



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Impacto de aumentar las interconexiones entre la Península Ibérica y Baleares con enlaces HVDC

Autor: Carlos Hernáez Sorribes

Director: Matías J. Sánchez Mingarro



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título Impacto de aumentar las interconexiones entre la Península Ibérica y Baleares con enlaces HVDC en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2018 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Carlos Hernáez Sorribes

Fecha: 17/ 09/ 2018

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Matías J. Sánchez Mingarro

24/09/2018



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Carlos Hernáez Sorribes DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Impacto de aumentar las interconexiones entre la Península Iberica y Baleares con enlaces HVDC, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 17 de septiembre de 2018

ACEPTA

Fdo.....



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Impacto de aumentar las interconexiones entre la Península Ibérica y Baleares con enlaces HVDC

Autor: Carlos Hernáez Sorribes

Director: Matías J. Sánchez Mingarro

RESUMEN DEL PROYECTO

Actualmente las islas Baleares cuentan con una escasa interconexión entre ellas y con la península. Este aislamiento hace que los precios de la energía eléctrica y la estabilidad del suministro sean bastante peores que en el territorio peninsular. Además, cuentan con una escasa penetración de energías renovables y un elevado consumo de combustibles fósiles que hace que la cantidad media de CO₂ que se emite por MWh sea muy superior a la media peninsular.

En este proyecto se considera aumentar la conexión HVDC de la península con el archipiélago balear persiguiendo tres objetivos: Mejorar la calidad del servicio en Baleares haciendo la red insular más robusta y mallada y con mayor capacidad de intercambio de energía con la Península Ibérica; abaratar el precio de la energía en Baleares mediante la inclusión del sistema insular en el mercado eléctrico español y mediante la sustitución de generación en las islas por generación peninsular; y reducir la emisión de contaminantes sustituyendo parte de la generación insular por generación peninsular, la cual tiene un mix energético con mayor porcentaje de renovables.

Se estudia el estado actual de la red balear de transporte así como de las futuras inversiones consideradas por Red Eléctrica de España en su planificación hasta 2025.

Se analiza la generación en las diferentes islas, y la demanda actual incluyendo la demanda punta, la estacionalidad y su reparto entre las islas. Se estima el crecimiento de la demanda hasta el año 2025 que se utiliza en los cálculos posteriores de dimensionamiento y del mix generador.

Con el propósito de poder comprobar el mayor número de opciones posibles de aumentar la conexión HVDC se fija la potencia por enlace a 200 MVA bajo el criterio N-1 y se consideran todas las combinaciones hasta 4 enlaces. En los apartados posteriores se van descartando por diferentes criterios hasta llegar a 12 combinaciones. Del análisis de todos



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

los escenarios N-1 con la demanda punta de 2025 se reducen las opciones a 6 supuestos. Estos supuestos consisten en un doble enlace a Ibiza combinado con otros a Mallorca o Menorca. Las principales conclusiones que derivan de este primer estudio son que la construcción de un doble enlace a Ibiza o de un enlace a Menorca hace la generación de su respectiva sea isla redundante en estos casos.

Se hace un análisis de todos los escenarios N-2 con la demanda punta de 2025 para comprobar la efectividad de las combinaciones respecto a la estabilidad del suministro.

Del análisis de los escenarios N-2 se calculan para cada combinación las potencias de generación que debe tener cada isla para hacer frente a estos casos. En base a este cálculo se definen los cambios en la potencia instalada para cada supuesto. Se calcula también como afectaría el aumento de la conexión HVDC al mix generador, resultando cambios grandes en cuanto a penetración de renovables.

Para comprobar el beneficio económico de las diferentes opciones se aproximan los presupuestos de éstas. Se hace una estimación del ahorro anual que reporta cada una de las opciones atendiendo a la cobertura de la demanda de 2025 y los precios de generación peninsulares e insulares actualmente.

En base al presupuesto y este ahorro se hace un análisis financiero de las opciones y finalmente se escoge un doble enlace Península->Ibiza y otro doble enlace Península->Mallorca. Esta opción tiene un presupuesto total (teniendo en cuenta las inversiones planificadas antes de ella) de 1095,7 M€ y reporta un beneficio neto (valor actual neto) en términos de ahorro del orden de 1450M€ con un período de amortización de entre 8 y 10 años porque genera un ahorro de 123,65 M€ anuales.

Para comprobar cómo afecta esta opción a las emisiones se estima la diferencia que provoca en las emisiones de CO₂. Se hace por medio de la emisión de toneladas de CO₂ por MWh generado de cada tecnología y los cálculos del mix generador realizados en apartados anteriores. El resultado es una reducción de las emisiones de CO₂ de un 54,7%.

Finalmente, se concluye que la construcción de un doble enlace Península->Mallorca y otro doble enlace Península->Ibiza cumple los tres objetivos de robustez, ahorro y contaminación enunciados en un primer momento.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Impact of increasing the HVDC connection between the Iberic Peninsula and the Balearic Islands

Author: Carlos Hernáez Sorribes

Director: Matías J. Sanchez Mingarro

ABSTRACT

Nowadays the Balearic Islands are nearly isolated from the rest of the Spanish electric grid. The lack of connections leads to a generation mix where there are only a little percentage of renewable and nuclear generation. On the other hand, nearly the 50% of the energy generated there is from the coal combustion, that generates far more CO₂ than the rest of energy resources. This causes that the Balearic grid has more stability issues and prices of the energy at the islands are higher than at the Iberic Peninsula.

This project is about increasing the HVDC links with the Iberic Peninsula in order to: Improve the quality of the service given at the islands making the grid stronger, more meshed and with more exchange capacity with the rest of Spain; low the prices of the generation at the Balearic Islands by including them at the Peninsula market and by substituting generation at the islands for generation at the Peninsula; reduce the CO₂ emission on the islands by substituting generation at the islands by generation at the Peninsula that contains more percentage of renewable sources of energy.

On first place is made an analysis of the current status of the Balearic grid and the future investments planned on it by Red Electrica de Espana on their planning until 2025. This gives a perspective about the connections between islands that will be found at 2025.

It is followed by an analysis of the local generation to know how is placed on the islands and which are the main characteristics of each power plant. There is also an analysis of the demand and his distribution across the islands. This finishes with an estimation of the evolution of the demand until 2025 that will be used to calculate the generation mix and the failure scenarios.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

In order to consider the greatest number of possible options of improving the HVDC exchange capacity the power of the links is set under the N-1 criteria at 200 MVA and all the possible configurations of four links or less are taken into account. After that most of the combinations are discarded under other particular criteria until there are 12 left. These 12 combinations are reduced to 6 by comparing how they work under all the N-1 scenarios and with the demand of 2025. The main conclusions of this study is that the double link Peninsula->Ibiza and the link Peninsula->Menorca allows to cover these failure scenarios without generation on that islands.

Further consideration of scenarios is done under the N-2 criteria and with the demand of 2025 to assure the stability of the grid in worse situations.

With the results of that study the minimum generation power in each island is calculated for each of the 6 combinations. This is used as a constraint to reduce the generation on the islands for each combination.

Once fixed the new configuration of the islands' power plants, the generation mix that would result in a year with each combination is calculated. The results are that there is a great penetration of the renewables sources of energy on the generation mix of the Balearic Islands.

To evaluate the economic profit of each of the options some estimations about the budget are done. With the generation price of each technology and the current generation prices at Spain and the islands an approach for the annual saving (at 2025) of the 4 options is done.

Moving from the budget and the annual savings a financial analysis is done in order to compare the 4 combinations left and choose one. The final option consists in a double link Peninsula->Mallorca and a double link Peninsula->Ibiza. This one has a total budget of 1095,7 M€ and results in a net benefit (net present value) of 1450 M€ with a payback period of 8 to 10 years because it generates savings of 123,65 M€ annually.

To evaluate how this investment and the configuration of the power plants impacts the environment it is calculated the difference it makes about the emissions of CO₂. The calculation is made using the tCO₂/MWh factor of each technology used to generate electric power and the results obtained before about the generation mix. This investment leads to a reduction of the CO₂ tones by a 54,7%.

The final conclusion of the project is that the construction of a double link Peninsula->Mallorca and a double link Peninsula->Ibiza complaints with the three objectives set about the CO₂ emissions, the security of the grid and the energy prices.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Índice

1.-Definición del Proyecto.....	13
1.1.-Motivación.....	13
1.2.-Objetivos	14
1.3.- Alcance	14
2.-Estado de la red balear de transporte.....	16
2.1.-Conexiones actuales	16
2.1.1.-Subsistema Mallorca-Menorca	17
2.1.2.-Subsistema Ibiza-Formentera.....	17
2.2.-Conexiones futuras.....	17
2.2.1.-Proyecto Rómulo 2	17
2.2.2.-Subsistema Mallorca-Menorca	18
2.2.3.-Subsistema Ibiza-Formentera.....	18
3.-Análisis de la demanda y de la generación en Baleares.....	19
3.1.-La demanda en Baleares.....	19
3.1.1.-Crecimiento de la demanda.....	22
3.2.-La generación en Baleares	27
4.-Determinación de las posibles soluciones.....	33
4.1.-Potencia de los enlaces	33
4.2.-Potencia de trabajo	35
4.3.-Condiciones de la solución	36
4.4.-Análisis de los escenarios N-1	39
4.4.1.-Explicación del modelo de Excel	39
4.4.2.-Resultados de los escenarios N-1.....	45
4.4.3.-Conclusiones de los escenarios N-1	58
4.5.-Análisis de los escenarios N-2	59
4.5.1.-Explicación del modelo de Excel	59
4.5.2.-Resultados de los escenarios N-2.....	61
4.5.3.-Conclusiones de los escenarios N-2	82
4.6.-Alternativa a los enlaces Península->Menorca.....	82
4.7.-Reconfiguración de la potencia instalada.....	83
4.8.-Nuevos mix de generación.....	88
5.-Valoración económica.....	93
5.1.-Presupuestos.....	93



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

5.2.-Ahorro generado.....	94
5.3.-Valoración financiera.....	98
5.4.-Selección de la mejor opción.....	101
6.-Análisis de impacto medioambiental	102
7.-Conclusiones	104
8.-Fuentes	105



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

1.-Definición del Proyecto

1.1.-Motivación

Actualmente en el sistema eléctrico español se pueden encontrar grandes divergencias entre las regiones que lo componen en cuanto a la producción y el transporte de la energía eléctrica. Hay regiones cuya producción se basa más en aprovechar la elevada radiación solar, otras que aprovechan el viento y otras que recurren más a energías no renovables. Así mismo, debido a las diferencias en densidad de población hay zonas en las que la generación es menor que la demanda y otras menos pobladas tienen mayor generación que demanda. También hay áreas donde la red es más mallada que en otras y, por tanto, más robusta.

Este proyecto nace para corregir algunas diferencias que encontramos en las Islas Baleares debido a su condición de archipiélago. Este sistema ha estado tradicionalmente compuesto por dos subsistemas aislados, Ibiza-Formentera y Mallorca-Menorca. Esto hacía que fueran necesarios sistemas de generación sobredimensionados y con mucha potencia de reserva y que pudieran adaptarse fácilmente a la demanda. Estas necesidades conllevaban que la energía en Baleares fuera mucho más costosa que en el resto de España, que el uso de renovables estuviera más limitado en las islas y que, a pesar de los esfuerzos, hubiera muchas interrupciones en el servicio.

Para solucionar estos problemas se introdujeron los proyectos Rómulo I y Rómulo II, los cuales tienen como objetivo la mejora de la red desde tres enfoques: calidad del suministro, precio de la energía y coste medioambiental de la energía.

Rómulo I entró en operación en 2012 y consistía en la instalación de un cable tripolar HVDC LCC de 2x200MVA y 250KV que conecta Mallorca y la Península Ibérica cubriendo una distancia de 237Km y una profundidad máxima de 1485m solo superada actualmente por el enlace entre Italia y Cerdeña. Esto soluciona en gran parte los problemas de inestabilidad, abarata la energía permitiendo la entrada del sistema insular en el mercado eléctrico español y da pie a la penetración de las renovables en la isla.

Rómulo II, que todavía no está operativo, consiste en la instalación de un doble enlace entre Mallorca e Ibiza HVAC de 2x100MVA y 132KV que cubre una distancia de 126Km y una profundidad de hasta 800m, convirtiéndose así en el enlace HVAC más largo del mundo. Esto conectará los dos subsistemas y, por tanto, todo el archipiélago a la Península Ibérica.

A pesar de estos esfuerzos, la energía en Baleares es tres veces más cara que en la Península, su mix de generación está basado principalmente en combustibles fósiles y la rotura del enlace entre Mallorca y Menorca ha hecho que esta isla quede eléctricamente



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

aislada. Todo esto motiva a seguir mejorando la red de conexiones de las Islas con la península.

1.2.-Objetivos

Los objetivos de este proyecto son:

-Mejorar la calidad del servicio en Baleares haciendo la red insular más robusta y mallada y con mayor capacidad de intercambio de energía con la Península Ibérica.

-Abaratar el precio de la energía en Baleares mediante la inclusión del sistema insular en el mercado eléctrico español y mediante la sustitución de generación en las islas por generación peninsular.

-Reducir la emisión de contaminantes sustituyendo parte de la generación insular por generación peninsular, la cual tiene un mix energético con mayor porcentaje de renovables.

1.3.- Alcance

El alcance de este proyecto implica:

Analizar la actual red de transporte entre islas y con la Península Ibérica y los cambios proyectados o previstos en la planificación de Red Eléctrica de España hasta 2020.

Analizar la demanda actual en cada isla del archipiélago y aproximar su evolución hasta 2025.

Analizar la generación actual y la potencia instalada de cada tipo en cada una de las islas del archipiélago balear. Se obtendrá también la potencia por cada grupo de las centrales insulares.

Obtener diversas combinaciones de hasta 4 enlaces entre las Islas Baleares y la Península Ibérica que permitan reducir la potencia de reserva necesaria para la estabilidad en la red balear y a su vez reducir la generación necesaria en el archipiélago. Para ello se tendrán en cuenta la demanda y la generación por isla y la respuesta ante los escenarios N-1 y N-2.

Se compararán económicamente para seleccionar la que mejor se adapte al triple objetivo de los proyectos Rómulo.

Se comprobará la viabilidad medioambiental de la solución aportada.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

2.-Estado de la red balear de transporte

La red balear de transporte se compone de las líneas y subestaciones de las islas, pero también de múltiples enlaces establecidos entre ellas. Para la realización de este proyecto se considerarán los enlaces que funcionan actualmente y algunos enlaces que; o bien están en proceso de tramitación, construcción o puesta en servicio; o bien están planificados por Red Eléctrica de España.

A continuación se muestra un esquema simplificado acerca de estas interconexiones actualmente en servicio (negro), futuras (azul) y fuera de servicio (rojo):

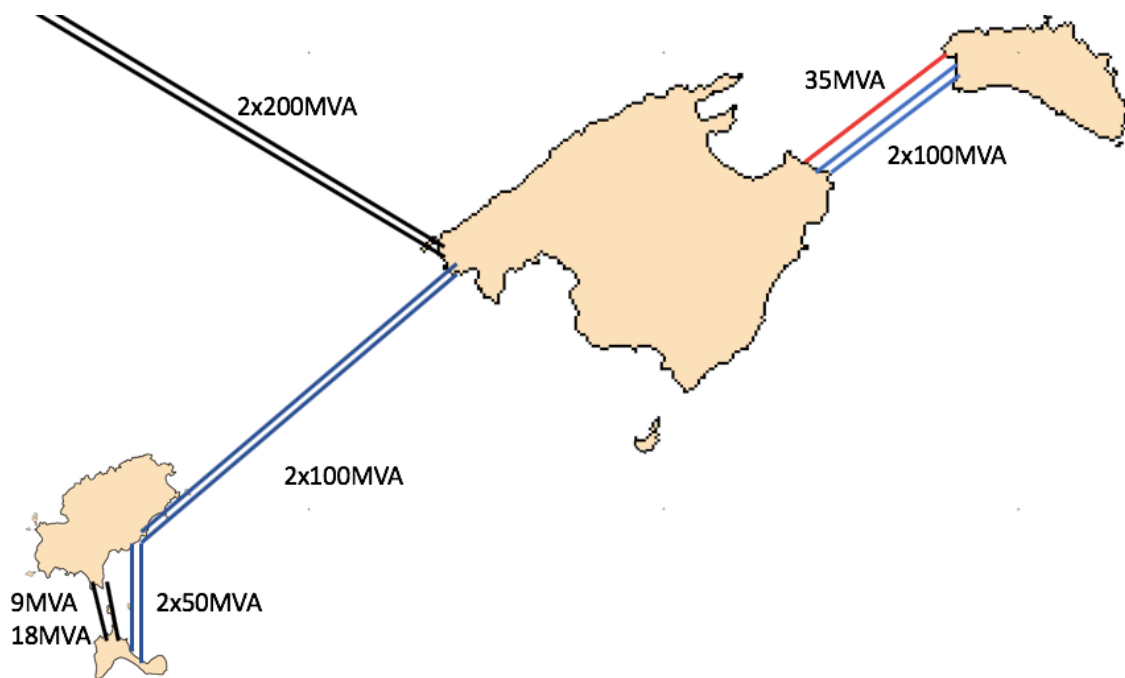


Figura 1

2.1.-Conexiones actuales

Las islas están conectadas de forma que existen dos subsistemas, Mallorca-Menorca e Ibiza-Formentera. A continuación se muestran los mapas publicados por Red Eléctrica de España en los que se detallan las conexiones actuales en el archipiélago, las que están en construcción y algunas de las planificadas.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

2.1.1.-Subsistema Mallorca-Menorca

Este subsistema estaba conectado con un enlace en CA entre ambas islas que data de 1975 y con una capacidad de 35MVA, pero un accidente en octubre de 2017 lo rompió y el daño en el cable es irreparable. Este subsistema se ha convertido en dos subsistemas hasta la construcción y puesta en servicio de un nuevo enlace.

Cabe destacar que el incidente pone en una situación extremadamente delicada a Menorca ya que su suministro eléctrico depende totalmente de la central de Mahón, aunque esto se comentará con más detalle posteriormente.

Este subsistema también está conectado a la Península Ibérica desde 2011 por medio de un doble enlace HVDC LCC de 2x200MVA y de +-250 kV llamado proyecto Rómulo. Este enlace une las subestaciones de Morvedre (Sagunto) y Santa Ponsa (Claviá), cubriendo una distancia de 237 km bajo el mar y 7 km subterráneos y una profundidad máxima de 1485m. Este doble enlace es la única conexión que existe actualmente entre el archipiélago y la península.

2.1.2.-Subsistema Ibiza-Formentera

El subsistema Ibiza-Formentera cuenta con enlaces entre las dos islas. Estos enlaces datan de 1975 y 1983 y tienen una potencia de 9 y 18 MVA respectivamente. Son enlaces en CA y 30 kV que dan problemas con frecuencia debido a su larga edad y, por tanto, acarrear unos gastos de mantenimiento cada vez mayores.

2.2.-Conexiones futuras

Este proyecto está pensado para ser aplicado en un futuro entre 2020 y 2025 (más cercano a 2025) y por ello deberá tener en cuenta los enlaces que actualmente no están más que proyectados pero que previsiblemente formarán parte de la red dentro de unos años.

2.2.1.-Proyecto Rómulo 2

El primer proyecto a tener en cuenta es el proyecto Rómulo II, el cual ya ha sido construido. Este proyecto unirá los dos subsistemas por medio de un doble enlace HVAC de 132KV y 2x100 MVA entre Ibiza y Mallorca. Es el enlace más profundo del mundo y también el más largo en corriente alterna ya que llega a una profundidad de 800 metros y tiene una longitud de 126 km.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

2.2.2.-Subsistema Mallorca-Menorca

Como reflejan las figuras 1, 2 y 3 hay proyectada una conexión HVAC de 132 kV y 1x100MVA entre Mallorca y Menorca. Esta conexión es urgente debido a la actual situación de aislamiento de Menorca y es por esto que se está haciendo todo lo posible para acelerar su tramitación y que esté listo para 2020.

También se baraja en la planificación de REE la posibilidad de crear un segundo enlace entre ambas islas para reforzar esa conexión y prever así posibles fallos. Este es posiblemente de mayor urgencia que el proyecto que se plantea en esta memoria así que se va a considerar como operativo a efectos de los cálculos a realizar.

También se plantea un tercero pero este no es tan urgente porque ya estaría cubierto el N-1 y no está contemplado en la planificación como proyecto vinculante. Por estos motivos no se considerará su existencia en este proyecto y se tomará el escenario más conservador, dos enlaces entre Mallorca y Menorca de 100MVA en CA.

2.2.3.-Subsistema Ibiza-Formentera

Como refleja la figura 5 hay proyectado un doble enlace HVAC de 132 kV y 2x50 MVA entre Ibiza Formentera. Este enlace tiene como propósito mejorar la conexión entre ambas islas y poder dar de baja, al menos, el enlace más antiguo de los actuales (9MVA), ya que en los últimos años se han disparado sus fallos y sus costes de mantenimiento. Como con la red actual sigue siendo necesario, el enlace sigue activo pese a que cada vez resulta más ruinoso mantenerlo en funcionamiento.

En este proyecto se considerará que los dos enlaces más antiguos siguen activos siempre que su disponibilidad sea necesaria. Si el correcto funcionamiento de la red, aun en caso de fallo, fuera independiente del estado de los enlaces antiguos, se considerarán fuera de servicio por sus elevados costes de mantenimiento.

