

# ESTUDIO BÁSICO ELECTROMAGNÉTICO

## SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BATERÍAS (BESS) STAND-ALONE, INFRAESTRUCTURA MEDIA TENSIÓN Y LINEA DE EVACUACION HASTA LA SUBESTACIÓN SANTA MARIA

**PROMOTOR:** LAUREA NEW ENERGY S.L. (B-06.922.348)

**EMPLAZAMIENTO:** POLÍGONO 3, PARCELA 33, CAN FERRERA, T.M. DE SANTA  
MARIA DEL CAMÍ, 07320, ILLES BALEARS



Progressum



técnicos  
consultores

### TÉCNICOS REDACTORES:

Jaime Sureda Bonnin (Col. 700 – C.O.E.T.I.B.)	Gonzalo García Uriarte (Col. 879 – C.O.E.I.B.)	Angel Lacleta Barrera (Col. 26827 – C.E.B.)
---	---	--

<b>0. RELACIÓN DE CONCEPTOS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>2</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. OBJETO .....	3
1.3. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA INSTALACIÓN.....	3
1.4. TITULARIDAD.....	4
1.5. TÉCNICOS RESPONSABLES.....	4
<b>2. NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>6</b>
3.1. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO .....	7
<b>4. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....</b>	<b>8</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	8
4.2. CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO .....	9
4.3. CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR UN CABLE DE MEDIA TENSIÓN.....	10
<b>5. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS.....</b>	<b>12</b>
5.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	12
5.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PARA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO.....	12
5.3. CUMPLIMIENTO NORMATIVO .....	12
5.4. CONDICIONES DE DISEÑO.....	13
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>

### **RELACIÓN DE IMÁGENES**

Imagen 1. Detalle del catastro con la parcela destinadas a almacenamiento. ....	6
Imagen 2. Implantación general.....	7
Imagen 3. Evacuación propuesta .....	8
Imagen 4. Campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo .....	9
Imagen 5. Corriente electromagnética sobre plano .....	9
Imagen 6. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (25Hz-800Hz) .....	10
Imagen 7. Terna de cableado MT .....	11
Imagen 8. Desfase de intensidades.....	11

### **RELACIÓN DE TABLAS**

Tabla 1. Dirección, referencia catastral y superficie del emplazamiento del sistema de almacenamiento .....	6
---	---

## 0. RELACIÓN DE CONCEPTOS Y ABREVIATURAS

AC: Alternating Current. Corriente alterna.

BMS: Battery management system. Sistema de gestión y protección a bajo nivel de las series de celdas de baterías.

BESS: Battery electricity storage system. Sistema de almacenamiento de electricidad por medio de baterías.

Ratio C: Tasa de carga o descarga, dada como la relación entre la corriente de carga o descarga (en A) y la capacidad útil de la batería (en Ah). Tiene unidades de inversa de tiempo (h<sup>-1</sup>).

DC: Direct Current. Corriente continua.

DoD: Depth of Discharge. Profundidad de descarga, que define los límites de operación de ciclado por la diferencia entre el SOC máximo y el mínimo.

EMS: Energy management system. Sistema de gestión de energía, que incluye monitorización, control, análisis y comunicaciones del sistema.

LFP: Química de baterías de litio hierro fosfato (LiFePO<sub>4</sub>).

MITERD: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

O+M: Operación y mantenimiento

PCS: Power conversion system. Electrónica de potencia bidireccional que carga y descarga las baterías.

RTE: Round trip efficiency. Eficiencia total del ciclo completo del sistema de almacenamiento. Incluye las pérdidas químicas y las eléctricas (resistivas y en electrónicas de potencia y transformadores).

SET: Subestación de transformación.

SGEE: Subdirección General de Energía Eléctrica del MITECO.

SOC: State of charge. Estado de carga de las baterías, generalmente medido en % como relación entre la carga acumulada en un momento dado con referencia a la máxima capacidad de carga posible (SOH).

SOH: State of health. Estado de salud de las baterías, que da la capacidad residual de la batería, generalmente dado como un % sobre la capacidad nominal.

SSAA: Servicios auxiliares (ver elementos en Integración).

