



**INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGIAS
RENOVABLES
INER**

**PROYECTO:
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN PARQUE EÓLICO
EN CONDICIONES EXTREMAS
CUP: 915.10000.1484.6234**

**AUSPICIANTE(S) RESPONSABLE(S):
Gonzalo GUERRON / Coordinación General Técnica INER**

COLABORADOR(ES):

**Joffre Constante INER
Marcelo García INER**

CALIDAD DE ENERGÍA DEL PARQUE EÓLICO VILLONACO

Quito, diciembre de 2014

INFORME CALIDAD DE ENERGÍA DEL PARQUE EÓLICO VILLONACO

1	Tabla de contenido	
2	Consideraciones generales	4
3	Auditoría energética.....	4
3.1	Frecuencia de la tensión.....	4
3.2	Amplitud de la tensión.....	5
3.3	Flicker.....	6
3.4	Desequilibrio de la tensión de alimentación.....	6
3.5	Armónicos de Tensión.....	7
3.6	Armónicos de Corriente.....	16
3.7	Factor de Potencia (Cos(Phi)) y Factor de Distorsión (PF).....	35
3.8	Eventos de tensión	41
3.8.1	Huecos de tensión.....	41
3.8.2	Sobretensiones.....	49
3.9	Curvas de Potencia	49
4	Conclusiones	51
5	Referencias.....	52

Glosario de Términos

ENERLOJA	Empresas Provincial de Energía Alternativas y Desarrollo Humano
ENERSUR	Empresas Regional de Energías Renovables y Desarrollo Humano
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
EÓLICAS	Eólica San Cristóbal
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición De Datos
CELEC EP	Corporación Eléctrica Del Ecuador – Empresa Pública
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
MICSE	Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
PME	Plan Maestro de Electrificación
PU	Por unidad
SNI	Sistema Nacional Interconectado
MIN	Mínimo
MAX	Máximo
MED	Media aritmética
TDD	Distorsión de Demanda Total
THD	Distorsión Armónica Total
VTHD	Distorsión Armónica Total de Voltaje
ITHD	Distorsión Armónica Total de Corriente
In	Corriente Nominal
Pn	Potencia Nominal

2 Consideraciones generales

En el presente informe de análisis de calidad de energía, se presentan los distintos parámetros de red, medidos a la salida del inversor de las Unidades de Generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de la Central Eólica Villonaco, en el lado de baja tensión del transformador Pad-mounted de cada unidad; siendo estos datos el insumo para evaluar el cumplimiento de la normativa Internacional UNE-EN 50160 y UNE-EN 61400 – 21 convenientemente. El periodo de medición en cada aerogenerador es de 7 días continuos.

La campaña de medición inicialmente estaba planificada para seguir una medición ordenada en los aerogeneradores, pero en el periodo de medición de la unidad de generación N° 3 se presentaron varios inconvenientes con respecto a la alimentación del analizador de red Fluke Topas 1760, que retardaron considerablemente la campaña. Por esta razón se adoptó colocar estratégicamente el analizador de red en ciertos aerogeneradores, en una secuencia específica, sin embargo actualmente la campaña tiene un avance considerable y se cuenta con una muestra suficiente para obtener sólidas conclusiones.

3 Auditoría energética

3.1 Frecuencia de la tensión.

La frecuencia nominal de la tensión suministrada es de 60 Hz.

La norma UNE-EN 50160:2011 (baja tensión) [3] establece que en condiciones normales de explotación, para redes acopladas por conexiones síncronas a un sistema interconectado, el valor medio de la frecuencia fundamental medida en periodos de 10 segundos debe situarse en los intervalos siguientes:

- $50 \text{ Hz} \pm 1\% (49,5 \text{ Hz a } 50,5 \text{ Hz})$ durante el 99,5% de un año.
- $50 \text{ Hz} + 4\% / -6\% (47 \text{ Hz a } 52 \text{ Hz})$ durante el 100% del tiempo.

Para nuestro caso, el Sistema Nacional Interconectado, posee una frecuencia de 60 Hz, en tal virtud, los parámetros han sido adaptados a este valor:

- $60 \text{ Hz} \pm 1\% (59,4 \text{ Hz a } 60,6 \text{ Hz})$ durante el 99,5% de un año.
- $60 \text{ Hz} + 4\% / -6\% (56,4 \text{ Hz a } 62,4 \text{ Hz})$ durante el 100% del tiempo.

La frecuencia registrada en los aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 se presentan en la Tabla 1, especificándose los umbrales superior e inferior, así como los valores calculados para un percentil de 99,5% y 0,5%.

UNIDADES DE GENERACIÓN	UMBRAL MÁXIMO [Hz]	UMBRAL MÍNIMO [Hz]	PERCENTIL 99,5% [Hz]	PERCENTIL 0,5% [Hz]
2	60,13	59,86	60,02	59,98
4	60,13	59,78	60,03	59,97
5	60,12	59,87	60,03	59,97
7	60,13	59,86	60,02	59,97
8	60,19	59,82	60,03	59,98
9	60,12	59,84	60,03	59,97
10	60,12	59,80	60,03	59,97
11	60,12	59,89	60,04	59,98

Tabla 1. Frecuencia de los Aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de Villonaco.

De los datos obtenidos en la campaña de medición, se puede observar que las unidades de generación se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma de Calidad de Energía antes mencionada, en lo que a frecuencia de la tensión se refiere.

3.2 Amplitud de la tensión.

En el lado de baja tensión del transformador Pad-mounted de la unidad de generación se tiene un voltaje de fase $V_f = 358$ voltios. Según la norma UNE-EN 50160:2011 (baja tensión) [3], se establece que “en condiciones normales de explotación excluyendo los períodos con interrupciones, las variaciones de tensión no deberían exceder del $\pm 10\%$ de la tensión nominal”. Para el caso de estudio, el $\pm 10\%$ de la tensión nominal es 393,75 V – 322,16V.

En la Tabla 2 que a continuación se anexa, se observa las variaciones de tensión de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11.

UNIDADES DE GENERACIÓN	FASE A		FASE B		FASE C	
	MÁXIMO [V]	MÍNIMO [V]	MÁXIMO [V]	MÍNIMO [V]	MÁXIMO [V]	MÍNIMO [V]
2	365,16	348,26	363,76	346,65	364,09	346,94
4	365,47	348,27	362,88	345,71	363,16	346,43
5	364,79	345,90	362,97	344,64	363,85	344,57
7	363,96	344,39	361,77	341,79	362,06	343,02
8	365,26	346,12	363,12	344,16	363,82	344,69
9	365,77	348,10	364,62	346,78	364,56	347,34
10	365,03	346,74	362,22	339,41	362,16	343,99
11	364,18	345,57	363,30	343,94	363,10	343,60

Tabla 2. Variación de Tensión de los Aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de Villonaco.

De lo que se observa en la Tabla 2, ninguno de los valores registrados en el lado de baja tensión del transformador Pad-mounted, se encuentran fuera de los rangos establecidos en la norma UNE-EN 50160.

3.3 Flicker

La norma UNE-EN 50160:2011 (baja tensión) [3] establece que “en condiciones normales de explotación, para cada periodo de una semana, el nivel de severidad de flicker de larga duración P_{lt} , debido a las fluctuaciones de la tensión debería ser menor o igual a 1 durante el 95% del tiempo”.

El flicker de larga duración P_{lt} para los aerogeneradores en estudio, se presenta en la Tabla 3, con un detalle para cada una de las fases y el percentil a 95%.

UNIDADES DE GENERACIÓN	FLICKER			
	FASE A	FASE B	FASE C	PERCENTIL 95%
2	0,19	0,17	0,15	0,42
4	0,16	0,19	0,16	0,45
5	0,16	0,16	0,15	0,41
7	0,17	0,18	0,17	0,47
8	0,18	0,18	0,19	0,47
9	0,16	0,16	0,18	0,40
10	0,23	0,22	0,18	0,63
11	0,20	0,18	0,18	0,38

Tabla 3. Flicker de larga duración de los Aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de Villonaco.

De los valores evaluados en las unidades de generación, ninguno de ellos excede los parámetros especificados en la norma UNE-EN 50160. El tener niveles bajos de flicker contribuye a reducir las molestias causadas al ser humano en iluminación artificial.

3.4 Desequilibrio de la tensión de alimentación

La norma UNE-EN 50160:2011 (baja tensión) [3] establece que “en condiciones normales de explotación, durante cada periodo de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 minutos de la componente de secuencia de fase negativa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0% y el 2% de la componente de secuencia positiva”.

La Tabla 4 corresponde a los valores registrados en el lado de baja tensión del transformador de las unidades de generación en estudio, indicando los porcentajes de desequilibrio en la tensión, mismos que en ningún instante exceden el valor registrado en la norma.

El tener niveles bajos de desequilibrios de tensión contribuye a una mayor eficiencia, mejor operación de equipos como transformadores, mayor capacidad de transmisión de energía, y mejor estabilidad al sistema.

UNIDADES DE GENERACIÓN	DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN PERCENTIL 95% [%]
2	0,36
4	0,53
5	0,44
7	0,49
8	0,48
9	0,49
10	0,58
11	0,42

Tabla 4. Desequilibrio de Tensión de los Aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9 y 11 de Villonaco.

3.5 Armónicos de Tensión

La norma UNE-EN 50160:2011 (baja tensión) [3] establece que “en condiciones normales de explotación, durante cada periodo de una semana, el 95% de los valores eficaces de cada tensión armónica individual promediados en 10 minutos debe ser menor o igual a los valores indicados en la Tabla 5. Las tensiones más elevadas para un armónico dado pueden ser debidas a resonancias.

Además, la tasa de distorsión armónica total de la tensión suministrada (THD), comprendidos todos los armónicos hasta el de orden 40, no debe sobrepasar el 8%.

Armónicos impares				Armónicos pares			
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3		Orden		Amplitud relativa	
Orden	Amplitud relativa	Orden	Amplitud relativa	h	U _h	h	U _h
5	6,0%	3	5,0%	2	2,0%		
7	5,0%	9	1,5%	4	1,0%		
11	3,5%	15	0,5%	6 ... 24	0,5%		
13	3,0%	21	0,5%				
17	2,0%						
19	1,5%						
23	1,5%						
25	1,5%						

NOTA Los valores que corresponden a los armónicos de orden superior a 25, que son generalmente débiles y muy imprevisibles debido a los efectos de resonancia, no están en esta tabla.

Tabla 5. Límites de las tensiones de armónicos individuales, norma EN 50160.

En las Tablas 6 – 13 se presentan los valores promedio de los 25 primeros armónicos de tensión de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11, respectivamente. En la Tabla 14 se presenta el THD de las unidades de generación. Como se aprecia en las tablas todos los valores cumplen la norma UNE-EN 50160.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	2	0,06%	0,14%
3	5	0,40%	0,86%
4	1	0,05%	0,13%
5	6	0,37%	0,95%
6	0,5	0,03%	0,07%
7	5	0,18%	0,40%
8	0,5	0,02%	0,05%
9	1,5	0,04%	0,08%
10	0,5	0,02%	0,04%
11	3,5	0,06%	0,18%
12	0,5	0,02%	0,03%
13	3	0,10%	0,23%
14	0,5	0,02%	0,03%
15	0,5	0,04%	0,09%
16	0,5	0,03%	0,04%
17	2	0,20%	0,46%
18	0,5	0,05%	0,06%
19	1,5	0,06%	0,12%
20	0,5	0,03%	0,06%
21	0,5	0,08%	0,14%
22	0,5	0,03%	0,06%
23	1,5	0,04%	0,09%
24	0,5	0,01%	0,02%
25	1,5	0,02%	0,04%

Tabla 6. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador N° 2 de Villonaco - Norma EN 50160.

