.06805	0.00000	3	66	0.09647	55.77773	3	66	0.10061	58.16841	2	0	0.11593	0.00000	2	0	0.16921	0.00000
3	66	0.05091	29.43162	3	66	0.07799	45.09104	4	171	0.06132	91.85868	4	171	0.06939	103.16829	4	171	0.11355	170.09020	3	66	0.16221	93.78475
4	171	0.06459	96.75103	4	171	0.08241	123.44185	5	352	0.03922	123.10280	5	352	0.04901	151.13943	5	352	0.10257	316.25440	4	171	0.11390	208.22536
5	352	0.07507	231.48970	5	352	0.08241	123.44185	6	623	0.02644	144.29266	6	623	0.03522	192.18339	6	623	0.08918	486.69440	5	352	0.11023	359.88672
6	623	0.08194	447.18973	6	623	0.08031	438.28663	7	1002	0.01774	155.72919	7	1002	0.02563	234.96456	7	1002	0.07521	660.14370	6	623	0.08226	446.93881
7	1002	0.08509	746.91866	7	1002	0.01774	155.72919	8	1497	0.01205	157.76500	8	1497	0.01885	210.74175	8	1497	0.06182	810.71380	7	1002	0.05835	512.20090
8	1497	0.08474	1111.21520	8	1497	0.06883	915.75568	9	2005	0.00326	144.58760	9	2005	0.01398	245.49862	9	2005	0.04970	871.90086	8	1497	0.09860	519.35537
9	2005	0.08132	1438.22139	9	2005	0.06514	1108.95352	10	2246	0.00367	111.64988	10	2246	0.01044	205.89351	10	2246	0.08917	776.64127	9	2005	0.01584	453.78900
10	2246	0.07145	1484.45868	10	2246	0.05612	1104.18540	11	2296	0.00394	79.19033	11	2296	0.00785	157.97312	11	2296	0.08932	609.83460	10	2246	0.01635	318.81407
11	2296	0.06186	1364.68532	11	2296	0.04913	860.08443	12	2300	0.00425	55.35728	12	2300	0.00895	119.44034	12	2300	0.03029	465.17053	11	2296	0.00989	196.93205
12	2300	0.05926	1193.92077	12	2300	0.04441	854.45968	13	2300	0.00198	38.82792	13	2300	0.00450	90.89759	13	2300	0.01791	348.83618	12	2300	0.00583	117.52129
13	2300	0.05931	1013.99774	13	2300	0.03614	728.21397	14	2300	0.00136	27.95940	14	2300	0.00345	69.19359	14	2300	0.02820	257.64348	13	2300	0.00394	67.25163
14	2300	0.04156	897.41105	14	2300	0.02535	510.86059	15	2300	0.00096	19.95927	15	2300	0.00263	40.67911	15	2300	0.00934	186.07979	14	2300	0.00186	37.46662
15	2300	0.03344	673.81800	15	2300	0.02088	420.78877	16	2300	0.00066	13.75096	16	2300	0.00202	40.67911	16	2300	0.00672	135.45898	15	2300	0.00051	20.31113
16	2300	0.02622	528.37845	16	2300	0.01704	343.24521	17	2300	0.00048	9.80179	17	2300	0.00156	31.34665	17	2300	0.00478	96.37488	16	2300	0.00013	10.73269
17	2300	0.02005	403.88108	17	2300	0.01176	277.31866	18	2300	0.00038	7.00691	18	2300	0.00120	24.23326	18	2300	0.00336	67.77669	17	2300	0.00017	5.53346
18	2300	0.01495	301.77883	18	2300	0.00746	212.00348	19	2300	0.00028	5.02803	19	2300	0.00093	18.78835	19	2300	0.00234	47.13841	18	2300	0.00014	2.78600
19	2300	0.01088	219.31334	19	2300	0.																	

SIEMENS SWT 113 2,3 MW

ANEXO II

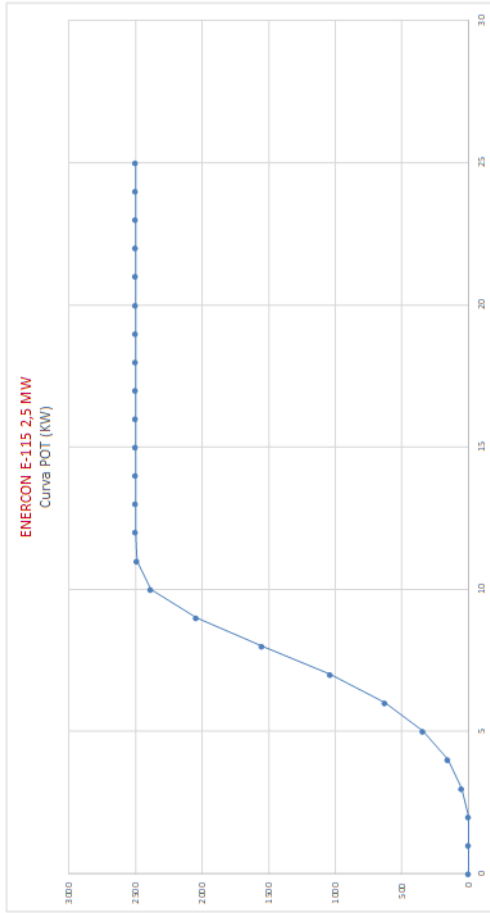


Sector	TOTAL	f	MWh
1	1064,25	0,20	217,12
2	246,11	0,05	11,24
3	91,40	0,02	2,05
4	85,18	0,02	1,43
5	1486,35	0,02	34,63
6	6323,46	0,06	377,23
7	12548,19	0,19	2441,76
8	10233,89	0,12	1204,44
9	1251,66	0,03	33,84
10	2094,96	0,03	67,38
11	6465,34	0,09	594,28
12	3559,14	0,16	552,82

ANUAL	5538,22
HS EQ	2407,92
F. CARGA	0,27

ENERCON E-115 2,5 MW

ANEXO II



SECTOR	TOTAL	f	MUVA
1	1002,75	0,20	204,57
2	2183,51	0,05	9,97
3	79,40	0,02	1,78
4	94,74	0,02	1,59
5	1480,19	0,02	34,72
6	6570,51	0,06	391,56
7	13307,35	0,19	2589,49
8	10827,02	0,12	1274,24
9	1267,75	0,03	34,28
10	2145,17	0,03	69,33
11	6732,19	0,09	618,99
12	3407,71	0,16	560,82

