



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA ASIGNATURA DE SUMINISTRO
ELÉCTRICO**

AUTOR: NORBEY DUBÁN RUÍZ RUBIO

**DIRECTOR:
LUIS DAVID PABON**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
19 DE DICIEMBRE DEL 2019**

**HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA ASIGNATURA DE SUMINISTRO
ELÉCTRICO**

**AUTOR:
NORBAY DUBÁN RUÍZ RUBIO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

**DIRECTOR:
M. Sc. LUIS DAVID PABON**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
19 DE DICIEMBRE DEL 2019**

**AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR
TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

TÍTULO

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO:

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO:

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR

AUTOR: _____

DIRECTOR: _____

DIRECTOR DE PROGRAMA: _____

JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE: ING. _____

OPONENTE: ING _____

SECRETARIO: ING. _____

PAMPLONA, COLOMBIA

19 DE DICIEMBRE DEL 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios a quien le debo todos los triunfos de mi vida.

Agradezco a mis padres, personas formidables, pero la mayoría del tiempo cariñosos, unos padres tranquilos, amables, dignos de admirar, un ejemplo a seguir para sus hijos, también para muchos jóvenes y padres del sector. Les agradezco por haberme dado la oportunidad de explorar y navegar por un mundo antes desconocido para mí, como lo sigue siendo para muchos jóvenes del país. Gracias por permitirme curiosear, aprender y crecer a nivel personal, emocional y profesional.

Agradezco profundamente a mi director Luis David Pabón Fernández por la excelente asesoría que me ha brindado a lo largo de la elaboración de este proyecto. Sin la guía y orientación de una persona tan querida, de mucha paciencia y dedicación a este proyecto no hubiese sido posible su completa realización.

Agradezco inmensamente a mis amigos, por darme apoyo, fuerzas, por ayudarme a levantar en los momentos más complicados y difíciles. Porque han sido los que me han dicho; si se puede, lo vas a lograr, no te rindas, lo estás haciendo bien a pesar de las circunstancias que obstaculizan. Muchísimas gracias a ustedes por ser parte de mi formación como profesional, por enseñarme a ver los obstáculos y los fracasos como oportunidades para avanzar.

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a mis padres y hermanos, personas sabias. Mis padres que se han esforzado por brindarme la oportunidad de estudiar, por su amor, paciencia, por cada palabra de aliento. Mis hermanos por su apoyo incondicional. Me siento inmensamente feliz de saber que cuento con ustedes, son mi motor, la razón por la que sigo trabajando todos los días por mis sueños. Soy el ser más afortunado por tenerlos como familia.

Quiero dedicar este trabajo a quien libra mi mente de todo problema que se me presenta, quien con solo una sonrisa puede impulsarme a hacer cosas que nunca creí ser capaz de lograr, sé que no es fácil todo este proceso, pero si no te tuviera nunca hubiese tenido tantas ganas de vivir y lograr muchas cosas, todo esto por ti hijo, te amo Jhosep Esteban Ruíz.

“No creo que haya alguna emoción más intensa para un inventor que ver alguna de sus creaciones funcionando. Esa emoción hace que se olvide de comer, de dormir, de todo.”
-Nikola Tesla

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GENERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
3.2	JUSTIFICACIÓN	15
4.	ESTADO DEL ARTE MARCO DE REFERENCIA.....	16
5.	CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	18
5.1	CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	18
5.1.1	DEFINICIÓN	18
5.1.2	IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA	18
5.1.3	ANTECEDENTES DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA	19
5.1.4	FENOMENOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA	19
6.	CAPITULO 2: CONTENIDO PROGRAMÁTICO	43
6.1	PLAN DE ESTUDIOS	43
6.2	CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LA ASIGNATURA SUMINISTRO ELÉCTRICO QUE UTILIZAN OTRAS UNIVERSIDADES NACIONALES E INTERNACIONALES	43
6.2.1	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	44
6.2.2	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	47
6.2.3	CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	51
6.3	ESTRUCTURA DEL CURSO	53
7.	CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CURSO EN LA PLATAFORMA MOODLE	55
7.1	TÉRMINOS DEFINICIONES.....	55
7.2	EQUIPOS PARA MITIGAR FENÓMENOS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA	59
7.3	FUNDAMENTOS DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA	65
8.	CAPITULO IV PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	85
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
10.	BIBLIOGRAFÍA	95

