

Títol

## DOCUMENT DE SÍNTESI

VIABILITAT DE SOTERRAMENT EN CORRENT ALTERN AMB CABLE  
AÏLLAT XLPE DE LA LÍNIA DE MOLT ALTA TENSIÓ DE 400 KV  
DOBLE CIRCUIT A LES COMARQUES DE GIRONA  
(TRAM STA. LLOGAIA D'ÀLGUEMA - BESCANÓ I RAMAL DE RIUDARENES)



Consultor redactor:



AUTORA: BÀRBARA DA SILVA I ROSA

Revisió:

G

Data:

JULIOL DE 2009



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 1 de 25

## INDEX

<b>1 - INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>2</b>
<b>2 - ELS DOS PLANTEJAMENTS: LA SOLUCIÓ AÈRIA DE REE I LA SOTERRADA DEL CILMA 2</b>	
<b>3 - VIABILITAT DEL SOTERRAMENT.....</b>	<b>6</b>
3.1 VIABILITAT ELÈCTRICA .....	6
3.2 VIABILITAT CONSTRUCTIVA.....	13
3.3 VIABILITAT MEDIAMBIENTAL .....	16
3.4 VIABILITAT D'IMPLANTACIÓ TERRITORIAL .....	18
3.5 VIABILITAT ECONÒMICA.....	19
3.6 VIABILITAT SOCIOPOLÍTICA .....	21
<b>4 - CONCLUSIONS .....</b>	<b>21</b>
<b>5 - LLISTAT DELS PRINCIPALS EXPERTS I TÈCNICS CONSULTATS.....</b>	<b>22</b>
<b>6 - REFERÈNCIES .....</b>	<b>23</b>
REFERÈNCIES DELS ESTUDIS I INFORMES REALITZATS I ADJUNTS.....	23
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA I RECOMANADA .....	24
<b>APÈNDIX: TAULA RESUM .....</b>	<b>25</b>



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 2 de 25

Resum: “**EL SOTERRAMENT** en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió – MAT, 400kV doble circuit - a les Comarques de Girona **ÉS TOTALMENT VIABLE** ja que ho és elèctricament, constructivament, mediambientalment, territorialment, econòmicament i sociopolíticament ”

## 1 - Introducció

El Consell d’Iniciatives Locals pel Medi Ambient (CILMA), des de les primeres consideracions sobre la necessitat o no d’una línia de Molt Alta Tensió (MAT) a les comarques de Girona, ha exercit un paper central en l’aportació de dades fonamentades de caràcter tècnic i econòmic. Aquestes dades, contingudes en estudis encomanats a diferents experts, i les reunions mantingudes amb especialistes han enriquit un debat del tot necessari. El CILMA ha aportat informació de qualitat imprescindible a l’argumentació per tal d’arribar a un consens i a una solució tècnica funcional i respectuosa per a tothom.

Aquest document no tracta la discussió sobre la necessitat de la línia de MAT, sinó la viabilitat del seu soterrament integral a les comarques de Girona aprofitant corredors d’infraestructures existents i planificats.

En aquesta recta final del procés de decisió, el CILMA vol presentar de forma clara i succinta la seva proposta de soterrament i els seus avantatges i inconvenients. També es vol fer palès que no existeix cap inviabilitat tècnica en soterrar en corrent altern la línia de MAT de 400kV i doble circuit entre Bescanó i Santa Llogaia mitjançant cable aïllat XLPE. També es proposa aplicar la mateixa solució de soterrament al ramal de Riudarenes.

Aquest document pretén doncs sintetitzar la informació generada, documentar al màxim la viabilitat del soterrament, i defensar aquesta alternativa davant la solució convencional aèria proposada per Red Eléctrica de España (REE).

## 2 - Els dos plantejaments: la solució aèria de REE i la soterrada del CILMA

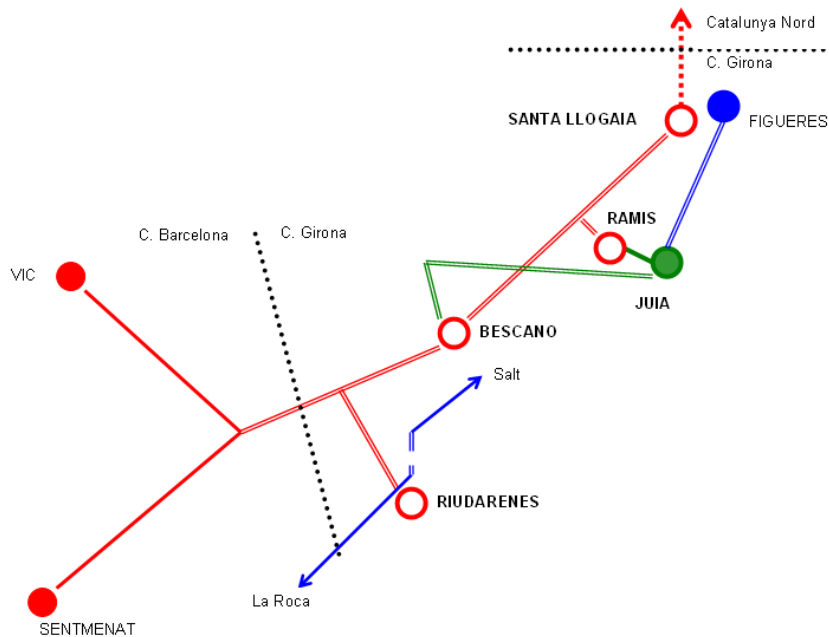
REE proposa una solució totalment aèria en corrent altern de 400kV doble circuit (DC) d’aproximadament 40km des de la subestació de conversió (corrent continu/altern) de Santa Llogaia fins a Bescanó. També preveu una subestació intermediària de 400kV a Sant Julià de Ramis (Medinyà), situada a uns 5 km de la subestació de 220kV existent de Julià. REE contempla el desmantellament parcial de la línia existent de línia de MAT de 220kV DC entre l’actual subestació de Vic i la subestació projectada de Bescanó.

La proposta de REE pel ramal de Riudarenes és idèntica i consisteix en un ramal d’aproximadament 20km de 400kV DC.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 3 de 25

REE preveu que les subestacions de 400kV siguin del tipus convencional aïllades amb aire, AIS (*Air Insulated Switchgear*), que són segons l'estudi de MOST Enginyers [8] les més impactants i les que necessiten ocupar més territori per a la seva implantació.

S'esquematitza a continuació la proposta de planificació del transport d'energia elèctrica de REE<sup>1</sup>:



**LLEGENDA:**










<b>Tensions:</b>		<b>Traçat:</b>		<b>Subestacions:</b>
 110/132kV	FECSA	 L. Aèria	 Existents	
 220kV	REE	 L. Aèria DC	 A realitzar	
 400kV		 Soterrat		
		 Soterrat DC		

Figura 1 – Esquema de la proposta de REE. Font: Elaboració pròpia.

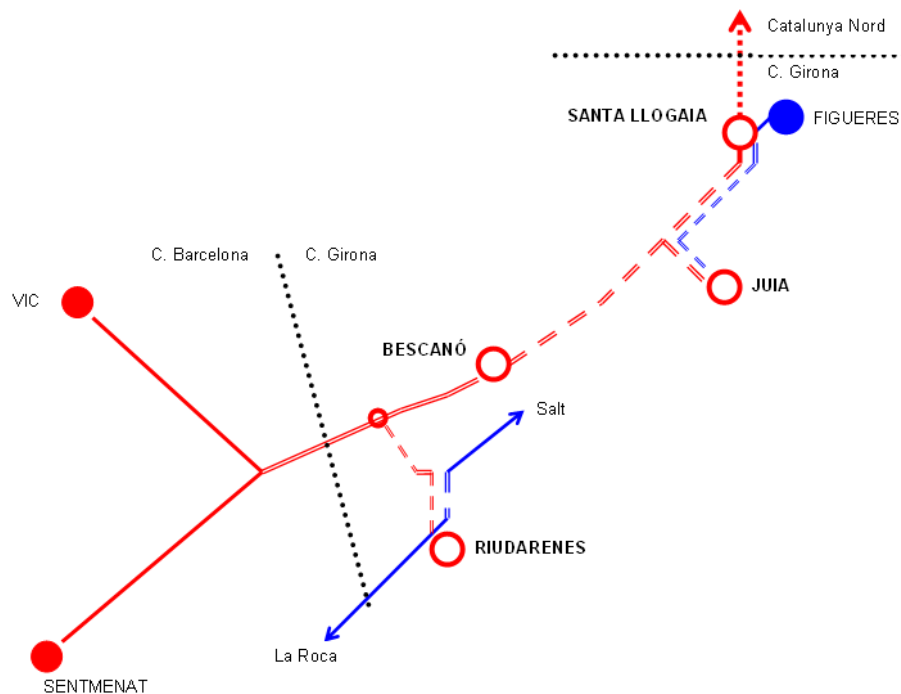
<sup>1</sup> S'ha inclòs en l'esquema de transport de REE dues línies de distribució de FECSA, ja que en la proposta del CILMA es proposa la compactació d'aquestes línies amb la línia de MAT.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 4 de 25

Segons les conclusions de l'informe de Fractàlia [6] encarregat pel CILMA, la proposta del CILMA consisteix en soterrar en corrent altern les línies en tramitació, mitjançant cable aïllat XLPE, en eliminar la subestació de Sant Julià de Ramis, i en ampliar a 400kV la subestació existent de Juià, ara de 220kV. També es proposa el desmantellament total des de Vic fins a Juià de l'actual línia de MAT de 220kV DC Vic-Bescanó-Juià. Per compensar l'augment de tensió a 400kV de la subestació de Juià, es proposa compactar la totalitat de les instal·lacions, utilitzant tècniques modernes d'aïllament gasós GIS (*Gas Insulated Switchgear*) per no ampliar la superfície de l'actual subestació. Aquestes tècniques, descrites en l'estudi de MOST Engineers [8], permeten compactar fins a 70% l'àrea necessària per a la implantació d'una subestació. A més, es proposa estendre aquesta tecnologia a les altres subestacions, com s'explica en el mateix informe.










