

# **INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)**



## **GUÍA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL COMPONENTE CIVIL DE DIFERENTES TIPOS DE SOLUCIONES DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

**COLOMBIA  
2023**

## **Equipo de trabajo IPSE-Subdirección de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas**

I.C. Guerdy Alejandra Mendoza Rojas  
I.C. Diana Carolina Bojacá Torres  
I.C. Myriam Stella Reyes Ballesteros  
I.C. David Julián Vargas Alejo  
I.C. Ianos David Pérez Díaz  
I.C. Jairo Antonio Gámez Padro

### **En dirección de:**

Javier Eduardo Campillo Jiménez-Director General IPSE.  
Juan Mauricio Montealegre Guzmán- Subdirector de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas.  
Sebastián Rivas Páez-Coordinador Grupo de Evaluación y Viabilización de Proyectos.  
Jose Fernely Morales Sarmiento-Coordinador Grupo de Estructuración de Proyectos.

### **Elaborado y proyectado por:**

Guerdy Alejandra Mendoza Rojas  
David Julián Vargas Alejo

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	5
1. OBJETIVOS .....	6
1.1. Objetivo General.....	6
1.2. Objetivos Específicos .....	6
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	6
3. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES (SSFVI) .....	8
3.1. Introducción (Tanto para Caracterización del Suelo como Diseño Estructural) .....	10
3.2. Caracterización del Suelo (Modelo Geológico-Geotécnico) .....	10
3.2.1. Caracterización geológica.....	10
3.2.2. Caracterización del tipo de suelo escogido.....	12
3.2.3. Alternativas de cimentación .....	13
3.3. Diseño Estructural .....	14
3.3.1. Descripción de la estructura .....	14
3.3.2. Avalúo de cargas .....	15
3.3.3. Análisis de la estructura.....	16
3.4. Conclusiones y Recomendaciones (Tanto para Caracterización del Suelo como Diseño Estructural) .....	17
3.5. Documentos Anexos.....	17
4. SISTEMAS SOLARES CON NANO O MICRORREDES DE DISTRIBUCIÓN .....	19
4.1. Levantamiento Topográfico .....	20
4.2. Estudio de Suelos y Geotecnia.....	20
4.2.1. Caracterización geológica.....	21
4.2.2. Caracterización del suelo.....	21
4.2.3. Alternativa de cimentación estación de energía solar.....	21
4.2.4. Instalación de la red de distribución.....	21
4.3. Diseño Estructural .....	22
4.3.1. Descripción de la estructura .....	22
4.3.2. Avalúo de cargas .....	22
4.3.3. Análisis Estructural .....	23
4.4. Documentos Anexos:.....	24
5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GENERACIÓN CENTRALIZADOS (SFVC y SHFVC) .....	25
5.1. Central de Generación.....	25
5.1.1. Levantamiento topográfico.....	25
5.1.2. Estudio de suelos y geotecnia .....	25
5.1.3. Memorias de diseño estructural.....	26
5.1.4. Planos constructivos y de detalle.....	26
5.1.5. Memorias de cantidades y APU.....	26

5.2.	Red de Distribución .....	27
5.2.1.	Levantamiento topográfico del trazado de la red .....	27
5.2.2.	Estudio de suelos y geotecnia .....	27
5.2.3.	Diseños estructurales .....	27
5.2.4.	Planos constructivos y de detalle.....	27
5.2.5.	Memorias de cantidades.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		28



Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

## INTRODUCCIÓN

5

El presente documento tiene por objeto establecer los requerimientos mínimos para la formulación del componente civil en proyectos que involucren soluciones energéticas basadas en sistemas solares fotovoltaicos, más exactamente en las soluciones individuales (SSFVI), soluciones para comunidades pequeñas (Nano y Microrredes) y sistemas de generación centralizados (SSFVC), de los cuales, los últimos pueden incluir también el uso híbrido con plantas de combustible (SHFVC); como parte del programa de ampliación de cobertura y mejoramiento de la infraestructura eléctrica en las zonas no interconectadas (ZNI) que promueve el IPSE. Las alternativas de solución que se formulen deben estar alineadas con las indicaciones dadas por el Ministerio de Minas y Energía para este tipo de inversiones y deben contemplar las particularidades de la zona de implantación del proyecto, así como la normativa vigente y aplicable.

El contenido de esta Guía permitirá avanzar de manera ordenada y guiada en la formulación y estructuración del proyecto, a fin de lograr su viabilización; se incluyen aspectos relacionados con los análisis geotécnicos y estructurales que se deben realizar y algunas recomendaciones referentes a los anexos técnicos, presupuesto y planos de la alternativa seleccionada.

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo General

Establecer los requerimientos mínimos del componente civil para la formulación y estructuración de proyectos que involucren soluciones energéticas basadas en sistemas solares fotovoltaicos en las ZNI.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Mejorar las prácticas de estructuración de proyectos, mediante la definición y desarrollo de los aspectos técnicos esenciales en el componente civil, necesarios para la ejecución de este tipo de proyectos.
- Guiar a las entidades en las actividades de formulación y estructuración de proyectos para contribuir al fortalecimiento de los procesos de gestión de recursos públicos.
- Agilizar las tareas de formulación y estructuración, permitiendo la optimización de costos y tiempo.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia se distinguen dos zonas relacionadas con la prestación del servicio de energía eléctrica: las Zonas del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI); estas últimas se caracterizan por estar ubicadas en lugares de difícil acceso, tener baja densidad poblacional, presencia de comunidades étnicas, restricciones ambientales, conflicto armado, bajo nivel de ingresos de sus pobladores, entre otros.

Las ZNI han sido definidas en la Ley 855 de 2003, la cual establece en su artículo 1º que: “Para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica se entiende por Zonas no Interconectadas a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectadas al sistema interconectado nacional, SIN”. Así mismo lo establece el artículo 5 de la Ley 1715 de 2014. Estas zonas representan el 53% del territorio nacional y se encuentran ubicadas en 18 Departamentos, contemplan 78 Municipios, 5 Capitales Departamentales, 28 Cabeceras Municipales y de acuerdo con el Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura, PIEC 2019-2023 publicado por la Unidad de Planeación Minero-Energética- UPME, se estima que 1,184,340 habitantes no cuentan con una solución energética sostenible.

Ante este panorama, el Gobierno de Colombia a través de El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE, establecimiento público de orden nacional, adscrito al Ministerio de Minas y Energía ha venido identificando, implementando y monitoreando soluciones energéticas renovables, limpias y sustentables, contribuyendo a la mejora

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

de las condiciones de vida de los pobladores y combatiendo la emisión de gases de efecto invernadero en el marco de los compromisos de la meta impuesta en el COP21.

Dentro de las alternativas de solución se encuentran, dependiendo la fuente de energía (solar, hidráulica, eólica, biomasa, etc.), la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas, plantas de biomasa, sistemas fotovoltaicos, entre otras. En particular, los sistemas solares fotovoltaicos, resultan económicos, si se compara en muchos casos con la extensión de redes necesaria para conectarse al SIN, y hacen uso del alto potencial energético al país, debido a la ubicación de Colombia en la zona intertropical donde se recibe radiación solar constante durante todo el año.