También se espera que esta nueva conexión permita poner fuera de servicio la central térmica de Formentera (Ca Mari). Desde Red Eléctrica de España, sin embargo, se afirma que esta central debería seguir en servicio como potencia de reserva. Esto tiene sentido porque se necesita cubrir el caso de fallo N-2 y si los dos enlaces antiguos estuvieran fuera de servicio (es probable dada su edad) se necesitaría, además de los dos enlaces nuevos, una tercera fuente capaz de cubrir la demanda de la isla. En este proyecto se considerará que esa central sigue activa hasta 2025 y su cierre queda pendiente de las conclusiones de este proyecto.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

3.-Análisis de la demanda y de la generación en Baleares

3.1.-La demanda en Baleares

La demanda en Baleares tiene diariamente la estructura típica de dos jorobas pero tiene una gran diferencia entre los meses de verano y los de invierno debido al turismo y el consumo eléctrico de los sistemas de climatización y ventilación que se usan en verano.

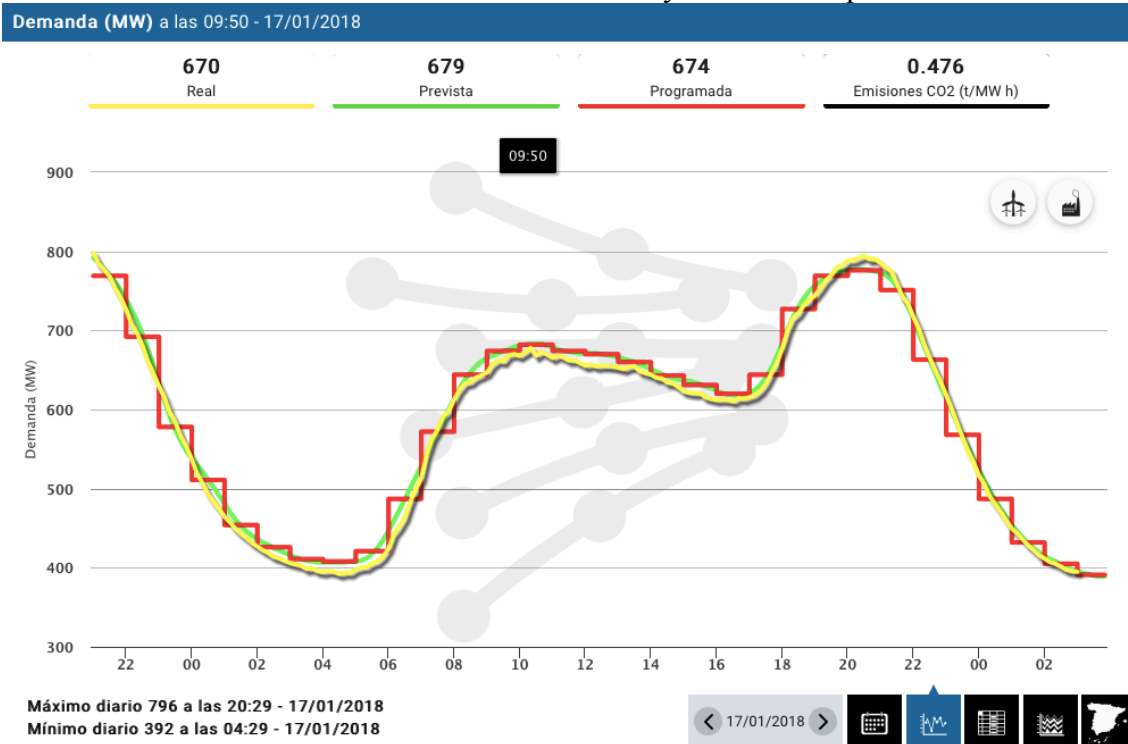


Figura 2



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

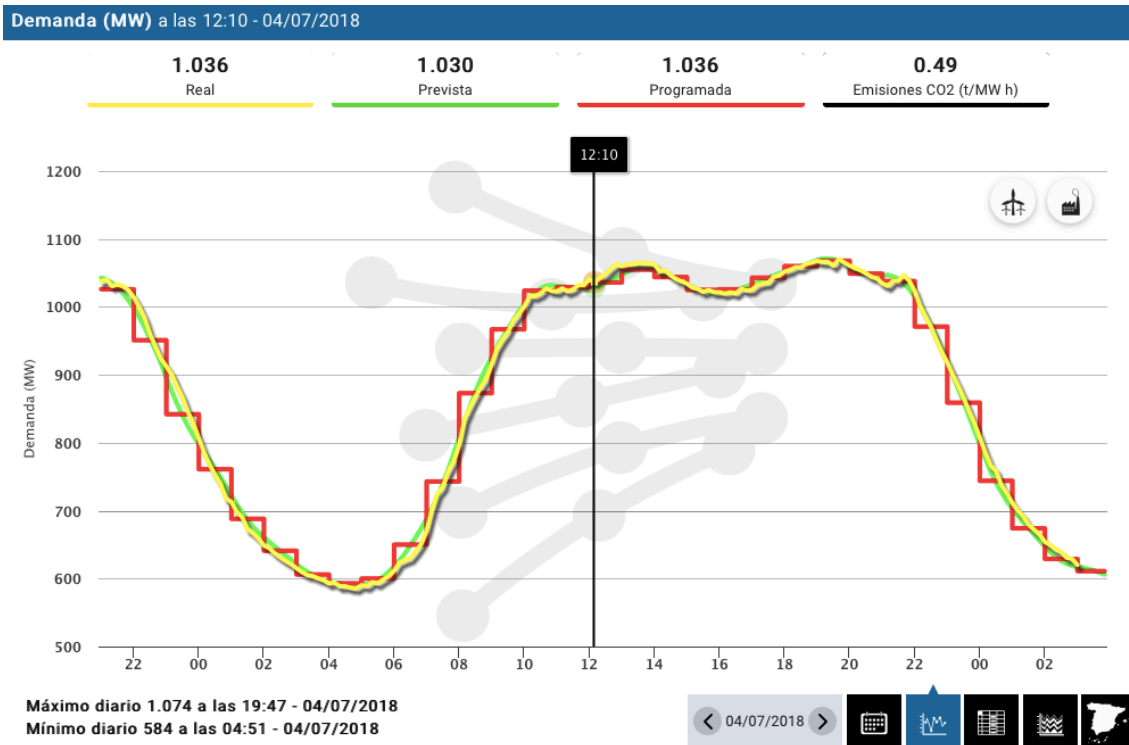


Figura 3

La figura 6 representa la curva de demanda del 17 de enero de 2018 como ejemplo de la curva en los meses de invierno y la figura 7 representa la curva de la demanda del 4 de julio de 2018 como ejemplo de la curva en verano.

Como se puede observar en ambas curvas la demanda en los meses de invierno tiene una primera joroba más baja debido a la baja actividad de las islas durante el invierno y a la menor necesidad de calefacción que otras regiones más frías. También se puede ver que la demanda punta en verano es sustancialmente más alta.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

DESDE EL 01-01-2017 A LAS 00:00 HASTA EL 31-12-2017 A LAS 23:50 AGRUPADOS POR DÍA

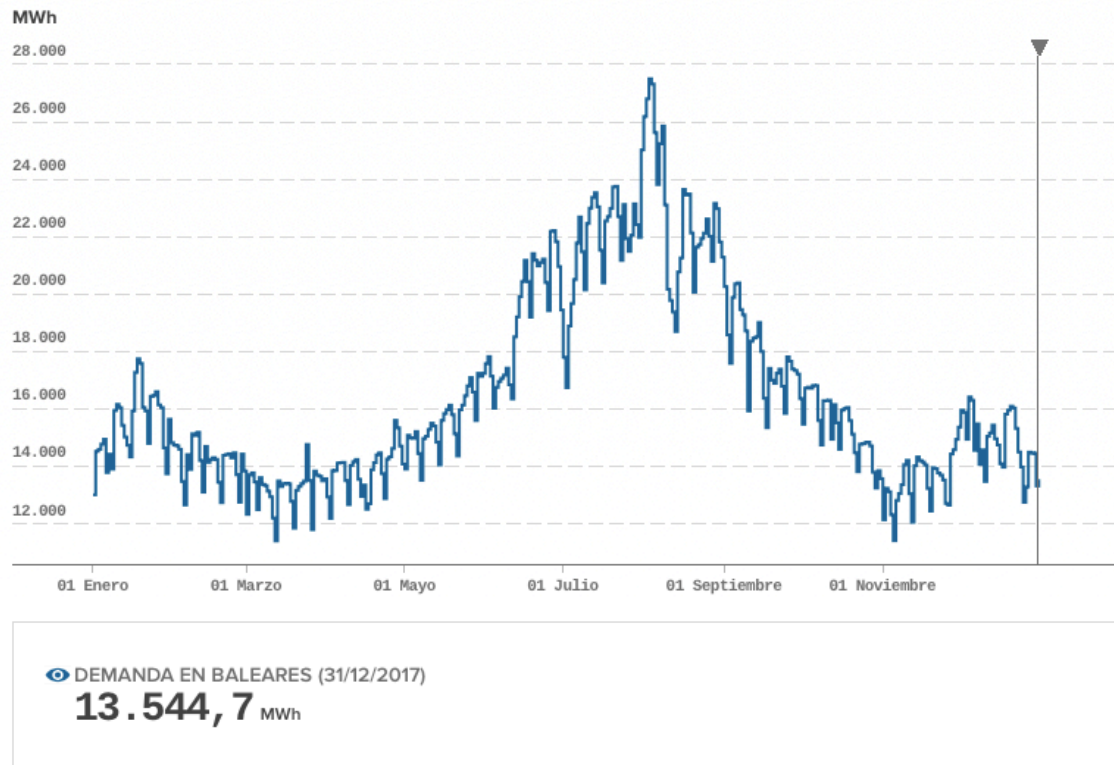


Figura 4

En la figura 8 se muestra la estacionalidad de la demanda diaria en MWh durante 2017. En esta figura se comprueba como la demanda en los días de verano es aproximadamente el doble que en invierno. Según REE, la demanda en las distintas islas está repartida de la siguiente manera:

Isla	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera
Porcentaje de la demanda	75,629%	8,186%	15,141%	1,044%

Tabla 1

Se considerará que esta estructura de la demanda es constante durante todo el tiempo.

En el estudio de este proyecto se considerará la demanda máxima que se debe afrontar en cada isla como situación más desfavorable que se debe cubrir. La demanda máxima horaria y la máxima diaria en todo el archipiélago durante 2017 según los datos de REE fue el día 3 de agosto. A continuación se comprueba la curva de demanda para el día 3 de agosto de 2017:



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

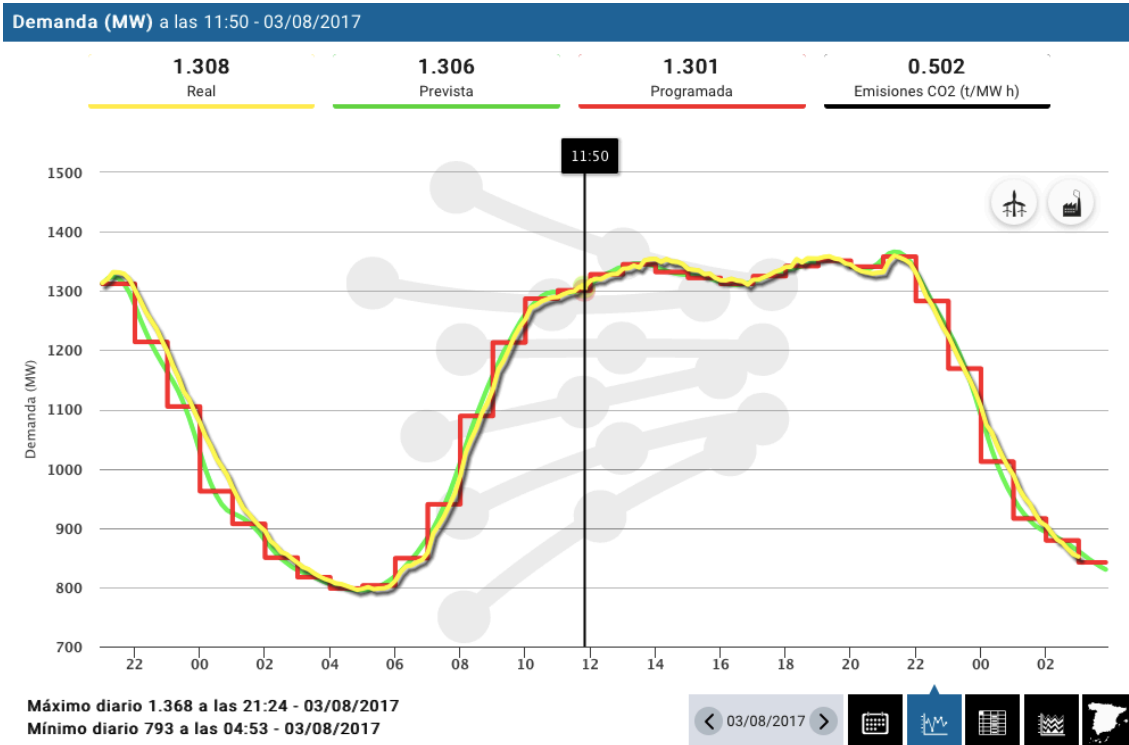


Figura 5

Se confirma que la demanda máxima registrada fue de 1368 MW. Siguiendo el reparto de la demanda entre islas mencionado anteriormente, la demanda máxima por islas quedaría como:

Isla	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera
Demanda máxima (en MW)	1034,60472	111,98448	207,12888	14,28192

Tabla 2

3.1.1.-Crecimiento de la demanda

La demanda cambia año tras año y, aunque a veces disminuye, en el largo plazo su tendencia es a crecer. Siendo este proyecto uno orientado al futuro, es necesario tener en cuenta el crecimiento de la demanda en los años futuros. A continuación se muestra el crecimiento de la demanda desde 2011.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



Componentes anuales del crecimiento de la demanda Islas Baleares (%)

Sistema eléc
Horizonte te
Periodo

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Variación anual	-1,7	1,4	-2,6	-1,6	3,8	0,6	3,4	3,7
Componentes ⁽¹⁾								
Laboralidad	-0,1	0,0	-0,1	0,2	0,2	0,2	-0,4	0,1
Temperatura ⁽²⁾	-1,5	1,5	-1,0	0,2	0,9	-1,7	1,3	1,8
Demanda corregida	-0,1	-0,1	-1,4	-2,0	2,7	2,1	2,5	1,8

⁽¹⁾ La suma de los componentes es igual al tanto por ciento de variación de la demanda total.

⁽²⁾ Una media de las temperaturas máximas diarias por debajo o por encima de los umbrales de invierno y verano respectivamente, produce aumento de la demanda.

Datos a 31 de diciembre. Para el año 2018 datos a mayo de 2018.

Figura 6

En base a estos datos de REE se van a hacer diferentes modelos para tener una idea aproximada del crecimiento de la demanda hasta 2025 en Baleares. Se van a usar para ello 3 modelos de crecimiento constante.

El primer modelo de crecimiento constante es el más sencillo. Consiste en asumir que la demanda va a variar a lo largo del tiempo conforme a una recta que une la demanda de 2010 y 2018. El segundo modelo de crecimiento constante consiste en aplicar todos los años un incremento porcentual igual a la media aritmética de los incrementos entre 2010 y 2018. El tercer modelo consiste en aplicar todos los años un incremento porcentual igual a la media geométrica de los incrementos entre 2010 y 2018.

Tras aplicar estos 3 modelos, arrojan resultados muy parecidos con lo que se aplicará la media entre los tres y se utilizará como estimación de crecimiento de la demanda. A continuación se presentan los resultados en porcentaje respecto a 2010.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Demanda(%)	100	98,3	99,6762	97,0846188	95,5312649	99,161453	99,7564217	103,14814	106,964621
Variación anual(%)	0	-1,7	1,4	-2,6	-1,6	3,8	0,6	3,4	3,7
Recta 2010-2018	100	100,870578	101,741155	102,611733	103,482311	104,352888	105,223466	106,094044	106,964621
Variación media	100	100,870578	101,741155	102,611733	103,482311	104,352888	105,223466	106,094044	106,964621
Variación media geométrica	100	100,845151	101,697444	102,556941	103,423702	104,297788	105,179262	106,068185	106,964621
Media total	100	100,862102	101,726585	102,593469	103,462774	104,334522	105,208731	106,085424	106,964621

Tabla 3



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
107,868131	108,776918	109,691027	110,610503	111,535394	112,465745	113,401604
0	0	0	0	0	0	0
107,835199	108,705777	109,576354	110,446932	111,317509	112,188087	113,058665
107,900562	108,844692	109,797083	110,757807	111,726938	112,704549	113,690713
107,868634	108,780286	109,699644	110,626771	111,561734	112,504599	113,455432
107,868131	108,776918	109,691027	110,610503	111,535394	112,465745	113,401604

Tabla 4



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

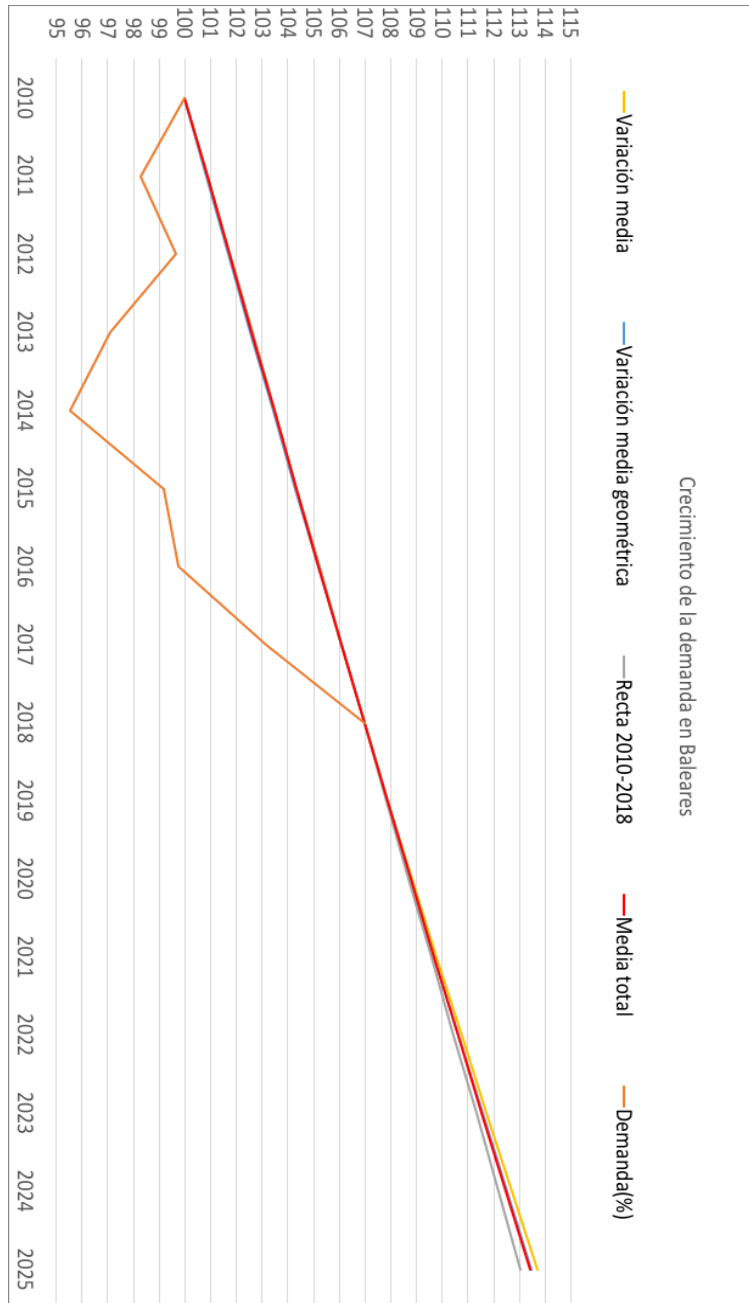


Figura 7



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

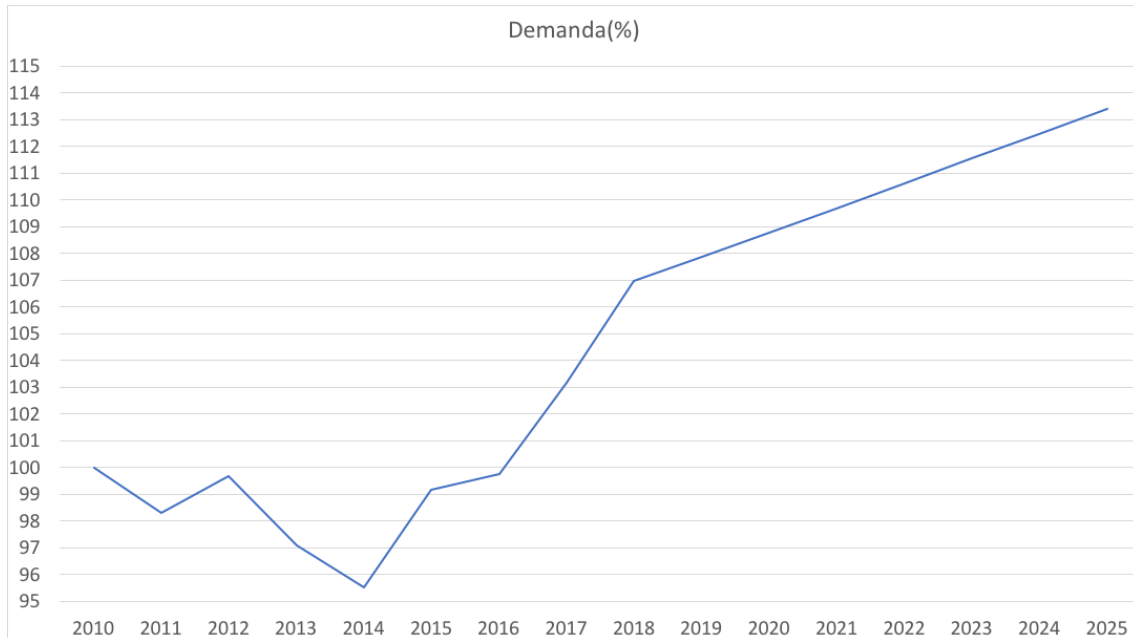


Figura 8

Como se ve en la figura 8 los modelos tienen resultados muy similares. La figura 9 muestra como quedaría la demanda entre 2010 y 2025 con la estimación hecha.

