



INDICE

2.1. OBJETO	2
2.2. CÁLCULO SECCIÓN DE CABLES	2
2.2.1. INTRODUCCIÓN.....	2
2.2.2. CRITERIOS DE CÁLCULO.....	2
2.3. CÁLCULO RED DE TIERRAS	5
2.3.1. CRITERIOS DE CÁLCULO.....	5
2.3.2. AEROGENERADORES	5
2.3.3. RED GENERAL DE TIERRAS.....	6
2.4. PÉRDIDAS ELÉCTRICAS	6

2.1. OBJETO

El presente documento muestra los distintos cálculos realizados para la óptima selección de la sección de cables, el diseño de la red de tierras del proyecto y una estimación de las pérdidas eléctricas incluyendo sistema colector, SET de parque y todo el sistema de evacuación.

2.2. CÁLCULO SECCIÓN DE CABLES

2.2.1. INTRODUCCIÓN

Los criterios técnicos empleados para el cálculo los cables de potencia de la 1ª Fase del Parque Eólico Cabo Leones I son los siguientes:

- Intensidad máxima admisible.
- Intensidad de cortocircuito admisible.
- Caída de tensión.
- Potencia de pérdidas.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores y con el fin de unificar secciones de cara al suministro se ha decidido instalar los siguientes cables de MT para lo que se han diseñado 7 circuitos de enlace entre aerogeneradores y la subestación transformadora 33/220 kV, con los siguientes conductores:

- HEPRZ1 20.3/35 kV en Aluminio 3x(1x240 mm²).
- HEPRZ1 20.3/35 kV en Aluminio 3x(1x300 mm²).
- HEPRZ1 20.3/35 kV en Aluminio 3x(1x500 mm²).

Para más detalles, ver Plano PECLI-5.

2.2.2. CRITERIOS DE CÁLCULO

En los criterios seguidos en el cálculo de los cables se han tenido en cuenta los factores siguientes:

- **Intensidad máxima admisible en régimen normal.**

Se ha aplicado la siguiente fórmula:
$$I_{NOM} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

La intensidad admisible una vez tenidos en cuenta los coeficientes de reducción según el tipo de instalación y agrupamiento es la siguiente:

- 1*240 mm² $I_{admisible} * K_a * K_t = 360 * 0,83 * 1,1 = 329$ A
- 1*300 mm² $I_{admisible} * K_a * K_t = 450 * 0,83 * 1,1 = 410$ A
- 1*500 mm² $I_{admisible} * K_a * K_t = 592 * 0,83 * 1,1 = 540$ A

siendo:

- K_a = coeficiente de agrupamiento
- K_t = coeficiente térmico, para temperatura media del suelo de 10°C

En la hoja de cálculo que se adjunta al final de este apartado aparecen las intensidades de los distintos tramos de circuito para comparar con los valores anteriores.

- Intensidad de cortocircuito admisible.

La intensidad máxima admisible se calcula teniendo en cuenta un tiempo máximo de despeje de falta de 1 s y teniendo en cuenta las tablas dadas por los fabricantes.

La fórmula utilizada ha sido: $I_{CCmax} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t}}$

Siendo:

S: sección del cable (mm²)

K: coeficiente dependiente del tipo de conductor del cable, para Al K=92,8

t: tiempo de despeje de falta (s)

Aplicando la fórmula:

- Conductor 1*240mm²: $I_{CCmax} = 22,56$ kA
- Conductor 1*300mm²: $I_{CCmax} = 28,2$ kA
- Conductor 1*500mm²: $I_{CCmax} = 47$ kA

Estos valores son superiores a los calculados para el sistema colector.

Se incorpora como Anexo I el cálculo detallado de cortocircuito.

- Caída de tensión

Para el cálculo de caídas de tensión se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$E = \sqrt{3}IL(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Siendo:

I: Intensidad nominal máxima (A)

L: Longitud del tramo de cable (km)

R, X: Impedancia del cable por unidad de longitud

φ : Ángulo desfase entre tensión e intensidad $\cos \varphi = 0,9$ $\sin \varphi = 0,436$

Las características dadas por el fabricante son:

HEPRZ1 20.3/35 kV en Aluminio

- | | | |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| ➤ 1*240mm ² | R=0,160 Ohmios/km | X=0,125 Ohmios/km |
| ➤ 1*300mm ² | R=0,100 Ohmios/km | X=0,109 Ohmios/km |
| ➤ 1*500mm ² | R=0,0605 Ohmios/km | X=0,101 Ohmios/km |

Las caídas de tensión deberán ser siempre menores del 5% de la tensión nominal.



Para esta caída de tensión máxima admisible la máxima longitud admisible para cada tramo de circuito según su intensidad será:

- 1*240mm² I=329A L_{máx}= 14,58 km
- 1*300mm² I=410A L_{máx}= 16,89 Km
- 1*500mm² I=540A L_{máx}= 17,91 Km

En la hoja de cálculo adjunta al final de este apartado se puede ver que las longitudes de cada tramo que son menores que las anteriores.