En términos generales, las instalaciones fotovoltaicas consisten en instalaciones que convierten la radiación solar en energía eléctrica y se pueden agrupar en tres grupos: soluciones individuales, micro y nanoredes, y sistemas centralizados. Estos grupos difieren en tamaño, cargas y distribución espacial, por lo que existen particularidades, además de las inherentes a la zona de instalación, que deben considerarse en todas las fases, partiendo desde la planeación y estructuración de los proyectos.

Una instalación solar fotovoltaica es un arreglo que permite aprovechar la energía solar y convertirla en energía eléctrica utilizable. Generalmente, está constituida por paneles solares, un regulador, baterías o acumuladores de energía, un inversor de corriente DC/AC y los tableros e instalaciones eléctricas que distribuyen la electricidad.

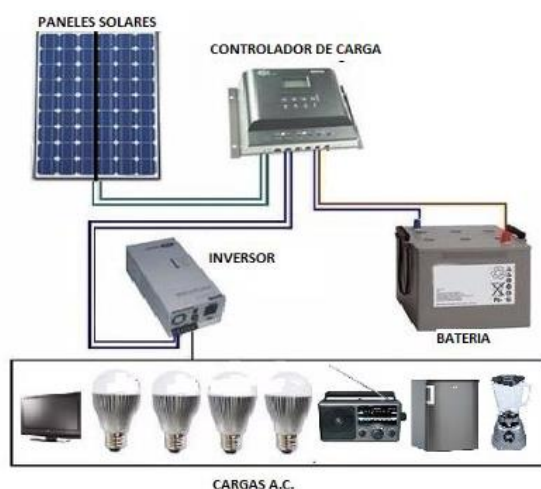


Imagen 2.1. Esquema típico fotovoltaico. Fuente: Ministerio de Minas y Energía

Existen varias opciones para la instalación de soluciones solares fotovoltaicas, cuya elección depende de la disponibilidad de espacio, características del terreno, presupuesto y particularidades del proyecto. Cuando no es viable la instalación de paneles sobre tejados existentes, se acude a

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

estructuras dispuestas sobre el terreno, las cuales pueden ser de baja altura o elevadas, que son en las que se centra esta guía, dependiendo el tipo de solución a implementar.



Imagen 2.2. a) Estructura de baja altura b) Estructura elevada. Fuente: IPSE

A continuación, se explican los requisitos y consideraciones a tener en cuenta para la formulación y presentación de cada tipo de proyecto.

### 3. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES (SSFVI)

Son sistemas con arreglos de 2 a 4 paneles, los cuales se soportan a través de una estructura elevada, compuesta por un tubo principal y un marco de soporte para los paneles (Imagen 3.1). **Estas estructuras, debido a que su uso primordial no es la habitación u ocupación humana, no se encuentran enmarcadas o cubiertas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (art. A.1.2.4, NSR-10)**, por lo tanto, el uso de esta normativa se deja, a criterio del diseñador, única y exclusivamente como fuente de información bibliográfica de consulta y soporte técnico para emplear metodologías de diseño, cumplir con parámetros y chequeos de seguridad, como también diseñar considerando buenas prácticas constructivas para salvaguardar la vida útil de la estructura, y **no es de obligatorio cumplimiento**.



Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023



Imagen 3.1. Esquema estructura tipo SSFVI. Fuente: Proyectos Tipo, DNP

Cuando se trata de soluciones individuales las necesidades estructurales son simples; el controlador, las baterías, el inversor y los interruptores de protección se disponen dentro de un gabinete que se ubica al interior de la vivienda o construcción beneficiaria (Imagen 3.2), la cual no requiere de un diseño estructural más allá de la elección de un muerto de anclaje (por lo general en concreto simple) cuando en la vivienda se requiera nivelar la superficie sobre la cual irá instalada el gabinete, comúnmente con unas dimensiones constructivas predeterminadas al tamaño del mismo, mientras que para la instalación de los paneles se requiere de una estructura de soporte, con una cimentación a una profundidad adecuada, que garantice la estabilidad del conjunto paneles-apoyo, considerando el peso propio de la estructura y los esfuerzos dinámicos del viento que va a soportar.

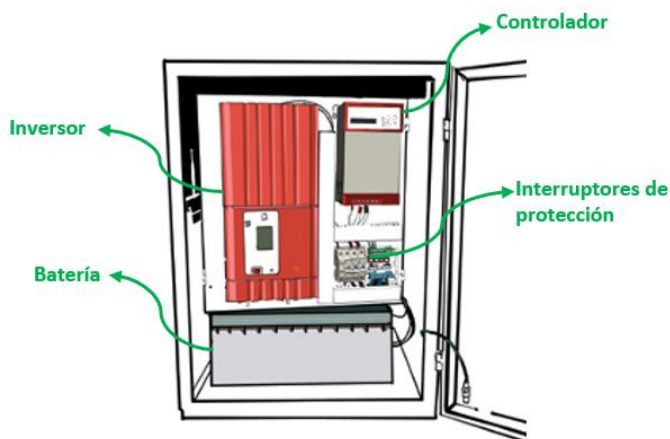


Imagen 3.2. Distribución de equipos al interior del gabinete (SSFVI).

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

Teniendo en cuenta lo anterior, para cualquier diseño SSFVI, se deberá presentar un informe, bien sea unificado o separado, donde se incluya, por una parte, una caracterización del suelo identificado para el área de influencia del proyecto, como insumo y argumento técnico para el diseño y dimensionamiento de la cimentación y, por otra parte, el diseño estructural de la estructura de soporte de los paneles y su cimentación, como también los debidos planos y demás documentos anexos.

El informe deberá estar compuesto como mínimo por:

### 3.1. Introducción (Tanto para Caracterización del Suelo como Diseño Estructural)

Breve descripción del alcance del documento de acuerdo al tipo de proyecto para el cual se desea presentar los estudios y diseños, definiendo también a rasgos generales la localización del mismo. De realizarse un solo informe unificado, esta introducción podrá desarrollarse al comienzo para las dos partes.