Nº	Límite (%)	Promedio	Máximo
2	2	0,05%	0,09%
3	5	0,52%	0,81%
4	1	0,05%	0,10%
5	6	0,96%	1,86%
6	0,5	0,03%	0,06%
7	5	0,22%	0,49%
8	0,5	0,02%	0,04%
9	1,5	0,04%	0,11%
10	0,5	0,02%	0,03%
11	3,5	0,06%	0,15%
12	0,5	0,02%	0,02%
13	3	0,09%	0,18%
14	0,5	0,02%	0,03%
15	0,5	0,06%	0,15%
16	0,5	0,03%	0,04%
17	2	0,20%	0,43%
18	0,5	0,04%	0,05%
19	1,5	0,08%	0,20%
20	0,5	0,03%	0,05%
21	0,5	0,08%	0,15%
22	0,5	0,04%	0,06%
23	1,5	0,03%	0,08%
24	0,5	0,01%	0,02%
25	1,5	0,02%	0,04%

Tabla 7. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador Nº 4 de Villonaco - Norma EN 50160.

II	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	2	0,04%	0,10%
3	5	0,37%	0,64%
4	1	0,03%	0,06%
5	6	0,52%	1,61%
6	0,5	0,02%	0,08%
7	5	0,22%	0,52%
8	0,5	0,01%	0,03%
9	1,5	0,04%	0,17%
10	0,5	0,01%	0,02%
11	3,5	0,06%	0,15%
12	0,5	0,01%	0,02%
13	3	0,07%	0,17%
14	0,5	0,02%	0,02%
15	0,5	0,05%	0,11%
16	0,5	0,03%	0,04%
17	2	0,18%	0,49%
18	0,5	0,03%	0,05%
19	1,5	0,07%	0,16%
20	0,5	0,03%	0,05%
21	0,5	0,08%	0,17%
22	0,5	0,03%	0,05%
23	1,5	0,03%	0,08%
24	0,5	0,01%	0,02%
25	1,5	0,02%	0,05%

Tabla 8. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador Nº 5 de Villonaco - Norma EN 50160.

H	Límite (%)	Promedio	Máximo
2	2	0,05%	0,14%
3	5	0,26%	0,80%
4	1	0,04%	0,12%
5	6	1,05%	2,28%
6	0,5	0,03%	0,08%
7	5	0,28%	0,74%
8	0,5	0,02%	0,05%
9	1,5	0,04%	0,23%
10	0,5	0,01%	0,03%
11	3,5	0,09%	0,21%
12	0,5	0,01%	0,02%
13	3	0,06%	0,16%
14	0,5	0,01%	0,02%
15	0,5	0,03%	0,10%
16	0,5	0,02%	0,04%
17	2	0,15%	0,44%
18	0,5	0,02%	0,04%
19	1,5	0,05%	0,24%
20	0,5	0,02%	0,05%
21	0,5	0,05%	0,15%
22	0,5	0,02%	0,05%
23	1,5	0,03%	0,09%
24	0,5	0,01%	0,02%
25	1,5	0,02%	0,08%

Tabla 9. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador N° 7 de Villonaco - Norma EN 50160.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	2	0,04%	0,09%
3	5	0,28%	0,91%
4	1	0,04%	0,11%
5	6	1,19%	2,52%
6	0,5	0,02%	0,09%
7	5	0,28%	1,03%
8	0,5	0,02%	0,04%
9	1,5	0,05%	0,19%
10	0,5	0,01%	0,04%
11	3,5	0,07%	0,18%
12	0,5	0,01%	0,02%
13	3	0,06%	0,17%
14	0,5	0,01%	0,02%
15	0,5	0,04%	0,10%
16	0,5	0,02%	0,04%
17	2	0,14%	0,38%
18	0,5	0,03%	0,05%
19	1,5	0,05%	0,21%
20	0,5	0,02%	0,05%
21	0,5	0,04%	0,12%
22	0,5	0,03%	0,06%
23	1,5	0,11%	0,43%
24	0,5	0,01%	0,04%
25	1,5	0,02%	0,06%

Tabla 10. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador N° 8 de Villonaco - Norma EN 50160.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	2	0,04%	0,09%
3	5	0,50%	0,88%
4	1	0,03%	0,06%
5	6	0,87%	1,86%
6	0,5	0,02%	0,03%
7	5	0,17%	0,37%
8	0,5	0,02%	0,03%
9	1,5	0,04%	0,10%
10	0,5	0,02%	0,03%
11	3,5	0,06%	0,15%
12	0,5	0,02%	0,03%
13	3	0,09%	0,19%
14	0,5	0,02%	0,03%
15	0,5	0,06%	0,14%
16	0,5	0,04%	0,05%
17	2	0,22%	0,46%
18	0,5	0,04%	0,07%
19	1,5	0,09%	0,30%
20	0,5	0,03%	0,08%
21	0,5	0,08%	0,16%
22	0,5	0,04%	0,09%
23	1,5	0,03%	0,06%
24	0,5	0,01%	0,03%
25	1,5	0,02%	0,04%

Tabla 11. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador N° 9 de Villonaco - Norma EN 50160.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	2	0,04%	0,10%
3	5	0,24%	0,83%
4	1	0,03%	0,07%
5	6	1,29%	2,75%
6	0,5	0,02%	0,04%
7	5	0,31%	0,65%
8	0,5	0,01%	0,03%
9	1,5	0,05%	0,23%
10	0,5	0,01%	0,04%
11	3,5	0,07%	0,19%
12	0,5	0,01%	0,02%
13	3	0,05%	0,19%
14	0,5	0,01%	0,03%
15	0,5	0,04%	0,15%
16	0,5	0,02%	0,04%
17	2	0,14%	0,44%
18	0,5	0,03%	0,06%
19	1,5	0,05%	0,19%
20	0,5	0,02%	0,05%
21	0,5	0,06%	0,17%
22	0,5	0,02%	0,07%
23	1,5	0,03%	0,08%
24	0,5	0,01%	0,02%
25	1,5	0,02%	0,07%

Tabla 12. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador N° 10 de Villonaco - Norma EN 50160.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	2	0,03%	0,11%
3	5	0,31%	0,50%
4	1	0,03%	0,08%
5	6	0,98%	2,25%
6	0,5	0,02%	0,05%
7	5	0,26%	0,75%
8	0,5	0,01%	0,04%
9	1,5	0,05%	0,21%
10	0,5	0,01%	0,03%
11	3,5	0,07%	0,18%
12	0,5	0,01%	0,03%
13	3	0,06%	0,19%
14	0,5	0,02%	0,03%
15	0,5	0,04%	0,11%
16	0,5	0,03%	0,05%
17	2	0,19%	0,46%
18	0,5	0,03%	0,05%
19	1,5	0,08%	0,31%
20	0,5	0,02%	0,08%
21	0,5	0,08%	0,16%
22	0,5	0,03%	0,09%
23	1,5	0,04%	0,10%
24	0,5	0,01%	0,02%
25	1,5	0,02%	0,07%

Tabla 13. Armónicos individuales de voltaje del aerogenerador N° 11 de Villonaco - Norma EN 50160.

UNIDADES DE GENERACIÓN	THD VOLTAJE	
	Promedio [%]	Máximo [%]
2	0,69	0,97
4	1,17	1,57
5	0,76	1,10
7	1,16	1,65
8	1,30	1,99
9	1,09	1,55
10	1,39	2,19
11	1,13	1,59

Tabla 14. THD de voltaje de los aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de Villonaco.

3.6 Armónicos de Corriente

La norma IEEE 519:1992 [4] establece en la sección de “Prácticas recomendadas para consumidores individuales” que en el punto de conexión el límite de distorsión armónica de corriente para tensiones entre 120 V y 69 KV es como se muestra en la Tabla 15. Cabe destacar que los límites de distorsión dependen de la corriente de corto circuito que se pueden presentar, para este caso se asume la inferior de $I_{sc}/I_L < 50$, donde TDD será tomado como THD por sus semejanzas. El THD es del 5%.

**Límites De Corriente De Distorsión Para Sistemas Generales De Distribución
(120 V a 69 000 V)**

I_{sc}/I_L	Máxima Distorsión Armónica en Porcentaje de I_L					
	Orden Armónico Individual (Armónicos impares)					
	< 11	11 ≤ $h < 17$	17 ≤ $h < 23$	23 ≤ $h < 35$	35 ≤ h	TDD
< 20 *	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

* Todos los equipos de generación se limitan a este valor de distorsión de corriente.

Dónde:

I_{sc} = Máxima corriente de corto circuito en PCC

I_L = Demanda máxima de corriente en la carga (componente de frecuencia fundamental) en PCC

Tabla 15. Límites de armónicos de corriente, norma IEEE 519:1992

En las Tablas 16 – 23 se presentan los valores de armónicos individuales de corriente hasta el de orden número 50 de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 respectivamente; en la Tabla 24 se especifica el THD de corriente de los aerogeneradores. De los datos registrados en las tablas se concluye que todos los valores cumplen la norma IEEE 519.

II	Límite [%]	Promedio	Máximo	II	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,21%	0,35%	26	0,6	0,01%	0,01%
3	4	1,94%	3,65%	27	0,6	0,01%	0,02%
4	4	0,12%	0,23%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,59%	1,27%	29	0,6	0,01%	0,04%
6	4	0,06%	0,11%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,15%	0,36%	31	0,6	0,01%	0,01%
8	4	0,04%	0,06%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,06%	0,12%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,03%	0,04%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,06%	0,11%	35	0,3	0,01%	0,02%
12	2	0,03%	0,04%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,06%	0,10%	37	0,3	0,01%	0,01%
14	2	0,03%	0,03%	38	0,3	0,01%	0,01%
15	2	0,04%	0,08%	39	0,3	0,01%	0,01%
16	2	0,03%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,03%
17	1,5	0,09%	0,20%	41	0,3	0,01%	0,01%
18	1,5	0,05%	0,06%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,04%	0,08%	43	0,3	0,01%	0,01%
20	1,5	0,03%	0,05%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,07%	0,13%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,03%	0,05%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,03%	0,06%	47	0,3	0,01%	0,01%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,01%	0,03%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,01%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 16. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 2, norma IEEE 519.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo	H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,18%	0,27%	26	0,6	0,01%	0,01%
3	4	2,57%	3,27%	27	0,6	0,01%	0,02%
4	4	0,11%	0,17%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,90%	2,19%	29	0,6	0,01%	0,04%
6	4	0,05%	0,07%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,15%	0,30%	31	0,6	0,01%	0,02%
8	4	0,03%	0,05%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,04%	0,12%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,03%	0,03%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,04%	0,11%	35	0,3	0,01%	0,03%
12	2	0,02%	0,03%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,06%	0,09%	37	0,3	0,01%	0,02%
14	2	0,02%	0,03%	38	0,3	0,01%	0,02%
15	2	0,04%	0,10%	39	0,3	0,01%	0,02%
16	2	0,03%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,03%
17	1,5	0,08%	0,16%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,04%	0,05%	42	0,3	0,01%	0,02%
19	1,5	0,04%	0,10%	43	0,3	0,01%	0,02%
20	1,5	0,03%	0,05%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,07%	0,13%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,03%	0,05%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,02%	0,05%	47	0,3	0,01%	0,01%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,01%	0,02%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,01%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 17. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 4, norma IEEE 519.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo	H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,17%	0,47%	26	0,6	0,01%	0,01%
3	4	1,92%	3,11%	27	0,6	0,01%	0,01%
4	4	0,09%	0,17%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,43%	1,44%	29	0,6	0,01%	0,03%
6	4	0,05%	0,15%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,14%	0,34%	31	0,6	0,01%	0,03%
8	4	0,03%	0,04%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,05%	0,20%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,02%	0,03%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,05%	0,13%	35	0,3	0,01%	0,03%
12	2	0,02%	0,03%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,06%	0,09%	37	0,3	0,01%	0,02%
14	2	0,02%	0,03%	38	0,3	0,01%	0,01%
15	2	0,04%	0,08%	39	0,3	0,01%	0,01%
16	2	0,02%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,02%
17	1,5	0,07%	0,20%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,03%	0,05%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,04%	0,11%	43	0,3	0,01%	0,02%
20	1,5	0,02%	0,04%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,07%	0,14%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,02%	0,04%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,03%	0,05%	47	0,3	0,01%	0,02%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,01%	0,03%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,01%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 18. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 5, norma IEEE 519.