# 1. GENERALIDADES

## 1.1. Antecedentes

Actualmente se está presenciando un notable despliegue de proyectos de generación eléctrica mediante fuentes renovables. Para lograr los ambiciosos objetivos de integración de estas energías, es imprescindible adoptar medidas que compensen la intermitencia y limitada gestionabilidad propias de las fuentes no almacenables. Este enfoque es respaldado por la Ley 7/2021, de 21 de mayo, de cambio climático y transición energética, así como por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 y la Estrategia de Almacenamiento Energético, cuyo objetivo está siendo revisado al alza. Estas directrices destacan que el almacenamiento energético será fundamental para respaldar el despliegue de energías renovables, garantizando la seguridad, calidad, sostenibilidad y economía del suministro.

Los sistemas de almacenamiento energético resultan esenciales para avanzar hacia una economía neutra en emisiones y asegurar una integración eficiente de las energías renovables. Permiten almacenar el excedente de energía producido en momentos de alta generación para emplearlo cuando la disponibilidad del recurso disminuye o la demanda aumenta.

En este escenario, con el constante incremento de potencia instalada en sistemas renovables, especialmente fotovoltaicos, se vuelve crucial no solo la hibridación de estas plantas con soluciones de almacenamiento, sino también la instalación de sistemas de almacenamiento independientes (stand-alone). Esto permite gestionar los desfases entre generación y demanda en áreas de la red alejadas de las grandes plantas generadoras, pero próximas a los puntos de consumo.

## 1.2. Objeto

El promotor Laurea New Energy, S.L. pretende realizar un proyecto de almacenamiento en un terreno alquilado en el término municipal de Santa Maria de Camí, Illes Balears.

Este informe tiene como objeto evaluar los campos electromagnéticos generados por el proyecto “**Almacenamiento Laurea III BESS Energy**” de Sistema de Almacenamiento de Baterías (BESS) Stand-Alone en media tensión a 15 kV y línea de evacuación a 15 kV hasta la subestación de Santa Maria. Se trata de una planta de almacenamiento de electricidad independiente (no vinculada a generación “Stand-Alone”) denominada “Laurea III BESS Energy” la cual se conecta de manera independiente en barras de media tensión de la Subestación “SE SANTA MARIA”.

El estudio se realiza conforme a la normativa vigente, con especial atención al Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

## 1.3. Descripción básica de la instalación

La instalación descrita en este proyecto se compone de cuatro contenedores estándar de 20 pies de **baterías de litio hierro fosfato** (LiFePO<sub>4</sub>). Estos contenedores, a su vez, incluyen un PCS integrado que permite una conversión energética eficiente de corriente continua a corriente alterna, de forma bidireccional, es decir permite tanto la carga como la descarga de la batería.

A la salida de estos contenedores, se coloca otro contenedor estándar de 20 pies que se trata de un **equipo elevador** que se encarga de convertir la baja tensión suministrada por las baterías en media tensión, 15kV, para inyectarla a la red eléctrica. Este contenedor integra diferentes componentes en un solo sistema: cuadros de baja tensión, cuadros de filtro, transformador de media tensión y unidad de maniobra.

Cada equipo elevador puede tener conectados hasta 5 contenedores de baterías, por las características de este proyecto, se le conectarán 4 contenedores. Esto constituye un **Bloque de Almacenamiento**. Cada bloque es de 5,04 MW, totalizando una potencia instalada de 5,04 MW. Cada container tiene una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 5,015 MWh totalizando, con sus 4 contenedores, **20,06 MWh de almacenamiento total**.

Este Bloque de Almacenamiento se conecta con línea **subterránea de media tensión (15kV)**, a las celdas del Centro de Maniobra y Medida, CMM, y posteriormente sale la línea de evacuación hasta las barras de la SE Santa María.

#### 1.4. Titularidad

El titular de la instalación es:

- **Sociedad:** LAUREA NEW ENERGY S.L.
- **CIF:** B-06.922.348
- **Dirección:** Paseo Club Deportivo, 1, ED.06-A, Somosaguas,  
28223, Pozuelo de Alarcón, Madrid, España
- **Datos de contacto del promotor:** Teléfono: (+34) 606813286

Correo: [tloeff@progressum.es](mailto:tloeff@progressum.es)

#### 1.5. Técnicos Responsables

Los técnicos facultativos responsables del diseño, dimensionado y legalización de las instalaciones en el mencionado proyecto son:

- Jaime Sureda Bonnin, colegiado nº 700 en el COETIB.
- Gonzalo García Uriarte, colegiado nº879 en COEIB.
- Ángel Lacleta Barrera, colegiado nº26827 en CETIB

## 2. NORMATIVA APLICABLE

- **Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre**, sobre protección del dominio público radioeléctrico y restricciones a las emisiones radioeléctricas.
- **Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo**, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- **ITC-RAT 14**, en relación con la verificación de los niveles de exposición a campos electromagnéticos.
- **ITC-RAT 15 Apartado 3.15**: Instalaciones eléctricas de exterior. Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión"
- **Norma UNE-EN 62271-202**, que establece los métodos válidos de ensayo para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.
- **Informe IEC/TR 62271-208**, referente a la metodología de ensayo para la medición de campos electromagnéticos en instalaciones de alta tensión.