### 3.2. Caracterización del Suelo (Modelo Geológico-Geotécnico)

#### 3.2.1. Caracterización geológica

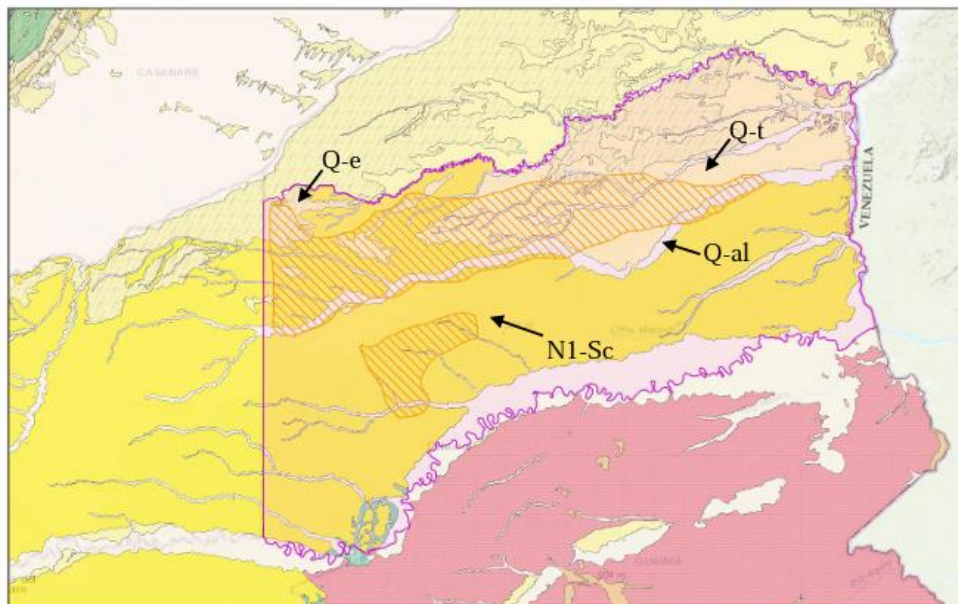
Se debe caracterizar el entorno geológico del área de influencia del proyecto de tal manera que, permita conocer el origen y aspectos geomorfológicos que den indicios sobre el tipo de formación (y suelo) que podría encontrarse. El alcance de esta caracterización no deberá ir más allá de la presentación del mapa geológico del área de influencia, delimitada por la envolvente de la localización de los usuarios más alejados, describiendo seguidamente, y de manera puntual, las unidades estratigráficas donde se ubiquen los usuarios dispersos, de manera que al final se concluya sobre el tipo de suelo que se espera encontrar en cada una de ellas, para así, al final escoger a partir del análisis y criterio del profesional, uno como el más representativo, o el más crítico, este último siempre y cuando se justifique una presencia significativa de usuarios bajo esa condición.

Se pueden escoger varios tipos de suelos si, a criterio del profesional, se desea presentar más de una propuesta de cimentación asociada, cada una, a una condición de suelo en particular, con el fin de obtener menores costos en el presupuesto.

Se recomienda consultar la página web del Servicio Geológico Colombiano para encontrar recursos como Mapas e Información, de preferencia la más reciente, para desarrollar este requisito.

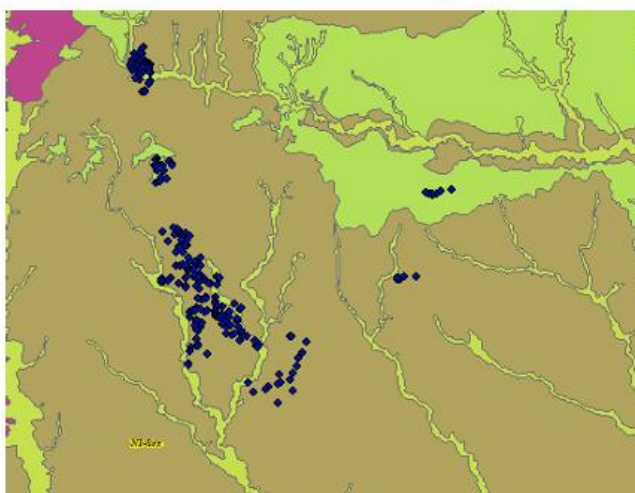
**Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica**

<b>IPSE</b>	<b>Versión</b>	<b>2.0</b>
<b>Subdirección de Planificación Energética</b>	<b>Fecha</b>	<b>17 Julio 2023</b>



Mapa Geológico del Municipio de Cumaribo (borde morado) y área de influencia del proyecto (borde naranja).  
Tomado de: Geoportal-Servicio Geológico Colombiano/Mapa Geológico de Colombia 2015

**P9 – San Vicente del Caguán**



**Figura 5 UBICACIÓN USUARIOS Fuente : Mapa geológico Colombiano**

Imagen 3.3. Ejemplos mapas geológicos con: arriba-área de influencia, abajo-localización de usuarios.

Fuente: Banco de proyectos IPSE

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

### 3.2.2. Caracterización del tipo de suelo escogido

Por cada tipo de suelo que se haya definido como representativo para el área de influencia del proyecto, se deberá realizar una caracterización de las propiedades físico-mecánicas y/o de resistencia del terreno de acuerdo a la metodología de diseño escogida para el diseño de la cimentación; por lo tanto, el alcance de esta caracterización no deberá ir más allá de definir únicamente las propiedades y parámetros cuantitativos que vayan a ser usados dentro de los cálculos u operaciones propias de la metodología.

No obstante lo anterior, para el caso de la capacidad de soporte del terreno, considerando la envergadura de la estructura, y quedando a criterio, decisión y responsabilidad del profesional, a continuación, se relacionan valores indicativos de capacidades portantes admisibles máximas para diferentes tipos de suelo, las cuales se podrán utilizar para profundidades de desplante de **1 metro en adelante**. Estos valores deberán cumplirse y verificarse en los sitios de implantación a la hora de construir e instalar la estructura para garantizar su estabilidad.

Tipo de suelo	Capacidad portante $\sigma_{adm}$ [kPa]
Suelo aluvial	$\leq 50$
Arcilla blanda	75
Arcilla firme	100
Arena húmeda	125
Arena y arcilla mezcladas	150
Arena fina seca (compacta)	200
Arcilla dura	250
Arena gruesa seca (compacta)	300
Arena y grava mezcladas (compacta)	350
Grava (compacta)	400
Roca blanda	600
Lutita o pizarra dura	800
Roca media	1000
Roca dura	1500

Tabla 3.1. Capacidades portantes admisibles máximas. Fuente: (AIS 114-17)

Cuando se desee realizar un cálculo detallado de este parámetro, cuando la profundidad de la cimentación sea inferior al metro de profundidad, o cuando se requiera definir propiedades del suelo adicionales para cálculos de diseño (p. ej. índice de compresibilidad “C” para el método de Sulzberger), se da la opción de emplear información secundaria para determinar la capacidad portante del terreno o las propiedades físico-mecánicas. Dicha información puede provenir (debidamente referenciada) de estudios geotécnicos realizados, bien sea para el mismo tipo de suelo definido, o en la zona del área de influencia del proyecto, para cualquier tipo de proyecto de obra civil en general; también de fuentes bibliográficas especializadas o cualquier recurso que se considere confiable. En cualquier caso, se deberá realizar un desarrollo argumentativo de la pertinencia y relación de la información referenciada con el tipo de suelo o área de influencia del proyecto, y cuando se empleen estudios geotécnicos, deberán presentarse como anexo.

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

Cuando se desee referenciar valores de capacidad portante del suelo, estos valores deberán estar calculados o relacionados con el mismo tipo de estructura, no podrán sobrepasar los valores máximos de la Tabla 3.1, y se deberá evidenciar que el valor fue calculado para condiciones, dimensiones y profundidades cuando mínimo más críticas que las planteadas para el proyecto.

En caso de contar con información primaria representativa, deberá presentarse la ubicación de los sondeos en relación con el área de influencia, especificando sus coordenadas. También debe describirse el trabajo de campo y de laboratorio que se llevó a cabo, como también presentarse los resultados de los ensayos realizados como anexo.