H	Límite [%]	Promedio	Máximo	H	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,13%	0,45%	26	0,6	0,01%	0,01%
3	4	1,12%	3,83%	27	0,6	0,01%	0,01%
4	4	0,06%	0,16%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,77%	1,95%	29	0,6	0,01%	0,04%
6	4	0,04%	0,10%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,12%	0,60%	31	0,6	0,01%	0,05%
8	4	0,02%	0,05%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,05%	0,30%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,02%	0,03%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,05%	0,16%	35	0,3	0,01%	0,02%
12	2	0,01%	0,02%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,03%	0,10%	37	0,3	0,01%	0,02%
14	2	0,01%	0,03%	38	0,3	0,01%	0,02%
15	2	0,03%	0,09%	39	0,3	0,01%	0,01%
16	2	0,02%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,03%
17	1,5	0,06%	0,18%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,02%	0,03%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,03%	0,17%	43	0,3	0,01%	0,03%
20	1,5	0,02%	0,05%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,04%	0,14%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,02%	0,04%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,02%	0,05%	47	0,3	0,01%	0,02%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,01%	0,05%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,01%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 19. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 7, norma IEEE 519.

II	Límite [%]	Promedio	Máximo	II	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,29%	0,52%	26	0,6	0,01%	0,02%
3	4	1,31%	4,91%	27	0,6	0,01%	0,02%
4	4	0,09%	0,27%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,90%	2,22%	29	0,6	0,01%	0,07%
6	4	0,04%	0,09%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,14%	0,61%	31	0,6	0,01%	0,06%
8	4	0,02%	0,05%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,06%	0,27%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,02%	0,04%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,05%	0,14%	35	0,3	0,01%	0,02%
12	2	0,02%	0,03%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,04%	0,10%	37	0,3	0,01%	0,03%
14	2	0,02%	0,03%	38	0,3	0,01%	0,01%
15	2	0,03%	0,08%	39	0,3	0,01%	0,01%
16	2	0,02%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,03%
17	1,5	0,06%	0,19%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,03%	0,05%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,04%	0,14%	43	0,3	0,01%	0,02%
20	1,5	0,02%	0,05%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,04%	0,11%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,02%	0,05%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,08%	0,31%	47	0,3	0,01%	0,01%
24	0,6	0,01%	0,03%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,02%	0,05%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,02%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 20. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 8, norma IEEE 519.

II	Límite [%]	Promedio	Máximo	II	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,21%	0,37%	26	0,6	0,01%	0,02%
3	4	2,58%	3,79%	27	0,6	0,01%	0,01%
4	4	0,12%	0,24%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,87%	1,89%	29	0,6	0,01%	0,02%
6	4	0,05%	0,07%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,13%	0,33%	31	0,6	0,01%	0,02%
8	4	0,04%	0,06%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,05%	0,12%	33	0,6	0,01%	0,01%
10	4	0,03%	0,04%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,05%	0,11%	35	0,3	0,01%	0,02%
12	2	0,03%	0,04%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,06%	0,09%	37	0,3	0,01%	0,02%
14	2	0,03%	0,04%	38	0,3	0,01%	0,01%
15	2	0,05%	0,09%	39	0,3	0,01%	0,01%
16	2	0,04%	0,05%	40	0,3	0,02%	0,04%
17	1,5	0,09%	0,19%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,04%	0,06%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,05%	0,19%	43	0,3	0,01%	0,02%
20	1,5	0,03%	0,07%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,07%	0,13%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,03%	0,07%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,02%	0,05%	47	0,3	0,01%	0,02%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,01%	0,03%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,02%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 21. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 9, norma IEEE 519.

II	Límite [%]	Promedio	Máximo	II	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,14%	0,62%	26	0,6	0,01%	0,01%
3	4	1,07%	3,97%	27	0,6	0,01%	0,02%
4	4	0,07%	0,23%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	0,90%	2,41%	29	0,6	0,01%	0,03%
6	4	0,04%	0,11%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,12%	0,53%	31	0,6	0,01%	0,03%
8	4	0,03%	0,05%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,05%	0,30%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,02%	0,04%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,05%	0,15%	35	0,3	0,01%	0,02%
12	2	0,02%	0,03%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,03%	0,11%	37	0,3	0,01%	0,02%
14	2	0,02%	0,03%	38	0,3	0,01%	0,01%
15	2	0,03%	0,10%	39	0,3	0,01%	0,02%
16	2	0,02%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,03%
17	1,5	0,06%	0,18%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,03%	0,06%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,04%	0,10%	43	0,3	0,01%	0,02%
20	1,5	0,02%	0,05%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,05%	0,15%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,02%	0,06%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,02%	0,08%	47	0,3	0,01%	0,01%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,01%	0,03%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,01%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 22. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 10, norma IEEE 519.

II	Límite [%]	Promedio	Máximo	II	Límite [%]	Promedio	Máximo
2	4	0,16%	0,86%	26	0,6	0,01%	0,01%
3	4	1,48%	4,57%	27	0,6	0,01%	0,03%
4	4	0,08%	0,38%	28	0,6	0,01%	0,01%
5	4	1,03%	1,85%	29	0,6	0,01%	0,04%
6	4	0,04%	0,13%	30	0,6	0,01%	0,01%
7	4	0,13%	0,63%	31	0,6	0,01%	0,06%
8	4	0,03%	0,07%	32	0,6	0,01%	0,01%
9	4	0,06%	0,29%	33	0,6	0,01%	0,02%
10	4	0,02%	0,04%	34	0,6	0,01%	0,01%
11	2	0,06%	0,17%	35	0,3	0,01%	0,03%
12	2	0,02%	0,04%	36	0,3	0,01%	0,01%
13	2	0,04%	0,09%	37	0,3	0,01%	0,02%
14	2	0,02%	0,04%	38	0,3	0,01%	0,02%
15	2	0,04%	0,09%	39	0,3	0,01%	0,02%
16	2	0,03%	0,04%	40	0,3	0,02%	0,03%
17	1,5	0,08%	0,21%	41	0,3	0,01%	0,02%
18	1,5	0,03%	0,05%	42	0,3	0,01%	0,01%
19	1,5	0,05%	0,20%	43	0,3	0,01%	0,03%
20	1,5	0,02%	0,06%	44	0,3	0,01%	0,01%
21	1,5	0,07%	0,14%	45	0,3	0,01%	0,01%
22	1,5	0,03%	0,07%	46	0,3	0,01%	0,01%
23	0,6	0,03%	0,10%	47	0,3	0,01%	0,02%
24	0,6	0,01%	0,02%	48	0,3	0,01%	0,01%
25	0,6	0,02%	0,05%	49	0,3	0,01%	0,02%
26	0,6	0,01%	0,01%	50	0,3	0,01%	0,02%

Tabla 23. Armónicos individuales de corriente del Aerogenerador N° 11, norma IEEE 519.

UNIDADES DE GENERACIÓN	THD CORRIENTE	
	Promedio [%]	Máximo [%]
2	2,17	3,56
4	2,77	3,29
5	1,98	3,02
7	0,83	2,67
8	1,17	2,89
9	2,96	3,73
10	0,87	2,96
11	1,58	3,75

Tabla 24. THD de corriente de los aerogeneradores N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de Villonaco.

Por otro lado, la norma EN 61400-21 [2] establece que: los valores de las componentes individuales de corriente y la distorsión armónica total de corriente deben darse en tablas en

porcentaje de la corriente nominal I_n , y para el funcionamiento del aerogenerador en los tramos de potencias activas 0, 10, 20, ..., 100% de la potencia nominal P_n .

En las Tablas 25 - 32 se presentan los valores de armónicos clasificados por intervalos de potencia de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11, donde claramente se concluye que todos los valores cumplen la norma EN 61400-21.

La generación de armónicos crece en amplitud y en porcentaje con el aumento de la potencia, lo que hace creer que cuando se queman los commutadores IGBT de los inversores, no es debido a los armónicos en bajas potencias.

Cabe destacar que el armónico 17 es relativamente mayor a otros armónicos de orden superior. Esto se puede deber al inversor del aerogenerador.

Pbn(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
II	Ih(%)									
2	0,14%	0,20%	0,21%	0,21%	0,21%	0,22%	0,22%	0,23%	0,23%	0,23%
3	1,20%	1,15%	1,18%	1,46%	1,79%	2,08%	2,30%	2,50%	2,67%	2,81%
4	0,08%	0,09%	0,11%	0,11%	0,12%	0,12%	0,13%	0,13%	0,14%	0,14%
5	0,47%	0,65%	0,72%	0,59%	0,54%	0,53%	0,51%	0,55%	0,55%	0,65%
6	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%
7	0,12%	0,12%	0,19%	0,18%	0,16%	0,14%	0,14%	0,14%	0,13%	0,12%
8	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
9	0,05%	0,06%	0,05%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,05%	0,04%	0,04%
10	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
11	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,06%	0,05%
12	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
13	0,03%	0,05%	0,04%	0,03%	0,04%	0,06%	0,07%	0,08%	0,08%	0,08%
14	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
15	0,03%	0,04%	0,04%	0,05%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%
16	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
17	0,05%	0,07%	0,06%	0,08%	0,11%	0,12%	0,11%	0,10%	0,10%	0,11%
18	0,03%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
19	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,04%
20	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
21	0,05%	0,07%	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,07%	0,07%	0,08%	0,08%
22	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
23	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
24	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
25	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,01%
26	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
30	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%

31	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
32	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
43	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	1,32%	1,36%	1,43%	1,62%	1,91%	2,18%	2,39%	2,59%	2,75%	2,91%	

Tabla 25. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 2, norma EN 61400-21.

