

METODOLOGIA UTILIZADA PARA ESTIMAR FUNDACIONES

DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PUNTA DEL SEN Y DE LOS SSMM

Para:

Comisión Nacional de Energía

Preparado por:

**Unión Temporal de Proveedores
KAS Ingenieros Asociados S.A. – Krea Energía Ltda.**

Rev.	Fecha	Emitido para	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
A	04-02-2025		UTP KAS - KREA		

CONTENIDO

1.	AEROGENERADORES (PARQUE EÓLICO)	3
2.	CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA.....	5
3.	SISTEMA BESS	6
4.	TURBINAS GAS EN CICLO SIMPLE OABIERTO	9

1. AEROGENERADORES (PARQUE EÓLICO)

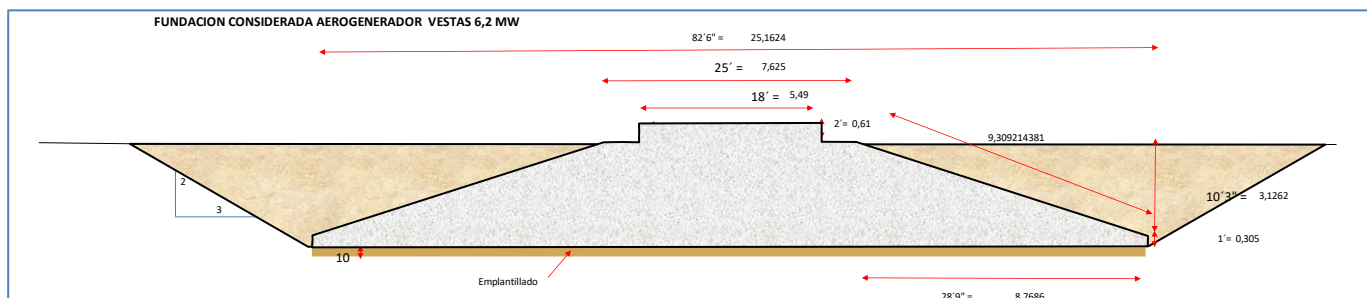
Las fundaciones principales de este proyecto son la de los aerogeneradores, puesto que las demás fundaciones son principalmente en la sala eléctrica, que consiste en fundaciones tipo poyos de hormigón.

Para las fundaciones de los aerogeneradores se consideró la experiencia de los fabricantes y la bibliografía disponible al respecto para fundaciones de aerogeneradores on-shore. En general, se han estudiado varios tipos de zapatas, sin embargo, se ha demostrado que la más eficiente en términos de cargas a soportar/ costos corresponde a una de tipo circular en forma troncocónica, por lo que los fabricantes de aerogeneradores para las alturas por sobre los 100 m proponen este tipo de fundaciones.

Se consideró para este caso un diseño para aerogeneradores, el modelo considerado para los cálculos corresponde a un aerogenerador onshore de 6,2 MW, con los siguientes supuestos de estimación de dimensiones, cuantías y volúmenes de materiales de la zapata de fundación:

- Tipo de suelo de fundación: En este caso, se considera que el suelo corresponde a uno del suelo firme con grava o tipo roca.
- Se consideran las siguientes características preliminares del suelo, que corresponden a un suelo genérico de buena calidad.
 - Presión admisible (σ_{adm}) $>0,25$ MPa
 - Presión máxima ($1,2 \cdot \sigma_{adm}$) $>0,325$ MPa
 - Peso específico (γ) $=18$ KN/m³
 - cohesión (c) $=0$
 - Angulo de rozamiento interno (ϕ) 30°
 - Módulo de balasto (k_{30}) >4 kg/cm³
- De acuerdo con los parámetros anteriores, no se consideró necesario realizar algún tipo de mejoramiento del suelo, tratamiento con columnas de grava, micropilotes o pilotes para efectos de fundar las zapatas.
- Se consideró que el nivel de napa freática se encuentra muy por debajo del sello de fundación, por lo que no es necesario realizar agotamientos.
- No se considera que los elementos enterrados estén expuestos a cloruros.
- No existen otro tipo de agentes químicos agresivos que puedan afectar el hormigón.
- Se ha estimado una cuantía de 73 kg/m³ de armadura.
- La forma de las fundaciones se estimó en base a diseños de aerogeneradores para la potencia y altura similares, siendo el escogido uno diseñado en proyecto similar para potencia de 6,2 MW, torres de 120 m de altura y diámetro de aspas de 162 m.