Considerando que la demanda máxima evoluciona exactamente igual que la demanda como conjunto y que el reparto de demanda entre islas se mantiene constante podemos obtener las siguientes estimaciones futuras acerca de la demanda:

Demanda máxima	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valores respecto a 2017(%)	100	103,7	104,5759345	105,4569845	106,3431941	107,234608	108,131	109,0332	109,941
Crecimiento en base 1	1	1,037	1,008446813	1,008424979	1,008403517	1,00838242	1,00836	1,008341	1,00832
Total	1368	1418,616	1430,598784	1442,651548	1454,774896	1466,96943	1479,24	1491,575	1503,99
Menorca	111,98	116,127906	117,1088165	118,0954558	119,087873	120,086118	121,09	122,1003	123,116
Mallorca	1034,6	1072,88509	1081,947554	1091,06294	1100,231706	1109,45431	1118,73	1128,063	1137,45
Ibiza	207,13	214,792649	216,6069619	218,4318709	220,267467	222,113842	223,971	225,8393	227,719
Formentera	14,282	14,810351	14,9354513	15,06128217	15,18784991	15,3151609	15,4432	15,57204	15,7016

Tabla 5

Como se puede observar los cambios son graduales y no muy grandes. Aunque se pueda pensar que tampoco era necesaria la estimación, se utilizará porque lo más conservador en este caso es aplicarla.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

3.2.-La generación en Baleares

La generación en Baleares es una de las más delicadas del sistema nacional porque necesita poder adaptarse perfectamente a la demanda local y además, debido a que está casi aislada, necesita tener potencia independiente de las condiciones meteorológicas que se puedan dar en un momento puntual (un sistema más grande y con generación renovable repartida por un territorio más grande hace que la volatilidad de la generación renovable sea menor). Es por esto que el archipiélago tiene una baja penetración de renovables y un alto porcentaje de fuel/gas y ciclo combinado.

La generación en el archipiélago también está sobredimensionada porque el actual grado de interconexión entre islas hace que cada una de ellas tenga que estar preparada para funcionar aislada. A continuación, se muestra una tabla que reconcilia los datos de REE de potencia instalada en el archipiélago y los mapas del Instituto Geográfico Nacional y el MINETUR. La potencia instalada (en MW) se muestra desglosada por isla y por tipo de generación

P. Instalada	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera	Total	REE
Fotovoltaica	73,479	4,739	0,797	1,92	80,935	80
Eólica	0,448	3,2	0	0	3,648	4
Cogeneración	10,487	0	0	0	10,487	10
Residuos	74,8	0	0	0	74,8	74
Biomasa	2,13	0	0	0	2,13	2
Fuel-Gas	218,6	245,2	311,7	11,5	787	787
Carbón	468	0	0	0	468	468
Ciclo combinado	858	0	0	0	858	858
Total	1705,944	253,139	312,497	13,42	2285	2285

Tabla 6

Como se puede observar en la tabla 6, las potencias instaladas en cada isla son suficientes para cubrir las potencias máximas fijadas anteriormente. Cabe destacar que Formentera es algo más dependiente de la generación de Ibiza pero es admisible porque su conexión consta de dos enlaces. También hay que tener en cuenta que debido a la conexión Mallorca-Península la P. instalada efectiva en Mallorca es 400 MW superior.

También es importante la potencia de las principales centrales de Baleares así como la de sus diferentes grupos para poder hacer suposiciones más adelante acerca de desmantelamientos, cierres y potencia de reserva. Alcudia, Reus y Cas Tresorer se encuentran en Mallorca, Mahón en Menorca y en Ibiza y Formentera las centrales del



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

mismo nombre. A continuación se muestra la potencia de cada una de estas centrales y sus grupos.

Centrales	Fuel-Gas	Carbón	Ciclo combir	Total
Alcudia	2x32,3	4x117	0	532,6
Reus	38,5x4		0 2x214	582
Cas Tresorer		0	0 2x215	430
Mahón	6 grupos		0 0	245,2
Ibiza	18 grupos		0 0	311,7
Formentera	1x11,5		0 0	11,5

Tabla 7

Como se puede comprobar estas centrales tienen grupos de más de un tipo y la mayoría de ellos pueden funcionar con diferentes combustibles (gas natural, diésel, ...). Es importante indicar que la central de Ibiza tiene muchos años por lo que gran parte de esos grupos son de escasa potencia y, además algunos han dejado de utilizarse (los que no pueden entrar en funcionamiento no se han tenido en cuenta para calcular la potencia instalada). También hay que señalar que, puesto que muchos de estos grupos son capaces de funcionar con diferentes combustibles, las potencias instaladas difieren en función del combustible que se suponga y, por tanto, estas potencias pueden variar según la fuente.

Es importante destacar que el mix de la energía generada no es el mismo que el de la potencia instalada debido a la falta de regulación de algunas centrales y a la discontinuidad de la generación renovable. A continuación, según los datos ofrecidos por



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

REE, se muestra la energía generada en 2017 y la evolución del mix energético en los últimos años.

	Islas Baleares	
	GWh	%17/16
Hidráulica	-	-
Carbón	2.603	13,0
Motores diésel	799	-17,1
Turbina de gas	554	63,8
Turbina de vapor	-	-
Fuel/gas	1.353	3,9
Ciclo combinado ⁽²⁾	426	-21,4
Generación auxiliar ⁽³⁾	15	46,1
Hidroeólica	-	-
Eólica	3	-46,0
Solar fotovoltaica	123	2,2
Otras renovables ⁽⁴⁾	2	24,1
Cogeneración	36	4,2
Residuos no renovables	144	10,0
Residuos renovables	144	10,0
Generación	4.849	5,8
Enlace Península-Baleares ⁽⁵⁾	1.179	-5,7
Demanda (b.c.)	6.028	3,4

Figura 9



Estructura de generación anual Islas Baleares ⁽¹⁾ (%)

	2014	2015	2016	2017	2018
Carbón	50,9	41,9	50,3	53,7	52,6
Motores diesel	15,7	16,4	21,0	16,5	11,0
Turbina de gas	13,6	13,1	7,4	11,4	16,6
Ciclo combinado ⁽²⁾	10,0	18,1	11,8	8,8	11,7
Generación auxiliar ⁽³⁾	0,2	0,2	0,2	0,3	0,0
Eólica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Solar fotovoltaica	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5
Térmica renovable ⁽⁴⁾ /Otras renovables ⁽⁵⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cogeneración y resto ⁽⁴⁾ /Cogeneración	6,6	0,7	0,8	0,7	0,7
Residuos no renovables ⁽⁶⁾	-	3,4	2,9	3,0	2,4
Residuos renovables ⁽⁶⁾	-	3,4	2,9	3,0	2,4
Generación renovable ⁽⁷⁾	3,0	6,2	5,6	5,6	5,0
Generación no renovable	97,0	93,8	94,4	94,4	95,0

Figura 10



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Como se puede observar el carbón ocupa gran parte del mix de generación, con 468MW de potencia instalada aporta un 43,18% de la energía demandada. Esto tiene sentido porque las centrales de carbón tienen muchas dificultades para parar su producción o empezar de nuevo y por ello suelen estar produciendo todo el día y prácticamente al mismo nivel. El fuel/gas y el ciclo combinado producen menos porque se usan para adaptarse a los picos de demanda, por eso a pesar de su potencia instalada, cubren un 22,44% y un 7,07% de la demanda, respectivamente. Lo mismo ocurre en el caso del enlace con la Península, con una potencia de 400MW aporta solo un 19,56% de la energía demandada. Se puede hacer un símil con inercias: el carbón tiene una inercia muy grande y, por tanto, pararlo o arrancarlo supone mucha energía mientras que el fuel/gas, el enlace a la península y el ciclo combinado tienen inercias muy pequeñas y por tanto se pueden adaptar al instante.

Para ilustrar esto se va a mostrar la generación a lo largo de un día de invierno (figura 13) y de otro de verano (figura 14).

Estructura de generación (MW) a las 05:20 - 24/01/2018

Otras renovables	0,7	0,18(%)
Eólica	0,4	0,1(%)
Solar fotovoltaica		(%)
Enlace peninsular	50,2	12,88(%)
Ciclo combinado	16,2	4,15(%)
Turbina de gas	14,6	3,74(%)
Motores diésel	72,2	18,52(%)
Carbón	215,3	55,22(%)

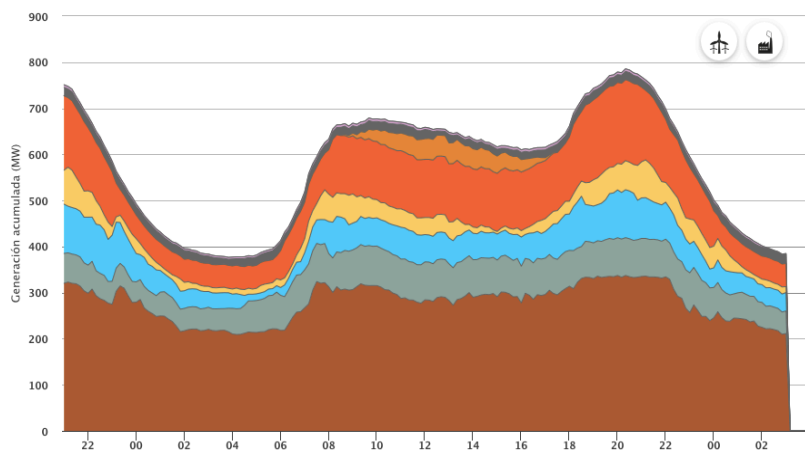


Figura 11



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Estructura de generación (MW) a las 05:10 - 04/07/2018

Generación auxiliar	1,4	0,24(%)
Otras renovables	0,3	0,05(%)
Eólica		(%)
Solar fotovoltaica	1,1	0,19(%)
Enlace peninsular	79,6	13,49(%)
Ciclo combinado	48,1	8,15(%)
Turbina de gas	89,8	15,22(%)
Motores diésel	78,7	13,34(%)
Carbón	261,1	44,25(%)

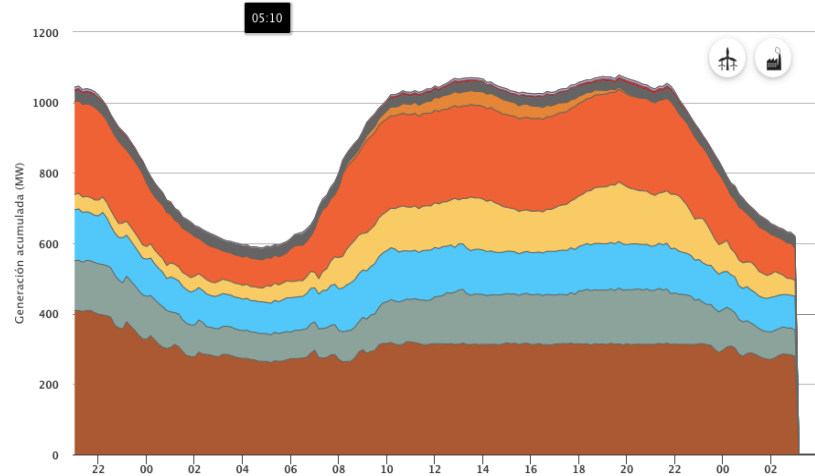


Figura 12

De las figuras 13 y 14 se extrae que hay un gran porcentaje de generación con carbón el cual se adapta poco a los picos de demanda. Más o menos lo mismo sucede con los motores diésel aunque éstos son un porcentaje menor del mix de energético.

El enlace con la península, el ciclo combinado, las turbinas de gas y la fotovoltaica se utilizan para cubrir los picos de demanda y un poco los valles. Cabe destacar que estas fuentes notan una gran diferencia entre estaciones. El caso más extremo es la generación



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

de ciclo combinado es prácticamente nula en invierno mientras que en verano aporta mucho más.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

4.-Determinación de las posibles soluciones

En este capítulo se va a explicar el proceso por el cual se ha determinado la potencia de los enlaces a instalar, las posibilidades de conexionado entre la península y las islas y las potencias de trabajo máximas. También se analizará al detalle la cobertura de la demanda máxima en condiciones de fallo N-1 para todas las combinaciones posibles.

4.1.-Potencia de los enlaces

Para determinar la potencia de los nuevos enlaces vamos a situarnos en un caso de demanda máxima, por ejemplo el 3 de agosto de 2017.

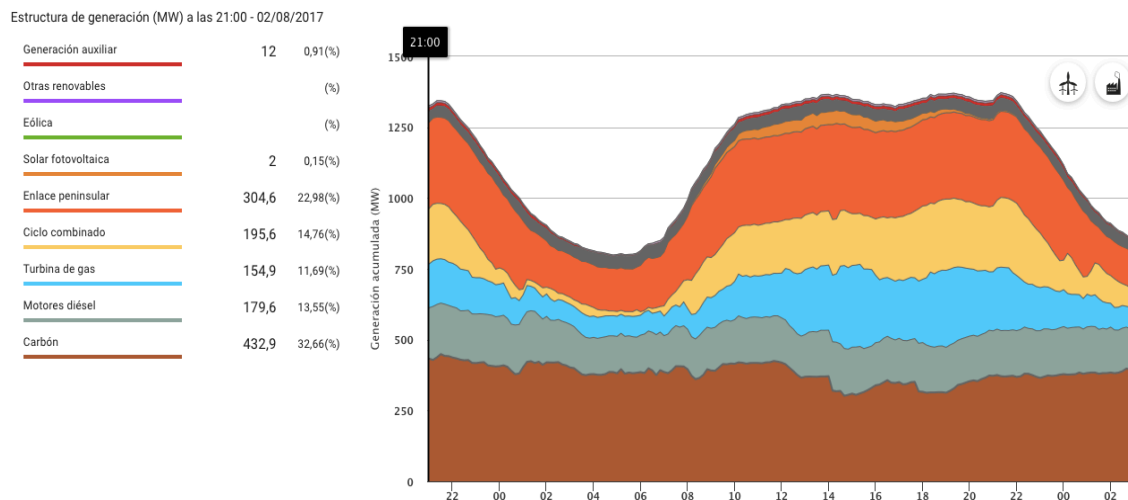


Figura 13

Comprobando la base de datos asociada al gráfico de generación que proporciona REE podemos comprobar que la potencia máxima instantánea alcanzada por el enlace entre Mallorca y la Península es de 337 MW y la máxima horaria es de 307 MWh. En nuestro caso hipotético vamos a suponer que estos enlaces tienen una consigna máxima de 160 MW cada uno y el resto de su capacidad se considera reserva, por lo que solo se superarán esas consignas en caso de fallo o emergencia.

La potencia de reserva es aquella potencia instalada que, pudiendo generar, no lo está haciendo porque solo hace falta en condiciones anómalas del sistema. En definitiva, supone un sobredimensionamiento necesario de la generación que reduce mucho la eficiencia de un sistema eléctrico. En el caso del archipiélago balear hay una gran necesidad de potencia de reserva porque hay que cubrir cualquier fallo y las conexiones



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

entre islas son escasas. Por esto, el primer criterio es reducir todo lo posible la potencia de reserva.

Para reducir la potencia de reserva en Baleares se contempla el escenario de demanda máxima en condiciones normales y en caso de fallo N-1 en los enlaces entre la Península y Baleares (los ya instalados y los que se prevén instalar) considerando el archipiélago como un todo unido. Se busca que las potencias a las que trabajan los enlaces en condiciones normales sumen lo mismo que las potencias máximas de los enlaces restantes en el caso de fallo N-1, es decir:

$$\Sigma P_{normal} = \Sigma P_{N-1}$$

Esto significa que la potencia de reserva para cubrir el fallo de un enlace la están proporcionando los propios enlaces.

Para reducir la potencia de reserva que tienen que mantener los enlaces hay que valorar que la potencia de reserva es igual a la potencia máxima que pueden dar los enlaces menos la que dan en condiciones normales. Esto es:

$$\Sigma P_{máxima} - \Sigma P_{normal} = \Sigma P_{reserva}$$

Resolviendo esta ecuación junto con la anterior:

$$\Sigma P_{normal} = \Sigma P_{N-1}$$

$$\Sigma P_{máxima} - \Sigma P_{N-1} = \Sigma P_{reserva}$$

$$P_{máxima} = \Sigma P_{reserva}$$

Esto significa que la potencia de reserva tiene que ser igual a la potencia del enlace que falla. Como consideramos el peor caso posible, el enlace que falle será el de máxima potencia que tengamos.

Por lo tanto, instalar enlaces de mayor potencia que los actuales requeriría una potencia de reserva mayor por parte de los enlaces y resultaría en un peor aprovechamiento de ellos. Instalar enlaces de menor potencia que los actuales no reduciría la potencia de reserva necesaria porque los enlaces ya instalados son de 200 MVA y tendría un coste



bastante mayor para conseguir la misma potencia. Los nuevos enlaces deberán ser entonces de la misma potencia que los actuales, 200 MVA.

4.2.-Potencia de trabajo

Para determinar la potencia de trabajo máxima de los enlaces se van a hacer ciertas suposiciones. En primer lugar, se va a dejar la consigna supuesta de 160 MW de los enlaces actuales intacta y se ajustarán las del resto. En segundo lugar, se consideran como posibles desde 1 a 4 enlaces. Por último se considera que todos los enlaces nuevos operan bajo la misma consigna.

Aplicando estas condiciones y las del apartado anterior se aplica la siguiente fórmula para encontrar las potencias de trabajo de los enlaces nuevos en función de su número:

$$P_{trabajo\ n} = P_{máxima\ n} - \left(\frac{\sum P_{reserva} - (P_{máxima\ a} - P_{trabajo\ a}) * N_a}{N_n} \right)$$

Se obtienen los siguientes resultados:

P.máxima enlaces actuales (MW)	200	200	200	200	200
Nº enlaces actuales	2	2	2	2	2
P.máxima enlaces nuevos (MW)	200	200	200	200	200
Nº enlaces nuevos	0	1	2	3	4
P. de reserva necesaria	200	200	200	200	200
P. de reserva	80	200	200	200	200
Consigna enlaces actuales	160	160	160	160	160
Consigna enlaces nuevos	0	80	140	160	170
P. transferida (MW)	320	400	600	800	1000

Tabla 8



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Como se puede apreciar en la fórmula y en la tabla, al aumentar el número de enlaces aumenta la potencia transferida y también el aprovechamiento de los enlaces porque la potencia de reserva se reparte entre más enlaces.

4.3.-Condiciones de la solución

Las posibles combinaciones de X enlaces para las 4 islas se calculan como las diferentes combinaciones de seleccionar X veces una de 4 opciones, sin importar el orden y con repeticiones. La fórmula para las combinaciones con repetición es:

$$\binom{n+r-1}{r} = \frac{(n+r-1)!}{(n-1)! * r!}$$

En este caso el número de combinaciones con 1, 2, 3 y 4 enlaces es:

$$\sum_{X=1}^{X=4} \binom{4+X-1}{X} = \frac{4!}{3! * 1!} + \frac{5!}{3! * 2!} + \frac{6!}{3! * 3!} + \frac{7!}{3! * 4!}$$

$$\sum_{X=1}^{X=4} \binom{4+X-1}{X} = 4 + 10 + 20 + 35 = 69 \text{ combinaciones}$$

Dado el elevado número de combinaciones, se hace necesario acotar el conjunto imponiendo algunas restricciones. Para empezar vamos a imponer que no haya enlaces a Formentera porque, dada su baja demanda y la baja capacidad de sus enlaces con Ibiza, no se podría transportar el excedente a Ibiza y existiría una limitación de potencia. Ahora el número de combinaciones es:

$$\sum_{X=1}^{X=4} \binom{3+X-1}{X} = \frac{3!}{2! * 1!} + \frac{4!}{2! * 2!} + \frac{5!}{2! * 3!} + \frac{6!}{2! * 4!}$$

$$\sum_{X=1}^{X=4} \binom{3+X-1}{X} = 3 + 6 + 10 + 15 = 34 \text{ combinaciones}$$

La siguiente restricción consiste en que debe haber siempre un enlace a Ibiza y se hace porque daría un cierto mallado a la red submarina, llevaría potencia directamente a la segunda isla con más demanda y que compone casi todo el segundo subsistema, parte de la potencia transferida a Ibiza puede trasladarse a Mallorca fácilmente por las buenas



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

conexiones entre ambas islas y además es la más cercana a la península. Ahora las combinaciones son:

$$1 + \sum_{X=1}^{X=3} \binom{3+X-1}{X} = 1 + \frac{3!}{2! * 1!} + \frac{4!}{2! * 2!} + \frac{5!}{2! * 3!}$$

$$1 + \sum_{X=1}^{X=3} \binom{3+X-1}{X} = 1 + 3 + 6 + 10 = 20 \text{ combinaciones}$$

Las 10 combinaciones posibles con 4 enlaces son:

4 enlaces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
2	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
3	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
4	Mallorca(2)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Ibiza(3)

Tabla 9

Las 6 combinaciones posibles con 3 enlaces son:

3 enlaces	11	12	13	14	15	16
1	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
2	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Menorca(1)
3	Mallorca(2)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Menorca(1)

Tabla 10

Las 3 combinaciones posibles con 2 enlaces son:

2 enlaces	17	18	19
1	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
2	Mallorca(2)	Menorca(1)	Ibiza(3)

Tabla 11

La única combinación posible con un enlace es un enlace a Ibiza.

Para fijar nuevos criterios se recurre nuevamente a las capacidades de transferencia y a la demanda máxima de las islas referidas en los apartados anteriores de la misma forma que se ha hecho para decidir no poner conexiones en Formentera.