ANUAL	5791,75
HE EQ.	2316,70
F. CARGA	0,26

ENERCON E-115 3 MW

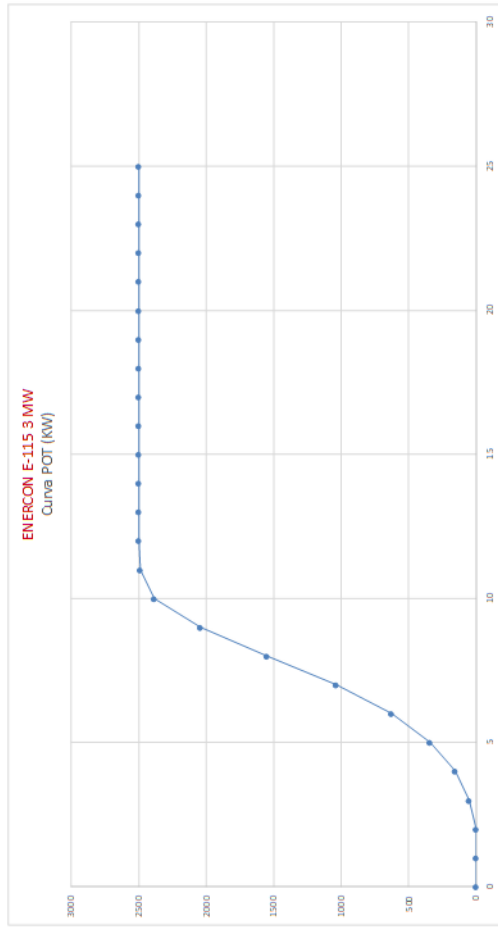
ANEXO II

Sector 1				Sector 2				Sector 3				Sector 4				Sector 5				Sector 6			
k	1.982	c	3.245	k	1.451	c	1.830	k	1.185	c	1.187	k	1.016	c	1.019	k	1.089	c	2.585	k	1.528	c	6.125
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)
0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000
1	0	0.17637	0.00000	1	0	0.39619	0.00000	1	0	0.42761	0.00000	1	0	0.37380	0.00000	1	0	0.27125	0.00000	1	0	0.08992	0.00000
2	3	0.45775	6.77360	2	3	0.28463	6.93174	2	3	0.17136	4.51885	2	3	0.13863	4.63207	2	3	0.19323	5.07602	2	3	0.11527	3.02933
3	48.5	0.13791	101.07763	3	48.5	0.12772	54.26200	3	48.5	0.09500	25.07710	3	48.5	0.13166	55.93733	3	48.5	0.11829	51.96177	3	48.5	0.12230	51.96177
4	155	0.16379	232.40021	4	155	0.05033	68.33863	4	155	0.01840	24.98336	4	155	0.08765	119.00836	4	155	0.08765	119.00836	4	155	0.11829	160.60813
5	339	0.08871	263.43709	5	339	0.01696	50.55939	5	339	0.00656	15.88134	5	339	0.05745	107.69659	5	339	0.05745	107.69659	5	339	0.07168	319.76858
6	627.5	0.08871	212.86983	6	627.5	0.00501	27.54868	6	627.5	0.00340	13.17700	6	627.5	0.02722	70.61224	6	627.5	0.02722	70.61224	6	627.5	0.03988	519.94551
7	1035.5	0.01381	135.85798	7	1035.5	0.00332	11.86982	7	1035.5	0.00298	3.68380	7	1035.5	0.00686	7.19711	7	1035.5	0.03950	216.76183	7	1035.5	0.07856	712.65601
8	1549	0.00406	55.04160	8	1549	0.00031	4.26163	8	1549	0.00010	1.21874	8	1549	0.00011	4.17466	8	1549	0.00012	206.57057	8	1549	0.00387	866.93976
9	2090	0.00099	18.06839	9	2090	0.00007	1.24462	9	2090	0.00002	0.43159	9	2090	0.00011	2.05919	9	2090	0.00011	176.39951	9	2090	0.00052	924.95205
10	2580	0.00020	4.51267	10	2580	0.00001	0.30484	10	2580	0.00000	0.12533	10	2580	0.00004	0.88304	10	2580	0.00006	137.02841	10	2580	0.00389	881.29008
11	2900	0.00003	0.85595	11	2900	0.00000	0.06257	11	2900	0.00000	0.03218	11	2900	0.00001	0.35297	11	2900	0.00010	96.43004	11	2900	0.00294	747.63176
12	3000	0.00000	0.12491	12	3000	0.00000	0.01098	12	3000	0.00000	0.00740	12	3000	0.00000	0.04592	12	3000	0.00017	62.18734	12	3000	0.00176	571.73547
13	3000	0.00000	0.01476	13	3000	0.00000	0.00173	13	3000	0.00000	0.00161	13	3000	0.00000	0.04592	13	3000	0.00017	62.18734	13	3000	0.00176	571.73547
14	3000	0.00000	0.00146	14	3000	0.00000	0.00025	14	3000	0.00000	0.00034	14	3000	0.00000	0.00574	14	3000	0.00016	24.85832	14	3000	0.00113	295.12832
15	3000	0.00000	0.00012	15	3000	0.00000	0.00004	15	3000	0.00000	0.00007	15	3000	0.00000	0.00574	15	3000	0.00016	24.85832	15	3000	0.00041	142.14002
16	3000	0.00000	0.00001	16	3000	0.00000	0.00000	16	3000	0.00000	0.00001	16	3000	0.00000	0.00003	16	3000	0.00016	24.85832	16	3000	0.00078	206.50971
17	3000	0.00000	0.00000	17	3000	0.00000	0.00000	17	3000	0.00000	0.00000	17	3000	0.00000	0.00001	17	3000	0.00011	52.198	17	3000	0.00366	96.30387
18	3000	0.00000	0.00000	18	3000	0.00000	0.00000	18	3000	0.00000	0.00000	18	3000	0.00000	0.00025	18	3000	0.00013	37.020	18	3000	0.00245	64.26774
19	3000	0.00000	0.00000	19	3000	0.00000	0.00000	19	3000	0.00000	0.00000	19	3000	0.00000	0.00009	19	3000	0.00008	2.05129	19	3000	0.00161	42.26728
20	3000	0.00000	0.00000	20	3000	0.00000	0.00000	20	3000	0.00000	0.00000	20	3000	0.00000	0.00003	20	3000	0.00005	1.24530	20	3000	0.00104	27.46893
21	3000	0.00000	0.00000	21	3000	0.00000	0.00000	21	3000	0.00000	0.00000	21	3000	0.00000	0.00001	21	3000	0.00003	0.75414	21	3000	0.00067	17.53273
22	3000	0.00000	0.00000	22	3000	0.00000	0.00000	22	3000	0.00000	0.00000	22	3000	0.00000	0.00000	22	3000	0.00002	0.47465	22	3000	0.00042	11.06757
23	3000	0.00000	0.00000	23	3000	0.00000	0.00000	23	3000	0.00000	0.00000	23	3000	0.00000	0.00000	23	3000	0.00001	0.25167	23	3000	0.00016	6.89689
24	3000	0.00000	0.00000	24	3000	0.00000	0.00000	24	3000	0.00000	0.00000	24	3000	0.00000	0.00000	24	3000	0.00001	0.16532	24	3000	0.00016	4.24443
25	3000	0.00000	0.00000	25	3000	0.00000	0.00000	25	3000	0.00000	0.00000	25	3000	0.00000	0.00000	25	3000	0.00001	0.09928	25	3000	0.00010	2.58027
TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
1020.45				225.53				83.95				98.38				1550.88				706.10			

Sector 7				Sector 8				Sector 9				Sector 10				Sector 11				Sector 12			
k	2.053	c	10.226	k	1.545	c	9.051	k	0.857	c	1.909	k	0.834	c	2.425	k	1.456	c	6.186	k	1.528	c	4.412
V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)	V (m/s)	P (KW)	p(V)	(MWH)
0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000	0	0	0.00000	0.00000
1	0	0.01720	0.00000	1	0	0.04972	0.00000	1	0	0.27722	0.00000	1	0	0.24712	0.00000	1	0	0.08956	0.00000	1	0	0.14266	0.00000
2	3	0.03476	0.91352	2	3	0.06605	1.78839	2	3	0.15733	4.13979	2	3	0.11538	3.04675	2	3	0.11593	3.04675	2	3	0.16921	4.44681
3	48.5	0.05091	21.62778	3	48.5	0.07799	33.13508	3	48.5	0.09647	40.98451	3	48.5	0.10061	42.74497	3	48.5	0.11939	50.72944	3	48.5	0.16221	68.91756
4	155	0.06459	87.69830	4	155	0.08241	111.89173	4	155	0.06132	83.26372	4	155	0.06939	94.21126	4	155	0.11355	154.17533	4	155	0.13901	188.74229
5	339	0.07507	212.94037	5	339	0.08282	245.83792	5	339	0.03992	118.55639	5	339	0.04901	145.55179	5	339	0.10257	304.58427	5	339	0.11023	327.53409
6	627.5	0.08194	450.41983	6	627.5	0.08031	441.45242	6	627.5	0.02544	146.39100	6	627.5	0.03522	195.57357	6	627.5	0.08918	490.20985	6	627.5	0.08226	452.18155
7	1035.5	0.08509	771.89009	7	1035.5	0.07575	687.08566	7	1035.5	0.01774	160.98571	7	1035.5	0.02563	233.48583	7	1035.5	0.07521	480.23470	7	1035.5	0.05835	529.32536
8	1549	0.08474	1149.81452	8	1549	0.06983	947.66312	8	1549	0.01205	165.26718	8	1549	0.01885	255.73650	8	1549	0.06182	838.88522	8	1549	0.03960	837.39577
9	2090	0.08132	1488.76943	9	2090	0.06514	1168.97809	9	2090	0.00323	150.71748	9	2090	0.01398	255.87607	9	2090	0.04970	909.99653	9	2090	0.03584	471.89687
10	2580	0.07545	1765.31666	10	2580	0.05612	1268.39209	10	2580	0.00367	128.25317	10	2580	0.01044	238.92588	10	2580	0.03917	885.24312	10	2580	0.01635	367.73730
11	2900	0.06786	1723.93824	11	2900	0.04913	1246.01665	11	2900	0.00394	100.02682	11	2900	0.00785	199.50190	11	2900	0.02932	770.26146	11	2900	0.00989	251.26435
12	3000	0.05926	157.30269	12	3000	0.04041	114.51184	12	3000	0.00475	72.20502	12	3000	0.00395	155.97175	12	3000	0.03009	665.74417	12	3000	0.00583	153.28677
13	3000	0.05091	132.07979	13	3000	0.03614	94.89431	13	3000	0.00136	50.64488	13	3000	0.00450	112.88062	13	3000	0.01791	485.00372	13	3000	0.00394	87.77169
14	3000	0.04156	109.27528	14	3000	0.03044	79.98903	14	3000	0.00136	35.86818	14	3000	0.00345	90.20034	14	3000	0.01280	336.37093	14	3000	0.00186	48.89977
15	3000	0.03344	87.89357	15	3000	0.02335	66.61011	15	3000	0.00096	25.25122	15	3000	0.00263	69.05960	15	3000	0.00934	245.34518	15	3000	0.00051	26.49277
16	3000	0.02622	68.94828	16	3000	0.02088	54.85113	16	3000	0.00066	17.29302	16	3000	0.00202	50.07997	16	3000	0.00672	176.68562	16	3000	0.00013	13.99917
17	3000	0.02005	52.63185	17	3000	0.01704	44.77115	17	3000	0.00048	12.78485	17	3000	0.00156	40.86664	17	3000	0.00478	125.70636	17	3000	0.00027	7.21756
18	3000	0.01495	39.24978	18	3000	0.01176	36.17200	18	3000	0.00038	9.14296	18	3000	0.00120	31.68660	18	3000	0.00336	88.40669	18	3000	0.00014	