Com a millora, la proposta del CILMA contempla també la compactació i el soterrament d'altres línies d'alta tensió que comparteixen el seu recorregut. En particular es proposa compactar la línia de 110/132kV DC que connecta la subestació de Figueres i la subestació de Juià, en el cas que no es pugui eliminar.

A continuació es presenta esquemàticament la proposta del CILMA:



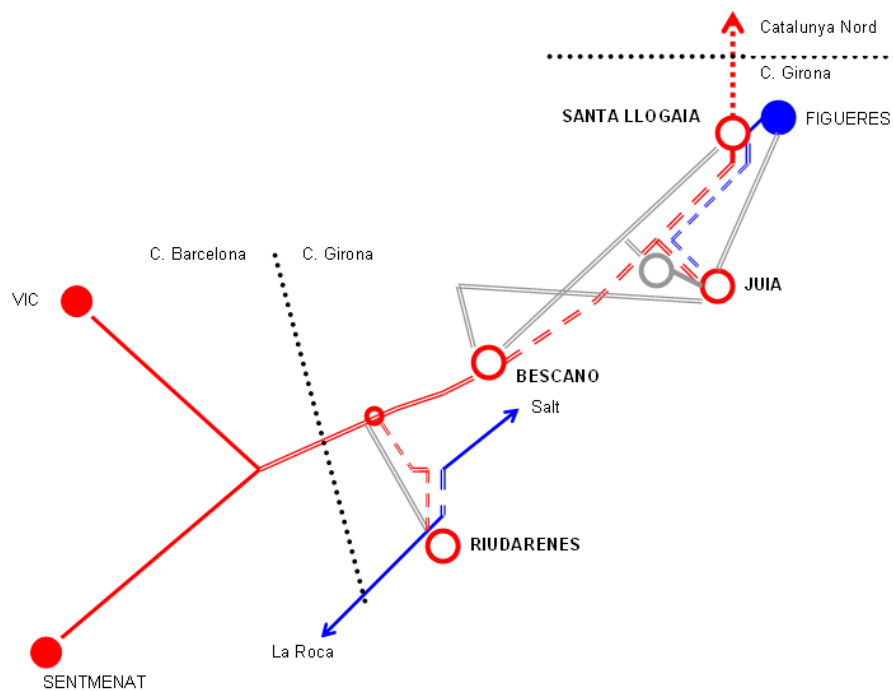
Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 5 de 25

**LLEGENDA:**











<b>Tensions:</b>		<b>Traçat:</b>		<b>Subestacions:</b>	
	110/132kV FECSA		L. Aèria		Existents
	220kV } REE		L. Aèria DC		A realitzar
		400kV			
			Soterrat DC		

**Figura 2 – Esquema de la proposta del CILMA. Font: Elaboració pròpia.**

Per a una millor comprensió, es presenta a continuació una superposició de la proposta del CILMA sobre la de REE:



**LLEGENDA:**

<b>Tensions:</b>		<b>Traçat:</b>		<b>Subestacions:</b>	
<b>Proposta CILMA:</b>			L. Aèria		Existents
	110/132kV FECSA		L. Aèria DC		
	220kV } REE		Soterrat		A realitzar
		400kV			
	Proposta REE				

**Figura 3 – Superposició de les propostes del CILMA i de REE. Font: Elaboració pròpia.**



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 6 de 25

La connexió entre Santa Llogaia i Bescanó i el ramal de Riudarenes s'han de realitzar en corrent altern degut a les característiques intrínseques dels trams en qüestió i de les necessitats del sistema. En un soterrament a 400kV en corrent altern, la compensació de l'energia reactiva es fa necessària quan la longitud supera 10 km.

Quant als materials, la tecnologia a emprar en un soterrament d'aquestes característiques seria la d'aïllament amb XLPE (polietilè) segons els estudis [6, 7, 10].

Pel que fa al traçat, no es contempla el soterrament de la línia de MAT pel mateix corredor de la línia aèria presentat per REE. El fet de soterrar permet minimitzar corredors de pas, aprofitar infraestructures existents (i en aquest cas planificades i/o en execució), i donar major flexibilitat al traçat.

### 3 - Viabilitat del soterrament

Es presenten a continuació els diferents aspectes en els quals s'ha treballat des del CILMA per demostrar la viabilitat del soterrament en els trams en estudi. Demostrar la viabilitat del soterrament passa per demostrar la seva viabilitat elèctrica, constructiva, ambiental, d'implantació territorial, econòmica i sociopolítica.

#### 3.1 Viabilitat elèctrica

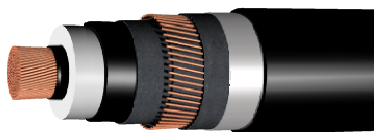
Aquest apartat està principalment fonamentat per l'assessorament i l'informe dels experts consultors del Taller d'Estudis Palop -TEP [7] i dels tècnics del grup General Cable, Silec Cable [10].

Per tal de provar la viabilitat elèctrica, s'ha començat per demostrar que es pot aconseguir múltiples solucions soterrades equivalents a la solució aèria de REE, en quant a capacitat de transport d'energia. En la primera part de l'informe [7], TEP concreta i ens proposa possibles solucions de rases tipus o "camins de cables" que complirien amb els requisits elèctrics de REE, especificant dimensions per una instal·lació en rasa o en galeria. En la mateixa primera part del seu informe, TEP també ha estimat les necessitats de compensació d'energia reactiva dels cables soterrats i ha clarificat que sí és possible soterrar la línia de MAT entre Santa Llogaia d'Àiguema i Bescanó sense necessitat de crear una nova subestació intermediària de compensació d'energia reactiva a Ramis (Medinyà). La compensació s'ha d'anar distribuint al llarg del recorregut, i al límit es pot repartir als extrems de cada tram soterrat.

El denominat "camí dels cables" (determinat per TEP) és la secció tipus estrictament necessària calculada de forma a permetre que la solució amb cables soterrats porti una capacitat de transport equivalent a la de la línia aèria prevista (2.441MVA per circuit segons la tramitació administrativa de REE Exp.10.734/2008).

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 7 de 25

La capacitat de transport d'una instal·lació amb cables soterrats és funció principalment de la profunditat, de la disposició dels cables, de la distància entre fases, de la distància entre circuits i del diàmetre dels cables. TEP ha estudiat aquestes variables per assolir solucions que compleixin amb la capacitat de transport desitjada. Aquest exercici s'ha dut a terme per instal·lacions en rasa (directament o amb conductes) i per una instal·lació en galeria mitjançant un calaix de formigó. TEP ha conclòs, a partir dels càlculs presentats en l'informe [7], que es necessitarien com a solució equivalent dues ternes de cables soterrats per circuit (dos tricables per 2, és a dir 12 cables) per assolir la potència de transport prescrita per REE. Aquests cables tindrien una secció de conductor de coure de 2.500 mm<sup>2</sup> i un aïllament XLPE de 27 mm. El diàmetre exterior de cadascun dels 12 cables necessaris seria de 149 mm comptant amb els altres elements desglossats en l'informe [10]. En l'oferta tècnica de General Cable [10] podem trobar totes les característiques del cable segons aquest subministrador. El cable prescrit es presenta en la Figura 4. Per tant, podem afirmar que existeixen actualment cables amb les característiques adequades per un soterrament d'aquesta magnitud. No es preveuen doncs problemes de fabricació, subministrament o instal·lació dels cables soterrats.



**Figura 4 – SIPRELEC HT 2500 mm<sup>2</sup> Cu 400 kV Cu wires+ Alu 0.8 G.PEHD: cable prescrit per General Cable en [10]. Diàmetre exterior de 149mm. Font: General Cable [10].**

Si s'opta per una solució en rasa dels cables soterrats, segons l'informe [7] es necessitarien 50 cm de distància entre cables i 1 m de distància entre ternes, considerant una disposició horitzontal dels 12 cables. Estipulant mantenir 4 m entre els circuits (per garantir la seva independència en cas de manteniment o incident) i disposant d'una distància de seguretat d'1 m per banda, TEP ha conclòs que l'ample mínim del "camí de cables" en rasa seria de 12 m.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 8 de 25

TEP ha considerat una profunditat de rasa conservadora de 2,0 m a l'eix dels cables<sup>2</sup>, mantenint-se sempre al costat de la seguretat. Es recomana col·locar els cables soterrats en conductes ja que l'increment de cost no és significatiu en front dels beneficis adquiribles (instal·lació i manteniment). Aquests conductes serien d'aproximadament 30 cm de diàmetre segons els informes [9] i [10].