De acuerdo con los puntos indicados anteriormente, se prediseño una zapata circular en su base y con forma troncocónica, de acuerdo con la figura siguiente:



Con este prediseño, los volúmenes involucrados para cada zapata son los siguientes:

Material	Unidad	volumen/fund.
Hormigón	m ³	889
Armadura	kg	64.695
Excavación	m ³	2.665
Emplantillado	m ³	49,7
Relleno estructural	m ³	1.777
Moldaje	m ²	531

2. CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA

Para el caso del parque solar fotovoltaico, se consideró que después de realizado el acondicionamiento del terreno y efectuado el replanteo de la ubicación de los paneles fotovoltaicos, inversores, casetas de transformación, edificios y canalizaciones, se procede a realizar el hincado de las estructuras de soporte, las cuales estarán disponibles en el sitio de la construcción.

De acuerdo con esto, los centros de transformación/inversores, tendrán fundaciones de hormigón y los soportes de paneles fotovoltaicos serán hincados en el terreno para su fundación.

En general, la profundidad del hincado depende de las características del suelo de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos que se debe realizar para estos efectos, genéricamente, se estima la profundidad necesaria de hincado entre 3 m a 6 m.

Las fundaciones para los centros de transformación/inversores serán de tipo poyo de fundación en cada esquina de apoyo del contenedor que contiene todos estos elementos en un cuerpo. La dimensión de estas fundaciones se consideró en 90x90x50 (largo-ancho-alto).

Los volúmenes de hormigón armado requeridos para las fundaciones de los paneles solares (centros de transformación) por cada uno, se estiman en la siguiente tabla.

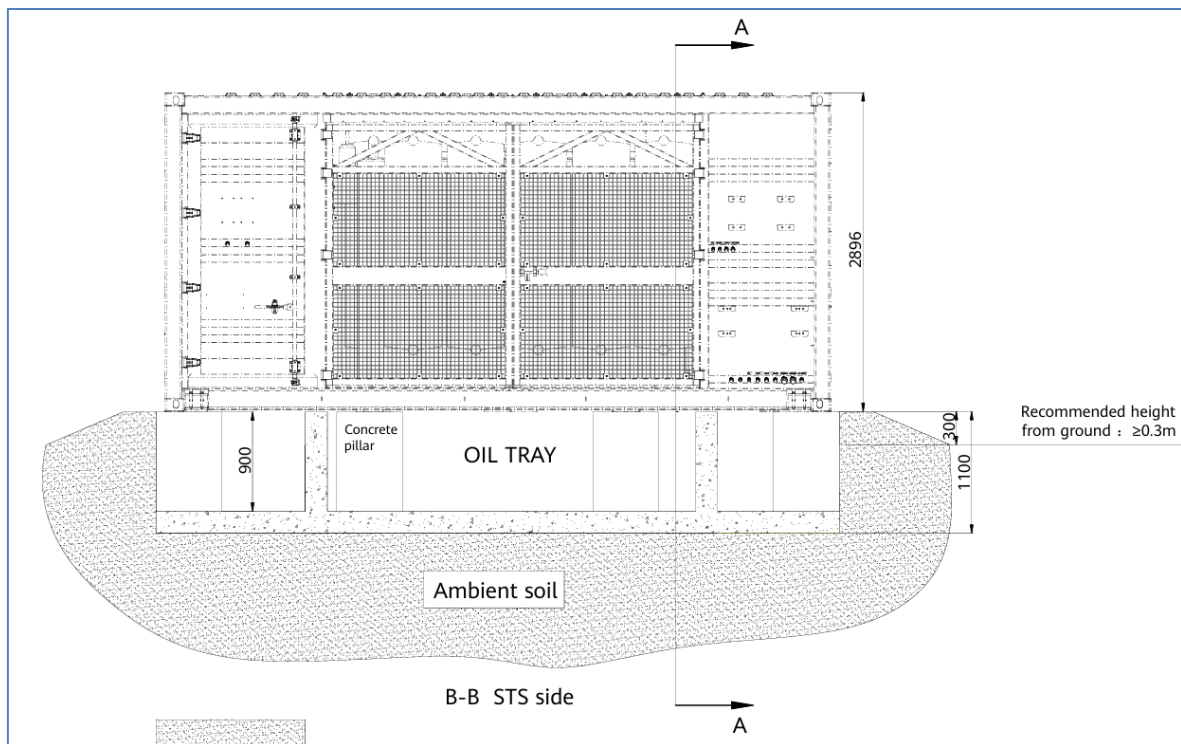
Material	Unidad	Volumen
Hormigón	m3	3,5
Armadura	ton	2,6
Excavación	m3	0,9
Emplantillado	m3	108
Relleno estructural	m3	5,6
Moldaje	m2	3,5