### 3. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

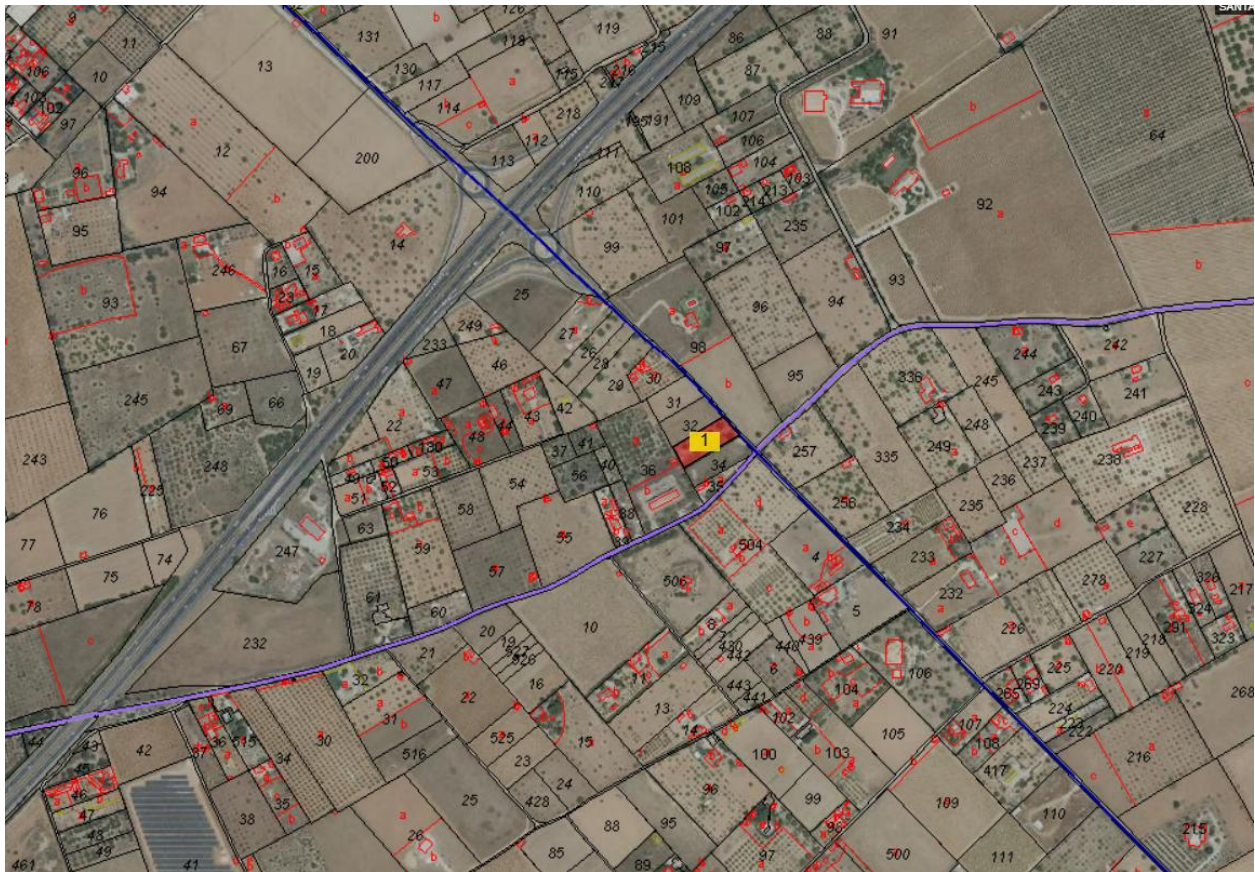
La planta de almacenamiento “Laurea III BESS Energy” se plantea en el término municipal de Santa María del Camí. En la tabla 3 e imagen 1 se muestra la parcela objeto.