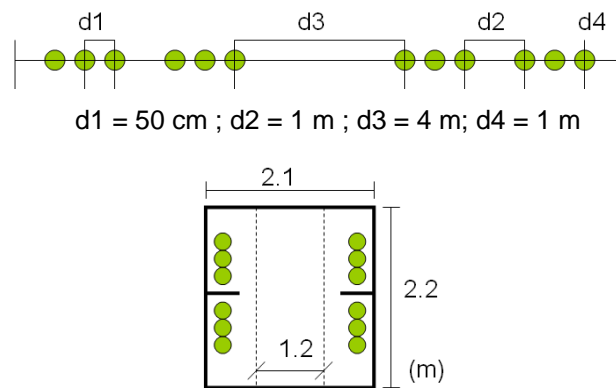
Segons l'estudi [9], si es projectés una solució de cables soterrats instal·lats en galeria, el calaix hauria de tenir unes mides interiors de 2.20 m d'alçada i 2.10 m d'ample aproximadament. A l'interior del calaix, es proposa que els cables soterrats estiguin disposats verticalment, amb un circuit (dues ternes) per banda. En un mateix circuit, les ternes anirien separades per una paret de 10 cm de gruix i ambdós circuits estarien separats 10 cm de les parets interiors de la galeria. La part central del calaix es disposaria com a zona d'accés al personal complint amb les normes vigents.

A la Figura 5 es presenten els esquemes descrits i proposats de disposició dels cables soterrats en rasa o en galeria.

---

<sup>2</sup> Consultant la bibliografia especialitzada del Conseil International des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), s'ha constatat l'adopció de profunditats de rasa inferiors en situacions similars, generalment d'1,5 m. Ajustar la profunditat facilitaria l'execució i disminuiria els costos directes de l'obra civil d'una solució en rasa. En tot cas, aquest aspecte s'haurà de determinar en els projectes constructius. De la mateixa forma, es podria estudiar amb més detall la disminució de les distàncies considerades que no influeixen en la capacitat de transport, com són les distàncies de seguretat a banda i banda (1 m x 2) o la distància d'independització dels dos circuits (4m).

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 9 de 25



**Figura 5 – Esquemes de disposició dels 2 tricables per circuit estudiats a [7] per una solució en rasa amb cables soterrats disposats horitzontalment i per una galeria amb cables soterrats disposats verticalment. Font: Elaboració pròpia.**

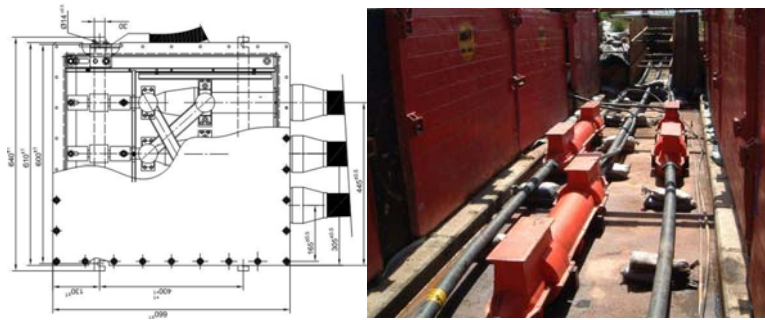
D'altra banda, el Grup General Cable també ha estudiat el soterrament de la línia de MAT en rasa amb conductes i ha aportat una oferta tècnica preliminar (veure informe [10]). S'hi defineixen les arquetes d'empalmament necessàries cada 500 m <sup>(3)</sup> i les seves dimensions serien en planta de 15 m x 2 m, fet que coincideix aproximadament amb les informacions aportades per TEP.

A més, General Cable a descrit com serien els terminals dels cables soterrats, les juntes, les arquetes de posada a terra o el necessari "cross-bonding" <sup>4</sup>. A continuació s'il·lustra l'esquema de les arquetes d'empalmament que s'han de mantenir accessibles i registrables i on es realitzaria el "cross-bonding". Es tracta tot d'instal·lacions soterrades.

<sup>3</sup> Segons l'informe [7] de TEP aquesta distància es podria augmentar fins a 800 m en casos especials. El transport de les bobines s'hauria de realitzar mitjançant un camió amb gòndola per maximitzar la distància.

<sup>4</sup> El "cross bonding" – encreuament de les pantalles entre els tres cables de la terna.

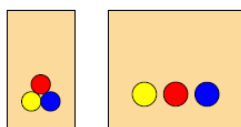
Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 10 de 25



**Figura 6 – Esquema del “cross Bonding” en arqueta registrable. Font : General Cable [10].**  
**Foto 1 – Exemple de cambra d’empalmament. Font [18].**

La configuració que minimitza els efectes electromagnètics és la disposició dels tricables en trèvol. Degut al fet que s'acurta la distància entre les fases, es redueix la capacitat tèrmica màxima, però es minimitzen els camps magnètics i l'ample del “camí de cables” es redueix a 8 m. TEP ha conclòs que aquesta solució seria possible fins a una potència de 970MVA per tricable (1.940 MVA per circuit), o sigui que només s'arribaria al 80% de la capacitat exigida per REE a la documentació administrativa consultada.

Ara bé, aquesta solució seria possible si REE ajustés la capacitat de transport exigida. Segons l'informe [7], fins i tot una línia aèria (per exemple la quàdruplex cardinal) difícilment compliria amb aquesta capacitat, ja que a igualtat de caiguda de tensió la càrrega admissible en la línia aèria seria inferior a la del cable soterrat. Les prescripcions de REE en quant a capacitat de transport fan que les solucions equivalents amb cables soterrats hagin de ser molt més conservadores, perquè és la capacitat tèrmica màxima la que condiciona el disseny de la solució soterrada, contràriament al que succeeix amb la solució aèria (és la caiguda de tensió que limita el seu disseny).



**Figura 7– Esquema d'una disposició horitzontal dels tricables (en aquest cas, és mig circuit) a la dreta i d'una disposició en trèvol a l'esquerra. Font: CIGRE [5]**

Un altre aspecte a considerar en línies soterrades en corrent altern és la reducció del corrent útil dels cables soterrats degut al corrent capacitiu existent entre pantalla i conductor. Per línies de grans longituds – més de 10 km - es necessita compensar aquest efecte i instal·lar reactàncies de compensació que anul·lin els efectes induïts. Segons els càlculs de TEP, s'estima que la potència total a compensar seria de 12,5 MVAR/km aproximadament i per tricable, o sigui d'aproximadament 800 MVAR a compensar a la subestació de Santa Llogaia i Bescanó, i 600 MVAR a la subestació de Juià o de Riudarenes. Per prudència i sense garanties en quant a les condicions d'explotació de REE, TEP ha proposat repartir les reactàncies de compensació com a mínim de forma equitativa en les subestacions extremes de cadascú dels trams soterrats. Això implicaria també preveure la compensació d'aproximadament 600 MVAR en una subestació de compensació al començament del soterrament del ramal de Riudarenes.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 11 de 25

S'il·lustra esquemàticament en Figura 8 la proposta de compensació estudiada.

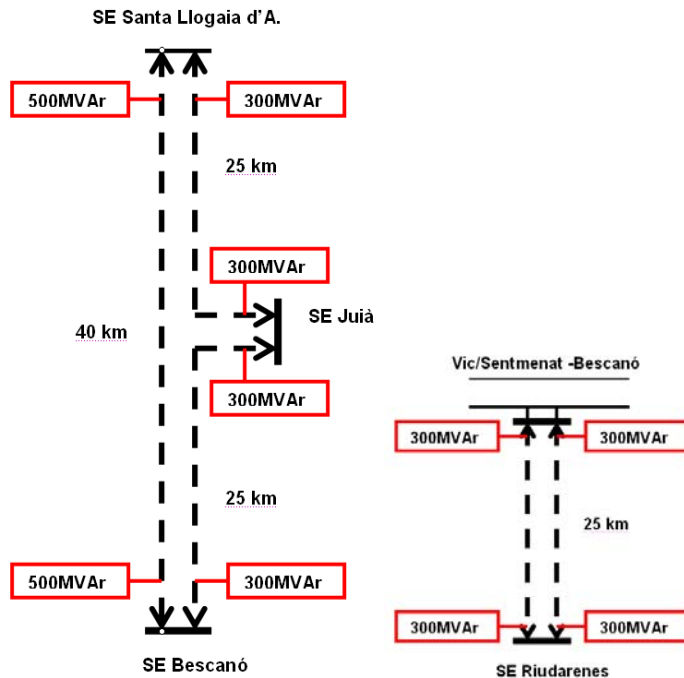


Figura 8 – Esquema de la compensació amb reactàncies proposat. Font: Elaboració pròpia.

Segons l'informe [10], l'augment d'ocupació que suposaria la compensació d'energia reactiva seria d'aproximadament 1.500 a 2.000m<sup>2</sup>, el que representa un increment de com a màxim 5% de la superfície de les subestacions de transformació previstes. Part d'aquesta superfície i eventualment tota es podria interioritzar amb l'implantació de la tecnologia adequada.