Atendiendo a la demanda de Menorca se comprueba que para colocar más de un enlace a Menorca la conexión de 2x100MVA es insuficiente y su demanda muy pequeña lo que



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

obligaría a limitar la potencia del segundo enlace. Por esto, no se instalará más de un enlace en Menorca.

En Ibiza ocurre algo parecido, con su demanda y su conexión de 2x100MVA tener más de dos enlaces obligaría a limitar la potencia en uno de ellos, provocando un menor aprovechamiento de ellos. Esto hace que descartemos todas las opciones con 3 o más enlaces a Ibiza. Las posibles combinaciones ahora son 12 y quedarían así:

4 enlaces	1	2	3	NA	4	NA	NA	NA	NA	NA
1	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
2	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
3	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)
4	Mallorca(2)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Menorca(1)	Ibiza(3)
3 enlaces	5	6	7	NA	8	NA				
1	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)				
2	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Mallorca(2)	Ibiza(3)	Menorca(1)	Menorca(1)				
3	Mallorca(2)	Menorca(1)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Menorca(1)				
2 enlaces	9	10	11							
1	Ibiza(3)	Ibiza(3)	Ibiza(3)							
2	Mallorca(2)	Menorca(1)	Ibiza(3)							
1 enlace	12									
1	Ibiza(3)									

Tabla 12



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

4.4.-Análisis de los escenarios N-1

En el cálculo de los escenarios N-1 se ha considerado fallo en cualquiera de los enlaces submarinos, teniendo en cuenta que en los dobles enlaces un fallo significa la pérdida de uno de los dos enlaces.

Para realizar estos balances de potencia rápidamente y poder comparar y comprobar los resultados cómodamente se ha diseñado un programa en Microsoft Excel capaz de resolver los balances de carga.

4.4.1.-Explicación del modelo de Excel

A continuación se muestra una imagen del modelo completo para el supuesto 1 y se irá desgranando su funcionamiento:



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 1	Capacidad	Destino	P. sin fallos	Fallo Menorca->Mal	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,1163218	-123,1163218	-123,11632	-123,116	-123,116	-123,12	-123,116
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,1163218	-123,11632	-123,116	-123,116	-123,12	-123,116
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,55816091	-61,558161	-61,5582	-61,5582	-61,558	-61,5582
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,55816091	-61,558161	-61,5582	-61,5582	-61,558	-61,5582
(2,3)Mallorca->IbizaIdea	Infinita	3	73,4201892	73,42018917	73,42018917	73,42018917	43,4201892	243,42	43,42019	43,4202	43,4202
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	73,4201892	73,42018917	73,42018917	73,42018917	43,4201892	200	43,42019	43,4202	43,4202
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	36,7100946	36,71009458	0	36,71009458	21,7100946	100	21,71009	21,7101	21,7101
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	36,7100946	36,71009458	73,42018917	36,71009458	21,7100946	100	21,71009	21,7101	21,7101
(3,4)Ibiza->Formenteralde	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	0	7,8508087	7,85081	7,850809	7,85081	7,85081
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	15,70161739	7,8508087	7,85081	7,850809	7,85081	7,85081
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	2	170	170	170	170	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,1163218	123,116322	123,116	123,1163	123,116	123,116
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	633,463489	633,463489	633,463489	676,884	633,4635	633,463	633,463
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,7185718	227,718572	184,298	227,7186	227,719	227,719
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,1163218	123,116322	123,116	123,1163	123,116	123,116
Mallorca	2	313,46	313,463489	336,5798108	313,463489	313,463489	433,463489	276,884	233,4635	233,463	233,463
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,7185718	227,718572	184,298	227,7186	227,719	227,719
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,9863402	503,9863402	503,98634	503,986	503,9863	503,986	503,986
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	503,9863402	503,9863402	503,98634	460,566	503,9863	503,986	503,986
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4202	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda máxima	2025	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Valores respecto a 2017(%)	109,9405	100	103,7	104,5759345	105,4569845	106,3431941	107,234608	108,131	109,0332	109,941	
Crecimiento en base 1	1,008321	1	1,037	1,008446813	1,008424979	1,008403517	1,00838242	1,00836	1,008341	1,00832	
Total	1503,986	1368	1418,616	1430,598784	1442,651548	1454,774896	1466,96943	1479,24	1491,575	1503,99	
Menorca	123,1163	111,98	116,127906	117,1088165	118,0954558	119,087873	120,086118	121,09	122,1003	123,116	
Mallorca	1137,45	1034,6	1072,88509	1081,947554	1091,06294	1100,231706	1109,45431	1118,73	1128,063	1137,45	
Ibiza	227,7186	207,13	214,792649	216,6069619	218,4318709	220,267467	222,113842	223,971	225,8393	227,719	
Formentera	15,70162	14,282	14,810351	14,9354513	15,06128217	15,18784991	15,3151609	15,4432	15,57204	15,7016	

Tabla 13

Las casillas verde oscuro son aquellas en función de las cuales se resuelve el problema, las casillas rojas son avisos de fallo en el cumplimiento de las consignas iniciales, las verdes claras indican la transferencia de potencia para cumplir las consignas sin tener en



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

cuenta la limitación de potencia de los enlaces y las grises representan la suma de potencia transferida por los enlaces que conectan una isla con otra.

A continuación se procede a explicar el funcionamiento de cada bloque.

Demanda máxima	2025	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valores respecto a 2017(%)	109,9405	100	103,7	104,5759345	105,4569845	106,3431941	107,234608	108,131	109,0332	109,941
Crecimiento en base 1	1,008321	1	1,037	1,008446813	1,008424979	1,008403517	1,00838242	1,00836	1,008341	1,00832
Total	1503,986	1368	1418,616	1430,598784	1442,651548	1454,774896	1466,96943	1479,24	1491,575	1503,99
Menorca	123,1163	111,98	116,127906	117,1088165	118,0954558	119,087873	120,086118	121,09	122,1003	123,116
Mallorca	1137,45	1034,6	1072,88509	1081,947554	1091,06294	1100,231706	1109,45431	1118,73	1128,063	1137,45
Ibiza	227,7186	207,13	214,792649	216,6069619	218,4318709	220,267467	222,113842	223,971	225,8393	227,719
Formentera	15,70162	14,282	14,810351	14,9354513	15,06128217	15,18784991	15,3151609	15,4432	15,57204	15,7016

Tabla 14

Este bloque aporta los datos de demanda por isla al resto de bloques. Parte del modelo de previsión explicado anteriormente para sacar los datos referidos al año seleccionado en la casilla verde.

Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,9863402	503,9863402	503,98634	503,986	503,9863	503,986	503,986
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	503,9863402	503,9863402	503,98634	460,566	503,9863	503,986	503,986
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4202	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 15

En las casillas verdes se fija una generación para las islas de Menorca, Ibiza y Formentera y en función de estas consignas y de la cantidad y potencia de los nuevos enlaces se fija una generación en Mallorca que cubra la demanda total. Esta aparece en la columna de generación deseada pero en blanco.

En las columnas de la derecha, partiendo de los datos del balance de cargas de cada escenario calcula la generación necesaria en cada isla para cubrir la demanda ajustándose a la consigna si es posible. Utiliza las siguientes fórmulas:

$$P_{generada1} = P_{demandada1} - P_{recibida1}$$

$$P_{generada2} = P_{demandada2} - P_{recibida2}$$

$$P_{generada3} = P_{demandada3} - P_{recibida3}$$

$$P_{generada4} = P_{demandada4} - P_{recibida4}$$

En caso de no poder cumplir la consigna se indica con la cifra de potencia generada en esa isla en rojo. Para analizar la necesidad de generación lo óptimo será fijar en cada isla una generación de 0, o lo que es lo mismo, asignar toda la generación a Mallorca. Así el



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

cuadro de generación concretará la generación que es necesaria para en esas islas para cubrir los fallos N-1.

Potencia recibida	Numero	Deseada										
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,1163218	123,116322	123,116	123,1163	123,116	123,116	123,116
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	633,463489	633,463489	633,463489	676,884	633,4635	633,463	633,463	633,463
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,7185718	227,718572	184,298	227,7186	227,719	227,719	227,719
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016	15,7016
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada										
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,1163218	123,116322	123,116	123,1163	123,116	123,116	123,116
Mallorca	2	313,46	313,463489	336,5798108	313,463489	313,463489	433,463489	276,884	233,4635	233,463	233,463	233,463
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,7185718	227,718572	184,298	227,7186	227,719	227,719	227,719
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016	15,7016

Tabla 16

Este bloque calcula las potencias que se reciben en cada isla desde la península. La parte de arriba tiene en cuenta todos los enlaces peninsulares y la de abajo tiene en cuenta solo los enlaces nuevos.

La columna de deseada fija la potencia que debería recibir cada isla en función de la demanda y la consigna de generación. Las columnas de la derecha calculan la potencia



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

que se suministra a cada isla en función de los balances de cargas de los escenarios de fallo aplicando las siguientes fórmulas:

$$P_1 = -P_{12} + P_{enlaces1}$$

$$P_2 = P_{12} - P_{23} + P_{enlaces2}$$

$$P_3 = P_{23} - P_{34} + P_{enlaces3}$$

$$P_4 = P_{34} + P_{enlaces4}$$

En caso de no llegar a la potencia fijada en la columna de deseada se marca el valor de potencia recibida en rojo.

Supuesto 1	Capacidad	Destino	P. sin fallos	Fallo Menorca->Mal	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,1163218	-123,1163218	-123,11632	-123,116	-123,116	-123,12	-123,116
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,1163218	-123,11632	-123,116	-123,116	-123,12	-123,116
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,55816091	-61,558161	-61,5582	-61,5582	-61,558	-61,5582
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,55816091	-61,558161	-61,5582	-61,5582	-61,558	-61,5582
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	73,4201892	73,42018917	73,42018917	73,42018917	43,4201892	243,42	43,42019	43,4202	43,4202
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	73,4201892	73,42018917	73,42018917	73,42018917	43,4201892	200	43,42019	43,4202	43,4202
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	36,7100946	36,71009458	0	36,71009458	21,7100946	100	21,71009	21,7101	21,7101
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	36,7100946	36,71009458	73,42018917	36,71009458	21,7100946	100	21,71009	21,7101	21,7101
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016	15,7016
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	0	7,8508087	7,85081	7,850809	7,85081	7,85081
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	15,70161739	7,8508087	7,85081	7,850809	7,85081	7,85081
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	2	170	170	170	170	200	200	200	200	0

Tabla 17

Este bloque recibe por parte del usuario los datos de los nuevos enlaces en lo que se refiere a potencia máxima y punto de conexión (1=Menorca, 2=Mallorca, 3=Ibiza, 4=Formentera).

Con esos datos, la demanda máxima por isla y la potencia que se desea recibir en cada isla calcula, en primer lugar, el escenario sin fallos, fijando una transferencia por cada enlace. Para ello aplica, en primer lugar, la fórmula antes vista para calcular la potencia de trabajo de los enlaces nuevos en función del número de enlaces, sus potencias máximas



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

y la potencia de reserva total (igual a la máxima potencia del enlace con mayor capacidad):

$$P_{trabajo\ n} = P_{máxima\ n} - \left(\frac{\sum P_{reserva} - (P_{máxima\ a} - P_{trabajo\ a}) * N_a}{N_n} \right)$$

Una vez calculada la potencia que entra por cada enlace se calculan las potencias de los enlaces entre islas. Para ello se realiza un primer cálculo considerando las potencias de los enlaces entre islas infinitas a partir de los datos de demanda, la consigna de generación y las potencias de trabajo en condiciones normales. Se aplican las siguientes fórmulas para las tres conexiones entre islas:

$$P_{12} = -P_{demandada1} + P_{generada1} + P_{enlaces1}$$

$$P_{23} = P_{demandada3} - P_{generada3} + P_{demandada4} - P_{generada4} - P_{enlaces3} - P_{enlaces4}$$

$$P_{34} = P_{demandada4} - P_{generada4} - P_{enlaces4}$$

En la fila inmediatamente inferior se comprueba que esas potencias no superen los límites reales de los enlaces. En caso de superarlos, se marca el resultado en rojo y en las otras filas se aplica la limitación. Por último se reparte esa potencia entre los enlaces que conforman cada conexión. Nótese que los enlaces antiguos a Formentera tienen siempre 0 porque en caso de poder prescindir de ellos se hace el cálculo como si hubieran sido desmantelados.

Una vez calculado el escenario sin fallos se calculan todos los escenarios de fallo.

En los escenarios de fallo de conexiones entre islas se realizan los cálculos de la misma forma quitando en cada escenario un enlace diferente. La potencia de los enlaces con la península se revisa después de calcular las de las conexiones entre islas por si fuera posible cubrir déficits con generación peninsular antes que con generación insular.

En los escenarios de fallo de enlaces peninsulares la potencia de estos va fijada por la condición de la potencia de reserva mencionada anteriormente. Esto hace que la potencia



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

de todos los enlaces activos sea 200 MW. En función de estas potencias se calculan las de los enlaces entre islas como en el caso sin fallos.

4.4.2.-Resultados de los escenarios N-1

Para analizar la necesidad de potencia en cada isla se va a poner una consigna de generación en la que se genere todo lo necesario en Mallorca para comprobar si es necesaria la generación en las otras islas en caso de fallo N-1.

Para evitar que las tablas imágenes del modelo sean demasiado grandes se cortará la parte del modelo referente a la demanda ya que en todos los supuestos se aplica la de 2025 mostrada en la tabla 14.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 1

Supuesto 1	Capacidad Destino	P. sin fallos	Fallo Menorca->Ma	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,1163218	-123,11632	-123,116	-123,116	-123,12	-123,116
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,1163218	-123,116	-123,116	-123,12	-123,116
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,55816091	-61,5582	-61,5582	-61,558	-61,5582
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,55816091	-61,5582	-61,5582	-61,558	-61,5582
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	73,4201892	73,42018917	73,42018917	73,42018917	43,4201892	243,42	43,42019	43,4202
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	73,4201892	73,42018917	73,42018917	73,42018917	43,4201892	200	43,42019	43,4202
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	36,7100946	36,71009458	0	36,71009458	21,7100946	100	21,71009	21,7101
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	36,7100946	36,71009458	73,42018917	36,71009458	21,7100946	100	21,71009	21,7101
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	0	7,8508087	7,85081	7,850809	7,85081
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	15,70161739	7,8508087	7,85081	7,850809	7,85081
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0
Peninsula->BalearsN4	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,1163218	123,116322	123,116	123,1163	123,116
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	633,463489	633,463489	633,463489	676,884	633,4635	633,463
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,7185718	227,718572	184,298	227,7186	227,719
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,1163218	123,116322	123,116	123,1163	123,116
Mallorca	2	313,46	313,463489	336,5798108	313,463489	313,463489	433,463489	276,884	233,4635	233,463
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,7185718	227,718572	184,298	227,7186	227,719
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016	15,70162	15,7016
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,9863402	503,9863402	503,98634	503,986	503,9863	503,986
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	503,9863402	503,9863402	503,98634	460,566	503,9863	503,986
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4202	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 18

Esta solución consiste en un enlace a Ibiza y 3 a Mallorca. Como se puede ver los enlaces suministran un total de 1000 MW y la generación necesaria inicialmente son 504 MW en Mallorca. Presenta problemas en el fallo de uno de los enlaces Menorca->Mallorca y en el fallo del enlace Península->Ibiza. Necesita por ello una potencia de reserva de 23,11 MW en Menorca y una potencia de reserva de 43,42 MW en Ibiza.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 2

Supuesto 2	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	46,8836782	46,8836782	46,88367819	46,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	46,8836782	46,8836782	46,88367819	46,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	23,4418391	0	23,44183909	23,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	23,4418391	46,8836782	23,44183909	23,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	73,4201892	73,4201892	73,42018917	73,4201892	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	73,4201892	73,4201892	73,42018917	73,4201892	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	36,7100946	36,7100946	0	36,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	36,7100946	36,7100946	73,42018917	36,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	1	170	170	170	170	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	676,883678	633,463489	633,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,463489	313,463489	313,463489	313,463489	313,463489	433,463489	276,883678	233,463489	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,98634	503,98634	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,98634	503,98634	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	460,566151	503,98634	503,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 19

Esta solución se compone de un enlace a Menorca, un enlace a Ibiza y un doble enlace a Mallorca. Los enlaces suministran una potencia de 1000 MW en total y la generación necesaria inicialmente son 504 MW en Mallorca. No es capaz de cumplir con la consigna de generación en el caso de fallo del enlace Península->Ibiza y, por tanto, necesita una potencia de reserva de 43,42 MW en Ibiza.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 3

Supuesto 3	Capacidad(MVA)	Destino de la	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiza	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	-123,11632	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-96,579811	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-48,289905	-48,289905	0	-48,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-48,289905	-48,289905	-96,57981083	-48,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	170	170	170	170	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,463489	633,463489	656,579811	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,463489	313,463489	336,579811	313,463489	313,463489	433,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,98634	503,98634	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	23,1163218	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,98634	503,98634	480,870018	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 20

Esta solución consiste en un doble enlace a Mallorca y otro doble enlace a Ibiza. Los enlaces suministran una potencia de 1000 MW en total y la generación necesaria inicialmente son 504 MW en Mallorca. En este caso, presenta problemas para cumplir la consigna en el escenario de fallo de un enlace Menorca->Mallorca y necesita para cubrir la demanda una generación de 23,11 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 4

Supuesto 4	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	46,8836782	46,8836782	46,88367819	46,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	46,8836782	46,8836782	46,88367819	46,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	23,4418391	0	23,44183909	23,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	23,4418391	46,8836782	23,44183909	23,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-96,579811	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-48,289905	-48,289905	0	-48,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-48,289905	-48,289905	-96,57981083	-48,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	1	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	170	170	170	170	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,463489	313,463489	313,463489	313,463489	313,463489	433,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,98634	503,98634	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,98634	503,98634	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 21

Esta solución consiste en un enlace a Menorca, otro a Mallorca y un doble enlace a Ibiza. Los enlaces suministran un total de 1000 MW y la generación necesaria es de 504 MW en Mallorca ya que en este caso se puede cumplir con la consigna de generación en todos los casos de fallo N-1.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 5

Supuesto 5	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	-123,11632	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	83,4201892	83,4201892	83,42018917	83,4201892	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	83,4201892	83,4201892	83,42018917	83,4201892	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	41,7100946	41,7100946	0	41,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	41,7100946	41,7100946	83,42018917	41,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	160	160	160	160	200	0	200	200	200
Península->BalearsN2	200	2	160	160	160	160	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	200	2	160	160	160	160	200	200	200	0	200
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	800	800	800	800	800	800	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,463489	433,463489	456,579811	433,463489	433,463489	433,463489	476,883678	433,463489	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	480	480	480	480	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,463489	113,463489	136,579811	113,463489	113,463489	233,463489	76,8836782	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,98634	703,98634	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	23,1163218	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,98634	703,98634	680,870018	703,9863402	703,98634	703,98634	660,566151	703,98634	703,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 22

Esta solución se compone de un enlace doble a Mallorca y un enlace a Ibiza. La potencia transferida en total por los enlaces es de 800 MW. Sin fallos, se necesita una generación de 704 MW en Mallorca. Presenta dificultades para cumplir la consigna de generación cuando se da el fallo en un enlace Menorca->Mallorca y cuando se da el fallo en el único enlace Península->Ibiza. Por ello necesita una generación de reserva en Menorca e Ibiza de 23,11 MW y 43,42 MW respectivamente.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 6

Supuesto 6	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	36,8836782	36,8836782	36,88367819	36,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	36,8836782	36,8836782	36,88367819	36,8836782	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	18,4418391	0	18,44183909	18,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	18,4418391	36,8836782	18,44183909	18,4418391	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	83,4201892	83,4201892	83,42018917	83,4201892	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	83,4201892	83,4201892	83,42018917	83,4201892	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	41,7100946	41,7100946	0	41,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	41,7100946	41,7100946	83,42018917	41,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	160	160	160	160	200	0	200	200	200
Península->BalearsN2	200	2	160	160	160	160	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	200	1	160	160	160	160	200	200	200	0	200
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	800	800	800	800	800	800	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	476,883678	433,463489	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	480	480	480	480	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,463489	113,463489	113,463489	113,463489	113,463489	233,463489	76,8836782	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,98634	703,98634	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,98634	703,98634	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	660,566151	703,98634	703,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 23

Esta solución consiste en un enlace en Menorca, otro en Mallorca y un tercero en Ibiza. La potencia transferida en total son 800 MW. La generación necesaria en condiciones normales son 704 MW en Mallorca. Presenta problemas en caso de fallo en el enlace Península->Ibiza por lo que hace necesaria una potencia de reserva de 43,42 MW en esta isla.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 7

Supuesto 7	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	-123,11632	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-76,579811	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-76,579811	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-38,289905	-38,289905	0	-38,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-38,289905	-38,289905	-76,57981083	-38,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	160	160	160	160	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	160	160	160	160	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	3	160	160	160	160	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	800	800	800	800	800	800	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,463489	433,463489	456,579811	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	480	480	480	480	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,463489	113,463489	136,579811	113,463489	113,463489	233,463489	33,463489	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,98634	703,98634	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	23,1163218	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,98634	703,98634	680,870018	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 24

Esta solución está compuesta por un doble enlace a Ibiza y un enlace a Mallorca. En total, transfiere una potencia de 800 MW al archipiélago. La generación necesaria sin fallos es de 704 MW en Mallorca y en caso de fallo en un enlace Menorca->Mallorca se necesitaría una generación de 23,11 MW en Menorca.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 8

