

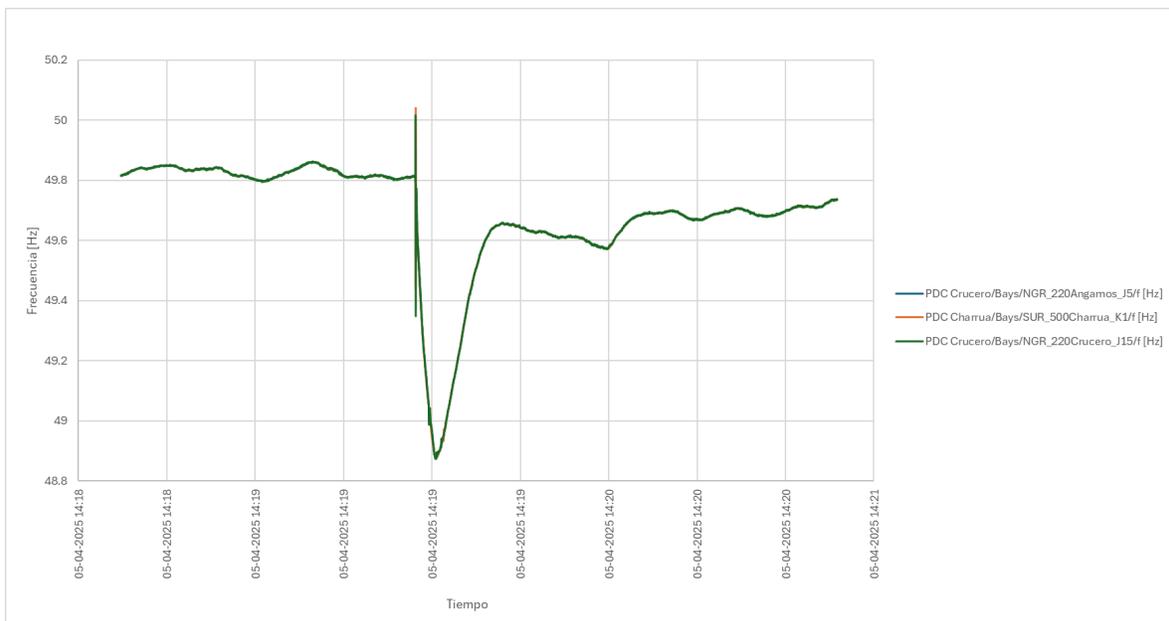


|                   |                                 |       |            |         |   |
|-------------------|---------------------------------|-------|------------|---------|---|
| Tipo de Documento | Minuta Técnica PFV La Huayca II |       |            |         |   |
| Proyecto          | La Huayca II                    |       |            |         |   |
| Cliente           | SPS LA HUAYCA S.A.              |       | Revisión   | 1       |   |
| Autor             | I-SEP                           | Fecha | 24/04/2025 | Páginas | 6 |

## 1. MINUTA TÉCNICA PFV LA HUAYCA II

En virtud de los eventos ocurridos los días 29 de marzo, 3 y 5 de abril, en los cuales se registraron interrupciones en el suministro eléctrico, el Coordinador Eléctrico Nacional, mediante la carta DE 02119-25, solicitó a diversas plantas ERV indicar las causas que generaron, en el caso de la central Huayca II, su desconexión.

A continuación, se presenta el registro de frecuencia correspondiente al evento del 5 de abril. En este se observa una caída transitoria de frecuencia que alcanzó un mínimo de aproximadamente 48,88 Hz alrededor de las 14:20 hrs. Cabe señalar que esta información fue proporcionada por el Coordinador Eléctrico Nacional.