ENERCON E-115 3 MW

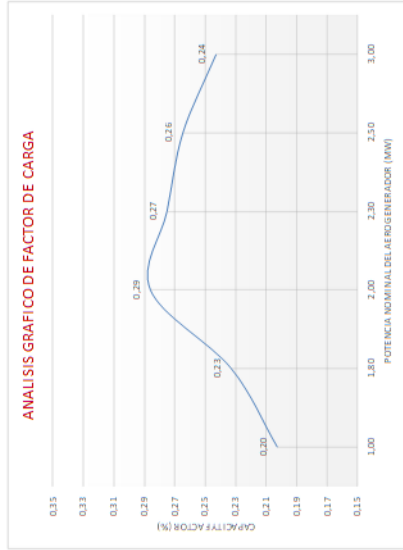
ANEXO II



Sector	TOTAL	f	MWh
1	1010,45	0,20	206,14
2	225,33	0,05	10,30
3	83,95	0,02	1,88
4	96,58	0,02	1,66
5	1550,68	0,02	36,13
6	7086,10	0,06	472,72
7	10897,51	0,19	2906,70
8	11126,08	0,12	1427,56
9	1340,29	0,03	36,24
10	2510,00	0,03	74,65
11	7902,75	0,09	671,46
12	3544,63	0,16	583,35

ANUAL	6378,59
Hs EQ.	2116,20
F. CARGA	0,24

RESUMEN ANALISIS ANEXO II



Modelo	Pot. Nom. (MW)	Hs. EQ. (hs / año)	CF (%)	Prod. Anual (MMWh)
Enercon E-58	1.00	1774.6	0.20	1774.6
Vestas V90-1800	1.80	2039.2	0.23	3670.5
Gamesa G114	2.00	2528.1	0.29	5056.2
Siemens SWT 113	2.30	2407.9	0.27	5539.2
Enercon E-115	2.50	2315.7	0.26	5794.7
Enercon E-115E	3.00	2226.2	0.24	6738.6

Anexo III.

SIEMENS Gamesa
RENEWABLE ENERGY



Strong market presence with a significant backlog of orders

SG 2.1-114: maximum efficiency at sites with moderate and low winds

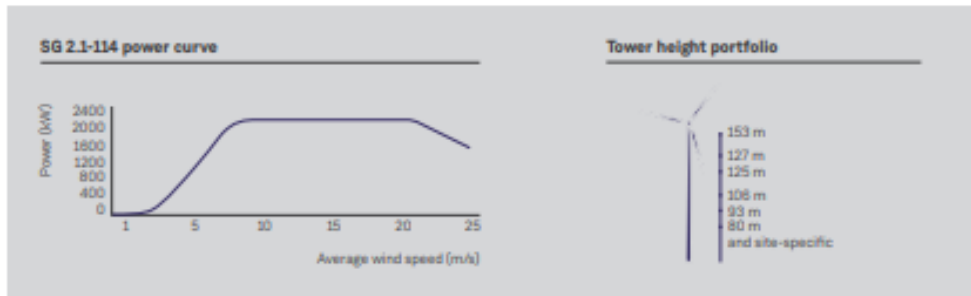
Siemens Gamesa,
your trusted
technology
partner

One of the key aspects to Siemens Gamesa's success is the continuous development of new and advanced products adapted to the business case of every customer. We strive to provide the best technological solutions for each project, while driving down the LCoE.

For this reason, we offer an optimized, streamlined catalog of proven solutions

adapted to every type of site and condition, backed by:

- Our reputation as a trusted and stable partner (over 117 GW installed worldwide).
- A proven track record spanning more than 40 years that makes Siemens Gamesa a benchmark for wind projects.
- The recognition of the wind power sector.



A benchmark in its segment

Boasting a 114-meter rotor, various tower options (from 80 to 153 meters) and nominal power of 2.1 MW, the SG 2.1-114 wind turbine¹¹ is one of the product proposals from the Siemens Gamesa 2.X platform.

This model is a benchmark thanks to its low power density, allowing maximum profitability at sites with moderate and low winds. A significant backlog of orders and a strong market presence bears testament to this, with over 7,000 MW installed worldwide.

It also has optimized solutions for Class S sites, so it can adapt to the environmental conditions in such markets as India, China and Brazil.

Minimum power density, maximum profitability

With a 56-meter blade and aerodynamic profiles developed using state-of-the-art technology, SG 2.1-114 guarantees maximum energy production combined with low noise emission thanks to the DinoTails[®] Next Generation serrated trailing edges.

Furthermore, by applying comprehensively validated and certified technologies from the Siemens Gamesa 2.X platform, this turbine significantly reduces the Levelized Cost of Energy.

Versatility and extensive experience

More than 62 GW installed in the 2.0-2.9 MW segment, with availability levels exceeding 98%, back the Siemens Gamesa 2.X platform, which stands out for its versatility and maximum performance at all locations and in all wind conditions.

Its range of rotors and tower heights (80-153 meters) combined with different environmental options creates an excellent proposal for harvesting maximum energy from the wind with the greatest efficiency.

¹¹ Model marketed as SG 2.0-114 in certain markets.

Technical specifications

General details	
Rated power	2.1 MW
Wind class	IEC IIIA/IIIA/S
Control	Pitch and variable speed
Standard operating temperature	Range from -20°C to 40°C ¹²
Rotor	
Diameter	114 m
Swept area	10,207 m ²
Power density	205.74 W/m ²
Blades	
Length	56 m
Airfoils	Siemens Gamesa
Material	Fiberglass reinforced with epoxy or polyester resin
Tower	
Type	Multiple technologies available
Height	80, 93, 106, 125, 127, 153 m and site-specific
Gearbox	
Type	3 stages
Generator	
Type	Doubly-fed induction machine
Voltage	690 V AC
Frequency	50 Hz/60 Hz
Protection class	IP 54
Power factor	0.95 CAP-0.95 IND throughout the power range ¹³

¹² Different versions and optional kits are available to adapt machinery to high or low temperatures and saline or dusty environments.

¹³ Power factor at generator output terminals, on low voltage side before transformer input terminals.

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeléctrica

Anexo IV.