Pbin(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H	Ih(%)									
2	0,06%	0,00%	0,16%	0,15%	0,18%	0,18%	0,18%	0,19%	0,19%	0,19%
3	0,53%	0,00%	1,26%	1,60%	1,85%	2,12%	2,33%	2,50%	2,60%	2,78%
4	0,03%	0,00%	0,09%	0,09%	0,11%	0,11%	0,11%	0,11%	0,12%	0,12%
5	0,31%	0,00%	1,60%	1,34%	1,17%	1,12%	0,99%	1,02%	0,92%	0,89%
6	0,02%	0,00%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%
7	0,10%	0,00%	0,16%	0,14%	0,17%	0,15%	0,15%	0,17%	0,17%	0,15%
8	0,01%	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%
9	0,02%	0,00%	0,05%	0,06%	0,08%	0,08%	0,07%	0,05%	0,04%	0,04%
10	0,01%	0,00%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
11	0,03%	0,00%	0,04%	0,04%	0,07%	0,07%	0,07%	0,06%	0,05%	0,04%
12	0,01%	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
13	0,02%	0,00%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,06%	0,06%	0,07%	0,07%
14	0,01%	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
15	0,02%	0,00%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%
16	0,01%	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
17	0,03%	0,00%	0,10%	0,09%	0,09%	0,10%	0,09%	0,08%	0,08%	0,08%
18	0,02%	0,00%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
19	0,03%	0,00%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,04%	0,04%

20	0,02%	0,00%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
21	0,03%	0,00%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,07%	0,08%	0,07%
22	0,01%	0,00%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
23	0,02%	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,02%
24	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
25	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,01%	0,01%
26	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,01%	0,02%	0,02%	0,01%
30	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
31	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
32	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,01%	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
43	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,02%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	0,63%	0,00%	2,06%	2,11%	2,22%	2,42%	2,56%	2,72%	2,78%	2,94%

Tabla 26. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 4, norma EN 61400-21.

Pbln(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
II	Ih(%)									
2	0,12%	0,19%	0,21%	0,28%	0,27%	0,22%	0,17%	0,16%	0,15%	0,15%
3	1,17%	0,97%	0,88%	1,22%	1,49%	1,74%	1,94%	2,10%	2,23%	2,34%
4	0,06%	0,08%	0,09%	0,12%	0,12%	0,10%	0,09%	0,09%	0,09%	0,08%
5	0,56%	0,77%	0,80%	0,67%	0,56%	0,51%	0,47%	0,39%	0,26%	0,31%
6	0,04%	0,04%	0,05%	0,10%	0,10%	0,07%	0,05%	0,05%	0,04%	0,04%
7	0,14%	0,15%	0,17%	0,20%	0,18%	0,14%	0,12%	0,12%	0,13%	0,12%
8	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
9	0,05%	0,06%	0,05%	0,07%	0,08%	0,07%	0,06%	0,04%	0,04%	0,04%
10	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
11	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%
12	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
13	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,06%	0,07%	0,06%	0,06%
14	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
15	0,03%	0,04%	0,04%	0,05%	0,04%	0,03%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%
16	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
17	0,06%	0,07%	0,06%	0,07%	0,09%	0,09%	0,08%	0,07%	0,06%	0,07%
18	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
19	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
20	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
21	0,06%	0,07%	0,06%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%
22	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
23	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
24	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
25	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%	0,01%	0,01%
26	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
30	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
31	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
32	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%

43	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	1,32%	1,28%	1,24%	1,46%	1,65%	1,85%	2,02%	2,15%	2,26%	2,38%	

Tabla 27. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 5, norma EN 61400-21.

Pbln(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ll	lh(%)									
2	0,15%	0,16%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%	0,18%	0,18%	0,17%	0,17%
3	1,32%	1,11%	1,13%	1,42%	1,78%	2,04%	2,26%	2,44%	2,59%	2,71%
4	0,08%	0,08%	0,07%	0,08%	0,08%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
5	0,82%	1,14%	1,22%	1,20%	1,09%	1,07%	1,26%	1,34%	1,24%	1,11%
6	0,05%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
7	0,15%	0,12%	0,14%	0,11%	0,11%	0,12%	0,16%	0,21%	0,26%	0,30%
8	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
9	0,06%	0,06%	0,05%	0,06%	0,07%	0,07%	0,06%	0,05%	0,04%	0,03%
10	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
11	0,06%	0,04%	0,04%	0,05%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,06%	0,04%
12	0,02%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
13	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,03%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%
14	0,02%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
15	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%
16	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
17	0,06%	0,07%	0,07%	0,09%	0,11%	0,10%	0,10%	0,08%	0,08%	0,08%
18	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
19	0,04%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,06%
20	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%
21	0,05%	0,05%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,07%	0,09%
22	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%
23	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
24	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
25	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%
26	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
30	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
31	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%

32	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
43	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	1,58%	1,61%	1,69%	1,89%	2,11%	2,32%	2,61%	2,81%	2,90%	2,96%	

Tabla 28. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 7, norma EN 61400-21.

Pbin(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H	Ih(%)									
2	0,28%	0,42%	0,39%	0,31%	0,28%	0,33%	0,37%	0,38%	0,38%	0,39%
3	1,33%	1,11%	1,06%	1,35%	1,68%	1,94%	2,16%	2,32%	2,48%	2,61%
4	0,07%	0,07%	0,10%	0,14%	0,15%	0,15%	0,16%	0,16%	0,16%	0,15%
5	0,96%	1,24%	1,23%	1,22%	1,03%	1,09%	1,08%	1,05%	1,04%	0,88%
6	0,04%	0,05%	0,05%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
7	0,18%	0,16%	0,12%	0,13%	0,10%	0,12%	0,12%	0,12%	0,14%	0,14%
8	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
9	0,07%	0,07%	0,05%	0,07%	0,09%	0,08%	0,07%	0,06%	0,04%	0,03%
10	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
11	0,06%	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,07%	0,07%	0,06%	0,05%
12	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
13	0,04%	0,04%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%
14	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
15	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
16	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
17	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,08%	0,07%	0,07%	0,06%	0,05%	0,06%
18	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
19	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,04%
20	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,02%	0,02%

21	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
22	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
23	0,07%	0,10%	0,11%	0,08%	0,08%	0,10%	0,15%	0,14%	0,12%	0,10%
24	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%
25	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
26	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
30	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
31	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
32	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
43	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	1,69%	1,74%	1,70%	1,87%	2,01%	2,28%	2,47%	2,60%	2,74%	2,80%

Tabla 29. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 8, norma EN 61400-21.

Pbin(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H	Ih(%)									
2	0,00%	0,17%	0,18%	0,20%	0,21%	0,20%	0,20%	0,20%	0,21%	0,21%
3	0,00%	1,02%	1,18%	1,47%	1,75%	2,05%	2,27%	2,47%	2,66%	2,83%
4	0,00%	0,10%	0,09%	0,10%	0,10%	0,10%	0,11%	0,11%	0,12%	0,13%
5	0,00%	0,89%	1,00%	1,07%	1,09%	0,95%	0,88%	0,87%	0,86%	0,84%
6	0,00%	0,05%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
7	0,00%	0,10%	0,14%	0,16%	0,15%	0,15%	0,14%	0,12%	0,13%	0,13%
8	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%
9	0,00%	0,07%	0,05%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,05%	0,04%	0,04%

10	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
11	0,00%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,07%	0,06%	0,05%	0,04%	
12	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	
13	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,05%	0,06%	0,07%	0,07%	0,06%	
14	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	
15	0,00%	0,05%	0,04%	0,05%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	
16	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	
17	0,00%	0,12%	0,11%	0,11%	0,10%	0,09%	0,09%	0,08%	0,08%	0,09%	
18	0,00%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	
19	0,00%	0,04%	0,05%	0,05%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,04%	0,05%	
20	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	
21	0,00%	0,05%	0,06%	0,06%	0,07%	0,07%	0,08%	0,08%	0,08%	0,07%	
22	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	
23	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	
24	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
25	0,00%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
26	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
27	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
28	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
29	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
30	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
31	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
32	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
33	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
34	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
35	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
36	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
37	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
38	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
39	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
40	0,00%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	
41	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
42	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
43	0,00%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
44	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
45	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
46	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
47	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
48	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
49	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
50	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	
THC	0,00%	1,39%	1,58%	1,85%	2,09%	2,28%	2,46%	2,64%	2,82%	2,97%	

Tabla 30. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 9, norma EN 61400-21.

Pbln(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
II	Ih(%)									
2	0,15%	0,18%	0,20%	0,21%	0,22%	0,22%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
3	1,13%	1,11%	1,18%	1,49%	1,80%	2,06%	2,36%	2,56%	2,72%	2,89%
4	0,08%	0,09%	0,10%	0,11%	0,11%	0,12%	0,12%	0,13%	0,12%	0,12%
5	0,95%	1,37%	1,62%	1,47%	1,35%	1,18%	1,28%	0,85%	1,06%	0,99%
6	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%
7	0,16%	0,16%	0,11%	0,10%	0,10%	0,11%	0,11%	0,15%	0,13%	0,15%
8	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
9	0,06%	0,07%	0,06%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,05%	0,05%	0,04%
10	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
11	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,08%	0,07%	0,07%	0,06%	0,04%
12	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
13	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%
14	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
15	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
16	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,03%	0,04%
17	0,06%	0,06%	0,08%	0,10%	0,10%	0,10%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%
18	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
19	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%
20	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
21	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,08%	0,10%	0,08%
22	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%
23	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%
24	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
25	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%
26	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
30	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
31	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
32	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%

43	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	1,51%	1,79%	2,03%	2,12%	2,28%	2,40%	2,71%	2,72%	2,95%	3,07%	

Tabla 31. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 10, norma EN 61400-21

Pbin(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H	Ih(%)									
2	0,15%	0,15%	0,15%	0,15%	0,16%	0,17%	0,18%	0,19%	0,20%	0,23%
3	1,23%	1,12%	1,11%	1,39%	1,73%	2,04%	2,23%	2,42%	2,54%	2,68%
4	0,08%	0,07%	0,07%	0,08%	0,08%	0,08%	0,09%	0,09%	0,09%	0,11%
5	0,97%	1,11%	1,23%	1,10%	1,08%	1,10%	1,11%	1,04%	0,85%	1,09%
6	0,04%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
7	0,15%	0,17%	0,12%	0,10%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,16%
8	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%
9	0,06%	0,07%	0,05%	0,06%	0,08%	0,08%	0,06%	0,05%	0,04%	0,04%
10	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%
11	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,08%	0,08%	0,07%	0,06%	0,06%
12	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%
13	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,06%	0,06%	0,07%
14	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%
15	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,03%	0,04%	0,05%	0,05%	0,05%
16	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
17	0,07%	0,06%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,08%	0,09%
18	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
19	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,08%	0,08%	0,06%	0,05%	0,04%
20	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,02%	0,03%	0,04%
21	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,07%	0,08%	0,09%	0,09%	0,08%	0,09%
22	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%
23	0,02%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,04%	0,03%	0,03%	0,02%	0,03%
24	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
25	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,01%
26	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
27	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
28	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
29	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
30	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
31	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	0,01%	0,01%

32	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
33	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
34	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
35	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
36	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
37	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
38	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
39	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
40	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
41	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
42	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
43	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
44	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
45	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
46	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
47	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
48	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
49	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
50	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
THC	1,60%	1,61%	1,68%	1,80%	2,06%	2,34%	2,52%	2,65%	2,70%	2,92%		

Tabla 32. Armónicos individuales de corriente clasificados por intervalos de potencia del 10% del aerogenerador N° 11, norma EN 61400-21.

3.7 Factor de Potencia ($\cos(\Phi)$) y Factor de Distorsión (PF).

En las Figuras 1 – 8 se presentan las series temporales del factor de potencia de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 del parque eólico Villonaco, respectivamente.

El factor de potencia es el coseno del ángulo formado entre el voltaje y la corriente, idealmente debe ser cercano a la unidad aunque se podrían presentar fenómenos de resonancia.

En las figuras se aprecia que el factor de potencia es casi la unidad la mayor parte del tiempo, los intervalos donde se aleja de lo ideal es solamente cuando se produce un paro en el aerogenerador respectivo.