En concordancia con lo anterior, los registros de SPS LA HUAYCA S.A. indican que a las 14:20 hrs se produjo la apertura de los interruptores correspondientes a los paños BT1 y ET1 de la S/E La Huayca II, provocando la desconexión de la planta.



|                   |                                 |          |            |         |
|-------------------|---------------------------------|----------|------------|---------|
| Tipo de Documento | Minuta Técnica PFV La Huayca II |          |            |         |
| Proyecto          | La Huayca II                    |          |            |         |
| Cliente           | SPS LA HUAYCA S.A.              | Revisión | 1          |         |
| Autor             | I-SEP                           | Fecha    | 24/04/2025 | Páginas |
|                   |                                 |          |            | 6       |

| Fecha      | Hora  | Descripción                                                                                                                           |
|------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 05-04-2025 | 14:56 | E/S PFV La Huayca II                                                                                                                  |
| 05-04-2025 | 14:45 | Cerrado 52E3 en S/E La Huayca II                                                                                                      |
| 05-04-2025 | 14:44 | Cerrado 52E1 y 52E2 en S/E La Huayca II                                                                                               |
| 05-04-2025 | 14:43 | Cerrado 52BT1 y 52ET1 en S/E La Huayca II                                                                                             |
| 05-04-2025 | 14:29 | CC Enor solicita a CDC (Alejandro) autorización para normalizar la S/E Huayca II. Alejandro autoriza.                                 |
| 05-04-2025 | 14:26 | Abierto 52E2 y 52E3 en S/E La Huayca II, maniobra operación previa a la normalización de las instalaciones.                           |
| 05-04-2025 | 14:25 | Abierto 52E1 en S/E La Huayca II, maniobra operación previa a la normalización de las instalaciones.                                  |
| 05-04-2025 | 14:21 | CC Enor informa a CDC (Miguel) la desconexión forzada del 52BT1 y 52ET1 de la S/E La Huayca II con una pérdida de generación de 11 MW |
| 05-04-2025 | 14:20 | Desconexión forzada del 52BT1 y 52ET1 de la S/E La Huayca II, pérdida de generación de 11 MW                                          |

En este sentido, y conforme el análisis desarrollado en el documento N° 25044-00-ES-IT-001 RB, se identificó que el relé de protección MiCOM P139 instalado en el paño BT1 (sistema 2) de la S/E La Huayca II tiene habilitadas funciones de sobrefrecuencia y subfrecuencia (81O/81U), configuradas con cuatro etapas instantáneas: dos de sobrefrecuencia (51 Hz y 52 Hz) y dos de subfrecuencia (49 Hz y 48 Hz).

```

010.109: Oper.val.vmemory PS1: 0.15 vnom
f<>
018.196: Enable PS1: Yes
018.120: Oper. mode f1 PS1: f
018.100: f1 PS1: 48.00 Hz
018.104: tf1 PS1: 0.00 s
018.108: df1/dt PS1: Blocked
018.112: Delta f1 PS1: Blocked
018.116: Delta t1 PS1: 0.30 s
018.144: Oper. mode f2 PS1: f
018.124: f2 PS1: 49.00 Hz
018.128: tf2 PS1: 0.00 s
018.132: df2/dt PS1: Blocked
018.136: Delta f2 PS1: Blocked
018.140: Delta t2 PS1: 0.30 s
018.168: Oper. mode f3 PS1: f
018.148: f3 PS1: 51.00 Hz
018.152: tf3 PS1: 0.00 s
018.156: df3/dt PS1: Blocked
018.160: Delta f3 PS1: Blocked
018.164: Delta t3 PS1: 0.30 s
018.192: Oper. mode f4 PS1: f
018.172: f4 PS1: 52.00 Hz
018.176: tf4 PS1: 0.00 s
018.180: df4/dt PS1: Blocked
018.184: Delta f4 PS1: Blocked
018.188: Delta t4 PS1: 0.30 s

```

En función de los ajustes parametrizados, se concluye **que existe un incumplimiento normativo del artículo 3-10 de la NTSyCS dado que no se cumplen los rangos de operación de frecuencia.** A



|                   |                                 |       |            |          |   |
|-------------------|---------------------------------|-------|------------|----------|---|
| Tipo de Documento | Minuta Técnica PFV La Huayca II |       |            |          |   |
| Proyecto          | La Huayca II                    |       |            |          |   |
| Cliente           | SPS LA HUAYCA S.A.              |       |            | Revisión | 1 |
| Autor             | I-SEP                           | Fecha | 24/04/2025 | Páginas  | 6 |

continuación, se muestra una comparativa de lo exigido en la norma técnica y lo parametrizado en el relé.