Supuesto 8	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	36,8836782	36,8836782	36,88367819	36,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	36,8836782	36,8836782	36,88367819	36,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	18,4418391	0	18,44183909	18,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	18,4418391	36,8836782	18,44183909	18,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-76,579811	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-76,579811	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-38,289905	-38,289905	0	-38,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-38,289905	-38,289905	-76,57981083	-38,289905	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	160	160	160	160	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	1	160	160	160	160	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	3	160	160	160	160	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	800	800	800	800	800	800	1000
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	480	480	480	480	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,463489	113,463489	113,463489	113,463489	113,463489	233,463489	33,463489	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,98634	703,98634	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,98634	703,98634	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 25

Este supuesto se compone de un doble enlace a Ibiza y un enlace a Menorca. En total transfiere una potencia de 800 MW a las islas. Necesita, inicialmente, una generación de 704 MW en Mallorca y es capaz de cumplir esa consigna de generación en caso de cualquier fallo.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 9

Supuesto 9	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	-123,11632	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	103,420189	103,420189	103,4201892	103,420189	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	103,420189	103,420189	100	103,420189	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	51,7100946	51,7100946	0	51,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	51,7100946	51,7100946	100	51,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	140	140	143,4201892	140	200	0	200	200	200
Península->BalearsN2	200	2	140	140	140	140	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		600	600	600	603,4201892	600	600	600	600	800	800
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	233,463489	233,463489	256,579811	236,8836782	233,463489	233,463489	276,883678	233,463489	433,463489	433,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		280	280	280	283,4201892	280	400	200	200	400	400
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	-86,536511	0	0	0	0	33,463489	0	0	33,463489	33,463489
Ibiza	3	227,718572	141,182061	164,298383	144,60225	141,182061	227,718572	61,1820608	61,1820608	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		903,98634	903,98634	903,98634	900,5661511	903,98634	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	23,1163218	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	903,98634	903,98634	880,870018	900,5661511	903,98634	903,98634	860,566151	903,98634	703,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 26

Esta solución consta de un enlace a Ibiza y otro a Mallorca. La potencia transferida desde la Península a Baleares es de 600 MW. Inicialmente necesita de una generación de 904 MW en Mallorca. En caso de fallo en uno de los enlaces Menorca->Mallorca necesita una generación de 23,11MW. En caso de fallo de uno de los enlaces Mallorca->Ibiza se reduce la generación en Mallorca y el déficit es cubierto por el enlace de Ibiza. En caso de fallo en el enlace de Ibiza se necesita una generación de 43,42 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 10

Supuesto 10	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	16,8836782	16,8836782	16,88367819	16,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	16,8836782	16,8836782	16,88367819	16,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	8,44183909	0	8,441839094	8,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	8,44183909	16,8836782	8,441839094	8,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	103,420189	103,420189	103,4201892	103,420189	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	103,420189	103,420189	100	103,420189	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	51,7100946	51,7100946	0	51,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	51,7100946	51,7100946	100	51,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	140	140	143,4201892	140	200	0	200	200	200
Península->BalearsN2	200	1	140	140	140	140	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		600	600	600	603,4201892	600	600	600	600	800	800
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	233,463489	233,463489	233,463489	236,8836782	233,463489	233,463489	276,883678	233,463489	433,463489	433,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		280	280	280	283,4201892	280	400	200	200	400	400
Menorca	1	123,116322	123,116322	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	-86,536511	0	0	0	0	33,463489	0	0	33,463489	33,463489
Ibiza	3	227,718572	141,182061	141,182061	144,60225	141,182061	227,718572	61,1820608	61,1820608	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		903,98634	903,98634	903,98634	900,5661511	903,98634	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	903,98634	903,98634	903,98634	900,5661511	903,98634	903,98634	860,566151	903,98634	703,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 27

Este supuesto se compone de un enlace a Ibiza y otro a Menorca. La potencia total transferida desde la Península a las islas es 600 MW. La generación que necesita inicialmente es de 904 MW en Mallorca. No es capaz de seguir esta consigna en caso de fallo del enlace Península->Ibiza. En este escenario necesitaría una generación de 43,42 MW en Ibiza. En el caso de fallo de un enlace Mallorca->Ibiza el enlace Península->Ibiza cubre el déficit en Ibiza y se reduce la generación en Mallorca.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 11

Supuesto 11	Capacidad(MVA)	Destino de l	Potencia sin	Fallo Menor	Fallo Mallorca->Ibiz	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	-123,11632	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-36,579811	-36,579811	-36,57981083	-36,579811	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-36,579811	-36,579811	-36,57981083	-36,579811	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-18,289905	-18,289905	0	-18,289905	-78,289905	21,7100946	21,7100946	-78,289905	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-18,289905	-18,289905	-36,57981083	-18,289905	-78,289905	21,7100946	21,7100946	-78,289905	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,8508087	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	140	140	140	140	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	3	140	140	140	140	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		600	600	600	600	600	600	600	600	800	800
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	233,463489	233,463489	256,579811	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489	433,463489	433,463489
Ibiza	3	227,718572	227,718572	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		280	280	280	280	280	400	200	200	400	400
Menorca	1	123,116322	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	-86,536511	0	0	0	0	33,463489	0	0	33,463489	33,463489
Ibiza	3	227,718572	141,182061	164,298383	141,1820608	141,182061	227,718572	61,1820608	61,1820608	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		903,98634	903,98634	903,98634	903,9863402	903,98634	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	23,1163218	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	903,98634	903,98634	880,870018	903,9863402	903,98634	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 28

Este supuesto se basa en un doble enlace a Ibiza de características similares al del proyecto Rómulo I. La potencia transferida al archipiélago en total son 600 MW. Y se necesita una generación de 904 MW en Mallorca, inicialmente. Esta combinación solo es incapaz de adaptarse a la consigna en el caso de fallo de uno de los enlaces Menorca->Mallorca. En esa situación es necesaria una generación de 23,11 MW en Menorca.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 12

Supuesto 12	Capacidad Destino	P. sin fallos	Fallo Menorca->Mal	Fallo Mallorca->Ibiza	Fallo Ibiza->	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaIdeal	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	0	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	-100	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	163,420189	163,4201892	163,4201892	163,420189	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	163,420189	163,4201892	100	163,420189	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	81,7100946	81,71009458	0	81,7100946	21,7100946	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	81,7100946	81,71009458	100	81,7100946	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraIdeal	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(Antig	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,850808696	15,7016174	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	80	80	143,4201892	80	200	0	200	200
Península->BalearsN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		400	400	400	463,4201892	400	400	400	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	33,463	33,463489	56,57981083	96,88367819	33,463489	33,463489	76,8836782	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,7185718	227,718572	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		80	80	80	143,4201892	80	200	0	200	200
Menorca	1	123,12	64,2983826	64,29838261	123,1163218	64,2983826	123,116322	-15,701617	123,116322	123,116322
Mallorca	2	-286,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ibiza	3	227,72	0	0	4,602249963	0	61,1820608	0	61,1820608	61,1820608
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		1104	1103,98634	1103,98634	1040,566151	1103,98634	1103,98634	1103,98634	903,98634	903,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	1104	1103,98634	1080,870018	1040,566151	1103,98634	1103,98634	1060,56615	903,98634	903,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 29

Esta combinación solo incluye un enlace a Ibiza. El total de potencia transferida es de 400 MW. Necesita inicialmente una generación de 1104 MW en Mallorca. En caso de fallo en un enlace Menorca->Mallorca necesita una generación de 23,11 MW en Menorca. No es capaz de seguir esta consigna en caso de fallo del enlace Península->Ibiza. En este escenario necesitaría una generación de 43,42 MW en Ibiza. En el caso de fallo de un enlace Mallorca->Ibiza el enlace Península->Ibiza cubre el déficit en Ibiza y se reduce la generación en Mallorca.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

4.4.3.-Conclusiones de los escenarios N-1

Observando los resultados de plantear los escenarios N-1 en la red de enlaces se pueden extraer importantes conclusiones acerca de las posibles mejoras de esta:

- En primer lugar, se comprueba que aquellas combinaciones con un enlace Península->Menorca no tienen ninguna necesidad de potencia de reserva en Menorca para cubrir el escenario N-1 (más adelante se verá si esto se sostiene con los escenarios N-2). Este es el caso de las combinaciones 2, 4, 6, 8 y 10.

Debido a que es la isla más lejana de la península y a que no se contempla la instalación de más de un enlace en Menorca sería muy conveniente estudiar la posibilidad de sustituir los enlaces a Menorca por uno Península->Mallorca junto con uno Menorca->Mallorca de las mismas características que los ya considerados. Aportaría las mismas ventajas y podría resultar en una instalación más barata si añadir ese enlace Mallorca->Península resulta en la instalación de un doble enlace a Mallorca en lugar de uno simple. Este es el caso de la combinación 4 o la 6.

- Se puede observar también que aquellas combinaciones con un doble enlace a Ibiza no necesitan generación en Ibiza para cubrir la demanda en Ibiza en los escenarios N-1. Es el caso de las combinaciones 3, 4, 7, 8 y 11.

En base a estas conclusiones y a los resultados obtenidos se procede a acotar las soluciones antes de entrar a valorar los escenarios N-2.

- Respecto a las combinaciones de 4 enlaces, se descartan aquellas que no incluyen un enlace doble a Ibiza por lo que quedan la 3 y la 4. La 3 tiene problemas con el fallo de unos enlaces Menorca->Mallorca pero debido a su simpleza (un doble enlace a Ibiza y un doble enlace a Mallorca) y a la gran capacidad que ofrece merece ser valorada. La 4 es ligeramente más compleja pero es capaz de cubrir todos los fallos N-1 y tiene una gran capacidad. También convendría explorar una posible reformulación de la 4 como se ha mencionado antes.
- Respecto a las combinaciones de 3 enlaces, se descartan la 5 y la 6 por no tener un doble enlace a Ibiza y se descarta la 7 porque no cubre todas las posibilidades de fallo N-1 y porque la instalación de un enlace simple a Mallorca no resulta tan ventajoso como si fuera un enlace doble. La combinación 8 ofrece algo menos de capacidad que las de 4 enlaces, pero logra cubrir todas las posibilidades de fallo N-1 sin generación fuera de Mallorca. También se valorará la alternativa al enlace de Menorca propuesto antes.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

- En cuanto a las combinaciones de 2 enlaces, se descartan las dos que no tienen enlace doble a Ibiza, es decir, la 9 y la 10. La combinación 11 ofrece la posibilidad de no depender de la generación en Ibiza para cubrir los escenarios N-1 y es muy simple y barata (un único tendido a Ibiza, la isla más cercana).
- La posibilidad de un enlace a Ibiza queda completamente descartada porque no tiene un coste atractivo frente al doble enlace a Ibiza como para justificar su pobre funcionamiento en los escenarios N-1.

4.5.-Análisis de los escenarios N-2

4.5.1.-Explicación del modelo de Excel

Para evaluar los casos N-2 en las 4 combinaciones restantes se va a utilizar una variación del modelo usado para evaluar los escenarios N-1. Este modelo utiliza los escenarios N-1 como punto de partida y calcula los escenarios N-2 que se podrían dar como el modelo anterior.

En la casilla verde de la parte superior (tabla 29) el usuario introduce el caso N-1 usado como punto de partida y en las columnas marcadas en azul se muestran los resultados de los diferentes escenarios N-2.

El resto sigue el mismo funcionamiento que el modelo N-1. Para reducir el tamaño de las tablas se mostrarán solo los resultados de los escenarios N-2 y el caso base empleado.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

4.5.2.-Resultados de los escenarios N-2

-Supuesto 3

En esta combinación tenemos un doble enlace a Mallorca y otro a Ibiza. Hay que recordar que en los escenarios N-1 esta combinación presentaba dificultades para cubrir la generación en Menorca. Para cubrir todos los casos posibles N-2 tendremos que hacer los escenarios N-1 con los fallos Menorca->Mallorca, Mallorca->Ibiza, Ibiza->Formentera, Península->Mallorca y Península->Ibiza como puntos de partida. A continuación se muestran los resultados de estos escenarios con la misma demanda que en el apartado anterior:



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 3	Capacidad	Destino	Fallo Menor	Fallo Menorca-> Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-100	0	-100	-100	-100	-100	-100	-100	
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-100	0	-100	-100	-100	-100	-100	-100	
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-48,289905	-48,28990542	-96,579811	-48,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-48,289905	-48,28990542	0	-48,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	
Peninsula->BalearsN4	200	3	170	170	170	170	200	200	200	0	
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
Menorca	1	123,12	100	0	100	100	100	100	100	100	
Mallorca	2	633,46	656,579811	756,5798108	656,579811	656,5798108	656,579811	656,579811	656,579811	656,579811	
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	
Menorca	1	123,12	100	0	100	100	100	100	100	100	
Mallorca	2	313,46	336,579811	436,5798108	336,579811	336,5798108	456,579811	256,579811	256,579811	256,579811	
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	
Menorca	1	0	23,1163218	123,1163218	23,1163218	23,11632181	23,1163218	23,1163218	23,1163218	23,1163218	
Mallorca	2	503,99	480,870018	380,8700184	480,870018	480,8700184	480,870018	480,870018	480,870018	480,870018	
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 31

Como se puede observar en la tabla 30, cuando hay un doble fallo en los enlaces Menorca->Mallorca se necesita una potencia de generación en Menorca de 123,11 MW. En el resto de los escenarios N-2 desde el fallo Menorca->Mallorca basta con 23,11 MW, tal y como se había visto en los escenarios N-1.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 3	Capacidad	Destino	Fallo Mallorca	Fallo Menorca-> Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,57981083	0	-96,57981083	-100	43,4201892	-100	-100	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-96,579811	-96,57981083	0	-96,57981083	-100	43,4201892	-100	-100	43,4201892
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	121,710095	170	171,710095	0	171,710095	171,710095	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	170	170	121,710095	170	171,710095	200	171,710095	171,710095	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	903,420189	1000	943,420189	1000	943,420189	943,420189	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	536,883678	633,463489	576,883678	633,463489	576,883678	576,883678	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	583,420189	680	743,420189	600	543,420189	543,420189	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	313,463489	336,5798108	216,883678	313,463489	376,883678	233,463489	176,883678	176,883678	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	600,566151	503,9863402	560,566151	503,98634	560,566151	560,566151	503,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	600,566151	503,9863402	560,566151	503,98634	560,566151	560,566151	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 32

Como se puede ver en la tabla 31, el fallo de uno de los enlaces Mallorca->Ibiza por sí solo no trae consecuencias. Cuando se combina con un fallo en otro enlace Mallorca->Ibiza hace falta una generación extra de 96,6 MW en Mallorca o aumentar la potencia de los enlaces a Mallorca por encima de la consigna y, a la vez, reducir la potencia transferida a Ibiza. Cuando se combina con el fallo en algún enlace en Mallorca hace falta una generación extra de 56,6 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 3	Capacidad	Destino	Fallo Ibiza->	Fallo Menorca->	Fallo Mallorca->	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-48,289905	-48,28990542	-96,579811	-48,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-48,289905	-48,28990542	0	-48,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	15,70161739	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	0	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	170	170	170	170	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	680	680	680	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	313,463489	336,5798108	313,463489	313,463489	433,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 33

Como se aprecia en la tabla 32 cuando fallan uno o dos enlaces Ibiza->Formentera el sistema ni se inmuta y solo necesita la generación de los escenarios N-1. Nótese que en el caso de que fallen los dos enlaces nuevos a Formentera se depende de los actuales. En caso de que los actuales no pudieran seguir operativos se necesitaría en Formentera una generación de 15,71 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 3	Capacidad	Destino	Fallo A1/A2	Fallo Menorca-> Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-156,57981	-156,5798108	-100	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-78,289905	-78,28990542	-100	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-78,289905	-78,28990542	0	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
Peninsula->MallorcaA1	200	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peninsula->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200	
Peninsula->BalearsN1	200	3	200	200	171,710095	200	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	200	200	200	200	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	200	200	200	200	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	200	200	171,710095	200	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	943,420189	1000	800	800	800	800	
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	576,883678	633,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	800	800	743,420189	800	800	600	600	600	
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	
Mallorca	2	313,46	433,463489	456,5798108	376,883678	433,463489	433,463489	233,463489	233,463489	233,463489	
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	560,566151	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	560,566151	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 34

Observando los resultados mostrados en la tabla 33 se puede comprobar que el fallo de un enlace Península->Mallorca combinado con el fallo de cualquier otro enlace Península->Mallorca o Península->Ibiza hace necesaria una generación de 200 MW más en Mallorca.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 3	Capacidad	Destino	Fallo N4	Fallo Menorca-> Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	21,7100946	21,71009458	43,4201892	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	21,7100946	21,71009458	0	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	200	200	200	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	200	200	200	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	200	200	200	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	2	200	200	200	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		1000	1000	1000	1000	1000	800	800	800	800
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	633,463489	633,463489	433,463489	476,883678	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		680	600	600	600	600	600	400	400	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	233,463489	256,5798108	233,463489	233,463489	233,463489	76,8836782	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,98634	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	503,98634	503,9863402	703,98634	660,566151	703,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 35

Como se ve en la tabla 34 el fallo de un enlace Península->Ibiza junto con otro enlace Península->Balears requiere un aumento de 200 MW de la generación en el archipiélago. Si además, este segundo enlace es Península->Ibiza, se necesita que 43,42 MW de esos 200 MW sean generados en el subsistema Ibiza-Formentera.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 4

Este supuesto consta de un doble enlace a Ibiza, un enlace a Mallorca y otro a Menorca. Se recuerda que no presentó ningún problema para cumplir con la consigna de generación en ninguno de los casos N-1. Para comprobar todos los casos N-2 se deben fijar como condiciones iniciales las de fallo Menorca->Mallorca, Mallorca->Ibiza, Ibiza->Formentera, Península->Menorca, Península->Mallorca y Península->Ibiza. A continuación se muestran los resultados de estos escenarios.

Supuesto 4	Capacidad	Destino	Fallo Menorc	Fallo Menorca-> Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	46,8836782	46,88367819	46,8836782	46,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	46,8836782	0	46,8836782	46,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-100	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	46,8836782	0	46,8836782	46,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-100	76,8836782
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-48,289905	-48,28990542	-96,579811	-48,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-48,289905	-48,28990542	0	-48,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	170	170	170	170	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	1	170	123,1163218	170	170	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	170	170	170	170	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	953,1163218	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	100	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	586,5798108	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	656,579811	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	680	633,1163218	680	680	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	100	123,116322
Mallorca	2	313,46	313,463489	266,5798108	313,463489	313,463489	433,463489	233,463489	233,463489	256,579811	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	550,8700184	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23,1163218	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	550,8700184	503,98634	503,9863402	503,98634	503,98634	503,98634	480,870018	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 36



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Como se puede apreciar en la tabla 35, el fallo de un enlace Menorca->Mallorca solo conlleva problemas si se combina con el fallo de otro enlace igual (se necesitarían 47 MW más de generación en Mallorca) o si se combina con el fallo del enlace Península->Menorca (se necesitarían 23,11 MW de generación en Menorca).

Supuesto 4	Capacidad	Destino	Fallo Mallorca	Fallo Menorca->Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	46,8836782	46,88367819	46,8836782	46,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	46,8836782	46,88367819	46,8836782	46,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	23,4418391	46,88367819	23,4418391	23,44183909	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	23,4418391	0	23,4418391	23,44183909	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-96,579811	-96,57981083	-96,579811	-96,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-96,579811	-96,57981083	0	-96,57981083	-100	43,4201892	-100	-100	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-96,579811	-96,57981083	0	-96,57981083	-100	43,4201892	-100	-100	43,4201892
(3,4)Ibiza->Formenteralde	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	170	170	121,710095	170	171,710095	0	171,710095	171,710095	200
Península->BalearsN2	200	2	170	170	170	170	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	200	1	170	170	170	170	200	200	200	0	200
Península->BalearsN4	200	3	170	170	121,710095	170	171,710095	200	171,710095	171,710095	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total	1000	1000	1000	903,420189	1000	943,420189	1000	943,420189	943,420189	1000	
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	633,463489	536,883678	633,463489	576,883678	633,463489	576,883678	576,883678	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total	680	680	680	583,420189	680	743,420189	600	543,420189	543,420189	600	
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	313,463489	313,463489	216,883678	313,463489	376,883678	233,463489	176,883678	176,883678	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total	503,99	503,98634	503,9863402	600,566151	503,9863402	560,566151	503,98634	560,566151	560,566151	503,98634	
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	503,9863402	600,566151	503,9863402	560,566151	503,98634	560,566151	560,566151	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 37

Se observa en la tabla 36 que las únicas repercusiones del fallo de un enlace Mallorca->Ibiza vienen cuando se combina con el fallo de otro enlace igual, de un enlace Península-



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

>Mallorca o de un enlace Península->Menorca. En el escenario de doble fallo Mallorca->Ibiza se necesitan 96,6 MW adicionales en Mallorca y en el resto 56,6 MW.

El fallo Ibiza->Formentera tiene las mismas consecuencias que se han visto anteriormente para el supuesto 3 debido a que no tiene enlaces desde la península y tiene 3 conexiones con Ibiza (considerando las dos actuales como una).

Supuesto 4	Capacidad	Destino	Fallo A1/A2	Fallo Menorca->	Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaI	Infinita	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	38,4418391	76,88367819	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	38,4418391	0	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-156,57981	-156,5798108	-100	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-78,289905	-78,28990542	-100	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-78,289905	-78,28990542	0	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraI	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	200	200	171,710095	200	200	0	200	200	200
Península->BalearsN2	200	2	200	200	200	200	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	200	1	200	200	200	200	200	200	200	0	200
Península->BalearsN4	200	3	200	200	171,710095	200	200	200	200	200	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	943,420189	1000	800	800	800	800	800
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	633,463489	576,883678	633,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	800	800	743,420189	800	800	600	600	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	433,463489	433,463489	376,883678	433,463489	433,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	560,566151	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	503,9863402	560,566151	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 38



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

De la tabla 37 se puede concluir que el fallo de un enlace Península->Mallorca junto con cualquier otro enlace Península->Balears hace necesario aumentar la generación en Mallorca 200 MW y que, como se ha explicado antes, el fallo de un enlace Península->Mallorca junto con un enlace Mallorca->Menorca obliga a aumentar la generación 56,6 MW en Mallorca.