La información de la caracterización del suelo debe presentarse en una tabla resumen donde se indiquen los parámetros físico-mecánicos del suelo, como mínimo hasta la profundidad a la que irá implantada la estructura. A continuación, se muestra un ejemplo del resumen de parámetros geotécnicos:

Estrato No.	Profundidad [m]	Clasificación SUCS	$\gamma_{total}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	C [kg/cm <sup>3</sup> ]	C' [KPa]	$\phi'$ [grados]
1	1.5	CH	18.5	8	20	10
2	3	CH	20.2	12	45	22

Tabla 3.2. Ejemplo resumen de parámetros geotécnicos

Vale la pena recalcar que, los valores que deben presentarse son aquellos que se requieren para el diseño (p.ej., propiedades físicas y de resistencia (C',  $\phi'$ ,  $\gamma$ ) para determinar la capacidad portante según Terzaghi).

### 3.2.3. Alternativas de cimentación

Comprende el diseño geotécnico y definición de la(s) propuesta(s) de cimentación en el que se especifiquen claramente las consideraciones tomadas, incluyendo la metodología de diseño y la procedencia de todos los parámetros empleados, dependiendo del tipo de cimentación elegida, para determinar la profundidad de desplante y sus dimensiones. Se debe incluir la memoria de cálculo respectiva donde se demuestren los factores de seguridad a los haya lugar. Se sugiere la utilización de un factor de seguridad indirecto, de acuerdo con la siguiente tabla:

Condición	F. S. Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta+ Carga Viva Normal + Sismo	1.5

Tabla 3.3. Factores de seguridad indirectos mínimos. Fuente: Tabla H.4.7-1, NSR-10

Las opciones de cimentación para estructuras con paneles solares son diversas, sin embargo, estas deben analizarse teniendo en cuenta las particularidades que puedan presentarse en los proyectos. Dentro de las estructuras más utilizadas en estos casos se encuentran las zapatas aisladas y los pilotes de concreto pre excavados; también se pueden considerar elementos prefabricados preexcavados o para hincar. En cualquier caso, **el diseño presentado debe estar acorde a la**



Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

capacidad portante y tipo de fundación elegida.

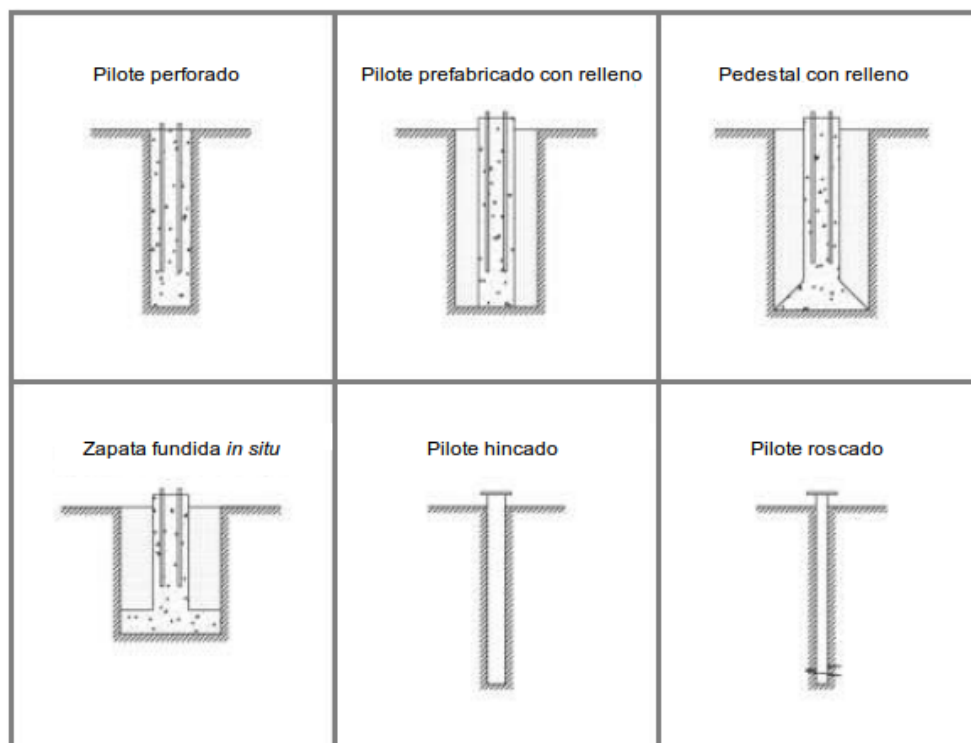


Imagen 3.4. Distribución de equipos al interior del gabinete (SSFVI). Cimentaciones típicas para SSFVI.  
Fuente: Adaptado de (Lutteneger, 2016).

### 3.3. Diseño Estructural

#### 3.3.1. Descripción de la estructura

Se debe describir y explicar la estructura propuesta y su cimentación, incluyendo dimensiones, especificando materiales y propiedades de cada elemento del sistema estructural, señalando claramente los componentes (número de paneles, estructura de soporte, conexiones, etc.). Esta información debe sustentarse con especificaciones técnicas preferiblemente y, se debe dejar claridad de los elementos o componentes que se planean adquirir prefabricados; ya que, de esto depende el alcance de los diseños a presentar. En ese caso, se solicitará únicamente presentar la ficha técnica del fabricante, donde se detallen las especificaciones del elemento y sus estados límites y resistencias. Se recomienda evaluar siempre la posibilidad de utilizar materiales constructivos con facilidad adquisición de acuerdo a la zona donde se vaya a realizar el proyecto, esto con el fin de contemplar alternativas sostenibles y económicas que vayan aterrizadas a la condiciones propias del área de influencia del proyecto (p. ej. Postes y marcos en Fibra de vidrio).

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

### 3.3.2. Avalúo de cargas

Las cargas a considerar para este tipo de estructuras son: muerta, viva (como factor de seguridad, sin perjuicio de incurrir en sobredimensionamientos), viento y, se recomienda incluir fuerza de sismo cuando el área de influencia del proyecto se encuentre **únicamente en zona de sismicidad alta**, siguiendo el título A de la NSR-10, o definiéndola de cualquier otra manera a criterio del diseñador, con su debida justificación y procedencia.

A continuación, se muestra un ejemplo de las fuerzas básicas a considerar en el diseño de una estructura típica SSFVI:

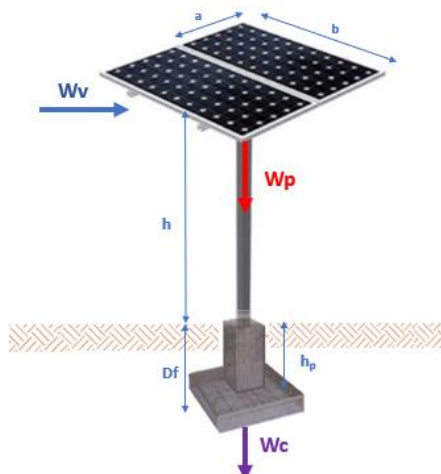


Imagen 3.5. Diagrama de fuerzas básicas para el diseño de una estructura (SSFVI).