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Transitorio impulsivo</i>	22
<i>Ilustración 2. Transitorio oscilatorio en sistema monofásico BT y Forma de onda</i> 22	
<i>Ilustración 3. Interrupción instantánea</i>	23
<i>Ilustración 4. Interrupción momentánea</i>	24
<i>Ilustración 5. Interrupción temporal</i>	24
<i>Ilustración 6. Elevación instantánea “swells instantáneo”</i>	25
<i>Ilustración 7. Elevación momentánea “swells momentáneo”</i>	25
<i>Ilustración 8. Elevación temporal “swells temporal”</i>	26
<i>Ilustración 9. Depresión instantánea “sags instantáneo”</i>	26
<i>Ilustración 10. Depresión momentánea “sags momentáneo”</i>	27
<i>Ilustración 11. Depresión temporal “sags temporal”</i>	27
<i>Ilustración 12. Interrupción sostenida</i>	28
<i>Ilustración 13. Bajos voltajes</i>	29
<i>Ilustración 14. Sobre voltajes</i>	29
<i>Ilustración 15. Desbalance de voltaje</i>	30
<i>Ilustración 16. Offset de CD</i>	30
<i>Ilustración 17. Forma de onda del armónico 9 en el sistema</i>	31
<i>Ilustración 18. Interarmónicas</i>	32
<i>Ilustración 19. Subarmónicas en el sistema</i>	33
<i>Ilustración 20. Forma de onda del ruido en un sistema</i>	33
<i>Ilustración 21. Forma de onda del ruido diferencial en un sistema</i>	34
<i>Ilustración 22. Forma de onda del ruido común en el sistema</i>	34
<i>Ilustración 23. Muecas en el sistema</i>	35
<i>Ilustración 24. Forma de onda del flicker en un sistema</i>	36
<i>Ilustración 25. Desviación de la frecuencia en un sistema</i>	37
<i>Ilustración 26. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas [20].</i>	44
<i>Ilustración 27. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas [20].</i>	45
<i>Ilustración 28. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas [20].</i>	46
<i>Ilustración 29. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].</i> ..	47

<i>Ilustración 30. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 31. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 32. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 33. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 34. Contenido programático sintetizado de Suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona [22].</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 35. Contenido programático sintetizado de Suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona [22].</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 36. Contenido programático sintetizado de Suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona [22].</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 37. Estructura del curso en Moodle</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 38. Estructura del curso en Moodle (Actividades)</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 39. Introducción al curso de suministro eléctrico</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 40. Actividades de la primera sección del primer corte.</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 41. Glosario.</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 42. Cuestionario para afianzar conocimiento de términos y definiciones.</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 43. Actividades de la segunda sección del primer corte.</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 44. Actividades de la segunda sección del primer corte.</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 45. Teoría segunda sección del primer corte.</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 46. Cuestionario.</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 47. Equipos para mitigar fenómenos de calidad de la energía.</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 48. Teoría sobre UPS.</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 49. Teoría sobre Dispositivos de protección contra sobrevoltaje.</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 50. Transformador de aislamiento.</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 51. Filtros.</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 52. Transformador de ferresonante</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 53. Compensadores</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 54. Quiz 3</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 55. Fundamentos de la distorsión armónica.</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 56. Laboratorio de Carga lineal y no lineal</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 57. Instalación del circuito eléctrico con bombillos incandescentes.</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 58. Conexión del analizador de redes.</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 59. Configuración del analizador.</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 60. Medición de Potencia y Energía con bombillos incandescentes.</i>	<i>68</i>

<i>Ilustración 61. Medición de voltaje-corriente-frecuencia con bombillos incandescentes.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 62. Ondas de voltaje y corriente con bombillos incandescentes.</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 63. Distorsión armónica total de voltaje con bombillos incandescentes</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 64. Circuito con bombillos fluorescentes.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 65. Medición de Potencia y Energía con bombillos fluorescentes.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 66. Voltaje – Corriente – frecuencia con bombillos fluorescentes</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 67. Ondas de corriente y voltaje con bombillos fluorescentes.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 68. THD de corriente con bombillos fluorescentes.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 69. Potencia y energía con bombillos LED</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 70. Voltaje – Corriente – Frecuencia con bombillos LED.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 71. Ondas de voltaje y corriente con bombillos LED.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 72. THD de corriente con bombillas LED</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 73. Presentación del video.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 74. Diagrama Unifilar</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 75. Instalación del analizador de redes.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 76. Conexión en la entrada del transformador (salida del inversor)</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 77. Ondas del voltaje de fase</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 78. Ondas de la corriente de fase</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 79. Armónicos de corriente en fase</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 80. Armónicos de tensión en fase.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 81. Configuración delta.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 82. Ondas de voltaje de línea.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 83. Armónicos en línea.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 84. Presentación del video.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 85. Instalación y configuración del analizador de redes.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 86. Configuración según grupo vectorial del transformador (DYN5) ...</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 87. Ondas de voltaje.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 88. Diagrama fasorial de tensión.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 89. Diagrama fasorial de corrientes.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 90. Potencia y energía</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 91. THD de corriente</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 92. Ondas de corriente</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 93. Estudiantes matriculados.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 94. Calificaciones</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 95. Tiempo Quiz 1</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 96. Tiempo Quiz 2</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 97. Tiempo Quiz 3</i>	<i>89</i>