El factor de potencia no es sinónimo de calidad de energía, pero sí de eficiencia energética en transmisión de energía eléctrica.

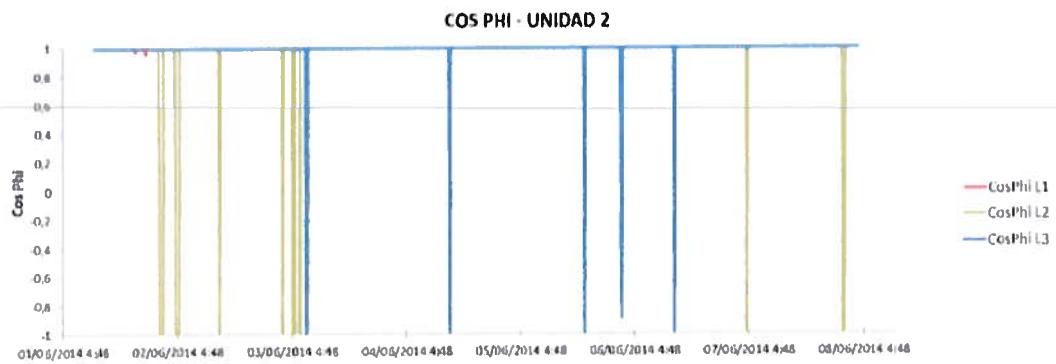


Figura 1. Factor de potencia del aerogenerador N° 2 de Villonaco.

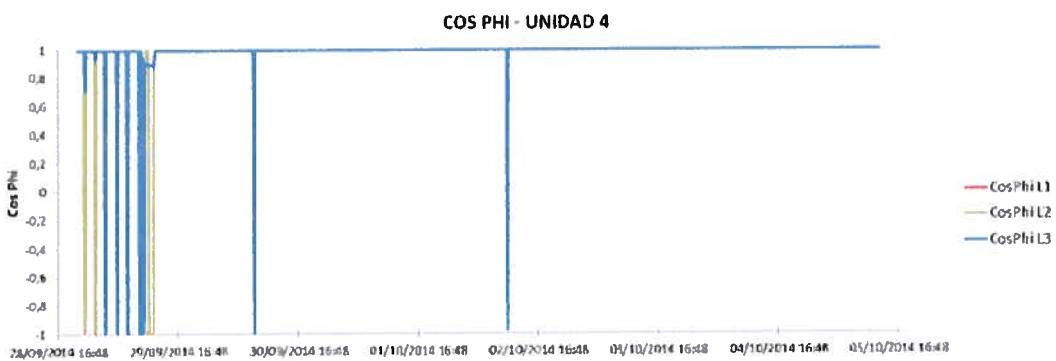


Figura 2. Factor de potencia del aerogenerador N° 4 de Villonaco.

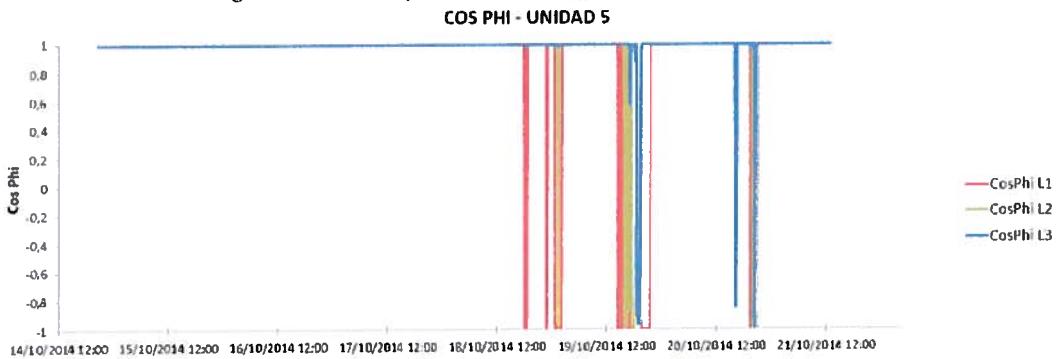


Figura 3. Factor de potencia del aerogenerador N° 5 de Villonaco.

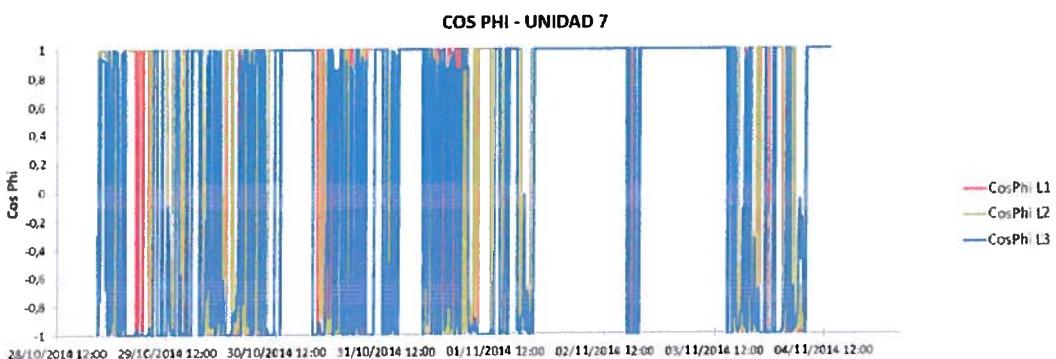


Figura 4. Factor de potencia del aerogenerador N° 7 de Villonaco.

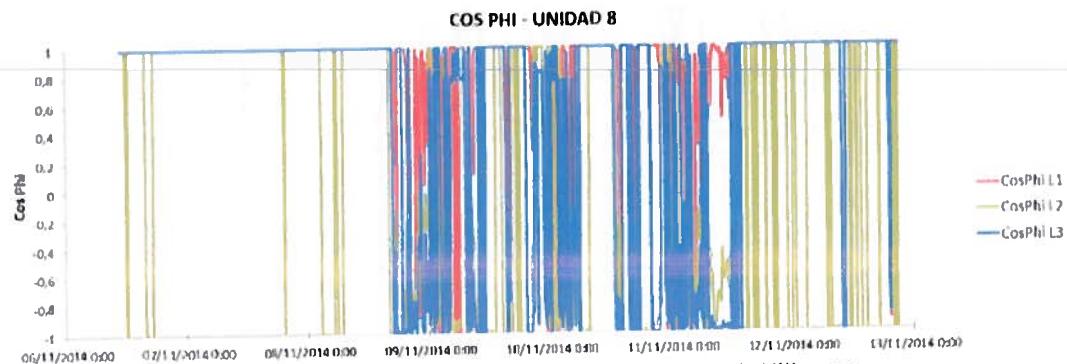


Figura 5. Factor de potencia del aerogenerador N° 8 de Villonaco.

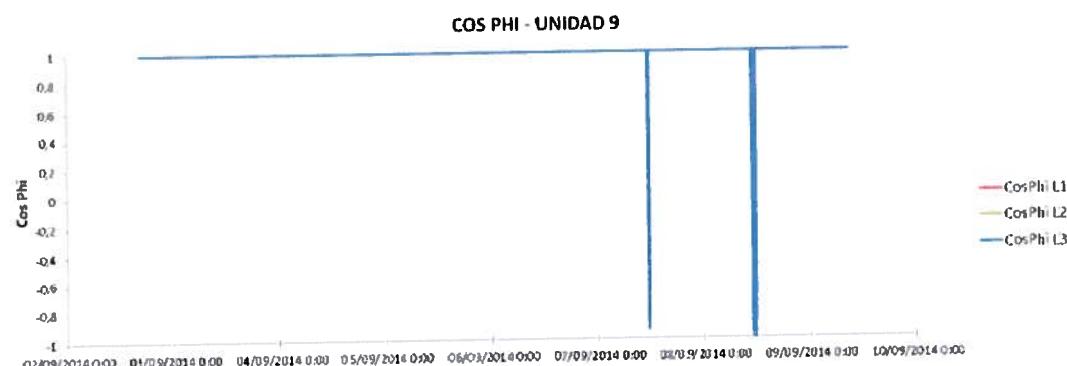


Figura 6. Factor de potencia del aerogenerador N° 9 de Villonaco.

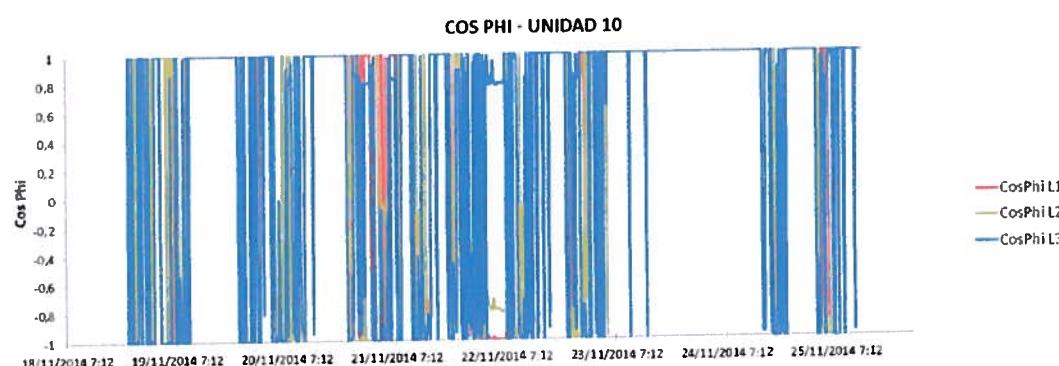


Figura 7. Factor de potencia del aerogenerador N° 10 de Villonaco.

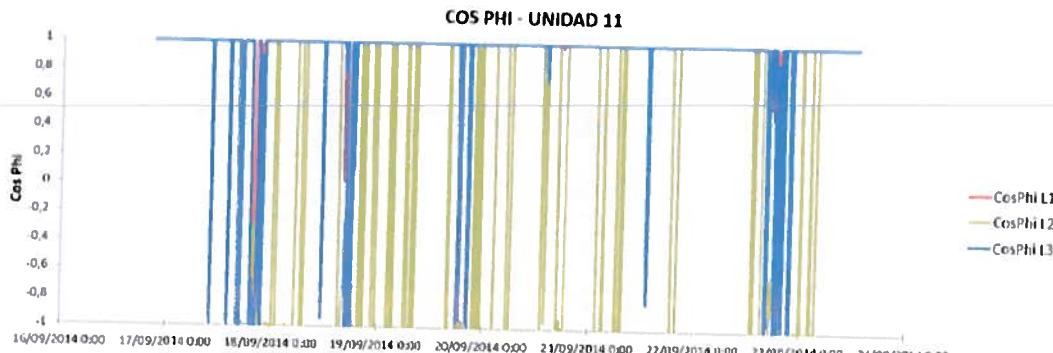


Figura 8. Factor de potencia del aerogenerador N° 11 de Villonaco.

En las Figuras 9 - 16 se presentan las gráficas en el tiempo del factor de distorsión de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 del parque eólico Villonaco, respectivamente.

En cuanto al factor de distorsión, idealmente debe ser similar a la unidad, este representa la relación entre la corriente fundamental y la corriente RMS.

En las figuras se aprecia que el factor de distorsión es casi la unidad y su comportamiento es similar al factor de potencia; por esta razón cuando el aerogenerador se detiene el factor de distorsión se reduce exponencialmente, lo que representa gran inmersión de ruido a la red.

El factor de distorsión sí es sinónimo de calidad de energía, por estar directamente relacionado con la forma de onda de voltaje, por lo tanto es necesario que este valor sea cercano a la unidad, como lo es en el parque eólico Villonaco.