ANÁLISIS ECONÓMICO

ANEXO IV

INVERSIÓN INICIAL																																					
EMBALSES																																					
Excavación a cielo abierto bajo rasante, en tierra blanda, de hasta 4 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio incluye la formación de la rampa provisional para acceso de la maquinaria al fondo de la excavación y su posterior retirada, pero no incluye el transporte de los materiales excavados.																																					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe																																
mq01ret020b	h	Equipo y maquinaria Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,047	41,71	1,96																																
Subtotal equipo y maquinaria:					1,96																																
mo087	h	Mano de obra Ayudante construcción de obra civil.	0,031	20,34	0,63																																
Subtotal mano de obra:					0,63																																
3	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	2,59	0,05																																
Costes directos (1+2+3):					2,64																																
TAREA	DESCRIPCIÓN	PRECIO	VOLUMEN	C.S.	NRO.	SUB TOTAL																															
Excavación	Excavación de un metro cúbico de terreno, a cielo abierto, en suelo cohesivo de roca dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión.	€/m3	m3	+12%	2	€	316.800,00																														
2,64		55000	60000																																		
Extendido de tierra vegetal en taludes, con medios mecánicos, dejando el terreno perfilado en basto.																																					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe																																
mq01exc010c	h	Equipo y maquinaria Retroexcavadora sobre cadenas, de 113 kW.	0,028	60,08	1,68																																
Subtotal equipo y maquinaria:					1,68																																
2	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	1,68	0,03																																
Costes directos (1+2):					1,71																																
TAREA	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUPERFICIE	C.S.	NRO.	SUB TOTAL																															
Construcción de talud	Extendido de material seleccionado en taludes con medios mecánicos, dejando el terreno perfilado en basto.	€/m2	m2	+5%	2	€	13.680,00																														
1,71		3803,52	4000																																		
Perfilado y refino de taludes de terraplén, de entre 3 y 6 m de altura, en tierra, con medios mecánicos.																																					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe																																
mq01exc010c	h	Equipo y maquinaria Retroexcavadora sobre cadenas, de 113 kW.	0,006	60,08	0,36																																
Subtotal equipo y maquinaria:					0,36																																
2	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	0,36	0,01																																
Costes directos (1+2):					0,37																																
TAREA	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUPERFICIE	C.S.	NRO.	SUB TOTAL																															
Perfilado	Perfilado y refino de taludes de terraplén de entre 3 y 6 metros, con medios mecánicos.	€/m2	m2	+5%	2	€	3.960,00																														
0,37		3803,52	4000																																		
Impermeabilización de balsa o pequeño embalse de agua no potable, con geomembrana homogénea de polícloruro de vinilo plastificado (PVC-P), con resistencia a la intemperie, de 1,5 mm de espesor color gris, con una densidad de 1240 kg/m ³ según UNE-EN ISO 1183, resistencia CBR a punzonamiento de 2,3 kN según UNE-EN ISO 12236 y una resistencia al desgarro superior a 40 kN/m, colocada con solapes, sin adherir al soporte, sobre geotextil no tejido compuesto por fibras de polipropileno unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 21,1 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 24,8 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 9,9 mm, resistencia CBR a punzonamiento 3,9 kN y una masa superficial de 300 g/m ² .																																					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe																																
Materiales																																					
mt14gsa030il	m ²	Geotextil no tejido compuesto por fibras de polipropileno unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 21,1 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 24,8 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 9,9 mm, resistencia CBR a punzonamiento 3,9 kN y una masa superficial de 300 g/m ² según UNE-EN ISO 13252	1,100	1,53	1,68																																
mt15dag020c	m ²	Geomembrana homogénea de polícloruro de vinilo plastificado (PVC-P), con resistencia a la intemperie, de 1,5 mm de espesor color gris, con una densidad de 1240 kg/m ³ según UNE-EN ISO 1183, resistencia CBR a punzonamiento de 2,3 kN según UNE-EN ISO 12236 y una resistencia al desgarro superior a 40 kN/m, suministrada en rollos de 2,05 m de anchura y 150 m de longitud.	1,100	7,51	8,26																																
Subtotal materiales:					9,94																																
Mano de obra																																					
mo029	h	Oficial 1º aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,176	21,41	3,77																																
mo067	h	Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,176	20,34	3,58																																
Subtotal mano de obra:					7,35																																
3	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	17,29	0,35																																
Coste de mantenimiento decenal: 0,88€ en los primeros 10 años.					17,64																																
Costes directos (1+2+3):					17,64																																
TAREA	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUPERFICIE	C.S.	NRO.	SUB TOTAL																															
Impermeabilización	Impermeabilización de embalse con geomembrana homogénea de polícloruro de vinilo plastificado (PVC-P), colocada sobre geotextil no tejido de fibras de polipropileno.	€/m2	m2	+3%	2	€	1.058.400,00																														
17,64		2600,0	30000																																		
EQUIPO DE BOMBEO																																					
PRESUPUESTO DE REFERENCIA AÑO 2016 (APORTADO POR LA CÁTEDRA)																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Bomba centrífuga radial KACBT de la empresa Sterling-SIH</th> </tr> <tr> <th>Q</th> <th>Q</th> <th>Presión</th> <th>Rev.</th> <th>Pot</th> <th>Pot</th> <th>Coste</th> </tr> <tr> <th>(m3/h)</th> <th>(m3/s)</th> <th>m.c.a.</th> <th>rpm</th> <th>(W)</th> <th>(MW)</th> <th>€</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2400</td> <td>0,667</td> <td>160</td> <td>3000</td> <td>106666,67</td> <td>1,07</td> <td>55000</td> </tr> </tbody> </table>										Bomba centrífuga radial KACBT de la empresa Sterling-SIH							Q	Q	Presión	Rev.	Pot	Pot	Coste	(m3/h)	(m3/s)	m.c.a.	rpm	(W)	(MW)	€	2400	0,667	160	3000	106666,67	1,07	55000
Bomba centrífuga radial KACBT de la empresa Sterling-SIH																																					
Q	Q	Presión	Rev.	Pot	Pot	Coste																															
(m3/h)	(m3/s)	m.c.a.	rpm	(W)	(MW)	€																															
2400	0,667	160	3000	106666,67	1,07	55000																															
ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO (2016)	IPC (2016-2023)	PRECIO (2023)	POT. INST.	SUB TOTAL																															
Bomba	Precio aproximado a partir del orden de magnitud.	€/MW	%	€/MW	MW	€	162.869,48																														
55.000,00		19,5	65.725,00	10,09																																	
ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO (2016)	IPC (2016-2023)	PRECIO (2023)	POT. INST.	SUB TOTAL																															
Motor	Precio aproximado a partir del orden de magnitud.	€/MW	%	€/MW	MW	€	319.709,20																														
26.527,14		19,5	31.699,94	10,09																																	
SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y LÍNEA																																					
<p>Nota: Datos normalizados de lo que corres cada uno de los postes propuestos de esta central, según el coste total de la inversión realizada. Tomado de Plan de Energía Renovables 2011-2016 por SEDSA.</p>																																					
ITEM	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE D.C.	IPC (2016-2023)	COSTO D.C.	SUB TOTAL																																
Sist. Eléctrico	Precio aproximado a partir de estadística recogida en PEER 2011-2020 IDEA, a partir del costo de obra civil.	%	%	€	€																																
20		17	1.391.840,00	325.690,56																																	

ANÁLISIS ECONÓMICO

ANEXO IV

RESUMEN ECONÓMICO

OBRA CIVIL		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Construcción de embalses superior e inferior.	Comprende excavación con medios mecánicos, extensión de material con pendiente adecuada, perfilado de terreno e impermeabilización con un esquema adecuado.	1.335.872,95 €
Imprevistos de obra civil.	Comprende un 5% adicional.	66.793,65 €
OBRA MECANICA		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Suministro y montaje de equipo de bombeo	Comprende suministro y montaje mecánico de bombas y motores.	831.754,29 €
Suministro y montaje de conducciones.	Comprende suministro, transporte, montaje y tareas de soldadura.	3.691.266,55 €
Imprevistos de obra mecánica.	Comprende un 5% adicional.	226.151,04 €
OBRA ELECTRICA		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Sistema eléctrico, de control y línea.	Comprende el suministro y conexionado de material eléctrico, sistema SCADA y adaptación de la línea para vinculación con la red.	667.936,47 €
Imprevistos de obra eléctrica.	Comprende un 2% adicional.	13.358,73 €
MONTO INVERSION INICIAL TECNOLOGIA HIDRAULICA		
TOTAL		6.833.133,68 €

OBRA CIVIL		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Construcción de embalses superior e inferior.	Comprende excavación con medios mecánicos, extensión de material con pendiente adecuada, perfilado de terreno e impermeabilización con un esquema adecuado.	1.335.872,95 €
Imprevistos de obra civil.	Comprende un 5% adicional.	66.793,65 €
OBRA MECANICA		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Suministro y montaje de equipo de bombeo	Comprende suministro y montaje mecánico de bombas y motores.	831.754,29 €
Imprevistos de obra mecánica.	Comprende un 5% adicional.	41.587,71 €
OBRA ELECTRICA		
TAREA	DESCRIPCION	COSTO
Sistema eléctrico, de control y línea.	Comprende el suministro y conexionado de material eléctrico, sistema SCADA y adaptación de la línea para vinculación con la red.	667.936,47 €
Imprevistos de obra eléctrica.	Comprende un 2% adicional.	13.358,73 €
MONTO INVERSION INICIAL TECNOLOGIA HIDRAULICA		
TOTAL		2.957.303,80 €

Anexo V.