<i>Ilustración 98. Corrección del Glosario</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 99. Verificación de la información.</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 100. Corrección en Quiz.</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 101. Interpretación sugerencia del Quiz 2.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 102. Sugerencia del Quiz 2.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 103. Corrección del Quiz 2.</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 104. Sugerencia en Quiz 2</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 105. Corrección en Quiz 2.</i>	<i>93</i>

RESUMEN

En este proyecto se construirá en la plataforma Moodle una herramienta digital para la asignatura suministro eléctrico, donde se encontrará el contenido programático establecido para dicha asignatura.

En la asignatura virtual se establecerán una serie de actividades que servirán de apoyo al estudiante de ingeniería eléctrica, dichas actividades están basadas en la teoría expuesta en medios audiovisuales y la entregada por el docente durante el transcurso del semestre.

Las actividades buscaran afianzar los conocimientos adquiridos por el estudiante de ingeniería eléctrica en lo referente a la asignatura de suministro eléctrico.

.

.

1. INTRODUCCIÓN

En esta época moderna las tecnologías se han encontrado en constante evolución, la forma en que se transmite y se recibe la información es una de las cosas más importantes que ha cambiado con el avance de las tecnologías, hoy en día es muy fácil tener acceso a la información gracias a los desarrolladores de tecnologías informáticas.

El uso de la tecnología crea la necesidad de cambiar algunas formas de enseñanza, presentando herramientas que son de manejo más sencillo para los estudiantes, mejorando así el proceso pedagógico de los educadores.

La Universidad de Pamplona se prepara para aprovechar de manera exitosa cada una de las herramientas que se encuentran en disponibles para los estudiantes, por tanto, utiliza la plataforma Moodle para crear espacios de aprendizaje personalizados donde el estudiante adquiere conocimiento de distintas formas, formando profesionales integrales y con una visión de futuro muy importante

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar herramienta de apoyo pedagógico virtual en la asignatura de suministro eléctrico para el programa de ingeniería eléctrica en la Universidad de Pamplona.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estructurar el contenido de la temática a tratar, en concordancia con el plan curricular.
2. Plantear las actividades pedagógicas e interactivas correspondientes a los temas del contenido programático de la asignatura Suministro eléctrico.
3. Diseñar los instrumentos audio - visuales para el manejo de la herramienta de apoyo en la plataforma Moodle.
4. Implementar en la plataforma Moodle la información correspondiente y las actividades planteadas para la asignatura de suministro eléctrico.
5. Validar el funcionamiento de la herramienta virtual asignada al curso de suministro eléctrico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad vivimos en torno a la tecnología, la gran mayoría somos dependientes de esta, por tanto, la información que adquirimos de diferentes temas lo hacemos a través de herramientas digitales.

En la ingeniería se encuentran temas un poco difíciles de entender los cuales por su misma complejidad su proceso de enseñanza necesita tener una pedagogía acorde a los estudiantes, teniendo en cuenta que todos son buenos con las herramientas digitales, se requiere hacer uso de una plataforma educativa la cual sirva de apoyo al docente y a los estudiantes para lograr un proceso de enseñanza mejor.

Hacer uso de estas herramientas tecnológicas en la academia, permite tener un acceso más sencillo al conocimiento global, lo cual logra contribuir en la formación profesional de las personas en las distintas áreas del saber.

.

3.2 JUSTIFICACIÓN

La Universidad de Pamplona cuenta con la plataforma Moodle la cual es utilizada para asignaturas netamente virtuales y algunas presenciales, siendo de gran importancia el apoyo a través de medios audiovisuales en cada una de las asignaturas presenciales, en el caso de suministro eléctrico es un curso donde se necesita tener claros muchos conceptos que son de gran importancia para solucionar problemas de calidad de la potencia en la industria, por tanto contiene una gran cantidad de teoría con términos que son puntuales.

Usando herramientas digitales se brindará un apoyo al estudiante ya que encontrará una forma diferente de aprender los temas expuestos por el docente, además creará un ambiente acorde a nuestro mundo globalizado.

4. ESTADO DEL ARTE MARCO DE REFERENCIA

A nivel nacional se han desarrollado herramientas digitales para brindar apoyo en diferentes áreas del conocimiento, dichas herramientas han logrado tener un impacto favorable en las distintas poblaciones en las que se han aplicado.