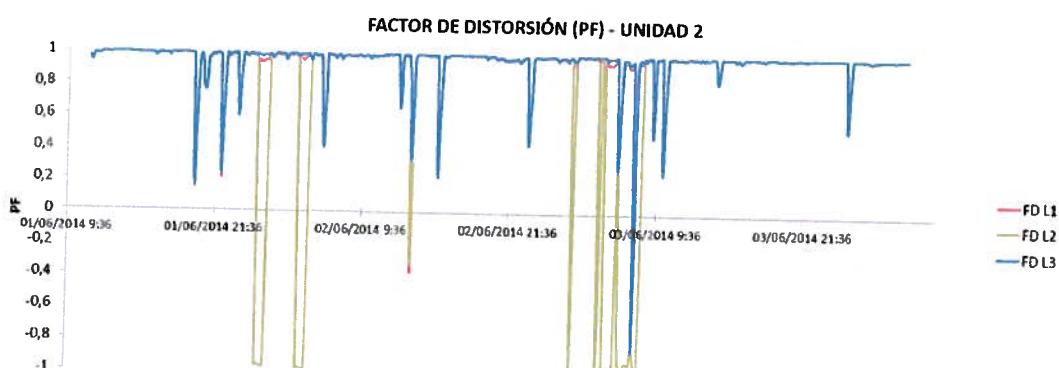


Figura 9. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 2 de Villonaco.

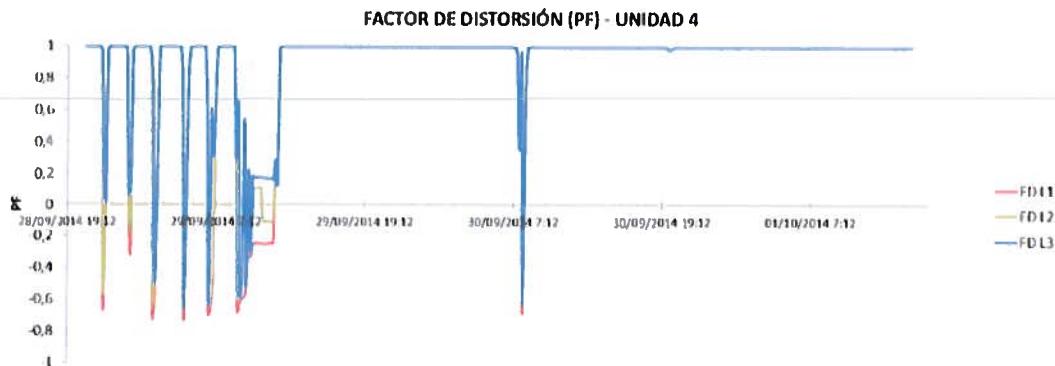


Figura 10. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 4 de Villonaco.



Figura 11. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 5 de Villonaco.

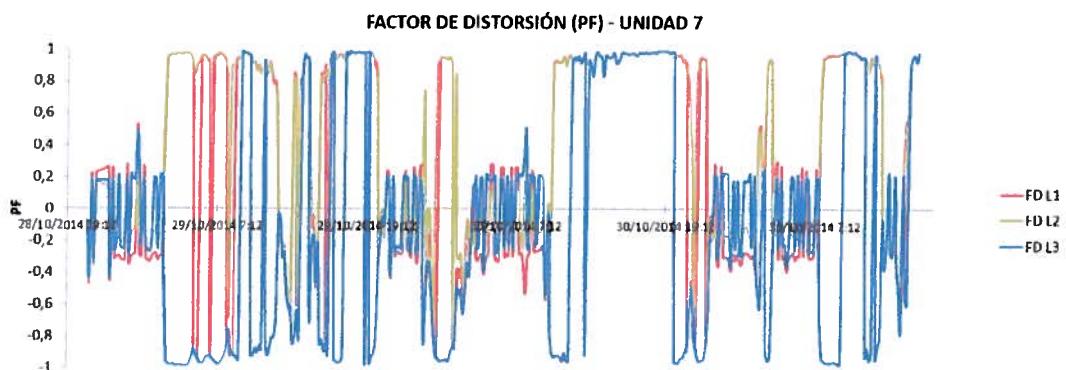


Figura 12. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 7 de Villonaco.

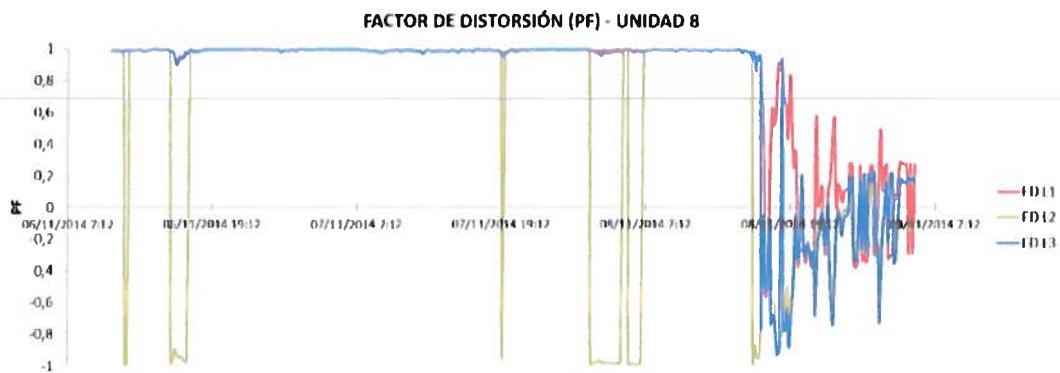


Figura 13. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 8 de Villonaco.



Figura 14. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 9 de Villonaco.

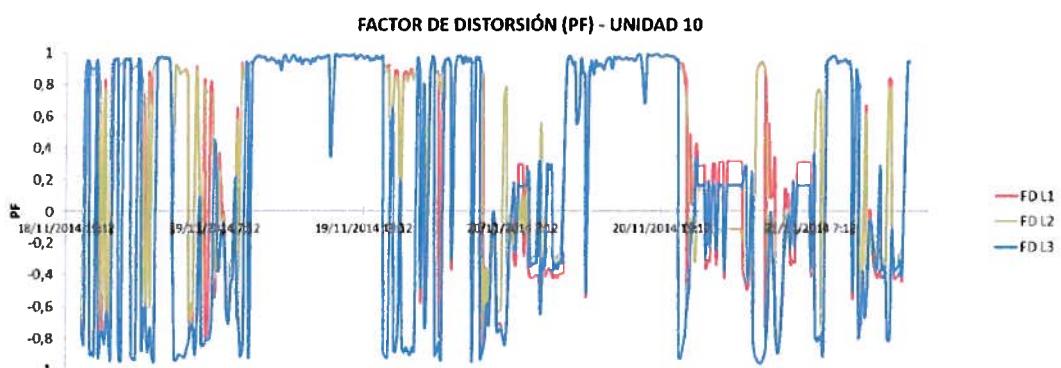


Figura 15. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 10 de Villonaco.

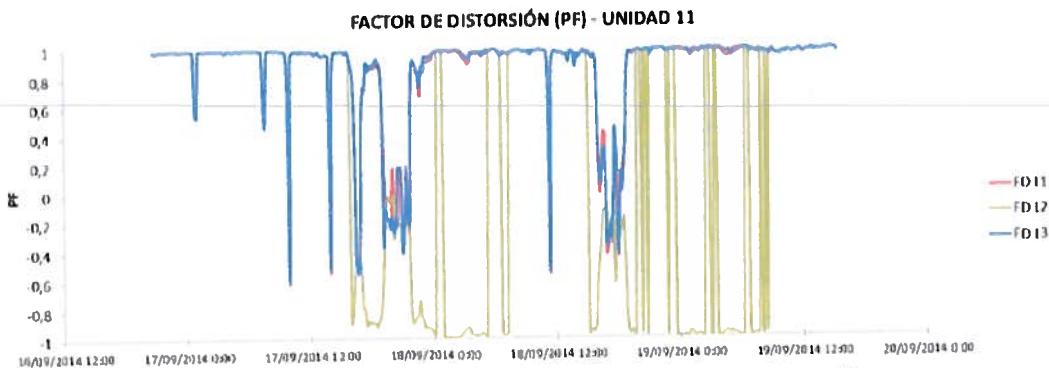


Figura 16. Factor de distorsión producido en el aerogenerador N° 11 de Villonaco.

3.8 Eventos de tensión

3.8.1 Huecos de tensión

La evaluación de los huecos de tensión debe hacerse en conformidad de la norma EN 61000-4-30. El método de análisis de los huecos de tensión depende del motivo de la evaluación. Cuando se colectan estadísticas, los huecos deben clasificarse conforme la Tabla 33.

Tensión residual u %	Duración t ms				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	CELDA A1	CELDA A2	CELDA A3	CELDA A4	CELDA A5
$80 > u \geq 70$	CELDA B1	CELDA B2	CELDA B3	CELDA B4	CELDA B5
$70 > u \geq 40$	CELDA C1	CELDA C2	CELDA C3	CELDA C4	CELDA C5
$40 > u \geq 5$	CELDA D1	CELDA D2	CELDA D3	CELDA D4	CELDA D5
$5 > u$	CELDA X1	CELDA X2	CELDA X3	CELDA X4	CELDA X5

Tabla 33. Clasificación de los huecos de tensión según el voltaje residual y la duración.

Además el aerogenerador GOLDWIDN presenta una curva de bajo y sobre voltaje del convertidor, que también se ha introducido para este análisis, Figura 17.

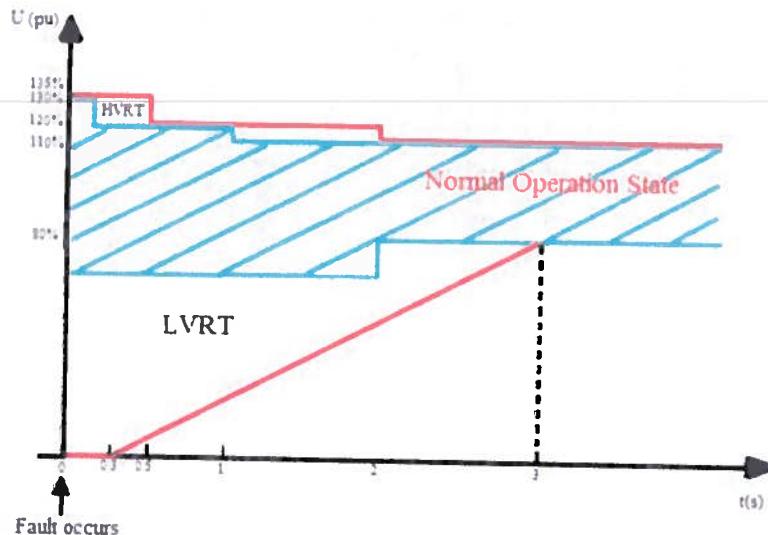


Figura 17. Imagen de los límites de bajo y sobre voltajes del Convertidor de las Turbinas Eólicas de la CGE Villonaco.