*Tabla 1. Dirección, referencia catastral y superficie del emplazamiento del sistema de almacenamiento*

Dirección principal	Ref. Catastral	Superficie gráfica
Polígono 3, parcela 33 T. M. Santa María del Camí	07056A003000330000PI	2.712 m <sup>2</sup>

Las coordenadas UTM (Huso 31 UTM - ETRS89) del centroide de referencia donde se localizará la Planta BESS son las siguientes:

- Coordenada X: 483.409
- Coordenada Y: 4.389.356



*Imagen 1. Detalle del catastro con la parcela destinadas a almacenamiento.*

### 3.1. Implantación del proyecto

La planta de almacenamiento “Laurea III BESS Energy” se sitúa en el municipio de Santa María del Camí (Mallorca, Islas Baleares). La implantación general es la siguiente:



*Imagen 2. Implantación general*



Imagen 3. Evacuación propuesta

## 4. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

### 4.1. Introducción

Los campos electromagnéticos, son aquellos campos generados por el paso de una corriente eléctrica a través de un material conductor. Las ecuaciones de Biot y Savart permiten analizar el Campo que produce una corriente eléctrica:

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{u_t \cdot u_r}{r^2} dl$$

- $B$  es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio
- $u_t$  un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito que nos indica el sentido de la corriente en la posición donde se encuentra el elemento  $dl$ .
- $u_r$  es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente  $\frac{\mu_0 i}{4\pi} = 10^{-7}$  en el Sistema Internacional de Unidades.

Para el cálculo del campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente  $i$ , se puede establecer de la siguiente manera:

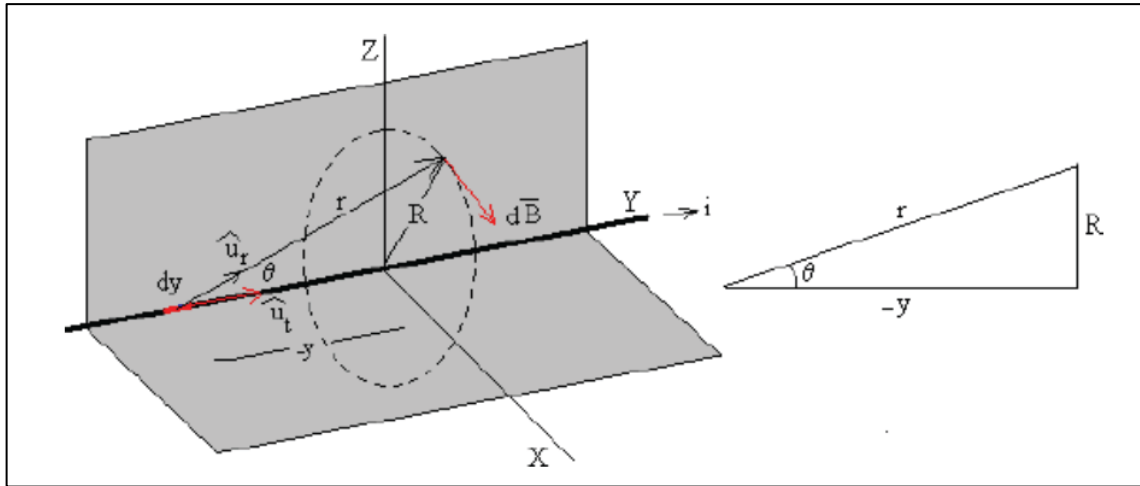


Imagen 4. Campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo

El campo magnético  $B$ , producido en el punto  $P$ , tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el propio punto. Integrado la ecuación de Biot y Savart:

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\text{sen}\theta}{r^2} dy = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \int_0^{\pi} \text{sen}\theta \cdot d\theta = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

Se integra sobre la variable  $\theta$ , expresando las variables  $x$  y  $r$  en función del ángulo  $\theta$ .