- Implementación de la plataforma Moodle en la Institución Educativa Luis López de Mesa: En dicho trabajo se implementó la plataforma virtual Moodle al interior de las áreas básicas del conocimiento: matemáticas, ciencias naturales (física, química), humanidades, sociales, filosofía y ciencias políticas en la Institución Educativa Luis López de Mesa, de la ciudad de Medellín en los grados octavo, noveno, decimo y once. Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de involucrar las TICs como herramienta en los procesos de enseñanza aprendizaje, permitiéndole al docente una forma de interacción virtual con el estudiante y motivando a estos por la apropiación de su proceso de adquisición del conocimiento. Esta metodología muestra grandes beneficios al momento de evaluar que van desde ahorro en tiempo para calificar y analizar datos, permite diversidad de técnicas para la retroalimentación de los conocimientos, hasta una generación de conciencia ecológica al disminuir el uso de material impreso [1].

- Diseño e implementación de curso virtual como herramienta didáctica para la enseñanza de las funciones cuadráticas para el grado noveno en la institución educativa Gabriel García Márquez utilizando Moodle: Este informe de trabajo final presenta los resultados de la implementación de un curso virtual para la enseñanza-aprendizaje de las Funciones cuadráticas mediante la utilización de la plataforma Moodle, basado en las aplicaciones, la conceptualización, el planteamiento y resolución de problemas, diseñado para los estudiantes del grado 9°3 (grupo experimental) de la Institución Educativa Gabriel García Márquez, después de su aplicación, se realiza el análisis comparativo con el grado 9°2 (grupo control) donde se trabajó el mismo tema de forma tradicional, para confrontar las diferencias que se presentan en el rendimiento académico. Finalmente, y a partir de las conclusiones obtenidas del estudio se permitió hacer algunas recomendaciones puntuales que servirán tanto a docentes como administrativos de ser tenidas en cuenta, para superar las debilidades encontradas y por ende mejorar a futuro el rendimiento académico en la institución mediante el empleo de las tecnologías de la información y la comunicación [2].

En la Universidad de Pamplona se han realizado trabajos con herramientas educativas virtuales, los cuales han sido de gran importancia para mejorar el aprendizaje en distintas áreas del conocimiento:

- Curso de energías alternativas enfocado en sistemas fotovoltaicos soportado en las TIC'S: Este proyecto presenta la implementación y el contenido de un curso de energías alternativas enfocado en sistemas fotovoltaicos soportado en las TIC'S, implementado en la plataforma Moodle para el programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pamplona. Se llevó a cabo la síntesis de las unidades con contenidos académicos seleccionados y avalados por el comité curricular del programa. Los contenidos fueron complementados con guías de laboratorio para realizar de forma física, quices que se encuentran en la plataforma y al terminar la prueba se obtiene la calificación y se da una retroalimentación de las preguntas y recursos audiovisuales seleccionados por tema. El acceso al curso en la plataforma Moodle está disponible para los miembros de la Universidad de Pamplona que deseen tener acceso a la información y a las actividades complementarias [3].

- Herramienta educativa para la asignatura de transformadores y maquinas en DC: En este proyecto se ve reflejado la implementación y el contenido temático de un curso de transformadores y máquinas en DC basando su esencia en las TIC'S. Implementado en la plataforma Moodle para el uso de los estudiantes del programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pamplona. Se realizó la síntesis de las unidades con base en los contenidos académicos seleccionados y avalados por el comité curricular del programa, los cuales fueron complementados con guías de laboratorio para realizar de forma física, lo anterior con el objetivo de fortalecer el conocimiento adquirido en forma teórica. En esa misma forma se diseñó una serie de quices con preguntas estratégicas y pedagógicas que ayudaran no solo a tener seguridad con relación al a asimilación correcta de la información contenida en la plataforma, si no que de igual manera podrá adquirir información de los temas mientras el estudiante es evaluado, esto con el fin de aumentar la efectividad del objetivo principal, cual es suministrar una herramienta pedagógica que permita a través de los medios audiovisuales seleccionados obtener la información precisa que se pretende reflejar [4].

5. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

5.1 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

5.1.1 DEFINICIÓN

La definición de la calidad de la energía es algo indeterminado, pero, aun así, se podría definir como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones, y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico, es decir, la calidad de la energía se utiliza para describir la variación de la tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico [5].

La calidad de la energía eléctrica es simplemente la interacción de la energía eléctrica con los distintos equipos eléctricos. Si los equipos eléctricos operan correcta y confiablemente, sin ser dañados o sometidos a “fatiga”, diremos entonces que la energía eléctrica es de calidad. Por el contrario, si el equipo eléctrico no opera adecuadamente, si su funcionamiento no es confiable o el mismo se daña bajo su uso normal, entonces la calidad de la energía es pobre [5].