Foto 2– Exemple d'un reactor trifàsic de 400 kV i 160 MVar de dimensions 9x6x9 m i 160 tones de pes. S'estima que es necessitarien de 3 a 4 reactors com aquest per circuit i per subestació d'extremitat. Font: [16]

Altres conclusions interessants a les quals ha arribat TEP són les següents:

- en situació de màxima càrrega les pèrdues de la solució aèria són tres vegades superiors a les de la solució soterrada amb cables en rasa;
- en cas d'instal·lar els cables en galeria, només es necessita ventilació forçada si la càrrega tèrmica supera el 82% de la capacitat del conjunt dels cables soterrats.
- Considerant les longitud involucrades, l'efecte més important a compensar és el "Ferranti", és a dir l'elevació excessiva de la tensió en algunes condicions d' explotació de la xarxa. S'ha de preveure els adequats descarregadors de tensió en les transicions.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 12 de 25

Les avaries que eventualment podrien ocórrer en una solució soterrada se situarien molt probablement a les cambres d'empalmament, el que facilitaria la reparació i localització de les mateixes. No obstant, cal tenir en compte que el temps de reparació pot ser superior a un dia, i que durant aquest temps s'indisponibilitza el circuit avariats. Cal mencionar que els cables soterrats no estan sotmesos a les faltes transitòries a les quals estan exposades de forma constant les línies aèries, inclòs tenint en compte el seu reenganxament automàtic.

Amb relació al plantejament de realitzar les subestacions amb la tecnologia GIS segons l'informe [8], TEP recolza el fet que existeix tecnologia per construir subestacions amb aparellatge de protecció i maniobra en el subsòl per aquest nivell de tensió i que no hi hauria cap impediment tècnic en adoptar aquesta solució. Aquesta tecnologia permetria, entre d'altres coses, compensar el fet que s'hagi d'ampliar l'actual subestació de Juià a 400kV per permetre l'eliminació de la subestació de Ramis. Segons l'informe [8], compactant i dotant l'actual subestació de Juià amb les millors tecnologies, s'hi podria instal·lar el nou parc de 400kV sense necessitat d'ampliació. A més, l'impacte visual de la subestació de Juià podria disminuir dràsticament si els parcs es sotressin o com a mínim interioritzessin. Per mostrar l'aspecte que podria tenir aquesta subestació, a continuació es presenta un exemple de subestació de molt alta tensió interioritzada amb la tecnologia GIS:



**Foto 3 – Subestació de Baqueira (Endesa) a la Vall d'Aran situada als peus de les pistes d'esquí i perfectament integrada. Font: JT08 CIGRÉ**

Els exemples de subestacions GIS són exhaustius i es poden trobar exemples de subestacions de 220kV i 400kV arreu del món. Tot i que se sotrenen les subestacions principalment en zones urbanes, s'aplica també en zones rurals ambientalment sensibles i generalment associades a un soterrament de les línies (veure informe [6]).

Relativament al soterrament del tram Santa Llogaia – Juià - Bescanó considerant la conversió corrent continu/altern (CC/CA) previst a la subestació de Santa Llogaia d'Àlguema, es considera que la conversió no incompatibilitza el soterrament en CA proposat pel CILMA. Cal mencionar que existeixen dispositius electrònics que milloren la capacitat per aportar transitòriament la potència de cort circuit que pugui ser necessària. El tipus dels dispositius depen de la tecnologia emprada en la conversió CC/CA. Actualment existeixen elements que controlen l'estabilitat, dirigeixen la potència, converteixen l'angle de fase per l'estabilitat, controlen la tensió, la freqüència i el flux d'energia (FACTS).

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 13 de 25

### 3.2 Viabilitat constructiva

Aquest apartat està principalment fonamentat per l'estudi dels experts consultors en obra civil de MOST Enginyers, SL [9].

En una solució soterrada l'obra civil té una importància primordial. A més de l'espai necessari pel pas dels cables soterrats, s'han de trobar corredors addicionals per a la realització de les obres i l'accés permanent a les arquetes d'empalmament. La seva definició és més subjectiva i és principalment funció de les exigències d'explotació, del tipus i metodologia d'instal·lació. Es poden minimitzar els amplexos necessaris utilitzant els mètodes constructius adequats. Com a criteri principal, s'ha proposat instal·lar els cables soterrats de la línia de MAT en galeria per la zona de domini públic quan segueixen corredors d'infraestructures. D'aquesta forma no caldria expropiar ja que la zona de domini públic de les infraestructures ja ho està. En aquest sentit, s'ha proposat soterrar el tram Santa Llogaia – Juià – Bescanó en galeria.

Quant al ramal de Riudarenes, s'ha proposat realitzar-lo parcialment en rasa amb conductes, ja que en aproximadament 5 km no seguirà cap infraestructura planificada. En la Foto 4, s'exemplifica les dues solucions principals d'instal·lació pel soterrament de la línia de MAT.



**Foto 4 – Exemples d'instal·lació en calaix i en rasa de cables soterrats en zones urbanes i zones rurals de cables soterrats similars. Font: [13], [15] i [18].**

Tant la solució en calaix com la solució amb conductes formigonats en rasa, tenen prou resistència mecànica per suportar el trànsit rodat pesat i permetrien la realització de l'obra civil de manera independent a la resta d'operacions (estesa dels cables soterrats i empalmaments a les arquetes). D'aquesta forma, un cop realitzada l'obra civil es podrien estendre els cables des de les arquetes d'empalmament, sense necessitat de realitzar l'estesa amb les rases obertes en corredors paral·lels.

Existeixen mètodes constructius adaptats a totes les situacions previsibles, com ara el pas d'una riera, el creuament d'una carretera o la utilització d'un pont per transportar els cables. Cal fer especial menció al desenvolupament que està tenint el mètode de perforació horitzontal dirigida, ideal pel pas dels rius Fluvià i Ter, l'AP-7 o l'A-2, així com a l'empenta oleodinàmica indicada pels encreuaments amb el TAV o l'Eix Transversal Ferroviari. Altres mètodes propis de l'execució de túnels es podrien arribar a considerar de forma més limitada. Com a alternativa, es poden subjectar els cables sota els taulers de ponts o viaductes existents quan es necessiti passar sobre una riera, una carretera o una línia de ferrocarril (veure Foto 5).



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 14 de 25



**Foto 5 – Figura de les tècniques a emprar en un soterrament d'aquesta magnitud. D'esquerra a la dreta: Perforació horitzontal dirigida, empenta oleodinàmica, utilització de ponts i viaductes, i finalment túnel. Font: [13], [16] i [14].**

Segons el fabricant General Cable i la bibliografia especialitzada consultada, és possible tècnicament instal·lar cables soterrats en pous verticals, en zones de forts pendents o en talussos abruptes prenen les precaucions habituals en aquests casos.

Cal plantejar la possibilitat de compartir les zones d'afectació de les diferents infraestructures existents (TGV, AP-7, A-2, C-25, etc.). Així, s'hauria de plantejar aprofitar les zones de protecció i en particular la de domini públic per tal d'anular costos d'expropiacions i indemnitzacions, limitar l'ocupació territorial, i en definitiva compactar. Per aconseguir-ho cal demanar a les Administracions competents les autoritzacions corresponents i previstes per la Llei. L'informe [11] recolza la viabilitat jurídica de la proposta de soterrament per la zona de domini públic o de servitud de les infraestructures. En el cas de les carreteres, l'autorització en zona de domini públic és de caràcter discrecional per part del Ministeri i es contempla de forma excepcional. Per un altre costat, sembla clar que no hauria d'existir cap problema per emplaçar la línia subterrània de MAT en zona de servitud, atès que les obres són plenament compatibles amb la seguretat vial.

Segons el Reglament d'Alta tensió i considerant les solucions proposades, l'ample de servitud del soterrament per una instal·lació en rasa seria d'aproximadament 16m i la del calaix s'hauria de determinar per REE. Es preveu que l'ample de servitud d'una solució en calaix es situï com a molt al voltant de 8 m. El calaix entrarien perfectament dintre de la zona de domini públic de per exemple l'AP-7 que és precisament de 8 m segons la Llei de Carreteres vigent.