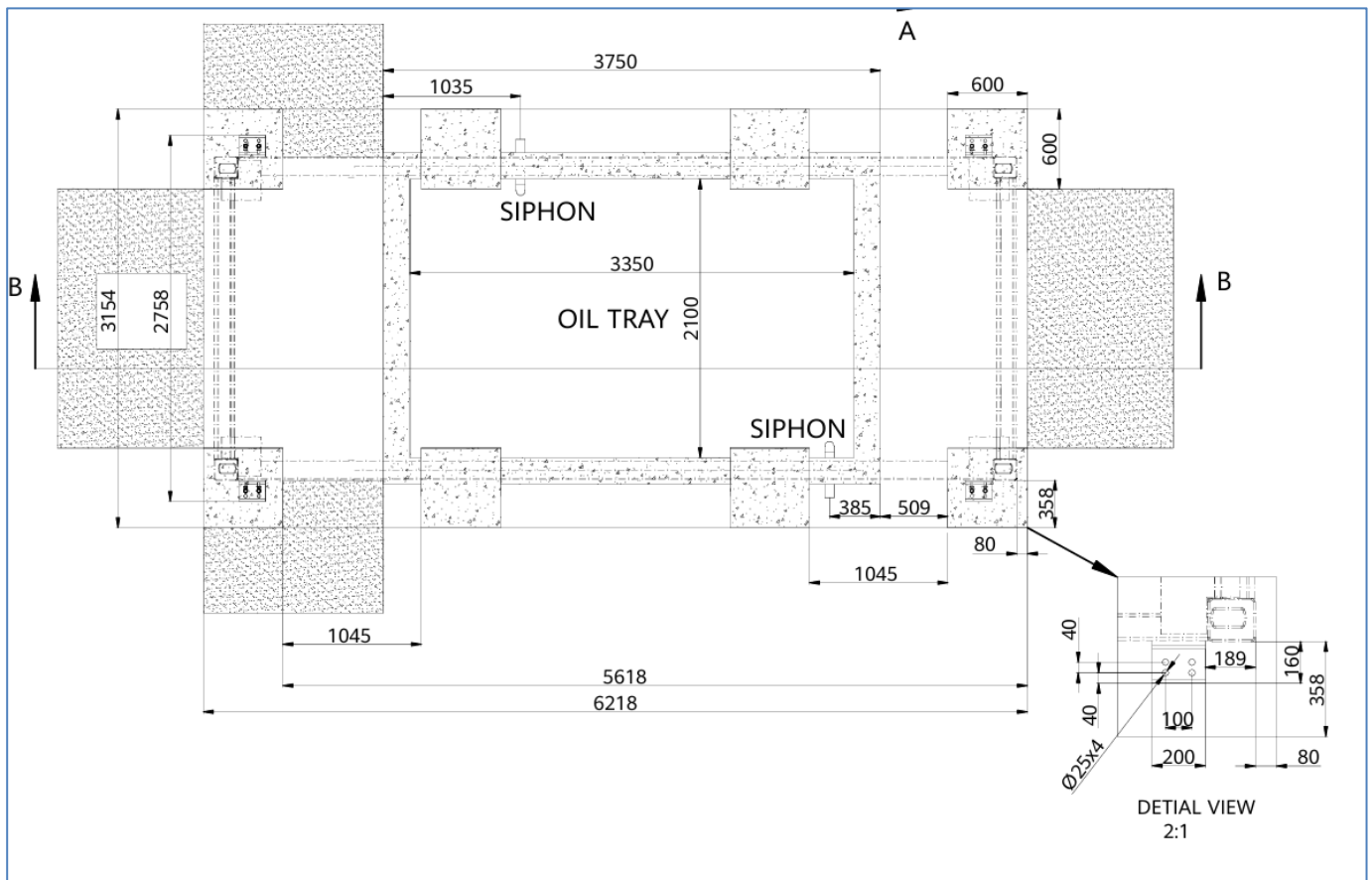
3. SISTEMA BESS

En este caso, las fundaciones corresponden principalmente a las baterías propiamente tal, los centros transformadores, los inversores y otros elementos menores.

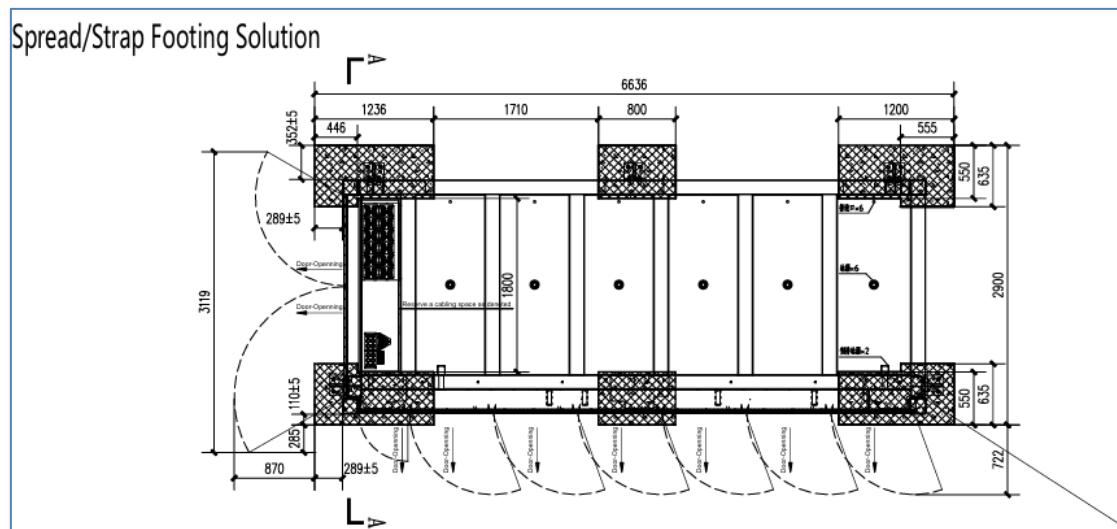
En general se tratan de poyos de fundación y en algunos casos, de una losa de fundación con columnas de soporte.

En el caso de los centros transformadores, se considera el siguiente tipo de fundación:





En el caso de los BESS, se tiene una estructura tipo contenedor, que se fundará según el siguiente tipo.