#### Artículo 3-10 NTSyCS

| Limite Inferior (mayor que) | Limite Superior (menor o igual que) | Tiempo Mínimo de Operación |                    |                    |                       |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
|                             |                                     | Hidroeléctricas            | Termoeléctricas    | Parques Eólicos    | Parques Fotovoltaicos |
| 49,0 [Hz]                   | 50,0 [Hz]                           | Permanente                 | Permanente         | Permanente         | Permanente            |
| 48,0 [Hz]                   | 49,0 [Hz]                           | 90 minutos                 | 90 minutos         | 90 minutos         | 90 minutos            |
| 47,5 [Hz]                   | 48,0 [Hz]                           | 30 minutos                 | 30 minutos         | 30 minutos         | 30 minutos            |
| 47,0 [Hz]                   | 47,5 [Hz]                           | 5 segundos                 | Desconex. opcional | Desconex. opcional | Desconex. opcional    |
| 50,0 [Hz]                   | 51,0 [Hz]                           | Permanente                 | Permanente         | Permanente         | Permanente            |
| 51,0 [Hz]                   | 51,5 [Hz]                           | 90 minutos                 | 90 minutos         | 90 minutos         | 90 minutos            |
| 51,5 [Hz]                   | 52,0 [Hz]                           | 90 segundos                | 5 segundos         | Desconex. opcional | Desconex. opcional    |
| 52,0 [Hz]                   | 52,5 [Hz]                           | 15 segundos                | Desconex. opcional | Desconex. forzada  | Desconex. forzada     |
| 52,5 [Hz]                   | 53,0 [Hz]                           | 5 segundos                 | Desconex. forzada  | Desconex. forzada  | Desconex. forzada     |

#### Ajuste en MiCOM P139 BT1 S/E La Huayca II

| Umbral de ajuste [Hz] | Temporización [s] |
|-----------------------|-------------------|
| 48,0-49,0             | 0,0 (Instantáneo) |
| 51,0-52,0             | 0,0 (Instantáneo) |

Figura 4-25: Verificación cumplimiento normativo artículo 3-10 NTSyCS

Dado lo anterior, el umbral actualmente parametrizado en 49 Hz, con actuación instantánea, provocó la emisión de la señal de disparo que derivó en la apertura de los interruptores y la consecuente desconexión de la Central Huayca II. Como medida correctiva, el documento N° 25044-00-ES-IT-001 RB, recomienda modificar los umbrales ajustados, considerando los siguientes criterios:

- 1 escalón de sub-frecuencia: Pickup de 47,5 Hz y temporización de 100 ms. Se cumple la exigencia de la NTSyCS ya que establece que para frecuencias inferiores a 47,5 Hz la desconexión es opcional. El ajuste propuesto privilegia la seguridad de los equipos e instalaciones
- 1 escalón de sobre frecuencia: Pickup de 52 Hz y temporización de 100 ms. Se cumple la exigencia de la NTSyCS ya que para frecuencias superiores a 52 Hz para parques fotovoltaicos la desconexión es forzosa.

La tabla a continuación resume los cambios de ajustes propuestos.

Tabla 1: Modificaciones propuestas función 810/U - Paño BT1 S/E La Huayca Sistema 2

| AJUSTES SOBRE Y BAJA FRECUENCIA (810/U) – F <> |                   |                   |
|------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Parámetro                                      | Ajuste actual     | Ajuste propuesto  |
| 018.196 Enable                                 | Yes               | Yes               |
| 018.120 Oper.mode f1                           | f                 | f                 |
| <b>018.100 f1</b>                              | <b>48,00 [Hz]</b> | <b>47,50 [Hz]</b> |



|                   |                                 |          |            |
|-------------------|---------------------------------|----------|------------|
| Tipo de Documento | Minuta Técnica PFV La Huayca II |          |            |
| Proyecto          | La Huayca II                    |          |            |
| Cliente           | SPS LA HUAYCA S.A.              | Revisión | 1          |
| Autor             | I-SEP                           | Fecha    | 24/04/2025 |
|                   |                                 | Páginas  | 6          |