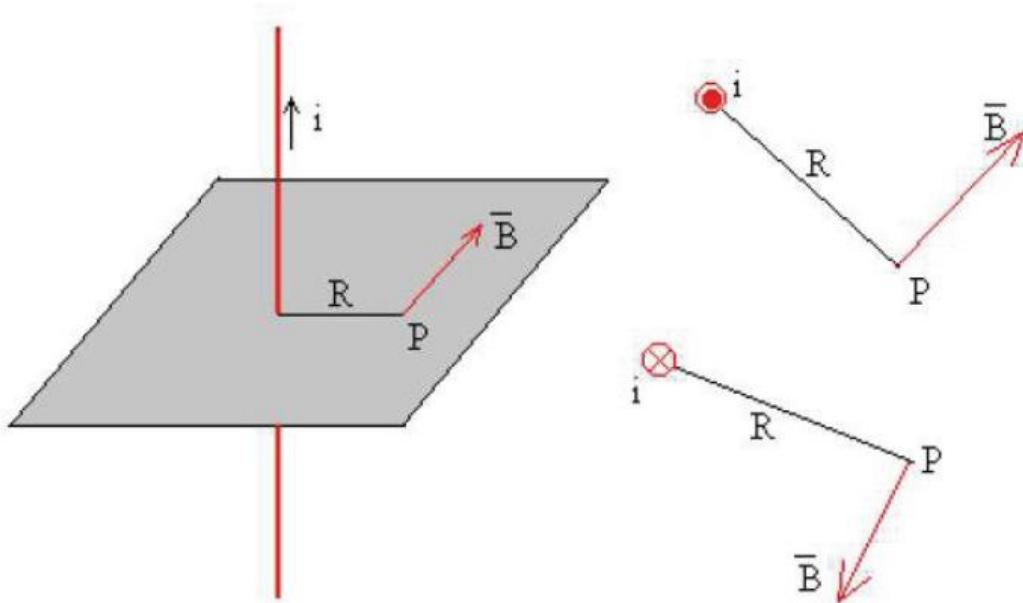


Imagen 5. Corriente electromagnética sobre plano

## 4.2. Cálculo del campo magnético

El campo magnético generado por las diferentes corrientes eléctricas dependerá de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableado.

Para evitar que se generen campos magnéticos en el entorno del cableado situado en las zanjas y en su transición hasta el trafo), todo el cableado, a excepción del cableado de entrada y salida del trafo, discurrirá trenzado de manera que los campos eléctricos generados por cada una de las líneas se anulen entre sí. En el siguiente apartado se justifica el campo magnético generado el cableado trenzado.

Por lo que respecta a los niveles de campo magnético permitidos, según el RD 1066/2001, por el que se establece el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, Anexo II, apartado 3.1 (Cuadro 2), se establece el límite de campo magnético admitido que se calculara como  $5/f$ , siendo  $f$  la frecuencia en kHz, siendo la frecuencia en nuestro caso, así como en todo el territorio europeo 0,05kHz (50 Hz). **De esta manera, el límite de campo es de 100  $\mu$ T.**

CUADRO 2

*Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)*

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B ( $\mu$ T)	Densidad de potencia equivalente de onda plana ( $W/m^2$ )
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	—
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	$0,73/f$	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

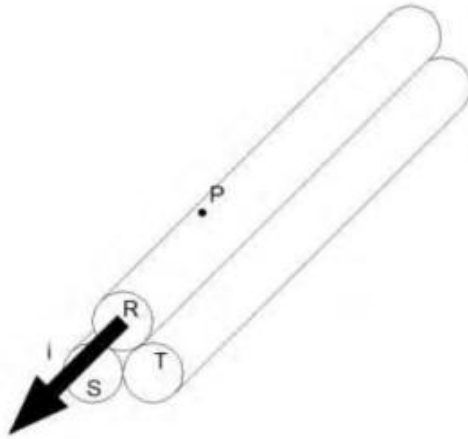
Imagen 6. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (25Hz-800Hz)

### 4.3. Cálculo del campo magnético generado por un cable de media tensión

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por el cableado unipolares de 240 mm<sup>2</sup>, de 3x1x240 mm<sup>2</sup>.

Para simplificar el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Media Tensión, discurriendo por el conjunto 3 cables (3x1x240 mm) y su intensidad máxima admitida.

Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 60 mm:



*Imagen 7. Terna de cableado MT*

El campo magnético generado en el Punto P será consecuencia del sumatorio de campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:

$$B_p = \sum B_{p,i} = B_{p,r} + B_{p,s} + B_{p,t}$$

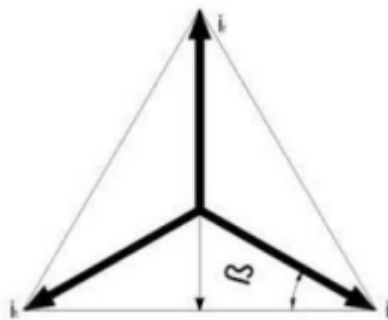
Suponiendo que la corriente está concentrada en el centro del cableado, para cada fase se tiene:

$$B_{p,r} = \mu \frac{iR}{2\pi r}$$

$$B_{p,s} = \mu \frac{iS}{2\pi d}$$

$$B_{p,t} = \mu \frac{iT}{2\pi d}$$

Teniendo en cuenta que las intensidades se encuentran desfasadas y pertenecen a un circuito trifásico equilibrado, se tiene que:



*Imagen 8. Desfase de intensidades*

Por lo que teniendo en cuenta que  $\beta=30^\circ$ :

$$i_s = i_t = i_r \cdot \text{sen}30 = -\frac{i_r}{2}$$

## 5. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS

### 5.1. Criterios de evaluación

De acuerdo con el Real Decreto 1066/2001 y la ITC-RAT 14, los valores máximos permitidos de campo magnético son:

- **100  $\mu$ T para el público en general.**
- **500  $\mu$ T para los trabajadores**, medido a 200 mm de la zona de operación.

### 5.2. Metodología de análisis para verificación del cumplimiento normativo

Para la verificación del cumplimiento normativo, se utilizarán las siguientes metodologías:

- **Mediciones in situ** mediante sondas de campo electromagnético calibradas, en distintos puntos estratégicos de la instalación.
- **Comparación con ensayos tipo** realizados en envolventes prefabricadas de Ormazabal, de acuerdo con la norma IEC/TR 62271-208.
- **Análisis de simulación electromagnética** basado en modelos de cálculo predictivo para la determinación de la distribución del campo magnético en el entorno de la instalación.

Estas medidas se realizarían, en caso de ser requerido, durante el proyecto ejecutivo.

### 5.3. Cumplimiento normativo

De acuerdo con el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del RD 337/2014, se debe comprobar que los valores de campo electromagnético no superen los límites establecidos en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

Los ensayos tipo realizados en las envolventes prefabricadas especificadas en este proyecto, conforme a IEC/TR 62271-208, confirman que los valores de campo magnético a 200 mm del exterior del centro de transformación cumplen con los límites normativos:

- Inferior a **100  $\mu$ T** para el público en general.
- Inferior a **500  $\mu$ T** para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación).

Dicho ensayo tipo se lleva a cabo de acuerdo con el informe técnico IEC/TR 62271-208, reconocido en la norma de obligado cumplimiento UNE-EN 62271-202 como método válido para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.

Asimismo, según el apartado 2 de la ITC-RAT 03 del RD 337/2014, el ensayo tipo de emisión electromagnética del centro de transformación forma parte del **Expediente Técnico**, el cual debe mantenerse a disposición de la autoridad nacional española de vigilancia de mercado, conforme a lo estipulado en dicha ITC-RAT.

## 5.4. Condiciones de diseño

Las instalaciones cumplirán con los límites establecidos por la normativa vigente, garantizando la seguridad tanto del público como de los trabajadores que operen en la infraestructura. Se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

- Uso de envolventes prefabricadas de Ormazabal o similar, que aseguran valores de campo magnético dentro de los límites normativos.
- Diseño de la instalación con ubicaciones estratégicas que minimicen la exposición a campos electromagnéticos, situados en lugares lejanos a sitios habitables.
- Control periódico mediante mediciones en puntos críticos para garantizar el cumplimiento a lo largo de la operación de la instalación.

Las medidas anteriormente comentadas se han tenido en cuenta en el diseño del parque de baterías para evitar al máximo los efectos adversos de la radicación electromagnética.

## 6. CONCLUSIONES

El presente estudio confirma que la instalación de baterías de ion litio cumplirá con los requisitos establecidos en la normativa vigente en relación con los campos electromagnéticos. Se garantiza así la seguridad del público y de los trabajadores, asegurando que las emisiones electromagnéticas permanecen dentro de los valores permitidos por el Real Decreto 1066/2001.

El valor es inferior al de 100  $\mu$ T, valor máximo establecido por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, que aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico. Además, el Sistema de Almacenamiento se encuentra alejado de núcleos de población, por lo que la afección a estos es nula, estando además la estación de transformación y el transformador de servicios auxiliares alejados del vallado perimetral, por lo que la afectación a personas en tránsito por el exterior del Sistema de Almacenamiento también se considera despreciable

Artà, agosto 2025

Ingeniero técnico industrial: Jaume Sureda Bonnin  
COL: 700 C.O.E.T.I.B.

Ingeniero industrial: Gonzalo García Uriarte  
COL: 879 C.O.E.I.B.

Ingeniero de la energía: Ángel Lacleta Barrera  
COL: 26827 C.E.T.I.B.