Allí se observa que las cargas transmitidas al suelo corresponden principalmente al peso de la estructura ( $W_p$ : peso paneles + soporte y marco), la carga de viento ( $W_v$ ) y el peso propio de la cimentación ( $W_c$ ).

La carga muerta asociada a los paneles solares con su respectiva estructura de soporte, debe sustentarse con la ficha técnica de los productos, y de no adquirirse elementos prefabricados, deberá presentarse el cálculo de estos pesos a partir de las especificaciones de material y dimensiones.

La carga de viento deberá ser calculada para las condiciones particulares del área de influencia del proyecto y se recomienda seguir alguna de las metodologías propuestas en el capítulo B.6 de la NSR-10, o cualquiera que el diseñador considere acorde. Únicamente se recomienda considerar un **valor mínimo de  $0.40 \text{ kN/m}^2$** , en caso de que los cálculos den un valor inferior a éste. El valor mínimo propuesto deberá multiplicarse por el área de los paneles a usar, proyectada a un plano vertical

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

normal a la dirección de viento.

Todas las cargas deberán estar debidamente justificadas a partir de cálculos, soportes y/o criterios debidamente argumentados.

16

### 3.3.3. Análisis de la estructura

En general, una vez obtenidas las cargas a las que estará sometido el sistema estructural, se recomienda obtener las cargas de diseño mayorándolas, para lo cual se sugiere el uso de las combinaciones de carga referenciadas en el Título B.2.3 y B.2.4, o cualquiera que el diseñador considere acorde, justificando su elección, sin perjuicio de incurrir en sobredimensionamientos.

#### Estructura de Soporte

Para este tipo de estructuras se recomienda que sean adquiridas como kits prefabricados, con el fin de ahorrarse el desarrollo de un diseño estructural detallado, en cuyo caso únicamente se deberá realizar una comparación entre las cargas o esfuerzos a los que la estructura estará sometida bajo las condiciones particulares del proyecto y su área de influencia, y los estados límites de servicio o falla certificados por el fabricante de los elementos prefabricados. En esta comparación se deberá demostrar que la estructura es estable y cumple con un factor o margen de seguridad, lo cual se deja a criterio del diseñador como considere mejor hacerlo y justificarlo.

De no adquirirse elementos prefabricados, deberá presentarse el diseño estructural y este deberá contener un análisis que muestre claramente cómo fueron ingresadas las cargas al sistema estructural, mostrar los resultados del desempeño de los elementos del sistema estructural, y en el que se planteen todos los chequeos de diseño pertinentes, mostrando claramente la procedencia de todos los parámetros, valores y consideraciones tenidas en cuenta. Este análisis puede realizarse mediante una hoja de cálculo o por medio de un software especializado, en cuyo caso deberá especificarse cuál y su licencia. En todo caso, deberá presentarse como anexo el reporte de datos iniciales y resultados obtenidos (memoria de cálculo). Lo mismo aplica en el caso de las conexiones entre elementos del sistema (cimentación- poste, poste-marco, etc.), donde deberá presentarse el análisis que conlleve a determinar número de pernos, disposición de estos, verificación del diseño de la conexión, tipo de soldadura a emplear, etc.

#### Cimentación

Con base en la caracterización del suelo, y buscando una estructura técnica y económicamente viable, con facilidad constructiva y segura, se debe exponer el desarrollo de la metodología escogida para verificar y asegurar la estabilidad estructural de la cimentación propuesta. De igual forma, se debe presentar un análisis de la evaluación de los asentamientos esperados y/o las consideraciones que se tengan al respecto (de no considerarse necesario el cálculo, aclarar el criterio empleado para omitirlo). Respecto al empleo de refuerzo o no, este deberá estar debidamente justificado, mostrando claramente la procedencia (o cálculo) de la cuantía a utilizar y una propuesta que sea acorde a la misma, o el criterio tenido en cuenta para omitirlo.

Además de los chequeos de seguridad (dentro de los cuales **se debe incluir siempre el chequeo por volcamiento**), se recomienda seguir, en el caso de cimentaciones en concreto, las consideraciones de seguridad y dimensiones mínimas propuestas en el título C de la NSR-10 (p. ej.



Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

recubrimientos mínimos del refuerzo, altura mínima para bases de zapatas, cuantía mínima de refuerzo para elementos en concreto sometidos a compresión, etc.), esto a criterio del diseñador. Independientemente de cuál sea la cimentación o alternativas de cimentación evaluadas, deberán presentarse las respectivas comprobaciones a las que haya lugar, presentando los factores de seguridad obtenidos. En el caso de zapatas debe evaluarse la falla por punzonamiento, el cortante en la sección crítica y momento último, como mínimo.

En general para la cimentación, **no se aceptarán factores de seguridad y las propuestas de refuerzo que incurran en sobredimensionamientos**, a no ser que el exceso en alguno de estos esté justificado por el cumplimiento de otro chequeo de diseño.

#### **Consideraciones de resistencia y durabilidad**

En el caso de cimentaciones en concreto se sugiere la utilización de concreto con una resistencia no menor a 21 MPa (3000 PSI). El refuerzo debe ser en acero corrugado, el refuerzo liso solo puede utilizarse en estribos, espirales o tendones, y refuerzo por retracción y temperatura.

### 3.4. Conclusiones y Recomendaciones (Tanto para Caracterización del Suelo como Diseño Estructural)

En este apartado se debe presentar un resumen de los principales hallazgos y diseños presentados. Si la propuesta de cimentación incluye material de relleno, las especificaciones de este deberán ser descritas. De igual forma, deben darse recomendaciones para las excavaciones y control de aguas superficiales o subsuperficiales, en caso de requerirse, y sugerencias constructivas en general, tanto de la cimentación, como de la estructura de soporte si es el caso. También se debe dejar siempre indicado que todo cambio que se presente en la validación en campo de las consideraciones tenidas en cuenta e incurra en modificaciones a los diseños, deberá ser notificada a los profesionales responsables para realizar los ajustes correspondientes.

De realizarse un solo informe unificado, este capítulo podrá desarrollarse al comienzo para las dos partes.

### 3.5. Documentos Anexos

#### **Planos Constructivos**

De la estructura de soporte Que incluyan el detalle suficiente y las especificaciones técnicas pertinentes. Estos deben estar rubricados por el profesional responsable.

#### **Documentos de los Profesionales**

- Documentos del profesional responsable: tanto del estudio de caracterización del suelo como del diseño estructura. Se deberá presentar para cada uno matrícula profesional, certificado de vigencia y documento de identificación.
- Certificados de idoneidad: el responsable del estudio de caracterización del suelo deberá acreditar como mínimo estudios de posgrado en geotecnia y 1 año de experiencia específica

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

realizando estudios de suelos para cualquier obra civil de infraestructura, o 2 años de experiencia específica realizando estudios de suelos para cualquier obra civil de infraestructura si no se cuenta con la formación académica solicitada. Lo anterior podrá hacerse a través de diplomas o actas de grado, certificaciones de experiencia laboral o actas de liquidación de contratos.