ANEXO V

ANÁLISIS PRECIO DE VENTA MWh (OMIE - Mercado de electricidad)

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
01/01/2023	63,3	42,1	45,0	41,7	43,7	53,3	5,0	83,0	58,65	50,01	63,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,51	24,61	40,09	40,7	40,7	150	
02/01/2023	119,9	120,0	119,76	118,0	118,27	109,9	128,56	133,0	131,8	131,28	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
03/01/2023	119,9	120,0	119,76	118,0	118,27	109,9	128,56	133,0	131,8	131,28	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
04/01/2023	119,9	120,0	119,76	118,0	118,27	109,9	128,56	133,0	131,8	131,28	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
05/01/2023	93,05	79,21	69,07	64,77	61,97	65,31	95,05	108,23	122,8	123,77	110,35	100,82	96,44	93,19	91,36	94,43	118,9	138,9	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78
06/01/2023	107,21	101,1	96,73	81,37	75,75	81,0	97,45	107,62	122,8	123,77	110,35	100,82	96,44	93,19	91,36	94,43	118,9	138,9	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78
07/01/2023	53,42	40,3	25,5	24,8	20,0	14,85	14,85	14,0	18,28	20,2	18,28	14,0	10,35	8,0	5,46	4,16	8,0	24,61	17,0	43,45	50,0	43,45	30,0	24,61	15,7	
08/01/2023	7,0	5,0	4,2	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	
09/01/2023	105,98	96,79	93,31	90,19	93,0	96,0	117,67	126,67	141,44	141,44	125,3	107,35	95,96	84,77	66,02	62,67	85,15	130,26	141,74	141,07	141,07	141,07	141,07	141,07	141,07	
10/01/2023	35,0	8,0	4,16	4,16	4,16	5,33	64,37	99,99	139,02	138,67	130,0	107,35	95,96	84,77	66,02	62,67	85,15	130,26	141,74	141,07	141,07	141,07	141,07	141,07	141,07	
11/01/2023	69,5	56,6	58,0	58,0	58,0	55,7	56,6	91,12	118,91	122,1	120,0	102,84	96,6	85,67	81,59	70,34	70,76	94,16	120,63	132,89	141,43	142,22	142,22	142,22	142,22	
12/01/2023	56,83	44,2	39,05	38,0	38,7	39,0	58,92	92,58	111,33	106,03	98,74	91,17	82,69	76,14	77,96	60,0	90,14	113,13	123,08	148,0	154,7	138,69	110,37	103,94	91,1	
13/01/2023	80,0	73,5	65,91	49,95	45,37	45,0	48,23	58,99	60,65	69,71	54,23	45,4	45,4	45,4	40,0	35,0	42,97	54,23	64,5	68,78	54,32	45,0	44,2	35,0	35,0	
14/01/2023	25,0	17,06	13,94	4,16	3,1	4,16	4,16	5,0	16,18	26,73	31,1	24,61	23,0	21,84	19,23	15,0	19,93	30,0	35,6	40,0	50,96	41,28	34,5	23,0	23,0	
15/01/2023	4,16	4,16	2,99	1,49	0,65	1,49	4,16	4,16	4,7	4,85	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	
16/01/2023	3,8	0,57	0,1	0,1	0,12	0,65	1,8	10,0	24,61	21,34	12,8	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	
17/01/2023	40,86	29,99	24,96	24,61	24,0	24,61	26,4	62,0	94,0	86,72	26,8	22,6	21,94	21,0	19,57	18,36	20,0	24,61	36,59	46,85	54,8	41,3	30,0	21,94	14,0	
18/01/2023	49,9	46,5	29,96	30,0	37,01	46,0	117,2	80,58	83,38	83,62	77,0	62,95	76,77	73,0	75,0	69,3	119,97	164,3	191,95	203,9	191,95	175,99	163,9	140,0	140,0	
19/01/2023	32,37	19,0	20,0	14,0	13,84	13,28	15,0	16,18	30,1	28,09	16,0	15,0	18,0	20,0	20,15	16,0	21,84	30,99	41,3	46,85	54,8	41,3	30,0	21,94	14,0	
20/01/2023	50,0	39,58	34,44	37,78	37,78	40,01	50,0	83,0	88,65	95,01	83,0	59,6	59,6	59,6	54,0	53,8	56,8	65,0	108,0	120,0	157,22	150,5	78,59	64,8	64,8	
21/01/2023	63,0	51,9	48,62	47,65	46,67	51,9	60,3	80,03	95,0	88,02	85,0	63,18	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	
22/01/2023	100,0	84,67	70,0	66,81	66,81	70,01	79,01	93,76	132,86	108,01	87,36	68,81	65,33	65,0	64,59	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	
23/01/2023	70,78	60,6	58,16	59,0	55,0	59,16	59,16	69,99	94,87	83,0	66,81	59,6	56,1	53,4	53,1	55,16	73,01	77,92	116,43	120,34	120,34	120,34	120,34	120,34	120,34	
24/01/2023	46,8	46,0	35,69	33,27	33,0	35,69	45,26	48,89	69,37	57,62	47,0	30,0	21,2	20,0	15,0	16,0	26,74	46,02	52,43	78,0	95,4	95,4	95,4	95,4	95,4	
25/01/2023	40,0	36,69	36,69	36,27	35,94	35,2	36,27	37,1	42,74	39,5	34,6	29,56	24,47	20,73	18,0	15,0	22,4	35,0	63,09	70,99	74,89	70,99	63,09	63,09	63,09	
26/01/2023	52,34	40,0	36,69	36,27	35,94	35,2	36,27	37,1	42,74	39,5	34,6	29,56	24,47	20,73	18,0	15,0	22,4	35,0	63,09	70,99	74,89	70,99	63,09	63,09	63,09	
27/01/2023	117,05	119,6	118,73	110,33	90,0	118,42	119,6	145,6	176,46	154,83	127,85	125,36	123,2	121,32	118,6	118,46	121,32	128,4	167,45	220,0	187,84	172,85	130,99	113,0	113,0	
28/01/2023	125,28	108,45	99,0	108,45	110,0	110,0	138,66	187,45	187,45	140,88	115,0	105,19	110,0	109,99	108,57	108,58	108,58	125,75	147,01	197,36	176,46	164,42	137,86	124,6	124,6	
				</																						

ANALISIS PRECIO DE VENTA MWh (OMIE - Mercado de electricidad)