5.1.2 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

El estudio de la calidad de la energía eléctrica, es el primer y más importante paso para identificar y solucionar problemas del sistema de potencia. Los problemas eléctricos pueden dañar el comportamiento del equipo y reducir su confiabilidad, disminuir la productividad y la rentabilidad e incluso puede poner en peligro la seguridad del personal si permanecen sin corregirse. Este tipo de estudios para plantas industriales, empresas de energía y empresas privadas, incluyendo auditorías energéticas y revisiones mecánicas, térmicas y eléctricas conducentes a reducir los desperdicios de energía y administrar eficientemente los recursos energéticos [5].

En la actualidad la calidad del servicio de energía eléctrica tiene cada vez más trascendencia, debido al incremento de los equipos que son sensibles a las perturbaciones de las ondas de tensión y corriente; por lo cual, los usuarios o clientes que se ven afectados reclaman una adecuada calidad del servicio. Por otra parte, las reglamentaciones actuales cada vez son más exigentes en lo relacionado a la calidad del servicio [6].

La calidad del servicio de energía eléctrica comprende tres aspectos esenciales: La continuidad del suministro, la calidad de la energía eléctrica y la calidad de atención

comercial al cliente. La continuidad del suministro se evalúa con índices que están relacionados con la duración y el número de las interrupciones del servicio en un periodo de tiempo. La calidad de la energía eléctrica se refiere al término ampliamente utilizado en la literatura inglesa "power quality"; ésta, se valora a partir de parámetros como la amplitud, la frecuencia, la forma de onda y la simetría de las señales de tensión y de corriente. Por último, la atención comercial tiene que ver con todo lo relacionado con la capacidad de atención al cliente y con el suministro de información a los usuarios de la energía eléctrica [6].

5.1.3 ANTECEDENTES DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

Tanto las empresas suministradoras de energía eléctrica como los usuarios finales del servicio han estado insistiendo cada vez más en el concepto de calidad de la energía. Si bien desde hace 50 años el sector de la industria condujo a la necesidad de que los productos se volvieran económicamente más competitivos, lo cual significa que las máquinas eléctricas son cada vez más pequeñas, más eficientes y se diseñaron con menores márgenes. Los problemas de la calidad de la energía se han agravado debido a la combinación de las siguientes tendencias en los últimos años:

1. Una mayor utilización de equipo para procesamiento de datos y comunicaciones
2. Los equipos eléctricos modernos se han vuelto más sensibles a los voltajes, los diseños y componentes están en sus límites; se acabaron los diseños sobrados
3. El número de disturbios eléctricos se ha incrementado, pues la demanda en algunas partes del país ha crecido más que la generación

Históricamente, la calidad de la energía no había sido un problema mayor hasta la década de los 80's, en forma genérica se consideraba que excepto por la continuidad, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio. Sin embargo, existen tres cambios fundamentales en la naturaleza de la carga del usuario y del sistema de potencia que conciernen a la calidad de la energía [7].

5.1.4 FENÓMENOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

Las perturbaciones o fenómenos en los sistemas eléctricos normalmente son causados por descargas atmosféricas, las operaciones de interruptores, los cortocircuitos, cargas no lineales, el mal estado de las instalaciones, la antigüedad de los equipos eléctricos y la alta resistividad del terreno en el que se encuentran instaladas las líneas y subestaciones. Todos estos factores tienen efectos

negativos sobre la calidad de la energía que se requiere en las redes de distribución de media y baja tensión [8].

Estos efectos negativos repercuten en desviaciones de las condiciones adecuadas de tensión, corriente o frecuencia, dando como resultado fallas en los sistemas o en operaciones erráticas de los equipos electrónicos y en la degradación del tiempo de vida de los elementos y equipos que componen la red eléctrica, como: transformadores, interruptores, conductores, etc [8].

La tabla 1 muestra la categorización de los fenómenos electromagnéticos usada por la comunidad de calidad de la potencia eléctrica. Los fenómenos listados en la tabla pueden ser descritos además listando los atributos apropiados [9].