- Memorial de responsabilidad: debidamente firmado tanto para el estudio de caracterización del suelo como para el diseño estructural.

### **Análisis de precios unitarios (APUs)**

Para la elaboración del presupuesto de las actividades necesarias para la construcción de la estructura de soporte y su cimentación deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Las cantidades de obra y pesos transportados deberán ser calculados (mostrando claramente su procedencia) a partir de los diseños y planos presentados.
- Los materiales que se incluyan en los APU's deben describirse lo suficiente, de acuerdo con las especificaciones o requerimientos técnicos que se propongan.

**Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica**

<b>IPSE</b>	<b>Versión</b>	<b>2.0</b>
<b>Subdirección de Planificación Energética</b>	<b>Fecha</b>	<b>17 Julio 2023</b>

## 4. SISTEMAS SOLARES CON NANO O MICRORREDES DE DISTRIBUCIÓN

### **Nanorred**

Consiste en una envolvente metálica de dimensiones 2x2x1,5 m (5') aproximadamente, sobre el cual se apoyan 9 paneles solares que tendrán una inclinación máxima de 15°. A continuación, se muestra un esquema del montaje y en las figuras subsiguientes un ejemplo de los tipos de envolvente considerados en el diseño.

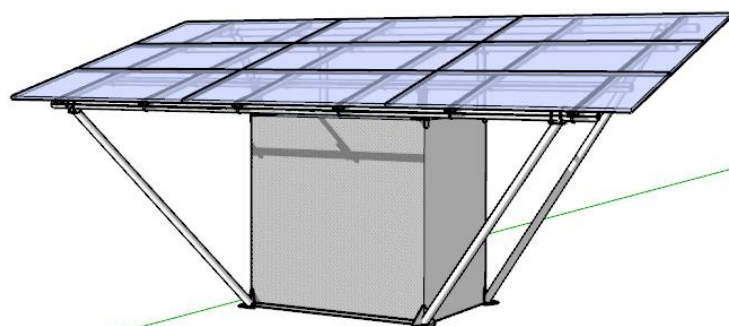


Imagen 4.1. Esquema de la estructura tipo nanorred. Fuente: Propia



Imagen 4.2. Ejemplo de estructura tipo container. Fuente: Boxpower (izquierda) HACON CONTAINERS (derecha).

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

### Microrred

Consiste en una envolvente metálica de dimensiones 3x2.6x2.4 m (10') aproximadamente, sobre el cual se apoyan 18 paneles solares que tendrán una inclinación máxima de 15° en cada agua, la cual almacenará todos los equipos asociados al sistema eléctrico y distribuirá energía a la comunidad a través de una red que podrá ser, bien sea área o subterránea. A continuación se muestra un ejemplo del montaje de este tipo de solución.

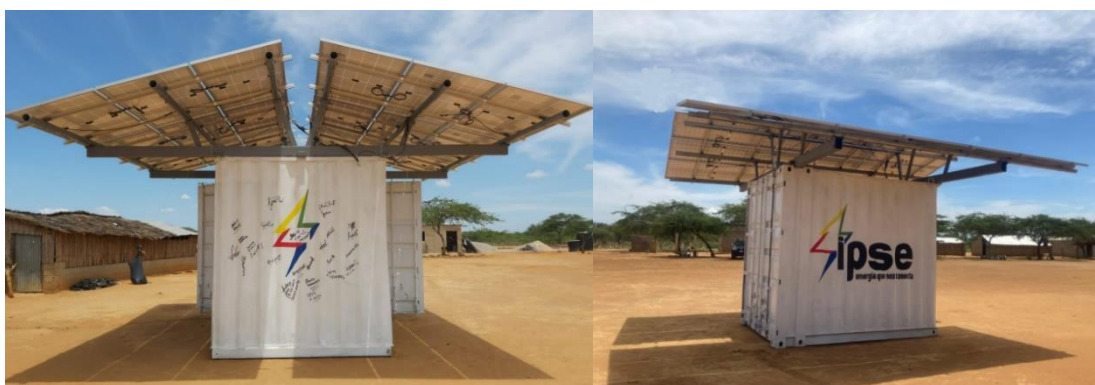


Imagen 4.3. Esquema de la estructura tipo nanorred. Fuente: Propia

Los componentes estructurales de este tipo de soluciones **tampoco se pueden enmarcar dentro de la NSR-10**; sin embargo, estas cuentan con un grado de complejidad y detalle mayor, por lo cual, cualquier diseño para Nano o Microrred, deberán entregarse los siguientes documentos, teniendo en cuenta las consideraciones que a continuación se detallan para cada uno:

#### 4.1. Levantamiento Topográfico

Del área del terreno acotado por el cerramiento de la estación de energía solar y del trazado de la red de distribución. Este debe aclarar la existencia o no de estructuras y redes de servicios existentes que puedan o no interferir a lo largo del trazado de la red y se deben generar los perfiles del trazado que permitan evidenciar la necesidad o no de obras complementarias. Este deberá incluir además:

- Planos producto del levantamiento: planimetría, implantación, etc.
- Informe de soporte: debidamente firmado por el profesional responsable.
- Anexos: registro fotográfico, carteras de campo, certificado de calibración de los equipos.
- Documentos del profesional responsable: documento de identificación y tarjeta profesional con su certificado de vigencia.

#### 4.2. Estudio de Suelos y Geotecnia

A diferencia de las SSFVI, este tipo de solución deberá tener un sitio de localización puntual y específico para la estación de energía solar, para cual se solicitará por lo menos un **(1) apique** en el lugar de implantación de la estructura, como también **(1) apique cada 500 m** de red distribución, **ambos como mínimo a 1.5 m de profundidad**. con el fin de tener información en campo para poder

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

establecer las consideraciones particulares de instalación de la red, bien sea para área o subterránea. A partir de los apiques se deberá generar un informe de estudio de suelos, el cual deberá contener como mínimo:

#### 4.2.1. Caracterización geológica

La cual debe desarrollarse de la misma manera que para las SSFVI (sec. 3.2.1)

#### 4.2.2. Caracterización del suelo

Se deberá realizar una caracterización de las propiedades físico-mecánicas y/o de resistencia del terreno de acuerdo a la metodología de diseño escogida para el diseño de la cimentación de la estación de energía solar y de los parámetros que deban tenerse en cuenta para la instalación y tendido de la red de distribución. Deberá presentarse la ubicación de los apiques especificando sus coordenadas. También debe especificarse el trabajo de campo y de laboratorio que se llevó a cabo, como también presentarse los resultados de los ensayos y el registro fotográfico de los apiques realizados como anexo.

La información de la caracterización del suelo debe presentarse a través de perfiles estratigráficos, como mínimo hasta la profundidad a la que se solicitan los apiques.

Dentro de la caracterización del suelo también deberá presentarse un análisis de nivel freático.