ANEXO V

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01/07/2023	102.51	102.51	69.19	67.5	66.79	65.0	65.0	80.0	62.29	50.41	43.71	24.61	16.63	4.43	1.64	0	0	1.64	0	1.64	65.24	119.05	120.2	115.6
02/07/2023	107.59	107.59	75.70	72.68	72.68	72.68	70.0	114.48	0	114.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.64	107.59	124.57	130.0	125.9
03/07/2023	128.29	128.29	112.97	121.5	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	107.72	107.72	107.72	107.72	107.72	107.72	107.72	107.72	107.72	136.0	136.1	138.49	132.0
04/07/2023	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59
05/07/2023	118.63	108.74	98.07	94.84	90.32	84.84	81.26	120.85	120.85	120.85	120.85	93.92	93.92	93.92	93.92	93.92	93.92	93.92	93.92	108.74	120.78	135.14	133.05	123.95
06/07/2023	120.0	120.19	114.49	109.0	109.0	109.0	109.0	126.67	120.55	105.0	95.66	84.95	84.0	84.0	84.95	86.18	80.1	80.41	80.12	110.01	120.81	131.15	129.65	126.87
07/07/2023	125.2	118.1	114.49	112.82	110.57	120.0	126.67	120.55	105.0	95.66	84.95	84.0	84.0	84.95	86.18	80.1	80.41	80.12	110.01	119.17	124.27	128.67	118.96	118.96
08/07/2023	107.03	96.0	91.0	92.1	92.1	90.0	102.6	106.37	88.0	80.61	73.14	54.99	48.0	42.0	35.0	30.0	33.4	33.4	33.4	88.02	109.88	126.76	129.7	126.85
09/07/2023	116.48	111.75	110.07	110.05	106.0	108.11	108.0	97.0	88.02	78.93	63.0	50.0	49.46	49.98	44.99	55.31	72.87	82.4	85.71	100.0	127.02	134.1	133.09	126.96
10/07/2023	113.8	106.59	94.3	91.54	93.31	105.0	114.92	126.67	120.55	117.56	105.28	101.1	95.0	94.81	91.0	91.34	88.32	95.05	97.0	113.0	133.43	151.65	151.65	133.7
11/07/2023	124.41	112.75	104.28	104.28	101.45	104.28	115.79	121.9	120.0	107.18	97.37	92.2	95.31	91.0	88.52	88.44	88.44	88.44	88.44	92.81	109.93	126.87	126.21	125.95
12/07/2023	96.47	91.0	90.0	90.1	90.71	91.0	101.39	117.08	113.1	104.08	92.13	88.72	90.66	91.1	90.1	90.0	88.52	88.72	88.72	96.09	117.0	123.14	123.79	114.2
13/07/2023	105.24	93.36	90.0	89.52	89.52	92.0	105.38	117.08	113.1	104.08	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
14/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
15/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
16/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
17/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
18/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
19/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
20/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
21/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
22/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
23/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
24/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
25/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
26/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
27/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
28/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
29/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
30/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
31/07/2023	117.95	110.0	105.0	101.14	96.13	84.43	100.0	104.79	104.38	85.07	78.71	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	80.0	101.75	116.0	116.0	102.05
01/08/2023	96.03	91.43	85.0	88.0	91.1	96.94	103.7	106.96	95.0	84.12	78.99	78.99	77.5	74.51	72.11	70.5	74.45	78.3	88.96	100.12	113.82	113.82	110.81	98.65
MEDIA DE FRANJA 100.12																								

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01/08/2023	103.09	96.94	87.79	92.5	78.6	78.6	93.88	94.69	100.98	97.76	76.5	78.99	75.1	68.57	66.6	66.0	64.6	68.5	78.12	94.69	105.22	112.77	115.0	106.55
02/08/2023	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29	128.29
03/08/2023	87.59	83.88	81.89	77.02	75.0	80.01	83.51	84.21	80.58	82.5	82.0	35.0	35.0	20.81	24.09	25.11	26.93	26.93	26.93	82.0	88.95	96.6	95.0	88.32
04/08/2023	88.6	63.85	60.92	79.25	76.6	78.55	78.55	82.63	80.01	55.2	40.1	48.11	48.41	50.01	47.61	38.0	27.63	35.0	40.1	70.0	86.3	84.0	84.0	91.7
05/08/2023	101.55	94.9	92.58	90.3	90.24	90.54	90.24	88.41	85.68	75.52	60.31	50.1	35.0	40.48	38.0	28.0	25.0	25.0	45.0	68.01	82.99	90.0	91.39	85.66
06/08/2023	76.0	46.67	35.01	30.11	32.61	31.8	32.3	27.8	5.0	1.64	1.64	0	1.64	0	0	0	0	1.64	0	33.41	77.06	80.5	81.25	76.5
07/08/2023	72.22	58.11	52.3	51.8	47.8	65.03	72.22	91.31	94.5	77.62	57.5	52.3	59.13	52.71	55.2	54.23	57.61	70.95	85.1	107.02	116.3	124.55	110.6	100.0
08/08/2023	106.0	104.37	99.93	98.41	91.69	92.54	96.32	99.93	96.93	96.15	85.52	78.69	78.69	79.7	79.7	78.5	78.5	80.46	85.34	102.0	116.0	127.66	125.44	120.0
09/08/2023	109.77	102.0	102.0	100.0	94.25	98.5	98.16	106.7	106.44	99.68	89.86	85.69	83.33	80.85	80.01	78.51	80.5	84.0	80.46	117.56	123.88	130.81	122.47	122.84
10/08/2023	117.57																							

Análisis de viabilidad de una central híbrida de generación hidroeléctrica

ANEXO V

ANÁLISIS PRECIO DE VENTA MWh (OMIE - Mercado de electricidad)