Des del punt de vista constructiu, s'ha conclòs que:

- Existeix una abundància de metodologies constructives per materialitzar el soterrament de la MAT a les comarques gironines;
- Les tecnologies existents que permeten superar punts singulars (rius, carreteres, altres infraestructures, etc...) sense l'obertura de rasa són ben conegudes i són les mateixes que s'empren per implantar nombrosos altres serveis soterrats; A cada obstacle i tipus de sòl correspon una tècnica més apropiada;
- Existeixen corredors d'infraestructures aprofitables com ara el del TGV, l'AP-7, la C-25, l'A-2 o l'eix transversal ferroviari;
- L'ample necessari lliure per tal de realitzar les obres de soterrament a cel obert es pot estimar entre 10 i 15 m i l'ample de servitud entre 8 i 16 m;

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 15 de 25

A continuació es presenten les rases tipus dissenyades a partir dels càlculs i observacions de l'informe TEP [7], tant en rasa (Figura 9) com en galeria (Figura 10):

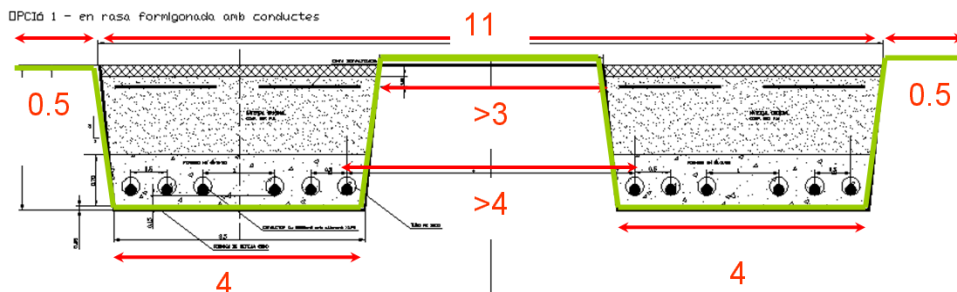


Figura 9- Rasa tipus proposada per una instal·lació en rasa amb conductes de 30cm de diàmetre, segons informe [7] i [9]. Font: informe [9].

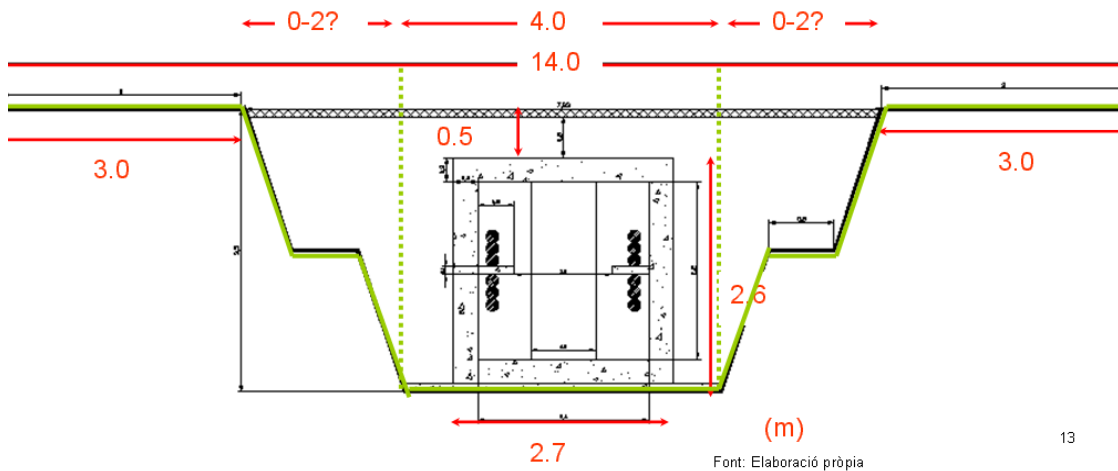


Figura 10- Rasa tipus proposada per una instal·lació en galeria amb i sense estintolament segons informe [7] i [9]. Font: informe [9].

Cal remarcar que l'impacte provocat pel soterrament d'un servei d'aquest tipus es concentra principalment durant l'execució de les obres. A continuació, s'il·lustra l'impacte visual transitori del soterrament de la línia de MAT (veure Foto 6 i Foto 7).



Foto 6 – Fotomuntatge il·lustratiu de l'impacte transitori del soterrament de la línia MAT. Abans, immediatament després de les obres i passat dos anys. Font: Elaboració pròpia.



Foto 7 – Línia de MAT Newby - Nunthorpe en rasa i zona rural (Anglaterra). Durant les obres, just després i 18 mesos passat el final de les obres Font: [17].

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 16 de 25

### 3.3 Viabilitat mediambiental

Des del punt vista mediambiental, la viabilitat es recolza en l'informe del físic D.Dépris [4] que apunta els principals impactes mediambientals ocasionats per una línia de MAT d'aquesta natura i l'informe de Fractàlia-La Copa [3], especialment interessant per valorar les afeccions del ramal aeri de Riudarenes plantejat per REE. És evident que el soterrament millora ambientalment la solució ja que en definitiva és la seva principal justificació: se soterra mundialment per evitar els impactes de les torres aèries.

De l'informe [4] destaquen sobretot inconvenients mediambientals de les línies aèries com ara els perills d'electrocució i electrització, els potencials accidents i incidents sobre els béns i les persones, la vulnerabilitat a les inclemències climàtiques, accidentals, vandàliques i terroristes. S'incideix també sobre l'augment del risc d'incendis associat a les línies aèries en zones boscoses, principalment important en aquests temps d'instabilitat i de canvi climàtic. Per contra, la solució soterrada amb cables és pràcticament invulnerable des d'aquests punts de vista i permet inclòs actuar com a tallafocs en la proliferació dels incendis. L'exposició de les línies aèries constitueix el seu major inconvenient i resumeix la seva vulnerabilitat i al mateix temps perillositat.

D. Dépris ha explicat en [4] que la ionització de l'aire (l'anomenat efecte corona) té repercussions nocives per a la salut provocades per la contaminació acústica i la contaminació química subjacent de les línies aèries de molt alta tensió.

En la seva gran mesura, el corredor deixat pel pas del soterrament dels cables es podria aprofitar per completar la xarxa de vies verdes de Girona i actuar com a element vertebrador polivalent que faciliti les connexions. Es donaria així un ús de connexió social a la zona de servitud de pas de la canalització de cables potenciant els passejos a peu o en bici. El corredor deixat pel soterrament també es podria aprofitar com a zona de pastura o fins i tot com a via de servei que s'integraria perfectament en el mosaic agroforestal del territori afectat. El mateix corredor serviria d'accés a les arquetes d'empalmaments, ja que els mètodes d'instal·lació seleccionats suportarien aquestes càrregues. Un bon disseny complint amb els límits del camps electromagnètics en superfície, fa compatible els usos mencionats en el corredor deixat per la línia de MAT. Es recorda que generalment en zones urbanes les línies de MAT passen per carrers altament transitables.

Segons les fonts i els diferents experts consultats, no seria necessari ni el tancament ni l'asfaltat del corredor de pas dels cables soterrats.

Quant al tram Santa Llogaia - Bescanó que discorre en gran mesura per les comarques de l'Alt Empordà, del Pla de l'Estany i del Gironès, és obvi que la conca visual de les torres de 400kV DC seria enorme i que no s'ha de perdre de vista que el principal motor de l'economia local rau en les activitats turístiques.

Es conclou en l'informe [3] que hi ha una gran diversitat d'ambients a l'àmbit afectat per la línia aèria plantejada per REE del ramal de Riudarenes, tant mediterranis com de zones més

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 17 de 25

humides, creant un mosaic d'hàbitats molt interessant en el context mediterrani. S'hi troben hàbitats d'interès comunitari no prioritari com ara suredes, alzinars i carrascars o castanyedes, juntament amb hàbitats de caire centreeuropeu com rouredes o ambients aquàtics; hàbitats d'interès comunitari prioritari com les vernedes, presents a tots els cursos fluvials; i hàbitats rars a Catalunya com són les rouredes de roure Africà. Tots aquests ambients es poden veure afectats pel pas de la línia aèria plantejada, ja sigui per destrucció, malmetement o col·lapse en el cas dels ambients fluvials, per acumulació de materials derivats de la col·locació de les torres. La fauna es troba representada per tots els grups animals, i gairebé tots ells amb espècies protegides d'aus, tant nidificants com migratòries. Cal destacar l'afectació sobre una ruta migratòria que utilitzen un gran nombre d'espècies com el xoriguer, l'esperver cendrós, el ballester, l'oreneta o el falciot, entre molts d'altres. Existeixen a la zona estudiada per l'informe [3] diverses zones de cria, com el Puigsardina on cria l'àguila marcenca (*Circaetus gallicus*), la Serra del Bagissot on cria el falcó peregrí (*Falco peregrinus*) i el duc (*Bubo bubo*), o altres zones dels voltants on crieu l'aligot vesper (*Pernis apivorus*) o el falcó mostatxut (*Falco subbuteo*). També, hi ha espècies que nidifiquen a la zona de Guilleries interior, però que utilitzen l'àrea d'estudi com a zona de campetx, com el voltor comú (*Gyps fulvus*) o l'àguila calçada (*Hieraetus pennatus*). A nivell patrimonial es destaca com principal afectat per la línia de MAT del ramal de Riudarenes el Santuari d'Argimon que s'ha construït a prop de les runes del castell medieval d'Argimon i la torre de l'Esparra.



**Foto 8 – Vistes del santuari d'Argimon i de l'Esparra. Font: diverses.**

El mosaic d'hàbitats posseeix sense dubte un valor d'existència i paisatgístic considerable tant valuós com el dels Pirineus. En el tram de la interconnexió Baixàs - Santa Llogaia el medi ha justificat l'augment exorbitant del preu de la interconnexió donant pas a una solució soterrada de 20M€/km (incloent-hi les subestacions de conversió CC/CA). Aquesta valoració es detalla més endavant en l'apartat de viabilitat econòmica.