Tabla 1. Fenómenos de la calidad de la energía [9]

Categorías	Contenido espectral típico	Duración típica	Magnitud de voltaje típica
1.0 Transitorios			
1.1. Impulsivos			
1.1.1. Nanosegundos	5ns de elevación	<50ns	
1.1.2. Microsegundos	1µs de elevación	50ns-1ms	
1.1.3. Milisegundos	0.1 ms de elevación	>1ms	
1.2. Oscilatorios			
1.2.1. Baja frecuencia	<5kHz	0.3-50ms	0-4 pu
1.2.2. Frecuencia media	5-500 kHz	20µs	0-8 pu
1.2.3. Alta frecuencia	0.5 – 5MHz	5 µs	0-4 pu
2.0 Variaciones de corta duración			
2.1 Instantáneas			
2.1.1. Interrupción		0.5–30 ciclos	<0.1 pu
2.1.2. Sag (dip)		0.5–30 ciclos	0.1-0.9 pu
2.1.3. Swell		0.5–30 ciclos	1.1-1.8 pu
2.2. Momentáneas			
2.2.1. Interrupción		30 ciclos – 3s	<0.1 pu
2.2.2. Sag (dip)		30 ciclos – 3s	0.1-0.9 pu
2.2.3. Swel		30 ciclos – 3s	1.1-1.4 pu
2.3. Temporal			
2.3.1. Interrupción		3 seg-1min	<0.1 pu
2.3.2. Sag (dip)		3 seg-1min	0.1-0.9 pu
2.3.3. Swell		3 seg-1min	1.1-1.2 pu
3.0 Variaciones de larga duración			

3.1. Interrupción sostenida		>1 min	0.0 pu
3.2. Bajos voltajes		>1 min	0.8-0.9 pu
3.3. Sobre voltajes		>1 min	1.1-1.2 pu
4.0 Desbalance en el voltaje		Estado estable	0.5 -2%
5.0 Distorsión de la forma de onda			
5.1. Componente de directa (DC offset)		Estado estable	0-0.1%
5.2. Armónicas	De la armónica 0 a la armónica 100	Estado estable	0-20%
5.3. Interarmónicas	0-6kHz	Estado estable	0-2%
5.4. Muestras en el voltaje (notching)		Estado estable	
5.5. Ruido	Banda ancha	Estado estable	0-1%
6.0 Fluctuaciones de voltaje	<25Hz	Intermitente	0.1-7%
7.0 Variaciones de la frecuencia		<10 s	

6.1.4.1 TRANSITORIOS

Estos se presentan en forma de impulsos de voltaje de corta duración, superpuestos en la señal de alimentación y frecuentemente intermitentes, con una duración menor a dos milisegundos, pueden tener su origen en las descargas atmosféricas al conectar o desconectar capacitores para la corrección del factor de potencia, estas sobretensiones no presentan una indicación clara de su existencia, que pueda detectarse visualmente en circuitos de alumbrado o en alguna otra forma [7].

Transitorio impulsivo

Disturbio con duración menor a 0.5 ciclos en la forma de onda de CA que tiene como característica un cambio brusco en la forma de onda [7].

También conocido como Pico Transitorio, es un cambio repentino de la condición de estado estable del voltaje, corriente o ambos el cual es puede ser positivo o

negativo. El transitorio impulsivo es caracterizado normalmente por su elevación y tiempo de decaimiento el cual puede ser obtenido de su contenido espectral [5].

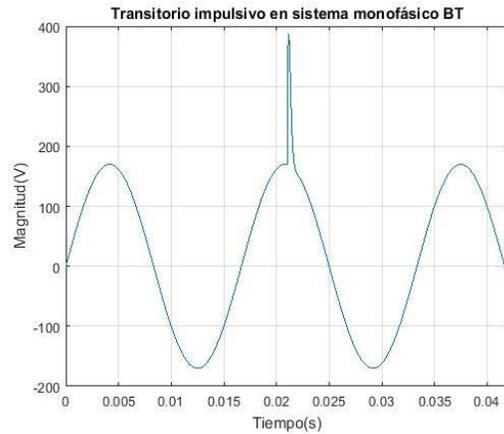


Ilustración 1. Transitorio impulsivo

Transitorio oscilatorio

Una oscilación transitoria es un cambio repentino de la condición de estado estacionario del voltaje, corriente o de ambos, que incluye tanto valores positivos y negativos de polaridad. Una oscilación transitoria consiste un cambio rápido en la polaridad, de forma instantánea en el voltaje o la corriente. La oscilación es descrita por su contenido espectral (frecuencia predominante), la duración y magnitud [7].