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
01/09/2023	116,25	116,25	109,4	109,4	109,4	109,4	116,84	115,48	115,01	111,25	102,18	96,52	92,02	88,9	80,5	74,08	74,46	80,48	80,48	119,81	128,73	127,82	127,82	127,82	117,75	
02/09/2023	119,4	105,0	100,0	98,3	92,0	94,0	95,67	101,09	110,1	115,15	120,18	94,28	83,33	83,0	82,31	79,45	80,01	80,48	107,51	128,96	130,31	120,01	120,01	120,01	105,42	
03/09/2023	105,28	100,0	88,3	82,0	79,96	79,91	80,31	80,1	80,1	78,1	60,3	43,43	21,37	11,33	4,94	4,3	4,3	4,3	50,0	79,91	102,43	110,78	103,37	96,12	96,12	
04/09/2023	83,02	71,75	62,57	64,8	59,96	55,04	60,1	61,4	120,28	105,38	92,98	92,07	77,69	70,0	58,1	52,14	52,92	63,99	80,0	103,43	128,33	137,76	121,7	115,0	115,0	
05/09/2023	116,25	114,16	107,01	109,95	100,0	100,85	112,12	112,12	112,12	112,12	112,12	82,45	79,97	79,97	82,05	91,44	102,69	112,12	112,12	130,57	132,45	135,18	124,45	114,1	114,1	
06/09/2023	119,42	110,42	97,5	93,5	93,0	93,0	103,35	128,13	128,13	133,1	88,65	86,72	85,0	83,0	81,71	82,0	88,3	103,14	122,69	130,57	132,45	132,45	130,0	127,1	127,1	
08/09/2023	117,0	106,24	96,0	97,34	94,54	90,77	100,0	121,5	122,47	105,4	90,4	83,72	83,0	81,1	80,0	80,23	88,41	106,85	110,05	124,18	148,05	132,08	118,42	112,2	112,2	
09/09/2023	127,77	117,42	110,05	100,0	97,56	97,56	106,0	103,1	103,1	89,77	86,1	80,0	77,84	73,5	64,96	67,89	78,8	83,0	101,1	128,51	137,67	135,13	134,31	126,03	126,03	
10/09/2023	126,01	115,43	114,82	113,0	110,05	101,73	111,74	113,1	113,1	101,73	83,72	79,0	75,0	74,0	54,0	79,0	84,0	101,73	121,04	129,84	131,57	126,51	115,43	115,43	115,43	
11/09/2023	120,0	117,89	108,01	110,78	112,42	114,18	126,3	126,18	136,44	127,42	117,78	98,0	93,97	92,0	90,0	92,93	100,16	117,89	120,1	132,24	147,3	148,8	131,41	121,8	121,8	
13/09/2023	119,7	110,78	112,19	110,01	107,91	112,19	115,09	136,13	140,78	123,22	115,65	101,99	96,14	97,2	96,9	90,95	91,93	107,91	117,31	121,2	135,71	147,47	121,91	110,05	110,05	
14/09/2023	114,18	100,0	97,89	90,84	93,0	93,21	107,18	123,27	137,5	124,91	100,21	96,96	94,97	93,0	91,78	90,95	94,97	100,27	116,87	130,01	137,5	133,48	126,13	114,18	114,18	
15/09/2023	96,3	93,21	88,51	90,1	90,2	93,21	114,35	125,1	127,77	120,43	96,62	92,69	121,22	109,18	99,22	94,75	98,16	109,29	116,97	124,1	130,5	130,5	128,19	123,0	123,0	
16/09/2023	119,32	110,0	103,52	103,32	103,52	104,04	122,25	128,23	125,07	124,19	124,92	102,69	121,22	109,18	99,22	94,75	98,16	109,29	116,97	124,1	130,5	130,5	128,19	123,0	123,0	
17/09/2023	120,96	118,99	114,21	110,53	100,0	92,0	100,0	100,33	103,1	99,84	85,72	80,0	76,23	76,23	73,41	74,46	76,0	81,68	103,1	110,59	121,57	122,69	119,61	115,0	115,0	
18/09/2023	113,20	83,23	87,55	79,05	77,91	77,79	79,08	73,33	78,51	70,91	55,2	20,0	15,0	14,08	14,3	14,3	14,3	14,3	40,17	90,1	122,69	119,61	115,0	115,0	115,0	
19/09/2023	128,27	123,91	114,03	109,5	104,0	104,0	114,03	128,27	132,82	114,69	93,30	90,1	88,0	88,0	86,0	85,91	88,5	98,9	105,91	110,59	121,57	122,69	119,61	115,0	115,0	
20/09/2023	110,77	98,15	109,13	103,5	101,83	101,83	110,77	115,73	115,82	108,1	102,13	92,83	88,31	82,27	77,57	77,0	77,37	89,0	81,73	119,84	135,45	143,94	110,0	88,98	88,98	
21/09/2023	103,83	94,0	94,0	92,22	90,0	102,0	111,33	121,23	125,1	115,13	99,64	90,93	85,65	77,11	71,41	76,91	76,66	105,1	119,53	121,38	139,68	100,65	100,0	100,0	100,0	
23/09/2023	121,95	121,23	120,35	120,35	120,35	120,35	121,95	122,4	121,95	112,1	90,75	64,9	79,89	70,55	60,0	72,01	78,23	87,55	117,62	129,44	145,1	159,82	138,1	128,0	128,0	
24/09/2023	136,1	124,98	121,57	119,78	114,82	114,82	124,98	126,35	120,35	108,7	1,06	0,85	0,0	0,0	0,0	0,0	3,54	24,99	88,52	139,64	143,1	169,51	146,11	141,92	141,92	
25/09/2023	127,0	114,86	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	133,17	97,07	89,01	86,83	86,23	85,93	92,06	97,46	103,0	130,07	149,88	158,59	180,1	138,37	135,02	135,02	
26/09/2023	122,47	109,42	106,62	111,05	111,54	122,47	131,76	138,15	143,1	133,17	110,01	99,63	94,0	90,93	90,0	96,02	104,51	122,47	135,42	150,69	169,77	163,77	141,7	135,95	135,95	
27/09/2023	122,5	121,8	116,08	114,0	103,0	104,3	115,7	133,23	140,01	128,37	102,33	93,26	89,93	87,34	82,2	77,14	87,06	87,63	110,02	130,68	170,1	164,25	136,0	133,23	133,23	
28/09/2023	115,54	117,19	119,91	115,73	113,35	119,91	123,84	130,1	133,67	128,36	93,4	88,36	83,73	82,18	87,7	91,5	92,9	97,0	113,67	147,85	147,85	147,85	147,85	147,85	147,85	
29/09/2023	115,83	120,92	121,0	128,89	127,1	115,83	125,36	133,36	133,36	104,84	101,64	96,9	94,5	94,0	93,05	90,87	98,17	112,0	121,45	147,24	148,25	143,21	129,91	127,88	127,88	
30/09/2023	126,62	126,6	120,0	125,34	124,73	116,66	113,72	118,01	113,72	103,8	87,5	98,9	92,78	84,63	80,0	86,0	85,91	88,5	98,9	110,59	121,57	122,69	119,61	115,0	115,0	115,0
MEDIA DE FRANJA																										

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
01/10/2023	124,86	121,68	112,59	111,06	109,5	109,01	114,0	126,69	124,11	97,1	53,1	35,0	35,0	37,43	35,0	4,3	62,73	91,3	120,06	130,1	137,36	142,45	137,36	130,0	130,0
02/10/2023	122,96	113,89	100,92	98,0	97,0	95,86	123,31	137,36	144,5	128,1	105,32	90,1	90,01	87,7	80,07	90,5	93,77	103,0	120,06	145,18	160,07	142,89	132,98	126,64	126,64
03/10/2023	126,07	122,81	112,96	117,5	124,63	128,36	125,57	131,15	134,27	126,44	106,17	91,8	90,8	88,0	74,99	64,91	35,0	70,12	92,1	124,1	100,1	126,78	114,0	103,37	103,37
04/10/2023	85,0	84,25	84,82	86,1	90,1	92,1	119,0	124,72	129,29	125,52	82,2	68,0	84,25	84,25	83,55	82,85	84,24	92,0	111,12	130,02	138,93	132,77	124,72	119,98	119,98
05/10/2023	103,28	91,15	96,2	102,28	101,0	105,09	103,28	120,59	124,92	112,1	87,33	84,22	82,45	81,05	80,03	83,83	83,57	85,2	112,84	135,25	136,4	122,45	122,39	112,84	112,84
06/10/2023	118,09	116,46	112,27	112,23	106,48	98,0	113,27	121,74	123,1	112,64	94,56	86,2	84,0	83,1	81,9	81,4	84,4	88,49	112,5	118,1	100,1	122,45	117,0	112,23	112,23
07/10/2023	116,3	113,29	100,47	98,28	98,28	100,01	105,49	113,8	114,28	112,64	86,2	80,26	65,0	75,8	73,0	60,0	74,3	88,44	102,28	188,64	124,1	124,1	124,1	120,59	120,59
08/10/2023	121,79	115,01	115,6	120,31	115,6	115,6	115,6	118,78	115,6	102,71	85,95	76,7	69,51	55,14	54,99	70,8	75,06	87,0	116,69	130,01	131,85	129,82	128,24	119,98	119,98
09/10/2023	123,46	126,0	120,76	120,76	120,76	121,01	125,48	131,03	134,74	125,48	111,78	105,38	99,33	93,02	90,02	92,0	103,08	109,65	129,71	143,32	184,5	134,75	129,71	121,5	121,5
10/10/2023	123,91	125,0	124,6	124,6	124,6	124,6	124,6	124,6	124,6	124,6	106,14	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3
11/10/2023	133,74	133,19	131,12	130,82	128,4	128,6	128,6	137,24	137,24	137,24	127,15	108,9	94,1	98,95	90,1	90,0	90,0	90,0	90,0	102,72	152,2	152,2			

Anexo VI.

ANÁLISIS FINANCIERO

ANEXO VI

ESENARIO 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	34.317.304												
Inversión propia	34.317.304												
Préstamo (Financiación)	0												
Ingresos		4.585.046,01	4.798.447,85	4.959.183,77	5.157.553,20	5.363.855,31	5.578.409,54	5.801.545,92	6.033.607,76	6.274.932,07	6.525.950,15	6.786.988,15	7.058.467,68
Costos de funcionamiento		1.440.000,00	1.483.200,00	1.527.696,00	1.573.526,88	1.620.732,60	1.669.354,67	1.719.436,31	1.771.018,37	1.824.148,30	1.878.873,38	1.935.239,99	1.993.296,77
Costos de financiamiento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio Bruto		3.145.046,01	3.285.247,85	3.431.487,77	3.584.026,32	3.743.122,64	3.909.054,87	4.081.109,61	4.260.589,39	4.450.803,15	4.647.076,76	4.851.748,17	5.065.170,91
Impuestos	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow		-34.317.303,85	3.145.046,01	3.285.247,85	3.431.487,77	3.584.026,32	3.743.122,64	3.909.054,87	4.081.109,61	4.260.589,39	4.450.803,15	4.647.076,76	4.851.748,17