Quant al medi, el soterrament de la MAT es pot resumir a l'impacte de l'obra civil com qualsevol altra infraestructura, impacte en tot cas moderat i funció dels mètodes d'instal·lació, i de caire provisional i reversible com s'ha pogut constatar en la Foto 6.

En quant a les mesures correctores a preveure durant l'execució de les obres de soterrament aquestes haurien de potenciar principalment l'integració paisatgística, tot i que el pas per infraestructures minimitza aquesta necessitat. S'haurà de vetllar a més per integrar tots els elements necessaris al soterrament (ventilació en galeria, subestacions de compensació, etc),

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 18 de 25

desdibuixar la traça del corredor pel seu pas per zones boscoses, mantenir els relleus i prendre les mesures adequades per evitar per exemple l'erosió potencial del sòl durant les obres.

Pel que fa el pas del soterrament mitjançant zones forestals aquest es considera admissible sempre que no existeixen corredors més adients i sempre que s'aprofiti carenes, conreus, pistes forestals, etc.

### 3.4 Viabilitat d'implantació territorial

Quant a la implantació territorial, s'ha proposat una possible solució de pas seguint corredors d'infraestructures disponibles. En l'informe [9] de MOST Enginyers, SL es pot trobar una proposta preliminar de traçat a l'escala 1:30.000. Es pretén d'aquesta forma il·lustrar les possibilitats d'utilització de corredors d'infraestructures existents i d'identificar-los per trams. No obstant, s'és conscient de la necessitat d'analitzar a una escala de detall aspectes com les pendents, les afeccions, la planificació, la geologia, les obres de fàbrica, etc. Amb aquests elements, s'ha intentat arribar a unes xifres més ajustades del que podria costar el soterrament considerant unes longituds de cables soterrats definides per un traçat i unes seccions tipus definides pels càlculs elèctrics i les necessitats de les obres.

En el tram Santa Llogaia – Bescanó se seguiria principalment l'A-2 i l'AP-7 fins a Sant Julià de Ramis, i el desdoblament de la variant de Bordils, Celrà i Medinyà pràcticament fins a la subestació de Juià. De Sant Julià de Ramis fins a Salt se seguiria aproximadament el corredor de l'AP-7 i a partir d'allà i fins a la subestació de Bescanó es podrien compactar els cables soterrats amb la futura N-141e segons la proposta de traçat aportada pel CILMA a la fase d'al·legacions. També com a millora, es proposa compactar i soterrar amb la línia de MAT la línia de 132 kV DC entre Figueres i Juià. La realització del soterrament de la línia de MAT en galeria permetria a més no multiplicar les rases i la seva servitud d'afectació en cas de compactació amb altres línies. Així, es proposa desmantellar l'actual línia aèria de 132 kV DC Figueres-Juià que representa uns 20 km d'afecció actual al territori. El benefici social del desmantellament d'aquesta línia compensa els costos de desmantellament i soterrament si es considera que el seu impacte en el territori és tant sol un 50% del de una línia de 400kV.

En quant al soterrament del ramal de Riudarenes s'ha proposat aprofitar els corredors de la C-25, del TAV i de l'Eix Transversal Ferroviari. Per anar a buscar el corredor de l'eix transversal ferroviari i la C-25 des de la línia aèria de MAT Vic/Sentmenat – Bescanó, es planteja un tram soterrat instal·lat en rasa amb conductes d'aproximadament 5 km que aprofitaria pistes forestals, carenes i camins desforestats per on passen actualment algunes línies aèries de distribució que abasteixen els masos aïllats. Aquestes es podrien a més compactar amb la línia de MAT. Es recorda que els espais naturals amb alt risc d'incendi forestal, són justament les carenes. L'aprofitament de l'existència de pastures o antics conreus, i també de les nombroses pistes forestals i accessos que s'hi donen conformaria una franja contínua irregular d'espais oberts amb configuració d'un bosc adevesat; aquest sistema, a més, generaria una sèrie

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 19 de 25

d'ecotons (o espais frontera) que incrementarien la diversitat biològica i la riquesa paisatgística de l'entorn. Un cop al l'eix ferroviari transversal es seguiria el corredor un parell de quilometres fins a trobar la C-25 fins a Santa Margarida. Des d'allà s'acompanyaria la traça del TAV fins a la subestació de Riudarenes. Aprofitant el soterrament, es proposa el desmantellament i soterrament amb la MAT de part de la línia de 132 kV la Roca-Salt (7 km aproximadament), que es podria soterrar des de la C-25 fins a la subestació de Riudarenes. La compensació d'energia i la transició línia aèria – cables soterrats es materialitzaria en una subestació de compensació. Aquesta no implicaria un augment significatiu de l'impacte visual degut a la seva superfície reduïda i considerant l'aplicació de les tecnologies més adequades i de les mesures correctores i d'integració paisatgístiques descrites en [8].

### 3.5 Viabilitat econòmica

En l'informe [9] s'han estimat els costos directes de la proposta de soterrament, especificant macropreus d'obra civil en funció del mètode d'instal·lació. Per tal de completar aquests costos s'ha comptat amb l'oferta econòmica de General Cable [10], de la qual se'n dedueix el preu per km del cablejat prescrit, material inclòs<sup>5</sup>.

Es resumeix a continuació en la Taula 1, els costos directes assolits segons el mètode d'instal·lació.

Mètode d'instal·lació	Preu (M€/km)
Directament en rasa	6 M€/km
En rasa amb conductes	6,6 M€/km
Calaix de formigó	7,5 M€/km
Altres mètodes: Perforació horitzontal dirigida, empenta oleodinàmica, túnels, etc...	> 9 M€/km

**Taula 1 – Resum dels costos directes estimats segons el mètode d'instal·lació considerat. Font [9].**

Segons l'informe [9], es conclou finalment que soterrar la línia de MAT a les comarques de Girona valdria aproximadament 6 vegades més que la solució aèria de REE si només es consideren costos d'inversió.

<sup>5</sup> S'ha de puntualitzar que el preu del material principal del cable que és el coure té una fluctuació important.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 20 de 25

L'estudi econòmic realitzat per la Universitat de Girona en l'informe [6] contempla no només el càlcul dels costos directes o costos d'execució de les obres, sinó que també realitza una aproximació dels anomenats costos indirectes. Són costos indirectes: la pèrdua de benestar de la població afectada per aquestes infraestructures per expropiacions, la pèrdua de valor dels terrenys i els habitatges afectats, l'impacte en les activitats econòmiques relacionades amb el turisme, l'impacte paisatgístic, etc. En aquest sentit, l'estudi de la Universitat de Girona xifra en aproximadament 2 M€/km la pèrdua mitjana de valor de les propietats (terrenys i habitatges) afectades pel traçat aeri. A més, s'han afegit costos d'explotació, manteniment i desmantellament de les línies segons la bibliografia consultada [21]. D'aquesta manera s'obtenen el que anomenem "costos globals" de la nova infraestructura.

Si es consideren tots aquests costos, segons l'informe [9] i d'acord amb l'informe [6], es redueix substancialment la diferència entre el cost de la solució aèria i el de la solució soterrada, arribant a un factor de 2 en lloc de 6 (veure Taula 2).

		REE	CILMA	Dif.	Dif %	Factor x
Longitud (km)	km	60,1	67	6,9	11%	1,1
Costos directes	M€	94	538	444	474%	5,7
	M€/km	1,6	8,0	6		
Costos globals	M€	255	552	297	116%	2,2
	M€/km	4,2	8,2	4,0		

**Taula 2 – Resum dels costos globals assolits pel conjunt de la línia MAT a les comarques gironines. Font [9].**

El cost directe i global del soterrament a les comarques de Girona s'estima en 8 M€/km. El cost directe de la solució aèria s'estima en 1.6M€/km i el seu cost global s'estima en 4M€/km. La diferència de cost global entre la dues solucions es situaria al voltant dels 4 M€/km.

A aquestes xifres cal afegir-hi encara un càlcul respecte al valor d'existència. Quan el comissari M. Monti va recomanar que el tram als Pirineus s'havia de soterrar en corrent continu, va atorgar indirectament un valor d'existència de més de 18 M€/Km. Aquest és l'import que la UE està disposada a pagar per preservar els Pirineus de l'impacte de la línia MAT aèria o el seu valor d'existència. Es recorda que el cost directe de la interconnexió s'estima en 20M€/km (incloent-hi les dues subestacions de conversió CC/CA). En aquest sentit, si a les comarques gironines se'ls atribuís un valor d'existència que fos tan sols d'un quart del valor que la UE ha atribuït als Pirineus, la millor opció ja seria el soterrament de la MAT.

A més es recorda que les dues subestacions de conversions corrent continu-corrent altern costaran aproximadament 600 M€. Aquesta xifra, que no contempla increments deguts al soterrament, ja supera l'increment d'inversió inicial estimat pel soterrament de la línia de MAT al conjunt de les comarques gironines.

Altres conceptes que s'han valorat com a millores són:

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 21 de 25

- El desmantellament i compactació de les línies existents aèries de 132kV suposaria un increment de 6% sobre el cost directe total del soterrament;
- La utilització de la tecnologia GIS en totes les subestacions previstes suposaria segons l'informe [9] un increment de 5% sobre el cost directe total del soterrament.