En las Tablas 34 - 41 se presentan los eventos de huecos de tensión registrados en el aerogenerador N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 respectivamente, tanto monofásicos como su equivalente trifásico, donde relacionando la tabla con los datos porcentuales de voltaje en "por unidad" y el tiempo transcurrido durante los eventos de tensión, se puede concluir que en todas las oportunidades los mismos se han encontrado en el área de Normal de Operación (Figura 17). En tal virtud, los aerogeneradores durante este periodo de medición no han salido de operación por estos eventos.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Caídas de tensión	UL1	02/06/2014 09:28:58,585811	167,08ms	284,2 [V]	CELDA B1
Caídas de tensión	UL3	02/06/2014 09:28:58,313181	442,35ms	277,5 [V]	CELDA B2
Caídas de tensión	UL2	02/06/2014 09:28:58,316015	442,74ms	277,4 [V]	CELDA B2
Caídas de tensión	UL3	02/06/2014 09:29:01,732723	391,55ms	271,7 [V]	CELDA B2
Caídas de tensión	UL1	02/06/2014 09:29:01,729888	399,48ms	255,7 [V]	CELDA B2
Caídas de tensión	UL2	02/06/2014 09:29:01,943704	191,35ms	266,3 [V]	CELDA B1
Caídas de tensión	UL1	04/06/2014 17:28:52,113182	199,99ms	287,2 [V]	CELDA A1
Caídas de tensión	UL2	07/06/2014 21:59:18,310891	258,67ms	291,9 [V]	CELDA A2
Caídas de tensión	UL3	07/06/2014 21:59:20,759420	141,68ms	320,8 [V]	CELDA A1
Caídas de tensión	UL2	07/06/2014 21:59:20,653798	258,56ms	279,1 [V]	CELDA B2
Caídas de tensión	UL1	07/06/2014 21:59:20,764989	150,30ms	286,6 [V]	CELDA A1
Caída de tensión 3-ph	UL123-N	02/06/2014 09:28:58,313181	445,58ms	277,4 [V]	CELDA B2
Caída de tensión 3-ph	UL123-N	02/06/2014 09:29:01,729888	405,17ms	255,7 [V]	CELDA B2
Caída de tensión 3-ph	UL123-N	04/06/2014 17:28:52,113182	199,99ms	287,2 [V]	CELDA A1
Caída de tensión 3-ph	UL123-N	07/06/2014 21:59:18,310891	258,67ms	291,9 [V]	CELDA A2
Caída de tensión 3-ph	UL123-N	07/06/2014 21:59:20,653798	261,49ms	279,1 [V]	CELDA B2

Tabla 34. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 2 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Variaciones rápidas de tensión	UL1	01/10/2014 13:15:40,154303	33,310ms	-16,04 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	01/10/2014 13:15:41,604512	91,621ms	15,96 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	02/10/2014 10:37:27,298563	600,24ms	11,77 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL2	02/10/2014 10:37:27,301395	600,24ms	11,98 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL1	02/10/2014 10:37:27,304131	658,56ms	11,77 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL3	04/10/2014 10:55:08,158134	316,81ms	-11,84 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL1	04/10/2014 10:55:08,155303	358,53ms	-33,97 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL2	04/10/2014 10:55:08,152570	391,79ms	-14,91 [V]	CELDA X2

Tabla 35. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 4 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Variaciones rápidas de tensión	UL2	14/10/2014 22:43:05,667920	99,925ms	-12,58 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	14/10/2014 22:43:05,670750	99,828ms	-12,52 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	14/10/2014 22:43:05,665188	108,22ms	-12,47 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	15/10/2014 18:17:29,488202	41,750ms	13,55 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	15/10/2014 18:17:29,482628	50,061ms	13,52 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	15/10/2014 18:17:29,477055	58,470ms	13,72 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	15/10/2014 21:57:30,788725	108,25ms	-12,67 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	15/10/2014 21:57:30,783161	116,65ms	-12,64 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	15/10/2014 21:57:30,785992	158,23ms	-12,77 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	16/10/2014 18:10:40,273335	50,010ms	13,26 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	16/10/2014 18:10:40,267767	58,410ms	13,45 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	16/10/2014 18:10:40,278903	50,010ms	13,28 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	16/10/2014 22:43:58,259975	25,003ms	-12,54 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	16/10/2014 22:43:58,262710	25,003ms	-12,69 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	16/10/2014 22:43:58,265543	25,004ms	-12,58 [V]	CELDA X1

Variaciones rápidas de tensión	UL2	17/10/2014 18:26:30.775927	41,592ms	13,18 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	17/10/2014 18:26:30.778661	41,689ms	13,14 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	17/10/2014 18:26:30.773096	49,988ms	13,13 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	17/10/2014 22:44:29.373470	16,603ms	-12,47 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	17/10/2014 22:44:29.367903	25,002ms	-12,49 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	17/10/2014 22:44:29.370638	25,002ms	-12,61 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	20/10/2014 18:24:54.432411	58,429ms	13,62 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	20/10/2014 18:24:54.435245	58,331ms	13,73 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	20/10/2014 18:24:54.437981	58,429ms	13,63 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	20/10/2014 21:56:05.770329	33,301ms	-13,01 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	20/10/2014 21:56:05.773162	33,301ms	-13,14 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	20/10/2014 21:56:05.775896	33,301ms	-13,05 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	21/10/2014 09:24:19.286559	75,059ms	-18,58 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	21/10/2014 09:24:20.770937	83,464ms	14,3 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	21/10/2014 09:24:22.814273	41,732ms	-13,81 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	21/10/2014 09:24:22.817108	275,23ms	-13,73 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL1	21/10/2014 09:24:24.276649	50,042ms	13,94 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	21/10/2014 09:24:24.273717	83,371ms	14,04 [V]	CELDA X1

Tabla 36. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 5 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Variaciones rápidas de tensión	UL3	28/10/2014 23:06:14.813593	24,986ms	-12,19 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	28/10/2014 23:06:14.816326	24,986ms	-12,35 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	28/10/2014 23:06:14.819157	24,986ms	-12,22 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	29/10/2014 18:30:56.980679	41,734ms	12,72 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	29/10/2014 18:30:56.983416	41,734ms	12,62 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	29/10/2014 18:30:56.977844	50,042ms	12,53 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	29/10/2014 22:50:57.694210	25,005ms	-12,18 [V]	CELDA X1

Variaciones rápidas de tensión	UL2	29/10/2014 22:50:57.697042	25,005ms	-12,32 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	29/10/2014 22:50:57.699777	25,005ms	-12,25 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	30/10/2014 18:31:35.539673	41,629ms	13,15 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	30/10/2014 18:31:35.534102	50,033ms	13,04 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	30/10/2014 18:31:35.528533	58,339ms	13,25 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	30/10/2014 21:20:06.291040	41,573ms	-14,28 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	30/10/2014 21:20:06.285477	49,966ms	-14,19 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	30/10/2014 21:20:06.288210	49,966ms	-14,4 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	31/10/2014 11:14:54.625316	83,339ms	14,11 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	31/10/2014 11:14:54.619747	91,742ms	13,99 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	31/10/2014 11:14:54.622581	91,644ms	14,29 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	31/10/2014 22:46:53.633740	24,983ms	-12,09 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	31/10/2014 22:46:53.636473	24,983ms	-12,24 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	31/10/2014 22:46:53.639303	24,983ms	-12,17 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	03/11/2014 18:24:29.625787	41,621ms	12,9 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	03/11/2014 18:24:29.620218	50,023ms	12,99 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	03/11/2014 18:24:29.631356	41,621ms	12,96 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	04/11/2014 00:10:07.173314	366,86ms	-11,98 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL3	04/11/2014 00:10:07.170479	383,57ms	-11,75 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL1	04/11/2014 00:10:07.176050	467,02ms	-11,71 [V]	CELDA X2

Tabla 37. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 7 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Variaciones rápidas de tensión	UL3	10/11/2014 18:15:04.081751	49,978ms	12,73 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	10/11/2014 18:15:04.076187	58,373ms	12,76 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	10/11/2014 18:15:04.087315	49,978ms	12,71 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	10/11/2014 22:15:13.698345	24,999ms	-11,51 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	10/11/2014 22:15:13.701079	24,999ms	-11,6 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	10/11/2014 22:15:13.703911	24,999ms	-11,56 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	11/11/2014 18:23:40.960115	41,734ms	12,41 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	11/11/2014 18:23:40.954544	50,042ms	12,43 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	11/11/2014 18:23:40.957378	50,042ms	12,47 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	11/11/2014 22:54:43.205668	16,711ms	-11,82 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	11/11/2014 22:54:43.208405	16,711ms	-12,02 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	11/11/2014 22:54:43.211239	16,711ms	-11,89 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	12/11/2014 18:43:58.336822	33,295ms	12,05 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	12/11/2014 18:43:58.331256	41,692ms	12,09 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	12/11/2014 18:43:58.325691	49,991ms	12,19 [V]	CELDA X1

Tabla 38. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 8 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Varlaciones rápidas de tensión	UL3	02/09/2014 18:50:46,437697	33,397ms	12,8 [V]	CELDA X1
Varlaciones rápidas de tension	UL2	02/09/2014 18:50:46,440530	33,299ms	13,04 [V]	CELDA X1
Varlaciones rápidas de tension	UL1	02/09/2014 18:50:46,443361	41,600ms	12,89 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL3	02/09/2014 21:59:30,756367	25,021ms	-12,68 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL2	02/09/2014 21:59:30,759201	25,021ms	-12,9 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL1	02/09/2014 21:59:30,761938	25,021ms	-12,77 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL2	04/09/2014 18:39:58,720301	49,985ms	13,53 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL1	04/09/2014 18:39:58,731430	41,687ms	13,45 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL3	04/09/2014 18:39:58,725865	49,985ms	13,43 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL3	04/09/2014 22:57:34,538926	75,006ms	-13,03 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL2	04/09/2014 22:57:34,541758	100,01ms	-13,23 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL1	04/09/2014 22:57:34,544493	100,01ms	-13,08 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tension	UL2	06/09/2014 12:24:17,902111	83,291ms	-29,41 [V]	CELDA X1

Tabla 39. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 9 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Variaciones rápidas de tensión	UL2	19/11/2014 18:46:43.898814	58,399ms	13,4 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	19/11/2014 18:46:43.909947	50,001ms	13,39 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	19/11/2014 18:46:43.904381	58,302ms	13,28 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	19/11/2014 23:18:44.453978	341,70ms	-12,44 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL1	19/11/2014 23:18:44.459547	350,09ms	-12,5 [V]	CELDA X2
Variaciones rápidas de tensión	UL2	19/11/2014 23:18:44.456811	600,07ms	-12,39 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL2	20/11/2014 19:03:31.267792	49,959ms	13,26 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	20/11/2014 19:03:31.270525	49,959ms	13,16 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	20/11/2014 19:03:31.264962	58,352ms	13,1 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	20/11/2014 23:23:51.908004	24,971ms	-12,3 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	20/11/2014 23:23:51.910832	24,972ms	-12,32 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	20/11/2014 23:23:51.913564	24,972ms	-12,24 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	21/11/2014 18:35:55.398975	683,65ms	12,79 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL1	21/11/2014 18:35:55.404545	741,99ms	12,76 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL2	21/11/2014 18:35:55.393405	883,75ms	12,6 [V]	CELDA X3
Variaciones rápidas de tensión	UL3	21/11/2014 23:59:57.499060	24,989ms	-13,22 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL2	21/11/2014 23:59:57.501890	24,989ms	-13,32 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL1	21/11/2014 23:59:57.504623	24,989ms	-13,29 [V]	CELDA X1
Variaciones rápidas de tensión	UL3	24/11/2014 15:11:49.486874	58,302ms	14,81 [V]	CELDA X1

Tabla 40. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 10 de Villonaco.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Caídas de tensión	UL1	18/09/2014 12:46:06,444218	33,542ms	193,8 [V]	CELDA C1
Caídas de tensión	UL2	18/09/2014 12:46:06,458204	24,740ms	198,3 [V]	CELDA C1
Caída de tensión 3-ph	UL123-N	18/09/2014 12:46:06,444218	38,726ms	193,8 [V]	CELDA C1

Tabla 41. Eventos de huecos de tensión del aerogenerador N° 11 de Villonaco.