#### 4.2.3. Alternativa de cimentación estación de energía solar

Comprende el diseño geotécnico y definición de la propuesta de cimentación en el que se especifiquen claramente las consideraciones tomadas, incluyendo la metodología de diseño y la procedencia de todos los parámetros empleados, dependiendo del tipo de cimentación elegida, de acuerdo a la profundidad de desplante y sus dimensiones, para determinar la capacidad del suelo. Se debe incluir la memoria de cálculo respectiva donde se demuestren los factores de seguridad a los haya lugar. Se sugiere la utilización de un factor de seguridad indirecto, de acuerdo con la Tabla 3.3. Factores de seguridad indirectos mínimos. Fuente: Tabla H.4.7-1, NSR-10 Tabla 3.3.

#### 4.2.4. Instalación de la red de distribución

Aquí se deberán especificar y detallar todas las consideraciones y recomendaciones necesarias para la correcta instalación de la red, especificando las profundidades de los postes, y la necesidad o no de estructuras estabilizadoras (cimentaciones o templetes) para el caso de las redes aéreas; o la especificación y caracterización de las zanjas, y la necesidad o no, de rellenos o tratamientos del suelo para el caso de las redes subterráneas; como también consideraciones en caso de presentarse aguas subsuperficiales.

Por último, El informe deberá presentarse debidamente firmado por el profesional responsable, y deberán presentarse los documentos e idoneidad del profesional responsable siguiendo las mismas consideraciones que para las SSFVI (sec. 3.5-Documentos de los Profesionales)



Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

### 4.3. Diseño Estructural

Comprende el diseño estructural de la estación de energía solar, su cerramiento, y la definición y chequeos de estabilidad del tipo de estructuras que se emplearán para la red de distribución. Se deberá presentar un informe explicativo de las memorias de cálculo obtenidas, el cual deberá contener como mínimo:

22

#### 4.3.1. Descripción de la estructura

Se debe describir y explicar las estructuras propuestas tanto para la estación, su cerramiento y la red de distribución, incluyendo dimensiones, especificando materiales y propiedades de cada elemento del sistema estructural, señalando claramente los componentes (número de paneles, estructura de soporte, conexiones, altura de postes, descripción del tipo de cerramiento y obras complementarias de la red, etc.). De emplearse elementos prefabricados, se deberán indicar cuáles, y sus especificaciones deben sustentarse con fichas técnicas donde se detallen las características del elemento y sus estados límites y resistencias. Se recomienda evaluar siempre la posibilidad de utilizar materiales constructivos con facilidad adquisición de acuerdo a la zona donde se vaya a realizar el proyecto, esto con el fin de contemplar alternativas sostenibles y económicas que vayan aterrizadas a la condiciones propias del área de influencia del proyecto.

#### 4.3.2. Avalúo de cargas

Las cargas a considerar para la estación serán: muerta, viva, viento y, se recomienda incluir fuerza de sismo cuando el área de influencia del proyecto se encuentre **únicamente en zona de sismicidad alta**, siguiendo el título A de la NSR-10, o definiéndola de cualquier otra manera a criterio del diseñador, con su debida justificación y procedencia.

La carga muerta asociada a los paneles solares con su respectiva estructura de soporte, al igual que la de la envolvente y los equipos que albergará, debe sustentarse con la ficha técnica de los productos, y de no adquirirse elementos prefabricados, deberá presentarse el cálculo de estos pesos a partir de las especificaciones de material y dimensiones.

La carga viva siempre deberá contemplarse como un factor de seguridad, teniendo en cuenta las labores de instalación y mantenimiento de la instalación.

La carga de viento deberá ser calculada para las condiciones particulares del área de influencia del proyecto y se recomienda seguir alguna de las metodologías propuestas en el capítulo B.6 de la NSR-10, o cualquiera que el diseñador considere acorde. Únicamente se recomienda considerar un **valor mínimo de 0.40 kN/m<sup>2</sup>**, en caso de que los cálculos den un valor inferior a éste. El valor mínimo propuesto deberá multiplicarse por el área de los paneles a usar, proyectada a un plano vertical normal a la dirección de viento.

Para la red de distribución se deben definir las cargas a considerar para los chequeos de estabilidad.

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

Todas las cargas deberán estar debidamente justificadas a partir de cálculos, soportes y/o criterios debidamente argumentados.

#### 4.3.3. Análisis Estructural

Una vez obtenidas las cargas a las que estará sometido el sistema estructural de la estación, se recomienda obtener las cargas de diseño mayorándolas, para lo cual se sugiere el uso de las combinaciones de carga referenciadas en el Título B.2.3 y B.2.4, o cualquiera que el diseñador considere acorde, justificando su elección, sin perjuicio de incurrir en sobredimensionamientos.

##### **Estructura de Soporte de los Paneles y Envolvente de Equipos**

Se deberá presentar el diseño estructural y este deberá contener un análisis que muestre claramente cómo fueron ingresadas las cargas al sistema estructural, mostrar los resultados del desempeño de los elementos del sistema estructural, y en el que se planteen todos los chequeos de diseño pertinentes, mostrando claramente la procedencia de todos los parámetros, valores y consideraciones tenidas en cuenta. Este análisis puede realizarse mediante una hoja de cálculo o por medio de un software especializado, en cuyo caso deberá especificarse cuál y su licencia. En todo caso, deberá presentarse como anexo el reporte de datos iniciales y resultados obtenidos (memoria de cálculo). Lo mismo aplica en el caso de las conexiones entre elementos del sistema, donde deberá presentarse el análisis que conlleve a determinar número de pernos, disposición de estos, verificación del diseño de la conexión, tipo de soldadura a emplear, etc.

##### **Cimentación**

Deberán seguirse las mismas consideraciones que para las SSFVI (sec. 3.3.3-Cimentación).

##### **Cerramiento**

Debido a la baja complejidad de la estructura, al igual que la magnitud de las cargas a la que estará sometida la estructura, se deja criterio del diseñador, la justificación del diseño y estabilidad de la estructura, lo cual siempre deberá quedar explícitamente claro dentro del informe.

##### **Red de Distribución y Obras Complementarias**

Según el artículo 20.17.2 literal d del RETIE, cuando la red sea elevada se debe presentar un chequeo por volcamiento de la estabilidad del empotramiento o instalación de los postes de la red. Para las obras complementarias se deberá especificar si las mismas siguen algún diseño tipo o norma, o de lo contrario, se deberán presentar a criterio del diseñador, las consideraciones de dimensionamiento o diseño para las mismas y justificar su estabilidad como mejor lo considere.

Por último, El informe deberá presentarse debidamente firmado por el profesional responsable, y deberán presentarse los documentos del profesional siguiendo las mismas consideraciones que para las SSFVI (sec. 3.5-Documentos de los Profesionales)

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

#### 4.4. Documentos Anexos:

##### **Planos Constructivos**

De la estación, cerramiento y red de distribución (detalles de instalación de postes y/o de zanjas) y de las estructuras complementarias, cuando aplique, que incluyan el detalle suficiente y las especificaciones técnicas pertinentes. Estos deben estar rubricados por el profesional responsable.

##### **Análisis de precios unitarios (APUs)**

Deberán seguirse las mismas consideraciones que para las SSFVI (sec. 3.5-APUs).



Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

## 5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GENERACIÓN CENTRALIZADOS (SFVC y SHFVC)

25

Desde el punto de vista de las obras civiles, este tipo de proyectos, al tener una caseta de operación de equipos, la cual estará ocupada constantemente por un operario, y debido a que ofrecen la prestación de un servicio de energía (el cual debe garantizarse, en lo posible, después de un sismo) para comunidades aisladas, dentro de las cuales las labores de reparación, por el difícil acceso, se tornan complejas y costosas, **deberán diseñarse siguiendo, para las unidades constructivas, la NSR-10.**

Se dividen en dos grandes componentes, para los cuales se relacionan los estudios y diseños que se deben presentar como mínimo, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

### 5.1. Central de Generación

Compuesta por lo general de 3 unidades constructivas: caseta central de equipos, granja solar y cerramiento. Puede incluir obras complementarias adicionales (casetas auxiliares, vías de acceso, instalaciones y obras hidráulicas, etc.)

#### 5.1.1. Levantamiento topográfico

Del área del terreno acotado por el cerramiento de la central de generación y de estructuras y redes de servicios existentes aledañas. Este deberá seguir las mismas consideraciones dadas para las nano y microrredes (sec. 4.1)

#### 5.1.2. Estudio de suelos y geotecnia

Se deberá presentar un estudio de suelos con información primaria específico para el área de implantación de las unidades constructivas necesarias para la central (acotado por el cerramiento), el cual **debe ceñirse según el título H de la NSR-10.** Este deberá incluir claramente las propuestas de cimentación para cada unidad constructiva que se plantee para la central y, como anexos, registro fotográfico de la toma de muestras en campo, resultados de los ensayos de laboratorio realizados, memorias de cálculo, plano de localización de sondeos y documentos e idoneidad del profesional responsable (documento de identificación, tarjeta profesional con su certificado de vigencia, memorial de responsabilidad, como también los certificados de experiencia a los que haya lugar).

Se debe tener en cuenta que dentro de los sondeos mínimos a realizar, según la norma, para unidades constructivas de **categoría baja**, uno **(1)** de ellos debe hacerse en el lugar donde se proyecta la localización de la caseta central de equipos y otro **(1)** en el lugar proyectado para la implantación de la granja solar.

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

### 5.1.3. Memorias de diseño estructural

Para cada unidad constructiva -y su respectiva cimentación- planteada para la central, **en cumplimiento con la NSR-10** (en el caso del cerramiento basta con generar un capítulo donde se expliquen y justifiquen los criterios de estabilidad y de diseño -o dimensionamiento- tenidos en cuenta). Este deberá incluir un informe donde queden claras las metodologías de diseño utilizadas y se explique el alcance, como también las consideraciones y parámetros de entrada tenidos en cuenta, y como anexos, memorias de cálculo realizadas, los reportes de resultados de las modelaciones realizadas en el caso de los software, fichas técnicas de elementos prefabricados y los documentos e idoneidad del profesional responsable (documento de identificación, tarjeta profesional con su certificado de vigencia, memorial de responsabilidad, como también los certificados de experiencia a los que haya lugar).

Para definir el coeficiente de importancia en el análisis sísmico (sección A.2.5 NSR-10), se debe tener en cuenta que, por tratarse de proyectos que prestan un servicio de energía en zonas no interconectadas, se le debe asignar a las unidades constructivas un grupo de uso **IV-Edificaciones Indispensables**. En el caso de emplearse estructuras prefabricadas, se debe de igual manera realizar un análisis estructural donde se verifique y compruebe la estabilidad de la estructura bajo las sollicitaciones particulares del proyecto.

#### **Diseños obras complementarias**

En caso de que se incluyan redes y estructuras hidráulicas, de manejo de residuos, casetas auxiliares, tanques para combustible, vías de acceso, etc. Estos deberán ser soportados con los diseños según la naturaleza de cada obra, además de presentar lo concerniente dentro de los estudios topográficos, de suelos y geotecnia, y diseños estructurales.

### 5.1.4. Planos constructivos y de detalle

Para cada unidad constructiva. Se debe tener en cuenta presentar los planos arquitectónicos (planta y alzados) para las casetas proyectadas, como también los hidráulicos (cuando aplique).

### 5.1.5. Memorias de cantidades y APU's

Se deben incluir memorias de cantidades (excavaciones, rellenos, despieces de acero, concreto, etc.) para cada unidad constructiva como soporte para cada actividad de obra civil dentro del presupuesto. Esta debe estar en concordancia y relacionando los planos y/o memorias de cálculo como soporte.

Se debe tener en cuenta que dentro del presupuesto también debe quedar justificado el peso transportado de cada APU de obra civil, como también se debe presentar los análisis que dan origen a las cantidades por material que se incluyen en cada APU (como en el caso de formaleta, rendimiento de material por unidad de medida, dosificación de concreto, etc.)

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

## 5.2. Red de Distribución

Esta información podrá ser presentada de manera unificada en cada documento solicitado para la central de generación, siguiendo las siguientes consideraciones:

27

### 5.2.1. Levantamiento topográfico del trazado de la red

Este debe aclarar la existencia o no de estructuras y redes de servicios existentes que puedan o no interferir a lo largo del trazado de la red y se deben general los perfiles del trazado que permitan evidenciar la necesidad o no de obras complementarias, teniendo en cuenta presentar los mismos anexos y soportes que para la central de generación.

### 5.2.2. Estudio de suelos y geotecnia

Este debe describir los tipos de suelo y características propias del terreno a lo largo del trazado de la red, que sirva como insumo para presentar recomendaciones de manejo e instalación de la red y que en caso de necesitarse obras complementarias se realicen los análisis de geotecnia y propuestas de cimentación según la naturaleza de la estructura, teniendo en cuenta presentar los mismo anexos y soportes que para la central de generación.

Se deben seguir los mismos lineamientos para los apiques solicitados en nano y microrredes, y en general, las mismas consideraciones allí descritas (sec. 4.2) para la red de distribución.

### 5.2.3. Diseños estructurales

Se deben seguir, en general, los mismos lineamientos y consideraciones definidas para nano y microrredes (sec. 4.3), para la red de distribución.

### 5.2.4. Planos constructivos y de detalle

Se deben presentar los detalles de instalación de la red, juntos con los planos de detalle para las cajas de inspección y estructuras complementarias, cuando aplique.

### 5.2.5. Memorias de cantidades

Teniendo en cuenta las mismas consideraciones que para la central de generación.

Por último, todos los documentos y planos solicitados para este tipo de proyectos deben venir debidamente firmados por el profesional responsable.

Guía para la estructuración del componente civil de diferentes tipos de soluciones con energía solar fotovoltaica		
IPSE	Versión	2.0
Subdirección de Planificación Energética	Fecha	17 Julio 2023

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIS 114-17. (2017). Requisitos Esenciales para Edificaciones de Concreto Reforzado de Tamaño y Altura Limitados.

Lutteneger, A. (2016). Foundation Alternatives for Ground Mount Solar Panel Installations. *Proceedings of the ASCE Joint GT/SEI Conference 2016*.

Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10. (2010) Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.