AJUSTES SOBRE Y BAJA FRECUENCIA (810/U) – F <>

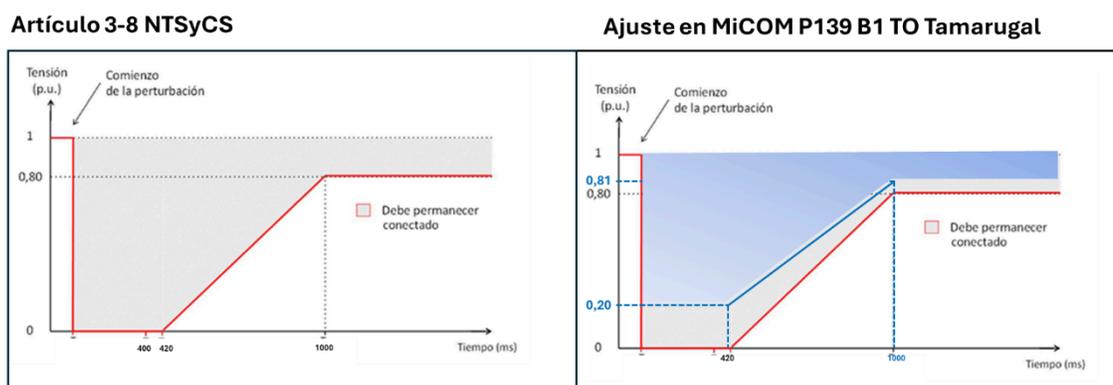
|                             |                   |                   |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>018.104 tf1</b>          | <b>0,00 [s]</b>   | <b>0,10 [s]</b>   |
| 018.108 df1/dt              | Blocked           | Blocked           |
| 018.112 Delta f1            | Blocked           | Blocked           |
| 018.116 Delta t1            | Blocked           | Blocked           |
| 018.144 Oper.mode f2        | f                 | f                 |
| <b>018.124 f2</b>           | <b>49,00 [Hz]</b> | <b>52,00 [Hz]</b> |
| <b>018.128 tf2</b>          | <b>0,00 [s]</b>   | <b>0,10 [s]</b>   |
| 018.132 df2/dt              | Blocked           | Blocked           |
| 018.136 Delta f2            | Blocked           | Blocked           |
| 018.140 Delta t2            | Blocked           | Blocked           |
| <b>018.168 Oper.mode f3</b> | <b>f</b>          | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.148 f3</b>           | <b>51,00 [Hz]</b> | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.152 tf3</b>          | <b>0,00 [s]</b>   | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.156 df3/dt</b>       | <b>Blocked</b>    | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.160 Delta f3</b>     | <b>Blocked</b>    | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.164 Delta t3</b>     | <b>Blocked</b>    | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.192 Oper.mode f4</b> | <b>f</b>          | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.172 f4</b>           | <b>51,00 [Hz]</b> | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.176 tf4</b>          | <b>0,00 [s]</b>   | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.180 df4/dt</b>       | <b>Blocked</b>    | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.184 Delta f4</b>     | <b>Blocked</b>    | <b>Blocked</b>    |
| <b>018.188 Delta t4</b>     | <b>Blocked</b>    | <b>Blocked</b>    |

Por otra parte, se identificó que el relé MiCOM P139 del sistema 2 en el paño B1 de la S/E Tap Off Tamarugal (66 kV) mantiene habilitada una función de baja tensión (27), configurada con dos etapas de tiempo definido: la primera, con un umbral de 81% de la tensión fase-neutro y una temporización de 1 segundo; la segunda, con un umbral de 20% y un tiempo de 0,42 segundos.

Analizando los ajustes, se determina que la parametrización busca cumplir lo establecido en el artículo 3-8 de la NTSyCS (requerimientos ante huecos de tensión para parques fotovoltaicos y

|                   |                                 |       |            |          |   |
|-------------------|---------------------------------|-------|------------|----------|---|
| Tipo de Documento | Minuta Técnica PFV La Huayca II |       |            |          |   |
| Proyecto          | La Huayca II                    |       |            |          |   |
| Cliente           | SPS LA HUAYCA S.A.              |       |            | Revisión | 1 |
| Autor             | I-SEP                           | Fecha | 24/04/2025 | Páginas  | 6 |

eólicos), sin embargo, los umbrales no cumplen con el requerimiento de mantener la operación dentro de la zona achurada de la figura contenida en el artículo señalado. A continuación, se muestra la comparativa de lo exigido en la norma versus lo ajustado.