### 3.6 Viabilitat sociopolítica

Tot i els arguments tècnics i econòmics aportats, les experiències passades han demostrat que soterrar o no una infraestructura d'aquest tipus no és viable sense que hi hagi una voluntat social i política en aquest sentit.

La voluntat política per sobre de les consideracions tècniques o econòmiques han quedat patents en la decisió de realitzar la interconnexió entre Baixàs i Santa Llogaia soterrada en corrent continu, perquè en aquest tram els tècnics experts en qüestions elèctriques coincideixen en el fet que no és la millor solució tecnicoeconòmica.

Les decisions polítiques que es prenen a les societats desenvolupades tendeixen cada cop més a tenir en compte els costos indirectes de les infraestructures i la conservació del medi ambient.

## 4 - CONCLUSIONS

Amb les referències citades i segons la síntesi que s'ha presentat, s'han aportat arguments per demostrar que soterrar la línia de MAT a les comarques de Girona és possible i viable tècnica, constructiva, econòmica, territorial, mediambiental i sociopolíticament.

S'han dimensionat diverses seccions per instal·lar 12 cables de 2500 mm<sup>2</sup>, amb aïllament XLPE, que soterrats tindrien una capacitat equivalent a la solució aèria. S'han estimat les pèrdues en diferents situacions de càrrega i quantificat la compensació d'energia reactiva necessària pel soterrament. S'ha presentat una proposta de traçat a escala 1/30.000 aprofitant corredors d'infraestructures existents en el territori i s'han aportat solucions d'execució a nivell conceptual per salvar tots els obstacles. S'ha estudiat la sensibilitat del medi i els impactes de les dues solucions que es comparen.

Finalment, s'ha estimat que els costos directes de la solució soterrada són 6 vegades superiors als de la solució aèria. Ara bé, tenint en compte que els costos de manteniment i les pèrdues d'energia d'una línia soterrada són inferiors als d'una línia aèria, i considerant a més els costos indirectes, com són ara la pèrdua de valor dels terrenys, s'obté que la diferència entre ambdues solucions disminueix fins a un factor aproximadament igual a 2. I aquest factor s'inverteix si es tenen en compte els valors d'existència i herència considerats en el cas de la interconnexió als Pirineus, de forma que pot arribar a resultar més econòmica l'opció soterrada.

Des del CILMA es defensa la realització d'un projecte constructiu de soterrament que consideri els elements aportats. Hi ha tècnics competents i tecnologies disponibles per estudiar i



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 22 de 25

solucionar les singularitats d'un treball punter, avantguardista i modèlic, que fomentaria a més els avanços tecnològiques i de forma complementària podria contribuir a revitalitzar el sector de la construcció.

## 5 - LLISTAT DELS PRINCIPALS EXPERTS I TÈCNICS CONSULTATS

### ASPECTES TÈCNICS:

- Daniel Dépris, Físic, expert europeu del CSHP-ERO<sup>6</sup> i del OCPE<sup>7</sup>, president del CEPHES<sup>8</sup>;
- Jordi Monteys, Dr. Enginyer Industrial de Taller d'Estudis PALOP;
- José Maria Giménez, Dr. Enginyer Industrial de Taller d'Estudis PALOP;
- Josep Puig, Dr. Enginyer Industrial i professor de la Universitat Autònoma de Barcelona;
- Jacint Rovira, Director tècnico-comercial de General Cable;
- Antoni Trisan, Enginyer tècnico-comercial de General Cable;
- Bàrbara da Silva, Enginyera de Camins, Canals i Ports de MOST Enginyers, S.L.
- Jordi Mulà, Enginyer Industrial, Vicepresident 2n del CILMA i responsable de la Comissió d'Eficiència Energètica i d'Energies Renovables.
- Laura Mascort, Eng<sup>a</sup> Industrial.

### ASPECTES AMBIENTALS:

- Jaume Hidalgo, Enginyer Forestal, coordinador de Medi Ambient i Territori de la Diputació de Girona i secretari tècnic del CILMA;
- Marc Marí, Biòleg i cap d'àrea de Medi Ambient i Territori de la Diputació de Girona
- Judit Vilà, Ambientòloga i tècnica de Medi Ambient del CILMA;
- Salvador Oliva, Enginyer tècnic agrícola de Medi Ambient i Territori de la Diputació de Girona;
- Bàrbara da Silva, ECCP i M.Sc. en Ciències i Tècniques del Medi ambient de MOST Enginyers, S.L.

---

<sup>6</sup> Conseil supérieur d'hygiène publique – European Radiocommunications Office

<sup>7</sup> Office communautaire de formation et d'enseignement

<sup>8</sup> Comité Européen pour la Protection de l'Habitat, de l'Environnement et de la Santé

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 23 de 25

#### ASPECTES ECONÒMICS

- Anna Garriga, Dra. en Econòmiques i degana de la Facultat de Ciències Econòmiques i Empresarials de la Universitat de Girona.

#### ASPECTES JURÍDICS

- Eduard de Ribot Molinet, advocat.  
- Pere Monteagudo, advocat.

#### REPRESENTACIÓ POLÍTICA

- Lluís Lloret, president del CILMA;  
- Jesús Llauro, Vicepresident 1r del CILMA i responsable de la Comissió d'Infraestructures;  
- Jordi Mulà, Vicepresident 2n del CILMA i responsable de la Comissió d'Eficiència Energètica i d'Energies Renovables.

## 6 - REFERÈNCIES

### Referències dels estudis i informes realitzats i adjunts

- [1] *“Estudi d’alternatives de les Línies Elèctriques d’Alta Tensió Bescanó-Riudarenes i Bescanó-Santa”*, IM3 , Ingenieros Emetres SL, novembre 2006.
- [2] *“Estudi dels valors naturals, paisatgístics i patrimonials en l’àrea afectada pel projecte “Línia elèctrica a 400kV d’entrada i sortida a la subestació de Riudarenes des de la línia Sentmenat-Vic-Bescanó”*, Fractàlia Consultoria i estudis ambientals S.L., maig de 2007.
- [3] *“Annex a la Valoració del Medi Natural, patrimonial i paisatgístic a l’entorn del traçat de la MAT i la subestació de Riudarenes i de Bescanó:Redacció de conclusions”*, La Copa, maig de 2007.
- [4] *“Rapport préliminaire relatif à la restructuration des réseaux THT-EHT de Catalogne dans la perspective du TGV Perpignan-Barcelone »*, Daniel Dépris, novembre 2007.
- [5] *“Informe sobre experiències de soterrament de línies de molt alta tensió, Josep Puig i Boix”* , Dr. Eng. industrial i professor de la UAB, 2008.
- [6] *“Informe de viabilitat tècnico-econòmica del soterrament de la línia d’alta tensió en el corredor d’infraestructures de Girona. Tram Bescanó-Santa Llogaia i ramal de Riudarenes”*, Fractàlia. juliol 2008.
- [7] *“Informe sobre la viabilidad de canalizar mediante cable aislado enterrado la línea de 400kV Santa Llogaia-Bescanó y el ramal de Riudarenes”*, José Ma Giménez Tresaco i Jordi Monteys i Viñals, Taller d’estudis PALOP, maig 2009.
- [8] *“Estudi de minimització dels impactes ocasionats per les subestacions de la MAT a les comarques gironines”*, MOST Enginyers SL, gener 2009.

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 24 de 25

[9] *"Informe tècnic sobre les alternatives de soterrament de la línia de molt alta tensió entre Santa Llogaia d'Alguema - Bescanó i ramal de Riudarenes – traçat i obra civil"*, Most Engineers SL, maig 2009.

[10] *Technical and Economical offer*, SILEC (General Cable), juny 2009.

[11] Informe jurídic– *viabilitat de soterrament de la línia MAT per les zones d'afectació de les infraestructures existents*, E. de Ribot, juliol 2009.

### **Bibliografia consultada i recomanada**

[12] "Large Projects of EHV Underground Cables systems" A-21, Jicable 2007

[13] "The St. Johns Wood – Elstree experience-testing a 20km long 400kV XLPE-Insulates cables system after installation" A-22, Jicable 2007

[14] "Undergrounding and reorganization of the electrical system of the city of Madrid" A-25, Jicable 2007

[15] "Performance of modern cables in central europe" C-514, Jicable 2007

[16] "Statistics of AC Underground Cables in power Networks" Brochure 338, Des. 2007. CIGRE

[17] "400kV Underground Cables in Rural Areas" CIGRE B1-211, 2006.

[18] "A new procedure to compare the social costos of ehv-hv overhead lines underground xlpe cables", B1-301, 2006.CIGRE

[19] "Comparison of high voltage overhead lines and underground cables". Brochure 110, 1996. CIGRE

[20] "The highland council, cairngourms National Park Authority & Scottish Natural Heritage Undergrounding of Extra High Transmission"

[21] "Réseaux électriques souterrains, immergés et sous-marins", Daniel Dépris, 1998

[22] "Analyse de besoins pour une nouvelle interconnexion entre la France et l'Espagne. Cahier 2". M. Monti de Març 2008

[23] "Undergrounding of electricity lines in Europe". Background paper. Comission of the european union. Desembre 2003.