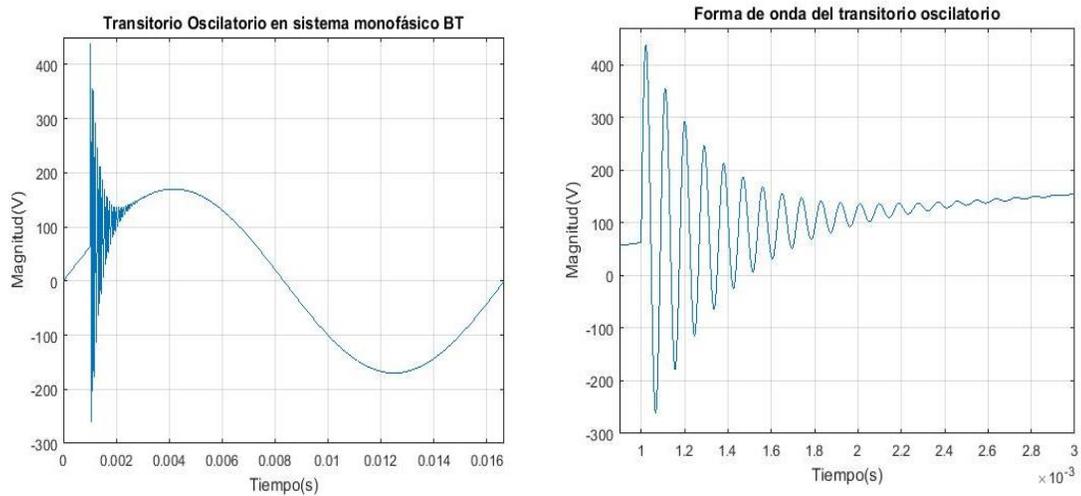


Ilustración 2. Transitorio oscilatorio en sistema monofásico BT y Forma de onda

6.1.4.1 VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN

INTERRUPCIONES

Una interrupción es una pérdida completa del voltaje que por lo común puede ser tan corta como 30 ciclos o durar hasta varias horas, o en algunos casos día [5].

Interrupción instantánea

Una interrupción de corta duración sucede cuando hay ausencia de tensión por periodos de tiempo no superiores a 30 ciclos, además puede catalogar una interrupción corta cuando no disminuye por más del 10% de la tensión nominal. La duración de la falla depende de la capacidad de reacción y de re cierre de la protección, puesto que por lo general las protecciones de reclosing tienen un tiempo inferior a 30 ciclos [7].

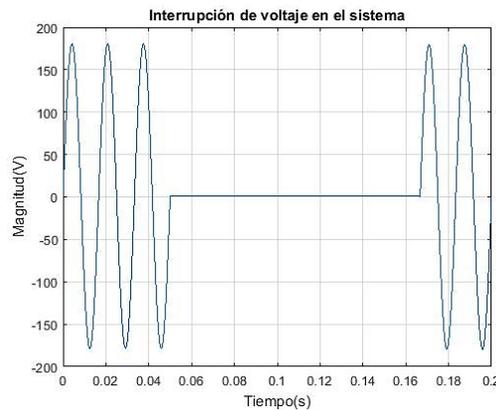


Ilustración 3. Interrupción instantánea

Interrupción momentánea

Las interrupciones momentáneas son pérdidas temporales totales del voltaje con duración mayor a 30 ciclos y menor a 3 segundos, se originan por la operación de los dispositivos automáticos de protección por sobrecorriente [5].

Muchas fallas eléctricas que ocurren en los circuitos de distribución son de naturaleza temporal. Al interrumpir brevemente la corriente de falla generada por

estas condiciones temporales, con un dispositivo automático de despeje de fallas, puede lograrse que la falla temporal se resuelva sin dañar los conductores del circuito ni el equipo [5].

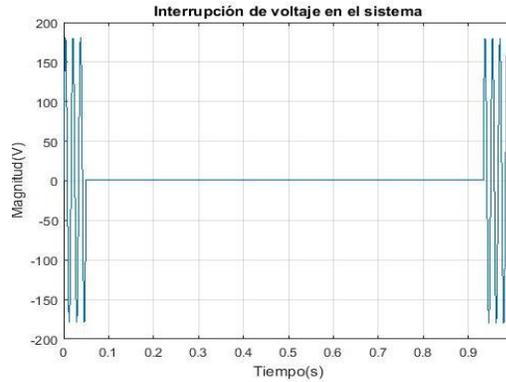


Ilustración 4. Interrupción momentánea

Interrupción temporal

Pérdida completa del voltaje (< 0.1 pu) en uno o más conductores de fase por un periodo de tiempo entre tres segundos y un minuto. Las interrupciones temporales se originan por los mismos fenómenos generales que las interrupciones momentáneas [9].