Supuesto 4	Capacidad	Destino	Fallo N3	Fallo Menorca->Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaI	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(2,3)Mallorca->IbizaIdeal	Infinita	3	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-156,57981	-156,5798108	-100	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-78,289905	-78,28990542	-100	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-78,289905	-78,28990542	0	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraI	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
Península->MallorcaA1	200	2	200	200	200	200	200	200	200	200	
Península->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200	
Península->BalearsN1	200	3	200	200	171,710095	200	200	0	200	200	
Península->BalearsN2	200	2	200	200	200	200	200	200	0	200	
Península->BalearsN3	200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Península->BalearsN4	200	3	200	200	171,710095	200	200	200	200	0	
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	943,420189	1000	800	800	800	1000	800
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	656,5798108	576,883678	633,463489	433,463489	433,463489	433,463489	633,463489	433,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	600	600	543,420189	600	600	400	400	600	400
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	233,463489	256,5798108	176,883678	233,463489	233,463489	33,463489	33,463489	233,463489	33,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	560,566151	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	480,8700184	560,566151	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 39



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

De los resultados mostrados en la tabla 38 se deduce que el fallo del enlace Península->Menorca junto con el fallo de un enlace Menorca->Mallorca hace que haya que disponer de una generación de reserva en Menorca de 23,11 MW. También se comprueba que el fallo del enlace Península->Menorca junto con otro enlace Península->Balears hace necesario aumentar la generación en Balears 200 MW.

Supuesto 4	Capacidad	Destino	Fallo N4	Fallo Menorca->Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaI	Infinita	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	38,4418391	76,88367819	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	38,4418391	0	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaI	Infinita	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	21,7100946	21,71009458	43,4201892	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	21,7100946	21,71009458	0	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraI	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	200	200	200	200	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	2	200	200	200	200	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	1	200	200	200	200	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	200	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		1000	1000	1000	1000	1000	800	800	800	800	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	633,46	633,463489	633,463489	633,463489	633,463489	433,463489	476,883678	433,463489	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		680	600	600	600	600	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	313,46	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489	76,8836782	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		503,99	503,98634	503,9863402	503,98634	503,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	503,99	503,98634	503,9863402	503,98634	503,9863402	703,98634	660,566151	703,98634	703,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 40



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Como se puede ver el fallo de dos enlaces Península->Baleares hace que haya que aumentar la potencia generada en el archipiélago 200 MW. Si los dos enlaces son Península->Ibiza, se necesita que 43,42 de esos 200 MW sean generados en el subsistema Ibiza-Formentera.

-Supuesto 8

Esta combinación se compone de tres enlaces. Un doble enlace a Ibiza y otro a Menorca. Se recuerda que era capaz de centralizar la generación de las islas en Mallorca para todas las condiciones de fallo N-1. Para evaluar los escenarios N-2 habrá que partir de los fallos Menorca->Mallorca, Mallorca->Ibiza, Ibiza->Formentera, Península->Mallorca, Península->Menorca y Península->Ibiza.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 8	Capacidad	Destino	Fallo Menor	Fallo Menorca-> Fallo Mallor	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	36,8836782	36,88367819	36,8836782	36,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	36,8836782	0	36,8836782	36,88367819	76,8836782	76,8836782	-100	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	36,8836782	0	36,8836782	36,88367819	76,8836782	76,8836782	-100	76,8836782	76,8836782
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-76,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-76,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-38,289905	-38,28990542	-76,579811	-38,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-38,289905	-38,28990542	0	-38,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	160	160	160	160	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	1	160	123,1163218	160	160	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	3	160	160	160	160	200	200	200	0	200
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	763,1163218	800	800	800	800	800	800	1000
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	100	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,46	433,463489	396,5798108	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	456,579811	433,463489	633,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	480	443,1163218	480	480	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	100	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,46	113,463489	76,57981083	113,463489	113,463489	233,463489	33,463489	56,5798108	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,99	703,98634	740,8700184	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	703,98634	703,98634	503,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	23,1163218	0	0
Mallorca	2	703,99	703,98634	740,8700184	703,98634	703,9863402	703,98634	703,98634	680,870018	703,98634	503,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 41

Como se aprecia en la tabla 40, el fallo de un enlace Menorca->Mallorca solo supone problemas cuando se produce simultáneamente a otro fallo Menorca->Mallorca o Península->Menorca. Cuando se produce el doble fallo Menorca->Mallorca hay que aumentar la generación 36,9 MW en Mallorca. Cuando falla un enlace Menorca->Mallorca junto con el enlace Península->Menorca hay que aumentar la generación 23,11 MW en Menorca.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 8	Capacidad	Destino	Fallo Mallorca	Fallo Menorca-> Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	36,8836782	36,88367819	36,8836782	36,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	36,8836782	36,88367819	36,8836782	36,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	18,4418391	36,88367819	18,4418391	18,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	18,4418391	0	18,4418391	18,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-76,579811	-76,57981083	-76,579811	-76,57981083	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-76,579811	-76,57981083	0	-76,57981083	-100	43,4201892	-100	43,4201892	-100
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-76,579811	-76,57981083	0	-76,57981083	-100	43,4201892	-100	43,4201892	-100
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	160	160	121,710095	160	171,710095	0	171,710095	200	171,710095
Peninsula->BalearsN2	200	1	160	160	160	160	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	3	160	160	121,710095	160	171,710095	200	171,710095	0	171,710095
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	723,420189	800	743,420189	800	743,420189	800	943,420189
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,46	433,463489	433,463489	356,883678	433,463489	376,883678	433,463489	376,883678	433,463489	576,883678
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	480	480	403,420189	480	543,420189	400	343,420189	400	543,420189
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,46	113,463489	113,463489	36,8836782	113,463489	176,883678	33,463489	0	33,463489	176,883678
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	204,60225	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,99	703,98634	703,9863402	780,566151	703,9863402	760,566151	703,98634	760,566151	703,98634	560,566151
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,99	703,98634	703,9863402	780,566151	703,9863402	760,566151	703,98634	760,566151	703,98634	560,566151
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 42

En la tabla 41 se aprecia que el doble fallo de los enlaces Mallorca->Ibiza hace que haya que aumentar la generación 76,6 MW en Mallorca y el fallo de un enlace Mallorca->Ibiza junto con el de un enlace Península->Ibiza hace que la generación en Mallorca tenga que aumentar 56,6 MW.

Como se ha visto en los casos anteriores el fallo Ibiza->Formentera no afecta en nada al sistema, luego los escenarios N-2 derivados de él serían en realidad los N-1.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 8	Capacidad	Destino	Fallo A1/A2	Fallo Menorca->	Fallo Mallorca->	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	38,4418391	76,88367819	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	38,4418391	0	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-156,57981	-156,5798108	-100	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-78,289905	-78,28990542	-100	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-78,289905	-78,28990542	0	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	200	200	171,710095	200	200	0	200	200	200
Península->BalearsN2	200	1	200	200	200	200	200	200	0	200	200
Península->BalearsN3	200	3	200	200	171,710095	200	200	200	200	0	200
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	743,420189	800	600	600	600	600	800
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,46	433,463489	433,463489	376,883678	433,463489	233,463489	233,463489	233,463489	233,463489	433,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	600	600	543,420189	600	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,46	233,463489	233,463489	176,883678	233,463489	233,463489	33,463489	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,99	703,98634	703,9863402	760,566151	703,9863402	903,98634	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,99	703,98634	703,9863402	760,566151	703,9863402	903,98634	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 43

Como refleja la tabla 42, el fallo de un enlace Península->Mallorca junto con cualquier fallo Península->Balears provoca la necesidad de aumentar la generación 200 MW en Mallorca.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 8	Capacidad	Destino	Fallo N2	Fallo Menorca-> Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-156,57981	-156,5798108	-100	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	-156,57981	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-78,289905	-78,28990542	-100	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-78,289905	-78,28990542	0	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	-78,289905	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	200	200	200	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	200	200	171,710095	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Peninsula->BalearsN3	200	3	200	200	171,710095	200	200	200	200	0
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		800	800	800	743,420189	800	600	600	800	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,46	433,463489	456,5798108	376,883678	433,463489	233,463489	233,463489	433,463489	433,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		480	400	400	343,420189	400	400	200	400	200
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,46	33,463489	56,57981083	0	33,46348902	33,463489	0	33,463489	0
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	204,60225	227,7185718	227,718572	61,1820608	227,718572	61,1820608
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		703,99	703,98634	703,9863402	760,566151	703,9863402	903,98634	903,98634	703,98634	903,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,99	703,98634	680,8700184	760,566151	703,9863402	903,98634	903,98634	703,98634	903,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 44

De la tabla 43 se deduce que el fallo del enlace Península->Menorca junto con el de otro enlace Península->Balears exige un aumento de la generación en Mallorca de 200 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 8	Capacidad	Destino	Fallo N3	Fallo Menorca-> Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,88367819	76,8836782	76,8836782	-123,11632	76,8836782	76,8836782
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	38,4418391	76,88367819	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	38,4418391	0	38,4418391	38,44183909	38,4418391	38,4418391	-61,558161	38,4418391	38,4418391
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	21,7100946	21,71009458	43,4201892	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	21,7100946	21,71009458	0	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	200	200	200	200	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	1	200	200	200	200	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN3	200	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		800	800	800	800	800	600	600	600	800	800
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	433,46	433,463489	433,463489	433,463489	433,463489	233,463489	276,883678	233,463489	433,463489	433,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		480	400	400	400	400	400	200	200	400	400
Menorca	1	123,12	123,116322	123,1163218	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	113,46	33,463489	33,46348902	33,463489	33,46348902	33,463489	0	0	33,463489	33,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	61,1820608	61,1820608	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		703,99	703,98634	703,9863402	703,98634	703,9863402	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634	703,98634
Menorca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	703,99	703,98634	703,9863402	703,98634	703,9863402	903,98634	860,566151	903,98634	703,98634	703,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 45

Como se puede comprobar en la tabla 44 el fallo de un enlace Península->Ibiza junto con otro enlace Península->Balears exige un aumento de la generación en Mallorca de 200 MW. Además, si ese segundo enlace es Península->Ibiza, es necesario que 43,42 de esos 200 MW sean generados en el subsistema Ibiza-Formentera.

-Supuesto 11



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Esta combinación consiste en un doble enlace a Ibiza. Como ya se vio analizando los escenarios N-1, esta combinación tiene problemas para cumplir la consigna de generación en el escenario de fallo Menorca->Mallorca. Para cubrir todos los escenarios N-2 habrá que partir de los fallos Menorca->Mallorca, Mallorca->Ibiza, Ibiza->Formentera, Península->Mallorca y Península->Ibiza.

Supuesto 11	Capacidad	Destino	Fallo Menor	Fallo Menorca->Fallo Mallorc	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-100	0	-100	-100	-100	-100	-100	-100
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	0	0	0	0	0	0	0	0
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-100	0	-100	-100	-100	-100	-100	-100
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-36,579811	-36,57981083	-36,579811	-36,57981083	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-36,579811	-36,57981083	-36,579811	-36,57981083	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-18,289905	-18,28990542	-36,579811	-18,28990542	-78,289905	21,7100946	21,7100946	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-18,289905	-18,28990542	0	-18,28990542	-78,289905	21,7100946	21,7100946	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200
Península->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	140	140	140	140	200	0	200	200
Península->BalearsN2	200	3	140	140	140	140	200	200	0	200
Península->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		600	600	600	600	600	600	600	600	800
Menorca	1	123,12	100	0	100	100	100	100	100	100
Mallorca	2	233,46	256,579811	356,5798108	256,579811	256,5798108	256,579811	256,579811	256,579811	456,579811
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		280	280	280	280	280	400	200	200	400
Menorca	1	123,12	100	0	100	100	100	100	100	100
Mallorca	2	-86,54	0	36,57981083	0	0	56,5798108	0	0	56,5798108
Ibiza	3	227,72	164,298383	227,7185718	164,298383	164,2983826	227,718572	84,2983826	84,2983826	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		903,99	903,98634	903,9863402	903,98634	903,9863402	903,98634	903,98634	903,98634	703,98634
Menorca	1	0	23,1163218	123,1163218	23,1163218	23,11632181	23,1163218	23,1163218	23,1163218	23,1163218
Mallorca	2	903,99	880,870018	780,8700184	880,870018	880,8700184	880,870018	880,870018	880,870018	680,870018
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 46

Como se observa en la tabla 45 el fallo de un enlace Menorca->Mallorca por si solo obliga a tener 23,11 MW de generación en Menorca pero combinado con otro fallo Menorca->Mallorca la potencia necesaria en Menorca es 123,11 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 11	Capacidad	Destino	Fallo Mallorca	Fallo Menorca-> Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4	
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632	
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161	
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-36,579811	-36,57981083	-36,579811	-36,57981083	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-36,579811	-36,57981083	0	-36,57981083	-100	43,4201892	43,4201892	-100	-100
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-36,579811	-36,57981083	0	-36,57981083	-100	43,4201892	43,4201892	-100	-100
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087	
Peninsula->MallorcaA1	200	2	160	160	160	160	200	200	200	200	
Peninsula->MallorcaA2	200	2	160	160	160	160	0	200	200	200	
Peninsula->BalearsN1	200	3	140	140	121,710095	140	171,710095	0	200	171,710095	171,710095
Peninsula->BalearsN2	200	3	140	140	121,710095	140	171,710095	200	0	171,710095	171,710095
Peninsula->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Potencia recibida	Numero	Deseada									
Total		600	600	600	563,420189	600	543,420189	600	600	743,420189	743,420189
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	
Mallorca	2	233,46	233,463489	256,5798108	196,883678	233,463489	176,883678	233,463489	233,463489	376,883678	376,883678
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572	
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada									
Total		280	280	280	243,420189	280	343,420189	200	200	343,420189	343,420189
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322	
Mallorca	2	-86,54	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ibiza	3	227,72	141,182061	164,2983826	104,60225	141,1820608	204,60225	61,1820608	61,1820608	204,60225	204,60225
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174	
Potencia generada	Numero	Deseada									
Total		903,99	903,98634	903,9863402	940,566151	903,9863402	960,566151	903,98634	903,98634	760,566151	760,566151
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0	
Mallorca	2	903,99	903,98634	880,8700184	940,566151	903,9863402	960,566151	903,98634	903,98634	760,566151	760,566151
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 47

El fallo de los dos enlaces Mallorca->Ibiza, según la tabla 46, hace que haya que aumentar la generación 36,6 MW en Mallorca. El fallo de un enlace Mallorca->Ibiza junto con el fallo de un enlace Península->Mallorca obliga a aumentar la generación en Mallorca 56,6 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Como se ha visto en los casos anteriores el fallo Ibiza->Formentera no afecta en nada al sistema, luego los escenarios N-2 derivados de él serían en realidad los N-1.

Supuesto 11	Capacidad	Destino	Fallo A1/A2	Fallo Menorca->Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	-156,57981	-156,5798108	-100	-156,5798108	-156,57981	43,4201892	43,4201892	-156,57981
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	-78,289905	-78,28990542	-100	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	21,7100946	-78,289905
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	-78,289905	-78,28990542	0	-78,28990542	-78,289905	21,7100946	21,7100946	-78,289905
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Península->MallorcaA1	200	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200
Península->BalearsN1	200	3	200	200	171,710095	200	200	0	200	200
Península->BalearsN2	200	3	200	200	171,710095	200	200	200	0	200
Península->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Península->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		600	600	600	543,420189	600	400	400	400	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	233,46	233,463489	256,5798108	176,883678	233,463489	33,463489	33,463489	33,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	227,718572	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		280	400	400	343,420189	400	400	200	200	400
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	-86,54	33,463489	56,57981083	0	33,46348902	33,463489	0	0	33,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	204,60225	227,7185718	227,718572	61,1820608	61,1820608	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		903,99	903,98634	903,9863402	960,566151	903,9863402	1103,98634	1103,98634	1103,98634	903,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	903,99	903,98634	880,8700184	960,566151	903,9863402	1103,98634	1103,98634	1103,98634	903,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 48

Como ilustra la tabla 47, el fallo de un enlace Península->Mallorca, combinado con el fallo de otro enlace Península, Baleares, obliga a aumentar la generación en Mallorca 200 MW.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICAD E CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Supuesto 11	Capacidad	Destino	Fallo N2	Fallo Menorca-> Fallo Mallorca	Fallo Ibiza->For	Fallo A1/A2	Fallo N1	Fallo N2	Fallo N3	Fallo N4
(1,2)Menorca->MallorcaId	Infinita	2	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->MallorcaT	200	2	-123,11632	-100	-123,11632	-123,1163218	-123,11632	-123,11632	-123,11632	-123,11632
(1,2)Menorca->Mallorca1	100	2	-61,558161	-100	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(1,2)Menorca->Mallorca2	100	2	-61,558161	0	-61,558161	-61,55816091	-61,558161	-61,558161	-61,558161	-61,558161
(2,3)Mallorca->IbizaId	Infinita	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	243,420189	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->IbizaT	200	3	43,4201892	43,42018917	43,4201892	43,42018917	43,4201892	200	43,4201892	43,4201892
(2,3)Mallorca->Ibiza1	100	3	21,7100946	21,71009458	43,4201892	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946
(2,3)Mallorca->Ibiza2	100	3	21,7100946	21,71009458	0	21,71009458	21,7100946	100	21,7100946	21,7100946
(3,4)Ibiza->FormenteraId	Infinita	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->FormenteraT	127	4	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
(3,4)Ibiza->Formentera1(A	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0
(3,4)Ibiza->Formentera2	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	15,70161739	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
(3,4)Ibiza->Formentera3	50	4	7,8508087	7,850808696	7,8508087	0	7,8508087	7,8508087	7,8508087	7,8508087
Peninsula->MallorcaA1	200	2	200	200	200	200	200	200	200	200
Peninsula->MallorcaA2	200	2	200	200	200	200	0	200	200	200
Peninsula->BalearsN1	200	3	200	200	200	200	200	0	200	200
Peninsula->BalearsN2	200	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Peninsula->BalearsN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peninsula->BalearsN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia recibida	Numero	Deseada								
Total		600	600	600	600	600	400	400	600	600
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	123,116322	123,116322	123,116322
Mallorca	2	233,46	233,463489	256,5798108	233,463489	233,463489	33,463489	76,8836782	233,463489	233,463489
Ibiza	3	227,72	227,718572	227,7185718	227,718572	227,7185718	227,718572	184,298383	227,718572	227,718572
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia recibida nuevos	Numero	Deseada								
Total		280	200	200	200	200	200	0	200	200
Menorca	1	123,12	123,116322	100	123,116322	123,1163218	123,116322	-15,701617	123,116322	123,116322
Mallorca	2	-86,54	0	0	0	0	0	0	0	0
Ibiza	3	227,72	61,1820608	84,29838261	61,1820608	61,1820608	61,1820608	0	61,1820608	61,1820608
Formentera	4	15,702	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,70161739	15,7016174	15,7016174	15,7016174	15,7016174
Potencia generada	Numero	Deseada								
Total		903,99	903,98634	903,9863402	903,98634	903,9863402	1103,98634	1103,98634	903,98634	903,98634
Menorca	1	0	0	23,11632181	0	0	0	0	0	0
Mallorca	2	903,99	903,98634	880,8700184	903,98634	903,9863402	1103,98634	1060,56615	903,98634	903,98634
Ibiza	3	0	0	0	0	0	0	43,4201892	0	0
Formentera	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 49

Como se puede apreciar en la tabla 48 el fallo del doble enlace Península->Ibiza provoca que haya que aumentar la generación en el subsistema Ibiza-Formentera 43,42 MW.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

4.5.3.-Conclusiones de los escenarios N-2

Del análisis hecho de los escenarios N-2 para las combinaciones 3, 4, 8 y 11 se pueden extraer importantes conclusiones:

- Las combinaciones con un enlace Península->Menorca, es decir, la 4 y la 8 necesitan solo 23,11 MW de generación en Menorca para cubrir los supuestos N-2. Sin embargo, la 3 y la 11 necesitan 123,11 MW de generación en Menorca para cubrir los escenarios N-2.
- A efectos de la necesidad de generación en Menorca para los escenarios N-2, es semejante tener un enlace Menorca->Mallorca 2x100MVA y un enlace Península->Menorca que un triple enlace Menorca->Mallorca 3x100MVA y un enlace Península->Mallorca.
- Todas las combinaciones necesitan una potencia de reserva de al menos 200 MW en el archipiélago para cubrir los escenarios N-2.
- La combinación 11 y la 8, aun con la generación máxima en el resto del archipiélago (se cambia la consigna y se pone la generación al máximo en todas las islas), necesitan al menos 815,36 MW y 737,45 MW de generación en Mallorca para cubrir los fallos N-2 porque no tienen enlaces directos a Mallorca. Las combinaciones 4 y 3 necesitan 537,45 MW y 415,36 MW.
- Las 4 combinaciones necesitan al menos una potencia de reserva de 43,42 MW entre Ibiza y Formentera para cubrir los escenarios N-2.
- Para cubrir el doble fallo Ibiza->Formentera es necesario que haya una disponibilidad de 15,7 MW. Esto significa que o se dispone de una generación de esa magnitud, o se mantiene de los enlaces actuales, al menos el de 18 MW, o una combinación de ambas.

4.6.-Alternativa a los enlaces Península->Menorca

Como se ha mencionado anteriormente, es interesante ver como alternativa a los enlaces Península->Menorca un enlace Península->Mallorca combinado con otro HVAC Menorca->Mallorca por las mayores facilidades técnicas de este enlace HVDC.