3.8.2 Sobretensores

La evaluación de las sobretensores debe hacerse en conformidad de la norma EN 61000-4-30. El método de análisis de las sobretensores depende del motivo de la evaluación. Cuando se recopilan estadísticas, las sobretensores deben clasificarse conforme a la Tabla 42.

Sobretensión U %	Duración t Ms		
	10 ≤ t ≤ 500	500 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
$U \geq 120$	CELEDA S1	CELEDA S2	CELEDA S3
$120 > U > 110$	CELEDA T1	CELEDA T2	CELEDA T3

Tabla 42. Clasificación de las sobretensores según la tensión residual y la duración máxima.

En la Tabla 43 se presentan los eventos de sobretensores registrados en el aerogenerador N° 2 tanto monofásicos como su equivalente trifásico, donde relacionando la tabla con los datos porcentuales de voltaje en “por unidad” y el tiempo transcurrido durante los eventos de tensión, se puede concluir que en todas las oportunidades los mismos se han encontrado en el área de Normal Operación (Figura 17). Las unidades de generación N° 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 no presentan registros de sobretensores durante el periodo analizado.

En tal virtud, los aerogeneradores durante este periodo de medición no han salido de línea por estos eventos. Por otro lado hay que mencionar que los eventos no caen en ninguna de las clasificaciones presentadas en la Tabla 42.

Tipo	Canal	Comienzo	Duración	Valor Extremo	Clasificación
Picos de tensión	UL1	01/06/2014 23:32:37,602544	8,3005ms	395 [V]	Ninguna
Picos de tensión	UL1	04/06/2014 17:31:23,149565	8,2967ms	404,4 [V]	Ninguna
Picos de tensión 3-ph	UL123-N	01/06/2014 23:32:37,602544	8,3005ms	395 [V]	Ninguna
Picos de tensión 3-ph	UL123-N	04/06/2014 17:31:23,149565	8,2967ms	404,4 [V]	Ninguna

Tabla 43. Eventos de sobretensión del aerogenerador N° 2 de Villonaco.

3.9 Curvas de Potencia

Las curvas de potencia del Parque Eólico de Villonaco son determinadas por el sistema SCADA de los aerogeneradores, sin embargo se contrasta esta información con la obtenida por el analizador de red Fluke como se muestra gráficamente en las Figuras 18 – 22 de las unidades de generación N° 2, 4, 5, 9 y 11. Como se observa las curvas resultantes son muy similares y presentan una correlación muy cercana a la unidad, concluyendo que la información brindada por el sistema SCADA es correcta.

Las curvas de potencia de los aerogeneradores N° 7, 8 y 10 no se presentan en el actual informe puesto que los datos del sistema SCADA están disponibles en el mes entrante.

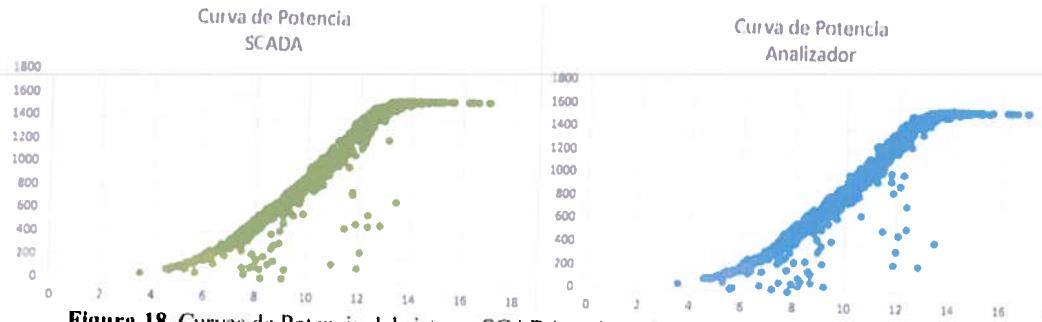


Figura 18. Curvas de Potencia del sistema SCADA y el analizador Fluke del aerogenerador N° 2.

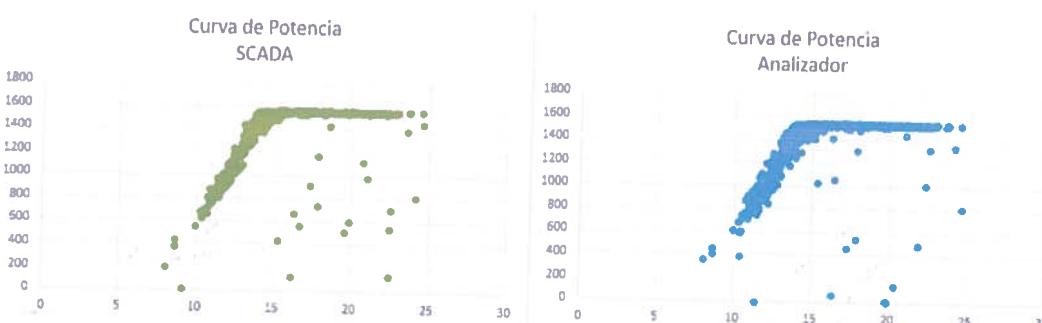


Figura 19. Curvas de Potencia del sistema SCADA y el analizador Fluke del aerogenerador N° 4.

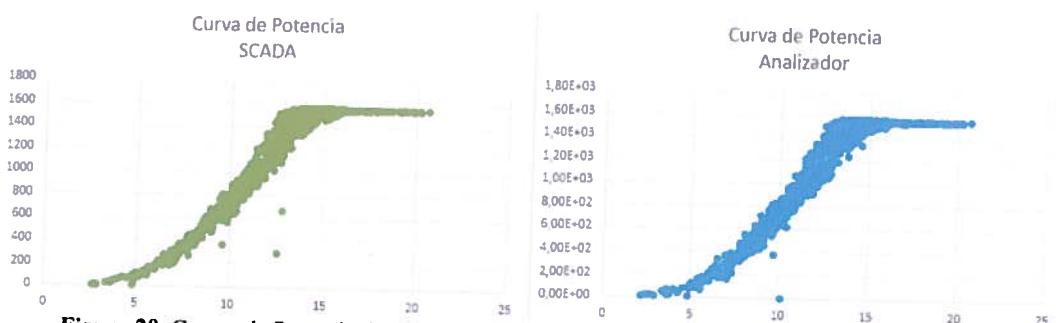


Figura 20. Curvas de Potencia del sistema SCADA y el analizador Fluke del aerogenerador N° 5.

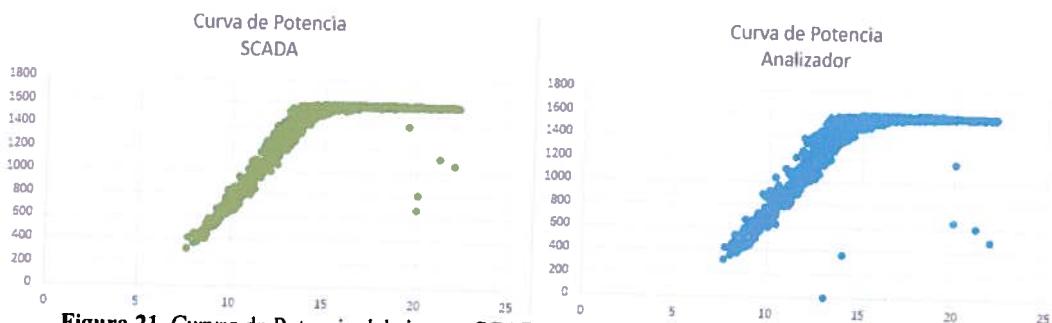


Figura 21. Curvas de Potencia del sistema SCADA y el analizador Fluke del aerogenerador N° 9.

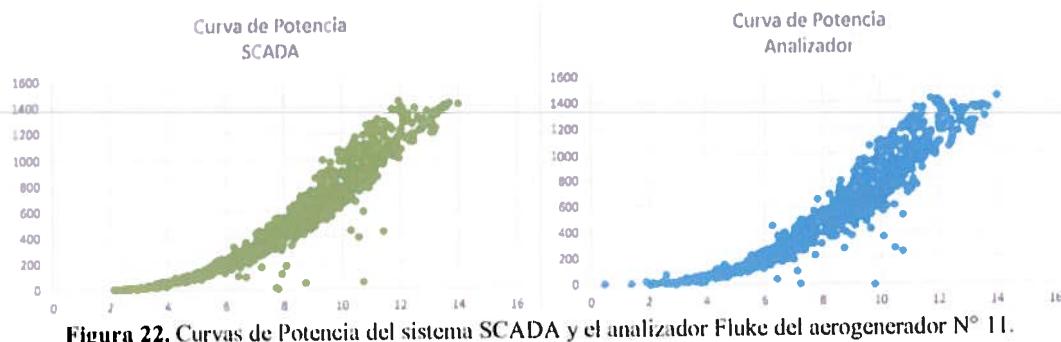


Figura 22. Curvas de Potencia del sistema SCADA y el analizador Fluke del aerogenerador N° 11.

4 Conclusiones

- Todos los parámetros de calidad de energía, referentes a la tensión y corriente generada por los aerogenerador N° 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11 de Villonaco, cumplen ampliamente todas las normas mencionadas en este informe.
- Tanto en voltaje como en corriente, el armónico de mayor amplitud es el tercero, sin embargo por la conexión Y/D del transformador, se predice que en el lado de alto voltaje la amplitud de dicho armónico será inferior, mejorando así la calidad de la energía suministrada.
- La amplitud de voltaje y de corriente de armónicos crece directamente proporcional con la potencia, esto permite concluir que la quema de IGBT no está relacionada a la generación de armónicos en baja potencia.
- Un dato particular es la generación relativamente alta del armónico de orden número 17, el cual se le puede atribuir a la commutación de los IGBT del inversor de cada unidad de generación.
- Los picos de tensión no caen en ninguna clasificación determinada en la norma, ya que su duración es sumamente pequeña. Además por su poca amplitud se concluye que tampoco son debidos a descargas atmosféricas.
- El factor de potencia del parque eólico Villonaco es similar a la unidad por así estar configurado su punto de operación, esto es debido a que por su tipo de conexión y su potencia, no es adecuado para realizar regulación de potencia reactiva, y consecuentemente de factor de potencia.
- Las curvas de potencia brindadas por el sistema SCADA son correctas al contrastarlas con datos generados por el analizador FLUKE.
- En líneas generales, al cumplir el parque eólico Villonaco con los estándares nacionales e internacionales de calidad de energía, el servicio que está proporcionando el parque es de alto nivel.

5 Referencias

- [1] Norma UNE-EN 61000-4-30:2009. Compatibilidad electromagnética (CEM). Técnicas de ensayo y de medida. Métodos de medida de la calidad de suministro.
- [2] Norma UNE-EN 61400-21:2009. Medida y evaluación de las características de la calidad de suministro de los aerogeneradores conectados a la red.
- [3] Norma UNE-EN 50160:2011. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
- [4] Norma IEEE 519:1992. Recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems.

Elaborado por :



Ing. Joffre Constante.
Analista Técnico
INER.

Revisado por :



Ing. Gonzalo Guerrón MSc.
Director del Proyecto
INER.

Quito, diciembre 2014