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de Molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Sintesi edG.doc
Document de síntesi	Pàgina 25 de 25

## **APÈNDIX: TAULA RESUM**



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Taula.doc
Document de síntesi. Apèndix núm. 1.	Pàgina 1 de 5

	LINIES AÈRIES	CABLES SOTERRATS
SEGURETAT DE LES INSTAL·LACIONS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perills d'electrocució i electrització: registre d'accidents amb agricultors, vaixells a vela, etc.</li> <li>- Riscs importants d'incendis.</li> <li>- Forta exposició a les intempèries, als actes vandàlics i als possibles actes terroristes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hi ha risc per accidents d'electrocució.</li> <li>- No provoca incendis.</li> <li>- Instal·lacions protegides i segures.</li> </ul>
IMPACTE VISUAL I MEDIAMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Important impacte visual. Col·locació de torres de gelosia cada 500 m d'uns 55 m d'alçada.</li> <li>- Traçat per zones boscoses acompanyat de desforestació en corredor d'aproximadament 33 m.</li> <li>- Necessitat d'accés a les torres per manteniment.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quasi nul, sense intrusió visual. Total integració paisatgística.</li> <li>- Traçat per corredors d'infraestructures existents. Facilitat d'accés a les arquetes.</li> <li>- Corredor de pas funció del mètode d'instal·lació: aproximadament 4 m en galeria i de 8 a 12 m en rasa amb una disposició en trèvol o horitzontal respectivament.</li> <li>- Ample afectat provisionalment per les obres entre 10 i 15 m.</li> <li>- Recuperació passats 18-24 mesos de les obres; impacte de les obres reversible i provisional.</li> <li>- Necessitat d'arquetes d'empalmament (soterrades) visitables entre 500 i 850 m.</li> </ul>
IMPACTE FAUNA - AVIFAUNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importants perills d'electrocució, sobretot per les aus rapinyaires.</li> <li>- Les cigonyes que no tenen la visió molt desenvolupada també es troben afectades.</li> <li>- <i>"Cada any a les línies aèries de EDF/RTE es maten més aus que les que maten els caçadors de França i de Navarra conjuntament"</i>, D. Dépris [4]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacte nul. Evita els perills d'electrocució, els xocs i la mort de les aus.</li> </ul>

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Taula.doc
Document de síntesi. Apèndix núm. 1.	Pàgina 2 de 5

CAMPS ELECTROMAGNÈTICS	- Importants camps elèctrics i magnètics.	- Anulació dels camps elèctrics.  - Quasi anulació dels camps magnètics amb l'adopció de la instal·lació en trèvol (funció de les distàncies entre fases).
ACCÉS	- Necessitat d'accés a les torres cada 500 m principalment col·locades en zona boscosa i amb pendent.	- Necessitat d'accés a les arquetes d'empalmament col·locades entre 500 i 850 m.  - Facilitat d'accés ja que segueixen altres infraestructures.
USOS DEL SÒL	- Franja d'afectació més ampla.  - Especial atenció amb l'ús de maquinària a prop de les línies.  - Incompatibilitat amb les activitats agrícoles amb producció de fruita amb tiges altes o mitjanes.	- Ample afectat menor;  - Conservació de l'ús original (excepte plantació d'arbres).  - Menor afecció a privats degut al traçat (flexibilitat i utilització de zones de protecció d'infraestructures)  - Possibilitat d'utilització social del nou corredor per exemple com a via verda;  - En zones boscoses i en cas d'incendi actua com a tallafoc.
IMPACTE OBRES	- Creació de camins d'accés en zones boscoses;  - Construcció més ràpida amb menys proporció d'obra civil.	- Major durada de les obres;  - El traçat permet minimitzar els disturbis temporals de les obres;  - La galeria o d'instal·lació en rasa amb conductes formigonats permet independitzar l'obra civil i l'estesa de cables: minimització de les afeccions i dels amplex necessaris.  - La instal·lació en rasa amb conductes formigonats suporta les càrregues del trànsit pesat: minimitza la necessitat d'ocupació de corredors paral·lels durant les obres.



Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Taula.doc
Document de síntesi. Apèndix núm. 1.	Pàgina 3 de 5

VULNERABILITAT CLIMÀTICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectes destructors del vent: fenòmens de ressonància del vent en les torres o vents superiors als projectats;</li> <li>- Trencaments, enfonsaments, sobrecàrregues de gel, assimetria de les càrregues.</li> </ul>	- Invulnerabilitat a les inclemències climàtiques.
RISCS D'INCENDIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importants riscos d'incendis als boscos: pèrdues inusualment elevades per deficiència de l'aïllament;</li> <li>- Tema principalment sensible a Catalunya amb les temporades de sequeres i els incendis forestals incontrolats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hi ha risc d'incendi.</li> <li>- Efecte positiu del corredor de pas, que actua com a barrera en cas d'incendis.</li> </ul>
SEGURETAT ENERGÈTICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Completament exposades i vulnerables als actes vandàlics i terroristes;</li> <li>- Possibles desordres socioeconòmics de gran escala.</li> </ul>	- Instal·lacions protegides i de difícil accés.
CONTAMINACIÓ ACÚSTICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectes nocius per a la salut degut a la ionització de l'aire (efecte corona).</li> <li>- Es fa sentir sobretot en zones on els nivells sonors són generalment baixos, en zones rurals com és el cas.</li> </ul>	No hi ha repercussions.
CONTAMINACIÓ QUÍMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminació degut a l'efecte corona (ionització de l'aire).</li> <li>- Poden provocar molèsties a les persones amb les vies respiratòries i els ulls vulnerables.</li> </ul>	- No hi ha repercussions
PÈRDUA DEL VALOR IMMOBILIARI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cost indirecte important: pèrdua del valor immobiliari dels bens;</li> <li>- Segons estudi UdG, cost associat de 2 M€/km de línia aèria de 400kV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hi ha quasi pèrdua.</li> <li>- A més, el traçat és més flexible i es pot apartar de les propietats.</li> </ul>

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Taula.doc
Document de síntesi. Apèndix núm. 1.	Pàgina 4 de 5

<p><b>FUNCIONALITAT, MANTENIMENT I EXPLOTACIÓ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilitat als agents atmosfèrics.</li> <li>- Pèrdues d'energia 3 vegades més important en situació de càrrega màxima.</li> <li>- Difícil manteniment per dificultat d'accés a les torres.</li> <li>- Faltes transitòries constants amb possibilitat de reenganxament automàtic. Faltes dues vegades més probables: 0.170 per 100 circuits km/any.</li> <li>- Vigilància i manteniment dels conductors, empalmaments i aïllament.</li> <li>- Ampliacions i proliferació facilitada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Immunitat als agents atmosfèrics.</li> <li>- Menys pèrdues d'energia es situació de càrrega, implica la reducció dels costos d'operació i de la producció d'energia.</li> <li>- Cada vegada és més ràpid reparar una averia i aquestes no són molt freqüents. Faltes poc probables: 0.072 per 100 circuits km/any.</li> <li>- La construcció en túnel – galeria, les arquetes de juntes i els conductes permeten l'accés immediat per reparacions sense necessitat d'obertura de rases.</li> <li>- RTE adopta mesures especials i afavoreix el soterrament de línies després de les intempèries de desembre de 1999 a França;</li> <li>- El control de qualitat dels empalmament és la garantia de la seva fiabilitat.</li> <li>- Vigilància i manteniment periòdic de les cambres d'empalmament.</li> <li>- Les ampliacions s'han de planificar prèviament.</li> <li>- Constància de les característiques ambientals.</li> <li>- Temps de reparació generalment superiors. Indisponibilitat només del circuit avariats.</li> </ul>

Viabilitat de soterrament en corrent altern amb cable aïllat XLPE de la línia de molt Alta Tensió de 400 kV doble circuit a les comarques de Girona	Taula.doc
Document de síntesi. Apèndix núm. 1.	Pàgina 5 de 5

ENERGIA REACTIVA	No necessita compensació.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita compensació a les subestacions.</li> <li>- Millora de les tecnologies de compensació i reducció d'espai i costos associats.</li> <li>- No són necessàries subestacions intermediàries.</li> <li>- Experiències principals en la interconnexió dels països del Golf i a Shin-Toyosu al Japó.</li> </ul>
COSTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos directes més baixos (6 vegades);</li> <li>- Costos de gestió, manteniment i pèrdues d'energia més importants;</li> <li>- Costos indirectes valorats molt importants (expropiacions, pèrdua de valor de propietats): 2 M€/km</li> <li>- Altres costos indirectes molt importants difícilment quantificables: ambientals, climàtics, degut a accidents.</li> <li>- No es contempla el valor d'existència i d'herència del territori afectat quan es tria aquesta solució.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos directes més alts (6 vegades)</li> <li>- Costos de gestió, manteniment quasi nuls.</li> <li>- Costos indirectes insignificants.</li> <li>- Costos de pèrdues d'energia globalment inferiors.</li> <li>- Costos globals (quantificables) 2 vegades superiors (sense considerar altres com el valor d'existència i herència)</li> <li>- Sí es considerés el valor d'existència i herència del territori, els costos globals serien inferiors als de la línia aèria.</li> </ul>