En primer lugar, la alternativa al supuesto 4 (supuesto 4Alt de ahora en adelante), pasaría a consistir en dos dobles enlaces Península->Mallorca y Península->Ibiza junto con un



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

enlace HVAC de 100 MVA Menorca->Mallorca. Esto simplifica los enlaces peninsulares y los abarata como el supuesto 3. A diferencia de este último, en los casos N-2 la generación mínima necesaria en Menorca pasa a ser de 23,11 MW y la generación necesaria en Mallorca sigue siendo de 415,36 MW. Las potencias instaladas mínimas en Ibiza y Formentera se mantienen igual (31,92 MW y 11,5 MW respectivamente).

En segundo lugar, la alternativa al supuesto 8 (supuesto 8Alt de ahora en adelante), pasaría a estar compuesta por un doble enlace Península->Ibiza, un enlace Península->Mallorca y un enlace HVAC Menorca->Mallorca. La potencia necesaria en los escenarios N-2 en Menorca seguiría siendo 23,11 MW. La potencia necesaria en Mallorca para cubrir los escenarios N-2 pasaría a ser 615,36 MW. En Ibiza y Formentera las potencias instaladas mínimas siguen siendo 31,92 MW y 11,5 MW.

4.7.-Reconfiguración de la potencia instalada

Podemos resumir las conclusiones sacadas en los escenarios de fallo N-1 y N-2 en una tabla de potencias instaladas mínimas que son necesarias en cada isla y en el archipiélago para cubrir los posibles fallos.

P. Instalada Mínim	3		4		8		11	
	N-1	N-2	N-1	N-2	N-1	N-2	N-1	N-2
Baleares	504	704	504	704	704	904	904	1104
Menorca	23,11	123,11	0	23,11	0	23,11	23,11	123,11
Mallorca	215,36	415,36	337,45	537,45	537,45	737,45	615,36	815,36
Ibiza	0	31,92	0	31,92	0	31,92	0	31,92
Formentera	0	11,5	0	11,5	0	11,5	0	11,5

Tabla 50

Nótese que se decide en los casos N-2 considerar la generación en Formentera porque el futuro de los enlaces actuales es bastante incierto.

Como se puede comprobar, cubrir los escenarios N-2 requiere una mayor potencia. A pesar de ello, se van a seguir las restricciones de estos. Se toma esta decisión por la dificultad que tiene cerrar centrales (las empresas que las explotan tienen acuerdos con el Estado para garantizar unas rentabilidades mínimas en caso de un cierre prematuro) y porque uno de los objetivos es hacer de la red de Baleares una red más robusta, lo cual implica que sea capaz de cubrir 2 fallos a la vez.

Para asegurar que en todo momento se puedan alcanzar esas potencias instaladas mínimas, no se tendrán en cuenta las renovables para alcanzarlas.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

En base a las restricciones N-2 y a los datos de potencia instalada y grupos generadores de las centrales (tabla 7) podemos plantear, para cada solución, una reconfiguración de la potencia instalada en Baleares.

-Supuesto 3

En este supuesto se necesitan 123,11 MW en Menorca porque no tiene un enlace Península->Menorca. Hay que mantener activos los grupos de la central de Mahón que garanticen esa potencia en conjunto. Lo más parecido que se puede obtener es una potencia de 131,85 MW.

En Mallorca se necesitan 415,36 MW porque se han añadido dos nuevos enlaces Península->Mallorca. La central de Alcudia y los grupos de fuel quedan obsoletos y bastaría con solo los dos grupos de ciclo combinado de la central de Reus que sumarían 430 MW (podrían ser uno de Cas Tresorer y otro de Reus o dos de cualquiera de las dos pero se eligen los dos de Reus por comodidad).

En Ibiza se necesitan 31,92 MW porque tiene un doble enlace Península->Ibiza. La central de Ibiza podría dejar fuera de servicio algunos de sus grupos más antiguos y mantener solo uno de 25 MW y otro de 24,3 MW (49,3 MW en total).

En Formentera se mantendrían los 11,5 MW de potencia instalada porque hay que cumplir el N-2 y no es seguro que, al menos, el enlace Ibiza->Formentera de 18 MW vaya a seguir funcionando en un futuro.

Como todo esto suma 622,65 MW y se necesita un total de 704 MW es necesario añadir más generación. La mejor opción es añadir otro de los de ciclo combinado de Mallorca dado que son los más nuevos, eficientes y flexibles.

Finalmente la potencia instalada en MW en las islas quedaría de la siguiente forma:

P. Instalada 3	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera	Total
Fotovoltaica	73,479	4,739	0,797	1,92	80,935
Eólica	0,448	3,2	0	0	3,648
Cogeneración	10,487	0	0	0	10,487
Residuos	74,8	0	0	0	74,8
Biomasa	2,13	0	0	0	2,13
Fuel-Gas	0	131,85	49,3	11,5	192,65
Carbón	0	0	0	0	0
Ciclo combinado	644	0	0	0	644
Total	805,344	139,789	50,097	13,42	1008,65

Tabla 51



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 4

Esta combinación consta de un enlace Península->Menorca por lo que necesita una potencia en Menorca de 23,11 MW. Lo más parecido que se puede obtener evitando los peores grupos de la central de Mahón es 46,1 MW.

En Mallorca necesita una generación de 537,45 MW porque solo se ha añadido un enlace nuevo a esta isla por lo que hay que añadir 3 grupos de ciclo combinado. Se vuelven a seleccionar dos de Cas Tresorer y uno de Reus aunque podría ser al revés.

Las necesidades de Ibiza y Formentera son las mismas que en el supuesto 3 así que se sigue la misma configuración de 49,3 MW y 11,5 MW respectivamente.

Como todo suma 750,9 MW se alcanza la potencia total mínima de 704 MW

La siguiente tabla muestra la configuración de esta combinación con las potencias en MW:

P. Instalada 4	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera	Total
Fotovoltaica	73,479	4,739	0,797	1,92	80,935
Eólica	0,448	3,2	0	0	3,648
Cogeneración	10,487	0	0	0	10,487
Residuos	74,8	0	0	0	74,8
Biomasa	2,13	0	0	0	2,13
Fuel-Gas	0	46,1	49,3	11,5	106,9
Carbón	0	0	0	0	0
Ciclo combinado	644	0	0	0	644
Total	805,344	54,039	50,097	13,42	922,9

Tabla 52



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 8

Esta combinación tiene un enlace Península->Menorca así que se emplea la misma reducción de grupos de la central de Mahón que en el supuesto 4 (46,1 MW).

En este supuesto no se han añadido enlaces nuevos Península->Mallorca por lo que se necesita una potencia de 737,45 MW. Para ello se mantendrán en activo solo los 4 grupos de ciclo combinado, que suman una potencia de 858 MW.

Para Ibiza y Formentera se aplican las mismas reducciones que en los dos supuestos anteriores (49,3 MW y 11,5 MW).

El total necesario son 904 MW y lo anterior suma 964,9 MW así que no hará falta añadir más potencia.

La siguiente tabla resume la configuración de la potencia en MW:

P. Instalada 8	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera	Total
Fotovoltaica	73,479	4,739	0,797	1,92	80,935
Eólica	0,448	3,2	0	0	3,648
Cogeneración	10,487	0	0	0	10,487
Residuos	74,8	0	0	0	74,8
Biomasa	2,13	0	0	0	2,13
Fuel-Gas	0	46,1	49,3	11,5	106,9
Carbón	0	0	0	0	0
Ciclo combinado	858	0	0	0	858
Total	1019,344	54,039	50,097	13,42	1136,9

Tabla 53



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 11

Esta combinación no tiene enlaces Península->Menorca así que necesita 123,11 MW de generación en Menorca. Se adopta la misma configuración que en el supuesto 3 (131,85 MW)

Como solo se ha añadido un doble enlace Península->Ibiza se necesita una generación de 815,36 MW en Mallorca. Se seleccionan los cuatro grupos de ciclo combinado que suman 858 MW.

Para Ibiza y Formentera se seleccionan los mismos grupos que en los otros 3 supuestos (49,3 MW y 11,5 MW).

La potencia total necesaria es de 1104 MW y lo anterior suma 1050,65 MW por lo que hay que añadir más generación. Se pueden añadir grupos en Ibiza hasta los 106,4 MW haciendo un total de 1107,75 MW. También se pueden añadir dos turbinas de gas de 38,5 MW de la central de Reus, llegando a un total de 1127,65 MW. Se seleccionan las dos turbinas de Reus por ser más nuevas que los grupos de Ibiza (2000 frente a 1988) y por tener menores emisiones.

A continuación se desglosa la potencia instalada en MW en una tabla:

P. Instalada 11	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera	Total
Fotovoltaica	73,479	4,739	0,797	1,92	80,935
Eólica	0,448	3,2	0	0	3,648
Cogeneración	10,487	0	0	0	10,487
Residuos	74,8	0	0	0	74,8
Biomasa	2,13	0	0	0	2,13
Fuel-Gas	77	131,85	49,3	11,5	269,65
Carbón	0	0	0	0	0
Ciclo combinado	858	0	0	0	858
Total	1096,344	139,789	50,097	13,42	1299,65

Tabla 54



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

-Supuesto 4Alt

El supuesto 4Alt conseguía tener una menor necesidad de potencia en Mallorca que el 4 (415,36 frente a 537,45) y con la misma en el resto de las islas. Así que sus potencias reconfigurando las centrales serían 46,1 MW en Menorca, 430 MW en Mallorca, 49,3 en Ibiza y 11,5 MW en Formentera.

El total necesario es 704 MW y como lo anterior suma 536,9 MW es necesario añadir más grupos. Al igual que en el supuesto 4 se añade un tercer grupo de ciclo combinado para llegar a un total de 750,9 MW.

La reconfiguración de potencia resultante es por tanto, la misma que en el supuesto 4 (tabla 51).

-Supuesto 8Alt

Esta combinación necesita menos potencia en Mallorca que la 8 (615,36 frente a 737,45) y para el resto de islas la misma que en el supuesto 8. Las potencias después de cerrar algunos grupos serían 46,1 MW en Menorca, 644 MW en Mallorca, 49,3 MW en Ibiza y 11,5 MW en Formentera.

El total necesario es de 904 MW y lo anterior suma 750,9 por lo que hay que añadir más grupos de generación. Se añade un cuarto grupo de ciclo combinado para llegar a un total de 964,9 MW que sí cumple la restricción.

La nueva configuración de las centrales resulta la misma que en el supuesto 8 (tabla 52).

4.8.-Nuevos mix de generación

La puesta fuera de servicio de los grupos indicados en el apartado anterior conlleva cambios en el mix de generación y en el mix de la potencia instalada. A continuación se resumen los cambios en la potencia instalada en MW y % para cada caso:



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Mix de P. Instalada	Actual(MW)	Actual(%)	3(MW)	3(%)	4(MW)	4(%)	8(MW)	8(%)	11(MW)	11(%)
Fotovoltaica	80,935	3,54	80,935	8,02	80,935	8,77	80,935	7,12	80,935	6,23
Eólica	3,648	0,16	3,648	0,36	3,648	0,40	3,648	0,32	3,648	0,28
Cogeneración	10,487	0,46	10,487	1,04	10,487	1,14	10,487	0,92	10,487	0,81
Residuos	74,8	3,27	74,8	7,42	74,8	8,10	74,8	6,58	74,8	5,76
Biomasa	2,13	0,09	2,13	0,21	2,13	0,23	2,13	0,19	2,13	0,16
Fuel-Gas	787	34,44	192,65	19,10	106,9	11,58	106,9	9,40	269,65	20,75
Carbón	468	20,48	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ciclo combinado	858	37,55	644	63,85	644	69,78	858	75,47	858	66,02
Total	2285	100,00	1008,65	100,00	922,9	100,00	1136,9	100,00	1299,65	100,00

Tabla 55

Como se aprecia en la tabla 54, la reducción de potencia hace que las renovables y el ciclo combinado representen un mayor porcentaje de la potencia instalada en el archipiélago.

En cuanto al mix de generación, éste depende de la potencia que se transfiera por los enlaces peninsulares ya que la Península tiene un mix de generación muy diferente. Esta cantidad está determinada, no solo por factores técnicos sino también por los compromisos del Estado con los propietarios de las centrales insulares, las cuales deben ser rentables para que funcionen.

Por ello habría que considerar una banda dentro de la cual podría estar el mix de generación. El primer límite vendrá de maximizar la potencia transferida desde la península y el segundo de reducirla todo lo posible. Para hacer estos cálculos se utilizará como referencia los datos obtenidos en 2017.

Para calcular el primer límite:

- Se multiplica la curva de demanda horaria de 2017 por el factor de crecimiento calculado anteriormente para aproximar la de 2025.
- Se resta a la curva de la demanda horaria de 2025 la media horaria de generación renovable en Baleares en 2017 (se entiende que no hay un incremento de potencia renovable instalada y que el aprovechamiento de esta no cambia).
- Toda la demanda horaria restante igual o inferior la potencia de trabajo de los enlaces Península->Baleares calculada anteriormente será energía generada en la península.
- Toda la demanda horaria restante por encima de la potencia de trabajo de los enlaces Península->Baleares será energía generada en el archipiélago.
- La energía generada en la Península Ibérica se distribuirá según el mix de generación registrado en 2017.
- La energía generada con renovables en Baleares se distribuirá según porcentaje de potencia instalada renovable.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

- La energía generada en Baleares mediante fuentes no renovables se distribuirá según porcentaje de potencia instalada no renovable.
- Finalmente, se suman las energías según su procedencia.

La siguiente tabla muestra como quedaría la estructura de generación de los 4 supuestos frente a la actual (teniendo en cuenta la procedencia de la energía importada mediante el enlace):

Estructura de generación(%)	Supuesto 3	Supuesto 4	Supuesto 8	Supuesto 11	Actual(con enlace)
Hidráulica	6,92	6,92	6,54	5,53	1,45
Turbinación bombeo	0,84	0,84	0,79	0,67	0,18
Nuclear	20,95	20,95	19,78	16,73	4,38
Carbón	16,00	16,00	15,10	12,77	46,53
fuel+gas	0,51	0,31	0,80	4,87	22,69
Ciclo combinado	14,44	14,62	18,43	25,64	9,73
Generación auxiliar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eólica	17,99	17,99	16,99	14,38	3,79
Solar fotovoltaica	5,67	5,67	5,50	5,07	2,67
Solar térmica	2,06	2,06	1,94	1,64	0,43
Térmica renovable y otras	1,40	1,40	1,32	1,12	0,32
Cogeneración y resto	10,60	10,60	10,06	8,63	2,81
Residuos no renovables	1,03	1,05	1,16	1,42	2,58
Residuos renovables	1,59	1,59	1,57	1,53	2,45
Generación renovable	35,63	35,63	33,87	29,27	11,27
Generación no renovable	64,37	64,37	66,13	70,73	88,73

Tabla 56

Para calcular el segundo límite:

- Se multiplica la curva de demanda horaria de 2017 por el factor de crecimiento calculado anteriormente para aproximar la de 2025.
- Se resta a la curva de la demanda horaria de 2025 la media horaria de generación renovable en Baleares en 2017 (se entiende que no hay un incremento de potencia renovable instalada y que el aprovechamiento de ésta no cambia).
- Toda la demanda horaria restante superior al 70% de la potencia no renovable instalada en Baleares (teniendo en cuenta los cambios hechos en el apartado anterior) será energía importada con los enlaces y por tanto, energía generada en la Península Ibérica. Se fija como mínimo para cada enlace el aprovechamiento que se hizo de los actuales (la media entre los 2) en 2017.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

- Toda la demanda horaria restante por igual o inferior al 70% de la potencia no renovable instalada en Baleares será energía generada en el archipiélago con fuentes no renovables.
- La energía generada en la Península Ibérica se distribuirá según el mix de generación registrado en 2017.
- La energía generada con renovables en Baleares se distribuirá según porcentaje de potencia instalada renovable.
- La energía generada en Baleares mediante fuentes no renovables se distribuirá según porcentaje de potencia instalada no renovable.
- Finalmente, se suman las energías según su procedencia.

La siguiente tabla muestra como quedaría la estructura de generación de los 4 supuestos frente a la actual (teniendo en cuenta la procedencia de la energía importada mediante el enlace):

Estructura de generación(%)	Supuesto 3	Supuesto 4	Supuesto 8	Supuesto 11	Actual(con enlace)
Hidráulica	3,95	3,95	3,29	2,63	1,45
Turbinación bombeo	0,48	0,48	0,40	0,32	0,18
Nuclear	11,96	11,96	9,97	7,98	4,38
Carbón	9,13	9,13	7,61	6,09	46,53
fuel+gas	9,25	5,69	5,42	13,83	22,69
Ciclo combinado	38,19	41,52	49,59	48,85	9,73
Generación auxiliar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eólica	10,32	10,32	8,62	6,92	3,79
Solar fotovoltaica	4,39	4,39	4,10	3,82	2,67
Solar térmica	1,18	1,18	0,98	0,78	0,43
Térmica renovable y otras re	0,80	0,80	0,67	0,53	0,32
Cogeneración y resto	6,54	6,59	5,56	4,56	2,81
Residuos no renovables	2,33	2,52	2,34	2,27	2,58
Residuos renovables	1,47	1,47	1,44	1,41	2,45
Generación renovable	22,11	22,11	19,11	16,11	11,27
Generación no renovable	77,89	77,89	80,89	83,89	88,73

Tabla 57

Los 4 supuestos consiguen mejorar el porcentaje de energía renovable a pesar de tener el mismo porcentaje de aprovechamiento que en los enlaces actuales.

Estos dos límites sirven para ilustrar los dos casos extremos que podríamos encontrar: Un aprovechamiento máximo de los enlaces nuevos y un aprovechamiento igual al actual de los enlaces nuevos. Una solución más cercana a la realidad sería un punto medio entre ambos límites y más próximo al primero (las potencias de trabajo pueden ser cercanas a



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

las de máxima demanda por las precauciones tomadas en cuanto a la previsión de fallos). La siguiente tabla ilustra el punto medio entre ambos límites.

Estructura de generación(%)	Supuesto 3	Supuesto 4	Supuesto 8	Supuesto 11	Actual(con enlace)
Hidráulica	5,44	5,44	4,91	4,08	1,45
Turbinación bombeo	0,66	0,66	0,60	0,50	0,18
Nuclear	16,46	16,46	14,88	12,35	4,38
Carbón	12,56	12,56	11,36	9,43	46,53
fuel+gas	4,88	3,00	3,11	9,35	22,69
Ciclo combinado	26,31	28,07	34,01	37,24	9,73
Generación auxiliar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eólica	14,15	14,15	12,81	10,65	3,79
Solar fotovoltaica	5,03	5,03	4,80	4,44	2,67
Solar térmica	1,62	1,62	1,46	1,21	0,43
Térmica renovable y otras re	1,10	1,10	1,00	0,83	0,32
Cogeneración y resto	8,57	8,60	7,81	6,59	2,81
Residuos no renovables	1,68	1,78	1,75	1,85	2,58
Residuos renovables	1,53	1,53	1,51	1,47	2,45
Generación renovable	28,87	28,87	26,49	22,69	11,27
Generación no renovable	71,13	71,13	73,51	77,31	88,73

Tabla 58

De esta tabla podemos sacar ciertas conclusiones acerca de los cambios en la estructura de la generación:

- La generación renovable pasa a representar un porcentaje mucho más alto de la energía consumida.
- La generación mediante carbón, la que genera mayores emisiones se reduce drásticamente hasta porcentajes muy inferiores a los peninsulares (17,1%) por el cierre de Alcudia.
- Se produce una alta penetración de la energía nuclear, del carbón y de las energías renovables (en especial la hidráulica y la eólica) por el gran intercambio de energía. Cuantos más enlaces mayor es esta penetración.
- Aumenta considerablemente el porcentaje de generación de ciclo combinado por ser ahora mayoritario en las islas.
- Los enlaces Península->Menorca o sus alternativas permiten una reducción porcentual del fuel/gas (en la central de Mahón) superior al incremento del resto de no renovables juntas. La generación por tanto, tiene mayor porcentaje renovable.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

5.-Valoración económica

5.1.-Presupuestos

Para valorar económicamente las diferentes soluciones hay que estimar los costes de cada una. También hay que incluir los costes de otros proyectos que no están funcionando en estos momentos porque la comparativa de precios se va a hacer respecto a la situación actual.

Para aproximar el coste total de los enlaces instalados en cada solución se ha recurrido al BOE-A-2015-13487, a los presupuestos de diversos proyectos publicados por REE y a otros proyectos similares planteados en España.

El presupuesto dado por REE para el nuevo enlace simple HVAC de 100 MVA y 132 kV que unirá Menorca y Mallorca es de 34 millones de euros. En este proyecto se ha considerado que previamente a la posible implementación de éste se instalará un segundo, el cual se supone de las mismas características y por tanto, presupuesto. En los casos alternativos en los que se instala un tercero, se supondrá el mismo coste.

El doble enlace HVAC de 2x100 MVA y 132 kV que unirá Mallorca e Ibiza (Proyecto Rómulo II) ha requerido una inversión de 225 millones de euros y está todavía en fase de prueba por lo que habrá que tener en cuenta su coste.

El doble enlace HVAC de 2x50MVA y 132kV que unirá Ibiza y Formentera está proyectado por REE en su planificación y requerirá una inversión de 77,7 millones de euros.

Un enlace simple HVDC de 200 MVA y 250 kV que una Menorca con alguna subestación entre Cambrils y Tarragona costaría aproximadamente unos 296 millones dependiendo de la ubicación exacta.

El doble enlace HVDC LCC de 2x200 MVA y 250 kV que une Mallorca con la Península Ibérica (Proyecto Rómulo I) costó 420 millones. No se tendrá en cuenta su coste porque hoy en día ya está operando pero se utilizará este presupuesto para aproximar el coste de otros enlaces similares.