**Figura 4-32: Verificación cumplimiento normativo artículo 3-8 NTSyCS**

Si bien esta función no se activó durante los eventos, el se recomienda efectuar cambios de ajustes para evitar problemáticas futuras, conforme lo detallado en el documento N° 25044-00-ES-IT-001 RB. En este sentido, se propone parametrizar la función de baja tensión (27) del sistema 2 con el mismo ajuste que tiene actualmente el sistema 1, vale decir, un umbral del 76% de la tensión nominal fase-neutro y temporización de 1,5 segundos.

La tabla a continuación resume los cambios de ajustes propuestos:

**Tabla 2: Modificaciones propuestas función 27 - Paño B1 TO Tamarugal Sistema 2**

| AJUSTES BAJA TENSIÓN (27) – V<> |                |                  |
|---------------------------------|----------------|------------------|
| Parámetro                       | Ajuste actual  | Ajuste propuesto |
| 076.007 V<                      | 0,81 Vnom(/@3) | 0,76 Vnom(/@3)   |
| 076.008 V<<                     | 0,20 Vnom(/@3) | Blocked          |
| 076.009 tV<                     | 1,00 [s]       | 1,5 [s]          |
| 076.028 tV< 3-pole              | 1,00 [s]       | 1,5 [s]          |
| 076.010 tV<                     | 0,42 [s]       | Blocked          |



|                   |                                 |       |            |          |   |
|-------------------|---------------------------------|-------|------------|----------|---|
| Tipo de Documento | Minuta Técnica PFV La Huayca II |       |            |          |   |
| Proyecto          | La Huayca II                    |       |            |          |   |
| Cliente           | SPS LA HUAYCA S.A.              |       |            | Revisión | 1 |
| Autor             | I-SEP                           | Fecha | 24/04/2025 | Páginas  | 6 |

## CONCLUSIONES

En relación con los eventos ocurridos los días 29 de marzo, 3 y 5 de abril, se llevó a cabo un análisis detallado de los ajustes de protección actualmente implementados en las instalaciones del parque fotovoltaico La Huayca II. Esta revisión se basó en el estudio de los archivos de configuración ("print-outs") de los equipos de protección.

Como resultado del análisis, se determinó que la desconexión de la central Huayca II fue ocasionada por el incumplimiento de los requerimientos normativos establecidos para las funciones de protección de sobre y subfrecuencia (81O/81U), habilitadas en el sistema 2 del relé MiCOM P139 de paño BT1 de la S/E La Huayca II. En particular, se identificó un umbral de actuación instantánea configurado en 49 Hz, el cual fue alcanzado durante una caída transitoria de frecuencia registrada durante el evento del 5 de abril (posiblemente el mismo fenómeno ocurrió en los otros eventos), provocando la apertura de los interruptores de los paños BT1 y ET1, ocasionando con ello, la desconexión de la planta.

Adicionalmente, se identificó un segundo incumplimiento normativo en los ajustes de la función de baja tensión (27), habilitada en el sistema 2 del relé MiCOM P139 del paño B1 de la S/E Tap Off Tamarugal. Esta función, asociada a la protección de la línea que conecta con el PFV La Huayca II, presenta umbrales configurados por debajo de los mínimos exigidos en el artículo 3-8 de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS), relativos a la tolerancia ante huecos de tensión.

Como medida preventiva y correctiva, se recomienda implementar un plan de acción que realice los siguientes cambios de ajustes.

**Tabla 3: Cambios de ajustes propuestos**

| ID INFOTÉCNICA | SUBESTACIÓN        | PAÑO/<br>CELDA | ELEMENTO PROTEGIDO                           | MODELO<br>RELÉ    | TTCC [A]<br>TTPP [kV]      | FUNCIÓN<br>MODIFICADA |
|----------------|--------------------|----------------|----------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|
| 19777          | La Huayca II 66 kV | BT1            | LT Tap Off Tamarugal –<br>La Huayca II 66 kV | S2: MiCOM<br>P139 | 400/1 [A]<br>66/0,110 [kV] | 81U/81O               |
| 19775          | Tap Off Tamarugal  | B1             | LT Tap Off Tamarugal –<br>La Huayca II 66 kV | S2: MiCOM<br>P139 | 400/5 [A]<br>66/0,120 [kV] | 27                    |

El detalle de los cambios se indica en el cuerpo de la presente minuta.