Años	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión													
Inversión propia													
Préstamo (Financiación)													
Ingresos	7.340.805,39	7.624.438,64	7.939.816,10	8.287.408,84	8.667.705,10	9.081.213,40	9.529.451,93	9.999.000,41	10.480.400,43	10.984.256,45	11.511.866,70	12.064.834,17	12.732.867,54
Costos de funcionamiento	2.053.095,68	2.114.688,51	2.178.129,20	2.243.471,08	2.310.777,27	2.380.100,59	2.451.503,61	2.525.046,72	2.600.800,18	2.678.824,18	2.759.188,91	2.841.964,58	2.927.223,51
Costos de financiamiento													
Beneficio Bruto	5.287.710,71	5.510.750,13	5.761.686,90	6.043.937,76	6.276.927,82	6.551.112,81	6.836.958,33	7.134.953,70	7.445.600,25	7.769.432,26	8.106.997,79	8.458.869,59	8.825.644,03
Impuestos	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	5.287.710,71	5.510.750,13	5.761.686,90	6.043.937,76	6.276.927,82	6.551.112,81	6.836.958,33	7.134.953,70	7.445.600,25	7.769.432,26	8.106.997,79	8.458.869,59	8.825.644,03

Periodo de retorno de la inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	-31.307.949,6	-28.300.067,8	-25.293.841,8	-22.289.451,0	-19.287.071,5	-16.286.876,6	-13.289.032,3	-10.293.707,2	-7.301.021,5	-4.312.257,1	-1.324.446,6	1.669.216,6	4.639.583,2

PARAMETROS ESCENARIO 1

Tasa de actualización: 4,51%

Donde: VAN = 40.096.605,79; TIR = 11,99%

Tasa de actualización (i): $i = e + k(1 + e) + r$

Donde: e = interés del capital; k = inflación anual; r = prima de riesgo

Datos: e = 0,30%; k = 3,00%; r = 1,20%

FC: Actualización de costos CyM: 3,00%

Pool: Actualización de ingresos: 4,00%

ESENARIO 2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	38.193.134												
Inversión propia	38.193.134												
Préstamo (Financiación)	0												
Ingresos		4.585.046,01	4.798.447,85	4.959.183,77	5.157.553,20	5.363.855,31	5.578.409,54	5.801.545,92	6.033.607,76	6.274.932,07	6.525.950,15	6.786.988,15	7.058.467,68
Costos de funcionamiento		1.440.000,00	1.483.200,00	1.527.696,00	1.573.526,88	1.620.732,60	1.669.354,67	1.719.436,31	1.771.018,37	1.824.148,30	1.878.873,38	1.935.239,99	1.993.296,77
Costos de financiamiento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio Bruto		3.145.046,01	3.285.247,85	3.431.487,77	3.584.026,32	3.743.122,64	3.909.054,87	4.081.109,61	4.260.589,39	4.450.803,15	4.647.076,76	4.851.748,17	5.065.170,91
Impuestos	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow		-38.193.133,8	3.145.046,01	3.285.247,85	3.431.487,77	3.584.026,32	3.743.122,64	3.909.054,87	4.081.109,61	4.260.589,39	4.450.803,15	4.647.076,76	4.851.748,17

Años	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión													
Inversión propia													
Préstamo (Financiación)													
Ingresos	7.340.805,39	7.624.438,64	7.939.816,10	8.287.408,84	8.667.705,10	9.081.213,40	9.529.451,93	9.999.000,41	10.480.400,43	10.984.256,45	11.511.866,70	12.064.834,17	12.732.867,54
Costos de funcionamiento	2.053.095,68	2.114.688,51	2.178.129,20	2.243.471,08	2.310.777,27	2.380.100,59	2.451.503,61	2.525.046,72	2.600.800,18	2.678.824,18	2.759.188,91	2.841.964,58	2.927.223,51
Costos de financiamiento													
Beneficio Bruto	5.287.710,71	5.510.750,13	5.761.686,90	6.043.937,76	6.276.927,82	6.551.112,81	6.836.958,33	7.134.953,70	7.445.600,25	7.769.432,26	8.106.997,79	8.458.869,59	8.825.644,03
Impuestos	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	5.287.710,71	5.510.750,13	5.761.686,90	6.043.937,76	6.276.927,82	6.551.112,81	6.836.958,33	7.134.953,70	7.445.600,25	7.769.432,26	8.106.997,79	8.458.869,59	8.825.644,03

Periodo de retorno de la inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	-35.183.779,4	-32.175.877,7	-29.169.871,7	-26.165.280,8	-23.162.900,3	-20.162.705,4	-17.164.862,2	-14.169.437,1	-11.176.890,4	-8.187.087,0	-5.200.276,5	-2.216.613,3	763.753,3

PARAMETROS ESCENARIO 2

Tasa de actualización: 4,51%

Donde: VAN = 36.220.775,83; TIR = 10,72%

Tasa de actualización (i): $i = e + k(1 + e) + r$

Donde: e = interés del capital; k = inflación anual; r = prima de riesgo

Datos: e = 0,30%; k = 3,00%; r = 1,20%

FC: Actualización de costos CyM: 3,00%

Pool: Actualización de ingresos: 4,00%

ESENARIO 3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	31.360.000												
Inversión propia	31.360.000												
Préstamo (Financiación)	0												
Ingresos		3.284.194,22	3.394.761,99	3.510.552,47	3.671.774,57	3.818.645,55	3.971.391,37	4.130.247,03	4.296.456,91	4.467.275,13	4.645.966,10	4.831.804,84	5.025.077,23
Costos de funcionamiento		1.080.000,00	1.112.400,00	1.145.770,00	1.180.145,16	1.215.549,53	1.251.987,64	1.289.564,08	1.328.285,37	1.368.149,00	1.409.159,58	1.451.420,69	1.494.937,56
Costos de financiamiento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio Bruto		2.184.194,22	2.282.361,99	2.364.782,47	2.491.629,41	2.603.096,02	2.719.375,37	2.840.682,95	2.982.171,54	3.205.126,13	3.396.817,10	3.580.375,15	3.530.140,45
Impuestos	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow		-31.360.000,0	2.184.194,22	2.282.361,99	2.364.782,47	2.491.629,41	2.603.096,02	2.719.375,37	2.840.682,95	2.982.171,54	3.205.126,13	3.396.817,10	3.530.140,45

Años	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión													
Inversión propia													
Préstamo (Financiación)													
Ingresos	5.226.080,11	5.435.123,31	5.652.528,25	5.878.628,38	6.113.774,56	6.358.325,54	6.612.658,56	6.877.164,90	7.152.251,50	7.438.341,56	7.735.875,22	8.045.330,23	8.367.122,64
Costos de funcionamiento	1.539.821,78	1.586.016,41	1.633.236,90	1.681.604,81	1.731.082,35	1.781.675,44	1.833.378,54	1.886.177,11	1.939.960,13	1.994.729,99	2.050.478,18	2.107.216,23	2.164.954,63
Costos de financiamiento													
Beneficio Bruto	3.686.258,33	3.849.106,90	4.019.291,35	4.197.023,57	4.389.692,21	4.576.650,10	4.774.009,02	4.983.378,79	5.205.651,37	5.429.223,63	5.666.647,04	5.918.113,99	6.172.798,01
Impuestos	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	3.686.258,33	3.849.106,90	4.019.291,35	4.197.023,57	4.389.692,21	4.576.650,10	4.774.009,02	4.983.378,79	5.205.651,37	5.429.223,63	5.666.647,04	5.918.113,99	6.172.798,01

Periodo de retorno de la inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	-29.370.042,0	-27.180.374,7	-25.091.139,5	-23.002.475,1	-20.914.512,2	-18.827.309,2	-16.741.251,6	-14.656.202,6	-12.572.377,5	-10.489.899,4	-8.408.888,8	-6.329.463,9	-4.251.740,3

PARAMETROS ESCENARIO 3

Tasa de actualización: 4,51%

Donde: VAN = 20.500.206,60; TIR = 0,44%

Tasa de actualización (i): $i = e + k(1 + e) + r$

Donde: e = interés del capital; k = inflación anual; r = prima de riesgo

Datos: e = 0,30%; k = 3,00%; r = 1,20%

FC: Actualización de costos CyM: 3,00%

Pool: Actualización de ingresos: 4,00%



Universidad
Politécnica
de Cartagena