Un enlace simple de las mismas características que el anterior entre Mallorca y la Península costaría aproximadamente 251 millones con un trazado parecido al existente.

Un doble enlace HVDC LCC de 2x200 MVA y 250 kV entre Altea e Ibiza necesitaría una inversión de 305 millones. Podría abarataarse unos millones haciendo el trazado a



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Denia porque es más corto pero esta es la conexión más usada en otros proyectos y determinar el mejor punto de conexión no es el objetivo de este proyecto.

Los dos enlaces Menorca->Mallorca (68 millones), el doble enlace Mallorca->Ibiza (225 millones) y el doble enlace Ibiza->Formentera (77,7 millones) constituyen las futuras mejoras de la red de enlaces previas a este proyecto y suman 370,7 millones.

A continuación se desglosa en una tabla el coste aproximado de cada una de las soluciones que se van a valorar.

Presupuestos (M de €)	3	4	8	11	4Alt	8Alt
Menorca->Mallorca	68	68	68	68	102	102
Mallorca->Ibiza	225	225	225	225	225	225
Ibiza->Formentera	77,7	77,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Península->Menorca	0	296	296	0	0	0
Península->Mallorca	420	251	0	0	420	251
Península->Ibiza	305	305	305	305	305	305
Total	1095,7	1222,7	971,7	675,7	1129,7	960,7

Tabla 59

Como se puede comprobar, las alternativas a los enlaces de Península->Menorca resultan ser más baratas y consiguen la misma reducción de la potencia instalada y mix generador que las soluciones originales. Desde este punto se consideran 4 opciones: 3, 4Alt, 8Alt y 11. Se comprueba que las 4 opciones restantes tienen un orden de precio (11, 8Alt, 3 y 4Alt en orden ascendente) que está ligado a la cantidad de enlaces que proponen (2HVDC, 3HVDC+1HVAC, 4HVDC, 4HVDC+1HVAC) y en consecuencia, a su efectividad.

5.2.-Ahorro generado

Vistos los presupuestos, hay que determinar si las 4 opciones, aparte de mejorar la red, son rentables y cuáles lo son más. Esto se reduce a analizar el ahorro que puede generar cada opción y si éste es lo suficientemente elevado como para justificar la inversión adicional respecto a la opción anterior.

En primer lugar, hay que aproximar los costes de cubrir la demanda proyectada para 2025 con la actual infraestructura y precios de la energía. Para ello se hará un balance horario con la demanda de 2017 multiplicada por el factor de crecimiento hasta 2025 visto anteriormente. En el balance horario se restará a la demanda proyectada la consigna del actual enlace Península->Mallorca para hallar la potencia generada en el archipiélago. La energía generada en el archipiélago tendrá el precio medio horario de generación de 2017



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

en las Islas. La energía transferida por el actual enlace tendrá el precio medio horario de la generación peninsular. La suma de todos estos costes será la referencia respecto a la cual habrá que ahorrar. El cálculo resulta en una referencia de 647.337.875€.

Para calcular el ahorro generado por cada una de las combinaciones habrá que volver a calcular una banda como se hizo en el mix de generación por las mismas razones que en ese apartado.

Se considera que el mix generador de la península es el mismo y por tanto, el precio es el mismo.

El mix generador de Baleares cambia drásticamente y por tanto, los precios de generación no pueden ser los mismos. Hay tecnologías como la nuclear o el carbón que por sus altos costes de parada son cuasi precio aceptantes, otras como la eólica también bajan el precio del pool al no tener gastos de materia prima y una disponibilidad no controlable y las más flexibles exigen precios más altos en las ofertas.

Al cambiar las principales tecnologías de generación es necesario aproximar un precio para el nuevo mix de generación. Para ello, se divide la generación insular en renovable y no renovable y se obtiene un precio medio para cada una.

Según los últimos informes de IRENA actualmente los precios medios de generación eólica y fotovoltaica son relativamente altos (50 y 90 €/MWh dependiendo de la ubicación y la extensión) comparados con su previsión para 2020 (30 €/MWh). Como la primera referencia se ha hecho con los precios actuales de la energía, no tendría sentido aplicar ahora otros y considerar un ahorro proveniente de la mejora de las tecnologías como parte del ahorro generado.

La tabla mostrada a continuación refleja los precios actuales de generación medios encontrados en otros proyectos y literatura específica para diferentes fuentes de energía:

Energías	€/MWh
Fotovoltaica	85
Eólica	50
Residuos rer	60
Cogeneració	70
Residuos no	60
Carbón	60
Fuel/Gas	210
Ciclo combin	180

Tabla 60



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Se calcula un precio medio para las renovables ponderando cada precio por el porcentaje dentro de la generación renovable que supuso cada energía en 2017. El precio medio resultante para las renovables es de 70 €/MWh.

Se calcula un precio medio para las no renovables atendiendo al porcentaje de la potencia instalada que representa cada tecnología en las nuevas configuraciones. La siguiente tabla resume los precios medios horarios en €/MWh calculados en cada configuración:

Energía	Precio 3	Precio 4Alt	Precio 8Alt	Precio 11
Renovable	70,9821429	70,9821429	70,9821429	70,9821429
No renovable	180,157768	176,95416	177,597746	182,083787

Tabla 61

Como era de suponer, el precio de las no renovables es muy alto por el Fuel/Gas y el Ciclo combinado pero las directivas europeas de emisiones que entrarán en vigor hacen que los grupos generadores de carbón sean la primera fuente a eliminar.

Con estos precios medios se hace una curva horaria de precios para la energía teniendo en cuenta que el anterior precio medio de generación en Baleares era 107,33 €/MWh.

De los precios horarios medios, la demanda horaria y la generación renovable se vuelven a sacar los dos límites como en el mix de generación. El límite superior consiste en el ahorro que se conseguiría maximizando el aprovechamiento de los enlaces y el límite inferior consiste en aprovechar los enlaces como en la actualidad. Esto arroja un ahorro máximo y un ahorro mínimo para cada opción.

Como se comentó en los mix de generación, la realidad estaría entre ambos límites y probablemente más cerca del superior. A continuación se muestran los costes calculados para los dos límites y la media:

	3		4Alt		8Alt		11	
	Coste €	Energía MWh	Coste €	Energía MWh	Coste €	Energía MWh	Coste €	Energía MWh
Superior	416542252	6188222,886	416094255	6188222,886	450783778	5842775,175	545231524	4940021,542
Inferior	705626420	3533406	697227021	3533406	760361926	2944505	838486174	2355604
Media	561084336	4860814,443	556660638	4860814,443	605572852	4393640,088	691858849	3647812,771

Tabla 62

Como se puede ver, a mayor potencia transferida por los enlaces, menores son los costes de la energía. Los límites superiores consiguen costes inferiores a la referencia de 647.337.875€ y los inferiores provocan costes superiores. La media consigue un ahorro en todas las opciones, salvo en la 11.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Esto es porque el límite superior consiste en un uso del 100% de las potencias de trabajo máximas (las calculadas anteriormente para cubrir el fallo N-1 sin generación) y el límite inferior considera un aprovechamiento porcentual igual al actual. Esto hace que la potencia inferior transferida sea mayor conforme aumenta la capacidad de los enlaces.

Desde el razonamiento hecho en apartados anteriores con respecto a las barreras para introducir generación peninsular, es lógico que la opción 11 tenga un límite inferior igual al resto (más grande en términos porcentuales) porque las barreras son las mismas. Por ejemplo, si de 1000 MWh podemos esperar introducir un mínimo de 500; de 600 podemos esperar el mismo mínimo de 500.

Se realiza un segundo límite inferior con un modelo más complejo. Este modelo cubre la demanda con el siguiente orden de prioridad:

- 1.-Generación renovable insular
- 2.-Energía peninsular hasta 350 MWh
- 3.-Generación no renovable insular hasta 300MW
- 4.-Energía peninsular hasta la potencia máxima de trabajo de los enlaces
- 5.-Generación no renovable insular hasta 100% de la potencia instalada

Aplicando en este modelo las aproximaciones de precios del anterior obtenemos las siguientes cifras de energía transferida y coste de la demanda en Baleares:

	3		4Alt		8Alt		11	
	Coste €	Energía MWh	Coste €	Energía MWh	Coste €	Energía MWh	Coste €	Energía MWh
Superior	416542252	6188222,886	416094255	6188222,886	450783778	5842775,175	545231524	4940021,542
Inferior	705626420	3533406	697227021	3533406	760361926	2944505	838486174	2355604
Inferior V2	630823510	4168670,833	624374749	4168670,833	631812800	4107806,626	664302944	3886423,529
Media	561084336	4860814,443	556660638	4860814,443	605572852	4393640,088	691858849	3647812,771
Media V2	523682881	5178446,86	520234502	5178446,86	541298289	4975290,901	604767234	4413222,536

Tabla 63

Como se puede observar, este modelo da resultados con mayor transferencia de energía peninsular y en consecuencia, menores costes. Es más notable la diferencia en las combinaciones con menos enlaces porque este modelo busca igualar más las cifras de energía transferida.

Otro aspecto del nuevo modelo inferior es que ahora todas las medias dan como resultado un ahorro respecto al coste original de 647.337.875€.

Como posible mejora a estos modelos, se podría realizar un cálculo más preciso desglosando la demanda por islas y casando cada una con la generación que la cubriría. Después, se aplicaría el precio exacto en €/MWh a cada tecnología empleada para

obtener el coste de la energía. Para los objetivos de este proyecto, se considera que las aproximaciones empleadas en los modelos utilizados son suficientes.

5.3.-Valoración financiera

Para valorar financieramente la relación entre inversión y ahorro primero hay que entender las partes que participan y cómo lo hacen.

En primer lugar, el Estado Español retribuye la gestión de la red de transporte de energía eléctrica que hace REE con 1764 millones de euros anuales (cantidad de 2017).

Con estos ingresos REE realiza las distintas operaciones para mantener y ampliar la red. Entre estos proyectos para ampliar la red entraría el coste de este proyecto. Este proyecto (en todas sus versiones) logra reducir la diferencia de costes entre el sistema peninsular y el balear.

El Estado dedica una partida de los Presupuestos Generales del Estado, llamada Compensación Extrapeninsular, a igualar los precios de los sistemas no peninsulares con los peninsulares. Esta asciende a 740M anuales.

El siguiente esquema muestra el flujo de dinero respecto al Estado:



Figura 14

Como apunta el esquema, para valorar financieramente el proyecto respecto al Estado, aproximar cuánto está pagando realmente el Estado por esa inversión a REE y si REE tiene capacidad para acometerla.

En las cuentas de REE podemos ver que sus beneficios del último ejercicio fiscal son de 690 M€ y sus gastos de amortización del inmovilizado son 515 M€. Invirtieron en inmovilizado por un valor total de 546 M€. Viendo la magnitud de su inversión, de los gastos considerados de amortización y los beneficios las inversiones propuestas en este



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

documento son realizables y más teniendo en cuenta que están pensadas para ser acometidas a lo largo de un período de 10 a 15 años.

Para aproximar cuanto le cuesta al Estado esta inversión se podría considerar los beneficios de REE un sobre coste aplicado a sus gastos, pero estos beneficios varían ampliamente de un ejercicio fiscal a otro. También están ligados muy estrechamente a la retribución estatal (supone 1710 M€ de 1941 M€ de ingresos), la cual puede cambiar de unos PGE a otros. Prueba de ello es el informe de la CNMC de 2018 que pide revisarla a la baja. Por ello se considera que en el largo plazo, el beneficio para REE es 0 y por tanto, las inversiones cuestan lo mismo para el Estado que para REE.

Dado que hay inversiones hechas antes que otras, se considera un vida útil de 30 años (n a partir de ahora) en el conjunto.

Se utilizará una tasa de descuento (r a partir de ahora) del 2,6% para los flujos de caja futuros porque es el interés medio actual de la deuda pública española.

A continuación se describen las fórmulas financieras utilizadas:

- Período de retorno

$$\text{Período de retorno} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Retorno anual}}$$

- Período de retorno descontado

$$\text{Período de retorno descontado} = \frac{\ln\left(\frac{1}{1 - \frac{\text{Inversión} * r}{\text{Retorno anual}}}\right)}{\ln(1 + r)}$$

- Valor Actual Neto

$$VAN = -\text{Inversión} + \sum_{j=1}^n \frac{\text{Retorno anual}}{(1 + r)^j}$$

- Tasa Interna de Retorno

$$0 = -\text{Inversión} + \sum_{j=1}^n \frac{\text{Retorno anual}}{(1 + TIR)^j}$$

- Índice de rentabilidad



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

$$IR = \frac{VAN}{Inversión}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados de aplicar estas fórmulas a los 4 supuestos restantes:

Análisis financiero	3	4Alt	8Alt	11
Presupuesto (M€)	1095,7	1129,7	960,7	675,7
Ahorro/Año (M€)	123,654994	127,103373	106,039586	42,570641
Coste para el Estado (M€)	1095,7	1129,7	960,7	675,7
Período de retorno (años)	8,86094417	8,88804108	9,05982416	15,8724413
Período de retorno descontado	9,90872225	9,94286087	10,1634269	20,0468104
Valor Actual Neto (M€)	1458,26	1495,41	1229,44	203,537
Tasa Interna de Retorno (%)	10,76	10,72	10,48	4,72
Índice de rentabilidad (ud)	1,33089349	1,32372311	1,27973353	0,30122392

Tabla 64

Los períodos de retorno, descontado y sin descontar, son mejores cuanto más pequeños son porque es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión. Los períodos de retorno del supuesto 11 son muy largos (el descontado llega a amortizar la inversión a los 20 años), los del 8Alt son algo superiores a los 9 y 10 años y los de los supuestos 3 y 4Alt son algo mejores y casi iguales entre sí.

El valor actual neto es la cantidad de dinero neta que se percibe al final de la vida útil de la inversión. Por ello, se prefieren valores altos. El supuesto 11 da un valor de 203,537 M€. El supuesto 8Alt da como resultado un VAN de 1229,44 M€. Los supuestos 3 y 4Alt nuevamente son casi iguales y mejores que el 8Alt. Es algo mejor el valor del 4Alt.

La tasa interna de retorno es una medida basada en los mismos principios que el VAN. Es la tasa a la que hay que descontar los flujos de caja futuros para obtener un VAN de 0 por lo que interesan números altos. Al igual que en el VAN todos los supuestos son rentables porque tienen valores superiores a la tasa de descuento del 2,6%. El supuesto 11 tiene un valor claramente inferior al resto. Los valores del 3 y el 4Alt vuelven a ser parecidos y superiores a los del 8Alt. El supuesto 3 exhibe la mejor TIR

El índice de rentabilidad mide el valor extraído en tanto por uno respecto al presupuesto por lo que es útil para comparar proyectos de magnitudes diferentes. El IR del supuesto 11 es de 0,301 porque es rentable pero no llega a tener un beneficio superior a la inversión. El resto de supuestos tienen un valor superior a 1 porque el beneficio neto obtenido es



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

superior a la inversión. Los supuestos 3 y 4Alt tienen valores aún más parecidos que en los indicadores anteriores porque se divide entre el tamaño de la inversión y superiores a 1 porque el beneficio neto que se obtiene de ellos es mayor que la inversión. Nuevamente, el supuesto 3 obtiene el mejor índice.

De comparar estos valores se pueden sacar conclusiones acerca del valor económico de las diferentes combinaciones:

- La opción más rentable en términos absolutos es la 4Alt.
- La opción más rentable en términos relativos es la 3
- La opción 11 es la menos rentable en términos relativos y absolutos.
- La opción 8Alt es menos rentable que la 3 y la 4Alt.

5.4.-Selección de la mejor opción

La primera opción que se descarta es la 11 porque es claramente menos rentable. Ésta solo se entiende como parte de cualquiera de las tres opciones, una inversión parcial que se hace antes porque completar todas al mismo tiempo sería inviable.

La opción 8Alt al tener un enlace simple a Mallorca no puede ser un paso intermedio para las opciones 3 y 4Alt sin aumentar el presupuesto. Al ser mucho menos rentable queda descartada.

Entre la opción 3 y la 4Alt, la 3 es más barata y puede ser un paso previo a la 4Alt. Además es más rentable en términos relativos por lo que se selecciona la 3 pero con la opción de poder mejorarla hasta la 4Alt.



6.-Análisis de impacto medioambiental

Para analizar el impacto ambiental de este proyecto hay que considerar los cambios en el mix energético y el trazado de la línea.

Para la opción 3 ya se vio en apartados anteriores los cambios que podría provocar en la estructura de generación de la energía consumida en Baleares (tabla 57). Estos cambios reducen la cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera por MWh.

Para estimar el impacto de estos cambios se recurre a los modelos utilizados anteriormente para la generación y la demanda en 2025 y a los valores medios de emisiones de las principales fuentes. Estos valores han sido extraídos contrastando los datos proporcionados por REE de generación y emisiones y los datos ofrecidos por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo. La tabla mostrada a continuación refleja los valores de emisiones por tecnología y como afectan a las emisiones:

Emisiones	REE y MINETUR	Supuesto 3		Actual(con enlace)	
Tecnología	tCO ₂ /MWh	Mix generador(%)	tCO ₂ en 2025	Mix generador(%)	tCO ₂ en 2025
Carbón	0,95	12,56	789639,31	46,53	2924357,27
Ciclo combinado	0,37	26,31	644125,53	9,73	238175,90
Fuel + Gas	0,55	4,88	176175,39	22,69	818650,06
Cogeneración	0,37	8,57	209736,65	2,81	68796,42
Residuos no renovables	0,24	1,68	26716,21	2,58	41000,92
Residuos renovables	0,24	1,53	24262,04	2,45	38826,75
Total	NA	55,54	1870655,12	86,79	4129807,31

Tabla 65

Como se puede comprobar las emisiones totales se reducen en 54,7% debido a la gran reducción de las no renovables en el mix y a la reducción del carbón, que es la que más toneladas por MWh emite. La contribución de cada tecnología a los valores medios de tCO₂/MWh se muestran a continuación:

Emisiones	REE y MINETUR	Supuesto 3		Actual(con enlace)	
Tecnología	tCO ₂ /MWh	Mix generador(%)	Contribución (tCO ₂ /MWh)	Mix generador(%)	Contribución (tCO ₂ /MWh)
Carbón	0,95	12,56	0,12	46,53	0,44
Ciclo combinado	0,37	26,31	0,10	9,73	0,04
Fuel + Gas	0,55	4,88	0,03	22,69	0,12
Cogeneración	0,37	8,57	0,03	2,81	0,01
Residuos no renovables	0,24	1,68	0,00	2,58	0,01
Residuos renovables	0,24	1,53	0,00	2,45	0,01
Total	NA	55,54	0,28	86,79	0,62

Tabla 66



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Como se puede ver se reduce drásticamente por la reducción del carbón y del fuel + gas. También es interesante ver el aumento de toneladas y de contribución del ciclo combinado. Esta tecnología suple mucha generación de carbón anterior y por eso aumenta sus emisiones pero la diferencia en los factores de emisión hace que las emisiones disminuyan mucho.

En cuanto al trazado de las líneas, no constituye el objeto del proyecto proponer uno. Para el doble enlace Península->Ibiza habría que hacer un estudio del lecho submarino y diseñar el trazado de mínimo impacto que evite dañar los ecosistemas locales. También habría que evitar los lugares protegidos en la parte subterránea de la línea.

Para el doble enlace Península->Mallorca habría que seguir parte del trazado que ya se hizo para el doble enlace actual porque los puntos de conexión de los dos dobles enlaces deben estar algo separados para no congestionar la red. Los tramos subterráneos tienen que evitar los lugares protegidos.

Si ambas líneas se trazan responsablemente y conforme a la normativa actual, podemos concluir que el impacto medioambiental es muy positivo por la gran reducción de las emisiones vista en la tabla 64.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

7.-Conclusiones

Las conclusiones de este proyecto a nivel general es que la red de conexión del archipiélago balear puede ser mejorada y que inversiones en la red de enlaces entre islas y un aumento de la conexión con la península pueden lograr un impacto económico muy positivo en la sociedad, una notable mejora del servicio a los habitantes del archipiélago y una reducción muy grande de las emisiones.

Para la solución finalmente seleccionada, la inversión total (teniendo en cuenta alguna ya construida como Rómulo II) es de 1095,7 M€ aproximadamente.

Con esta inversión se ha comprobado que se puede mantener el servicio en los escenarios N-2 con una potencia instalada del 44,14% de la actual (1008,65 contra 2285 MW). Actualmente, la red insular no es capaz de mantener el servicio en algunos casos N-1.

Estos cambios en la generación insular y en la energía recibida desde la península también afectan al mix generador haciendo que las emisiones que se emitirían con la estimación de la demanda de 2025 se reduzcan en un 54,7%.

Esta inversión sería amortizada por el Estado en un plazo aproximado de entre 8 y 10 años y reportaría unos beneficios económicos en términos de ahorro del orden de 1460M€.

Por ello, se concluye que la construcción de un doble enlace Península->Mallorca y otro doble enlace Península->Ibiza cumple los tres objetivos de robustez, ahorro y contaminación enunciados en un primer momento.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

8.-Fuentes

- Red Eléctrica de España (www.ree.es)
- Instituto Geográfico Nacional
- Análisis estratégico de inversiones energéticas en el sistema eléctrico Balear-Fernando Emilio Postigo Marcos (Repositorio de TFM de la Universidad Pontificia Comillas)
- World Energy Council (www.worldenergy.org)
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España (MINETUR)
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España (www.mincotur.org)
- Endesa (www.endesa.com)
- Consejo Económico y Social España (www.ces.es)
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (www.cnmc.es)
- International Renewable Energy Agency (www.irena.org)
- ESIOS (www.esios.ree.es)
- Operador del Mercado Ibérico Eléctrico (www.omie.es)
- Boletín Oficial del Estado (www.boe.es)