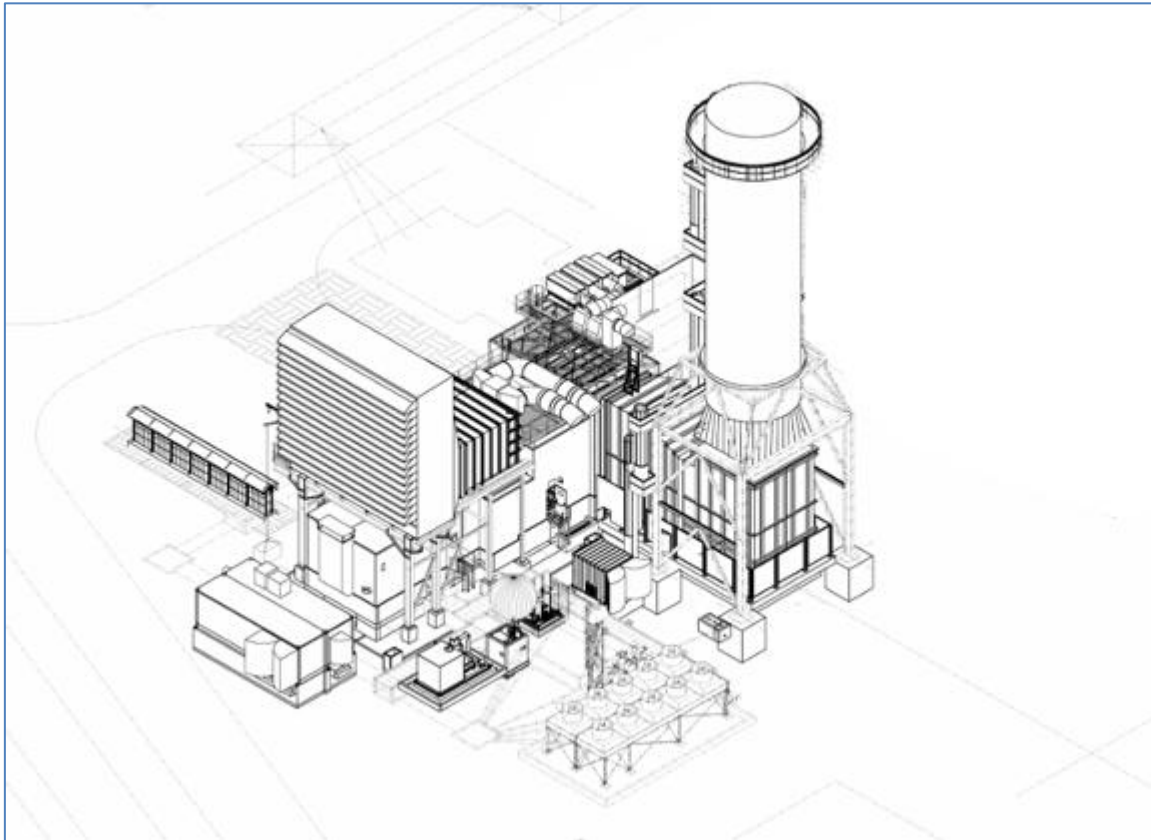


Con este tipo de fundaciones, las cubicaciones tipo para cada tipo de estructura son las siguientes:

Estructura	m ³ H35	m ³ excavacion	Kg insertos	Moldaje	Estructura
Modulos ESS	4,64	8,18	39,43	23,86	
Estrcutura Soporte Inversores	0,75	1,344	7,17	4,125	235,5
Estacion De Transformacion	7,9	52,8	28,68	43,45	
Modulo Control y Comunicaicon	0,588	0,9	6,57	1,68	80
Transformadores SSAA BESS	1,196	1,26	28,68	6,578	

4. TURBINAS GAS EN CICLO SIMPLE OABIERTO

En el caso de las turbinas a gas, se tienen variados modelos para las potencias calculadas. Se escogió un tipo de configuración típica de una centra de generación TG en ciclo simpe, tal como se indica en la figura.



Se supone que las características del suelo de fundación resisten las solicitaciones de los pesos distribuidos de las estructuras, siendo tipo grava o arena, por lo que no se requiere un mejoramiento de suelo, necesidad de pilotes u otro tipo de tratamiento al suelo de fundación. En todo caso, se supuso un relleno con estabilizado de 0,8 m en toda la zona de fundación.

Para efectos de costos se calcularon los siguientes volúmenes para el hormigón de las fundaciones de cada turbogenerador estudiado.

Hormigón en fundaciones turbogenerador		
Caso 70 MW	m3	802,5
Caso 120 MW	m3	1.433,0
Caso 150 MW	m3	1.562,0