- Potencia de pérdidas

Se ha seguido la siguiente fórmula:

$$P = 3RI^2$$

Las pérdidas para cada tramo se incluyen en la hoja de cálculo adjunta:

Proyecto 1ª Fase PE Cabo Leones I		CABLES AI	R240	R300	R500	X240	X300	X500	
Referencia	Tramo	Dist (m)	240	300	500	I(A)	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)	P(W)
C1	A1-A2	330	3			42,2	4,79	0,015%	282,1
	A2-A3	330	3			84,4	9,58	0,029%	1128,3
	A3-A4	330	3			126,6	14,36	0,044%	2538,8
	A4-A5	330	3			168,8	19,15	0,058%	4513,4
	A5-A6	330		3		211	16,59	0,050%	4407,6
	A6-A7	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A7-A8	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A8-SET	380			3	337,6	21,88	0,066%	7860,8
C2	A17-A16	330	3			42,2	4,79	0,015%	282,1
	A16-A15	330	3			84,4	9,58	0,029%	1128,3
	A15-A14	330	3			126,6	14,36	0,044%	2538,8
	A14-A13	330	3			168,8	19,15	0,058%	4513,4
	A13-A12	330		3		211	16,59	0,050%	4407,6
	A12-A11	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A11-A10	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A10-A9	330		3		337,6	26,54	0,080%	11283,4
A9-SET	380			3	379,8	24,62	0,075%	9948,8	
C5	A35-A36	330	3			42,2	4,79	0,015%	282,1
	A36-A37	330	3			84,4	9,58	0,029%	1128,3
	A37-A38	330	3			126,6	14,36	0,044%	2538,8
	A38-A39	330	3			168,8	19,15	0,058%	4513,4
	A39-A40	330		3		211	16,59	0,050%	4407,6
	A40-A41	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A41-A42	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A42-SET	2180			3	337,6	125,54	0,380%	45096,0
C6	A51-A50	330	3			42,2	4,79	0,015%	282,1
	A50-A49	330	3			84,4	9,58	0,029%	1128,3
	A49-A48	330	3			126,6	14,36	0,044%	2538,8
	A48-A47	330	3			168,8	19,15	0,058%	4513,4
	A47-A46	330		3		211	16,59	0,050%	4407,6
	A46-A45	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A45-A44	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A44-A43	330		3		337,6	26,54	0,080%	11283,4
A43-SET	2180			3	379,8	141,24	0,428%	57074,6	



C8	A63-A62	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A62-A61	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A61-A60	330		3		337,6	26,54	0,080%	11283,4
	A60-SET	3080			3	379,8	199,54	0,605%	80637,5
C9	A69-A70	330	3			42,2	4,79	0,015%	282,1
	A70-A71	330	3			84,4	9,58	0,029%	1128,3
	A71-A72	330	3			126,6	14,36	0,044%	2538,8
	A72-A73	330	3			168,8	19,15	0,058%	4513,4
	A73-A74	330		3		211	16,59	0,050%	4407,6
	A74-A75	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A75-A76	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A76-SET	3980			3	337,6	229,20	0,695%	82331,2
C10	A85-A84	330	3			42,2	4,79	0,015%	282,1
	A84-A83	330	3			84,4	9,58	0,029%	1128,3
	A83-A82	330	3			126,6	14,36	0,044%	2538,8
	A82-A81	330	3			168,8	19,15	0,058%	4513,4
	A81-A80	330		3		211	16,59	0,050%	4407,6
	A80-A79	330		3		253,2	19,90	0,060%	6346,9
	A79-A78	330		3		295,4	23,22	0,070%	8638,9
	A78-A77	330		3		337,6	26,54	0,080%	11283,4
	A77-SET	3980			3	379,8	257,85	0,781%	104200,5
Suma mediciones (m)		32.000	23.760	23.760	48.480	Suma pérdidas (kW)			614
						Horas equivalentes/año			2.965
						Pérdidas MWh/año			1.822
						Perdidas en %			0,53

2.3. CÁLCULO RED DE TIERRAS

2.3.1. CRITERIOS DE CÁLCULO

La malla de tierra se ha diseñado con dos finalidades, la seguridad del personal que tenga acceso a la instalación y la obtención de una buena unión eléctrica con la tierra, que garantice un óptimo funcionamiento de las protecciones.

Para el cálculo se han seguido las recomendaciones de las recomendaciones del I.E.E.E. en Std. 80.

2.3.2. AEROGENERADORES

Se realizará según especificaciones del fabricante de los aerogeneradores.

La instalación de puesta a tierra de cada aerogenerador estará compuesta al menos por:

- Anillo de equipotencialidad interior: destinado a distribuir uniformemente la corriente de defecto entre los conductores radiales y garantizar la equipotencialidad entre los elementos de tierra.
- Conductores radiales: su misión es canalizar y dividir la intensidad de defecto hacia los electrodos de la red de tierra.
- Anillo de equipotencialidad exterior: destinado a limitar la tensión de contacto entre la torre y el terreno.
- Electrodo perimetral: cuyo objetivo es reducir la tensión de paso de la cimentación y derivar al terreno parte de la corriente de defecto.
- Picas: utilizadas para canalizar la intensidad de defecto a zonas más profundas del terreno y con menor resistividad.
- Electroodos adicionales: en el caso de que la configuración estándar no garantice los valores de seguridad requeridos.



- Ánodos de sacrificio: para evitar la corrosión de los electrodos principales y el armado de la cimentación.

2.3.3. RED GENERAL DE TIERRAS

La red de tierras de la subestación y la de los aerogeneradores estarán unidas con la red general de tierras. Dicha red estará constituida por cable de cobre desnudo de 50 mm².

2.4. PÉRDIDAS ELÉCTRICAS

Las pérdidas eléctricas del conjunto formado por el Parque Eólico y las infraestructuras de evacuación, se resumen a continuación, siendo las pérdidas del sistema colector calculadas en el apartado 2.2.2..

Pérdidas Transformador Aerogenerador =	0,86 %
Pérdidas Cable Transformador Aerogenerador Celda =	0,05 %
Pérdidas del sistema colector =	0,53 %
TOTAL PÉRDIDAS =	1,44 %