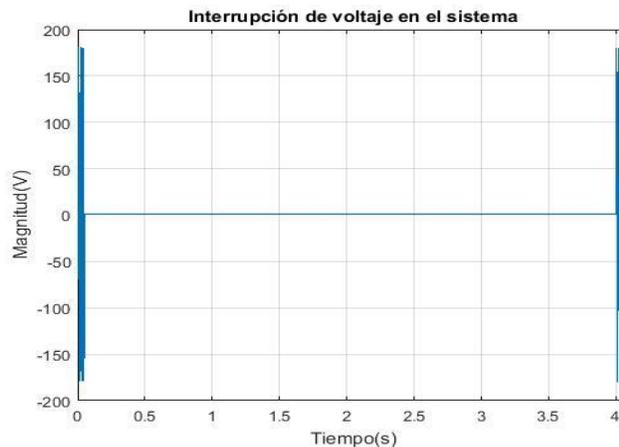


Ilustración 5. Interrupción temporal

ELEVACIÓN “SWELLS”

Cuando el valor nominal eficaz de tensión sube por encima del 110% de la tensión declarada con una duración determinada, a esta perturbación se le conoce con el nombre de elevaciones de tensión (SWELLS). El valor de la elevación de tensión es proporcional a la distancia a donde ocurre la falla, el valor de impedancia y la capacidad de la puesta a tierra del sistema de alimentación [10].

- **Elevación instantánea “swells instantáneo”**

Aumento instantáneo del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA entre valores de 1.1 pu y 1.8 pu, con duración entre medio ciclo y 30 ciclos [9].

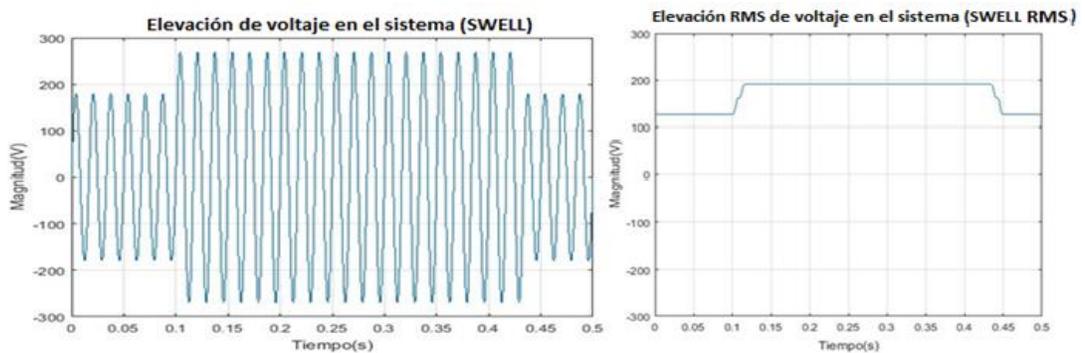


Ilustración 6. Elevación instantánea “swells instantáneo”

- **Elevación momentánea “swells momentáneo”**

Aumento momentáneo del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA entre valores de 1.1 pu y 1.4 pu, con duración entre 30 ciclos y 3 segundos [9].

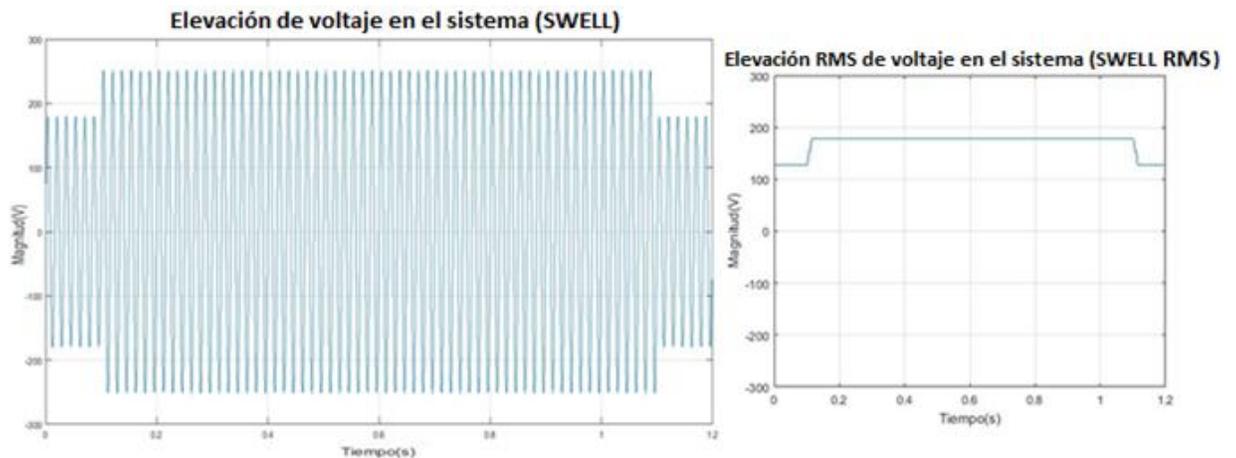


Ilustración 7. Elevación momentánea “swells momentáneo”

- **Elevación temporal “swells temporal”**

Aumento del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA entre valores de 1.1 pu y 1.2 pu, con duración entre 3 segundos y 1 minuto [9].

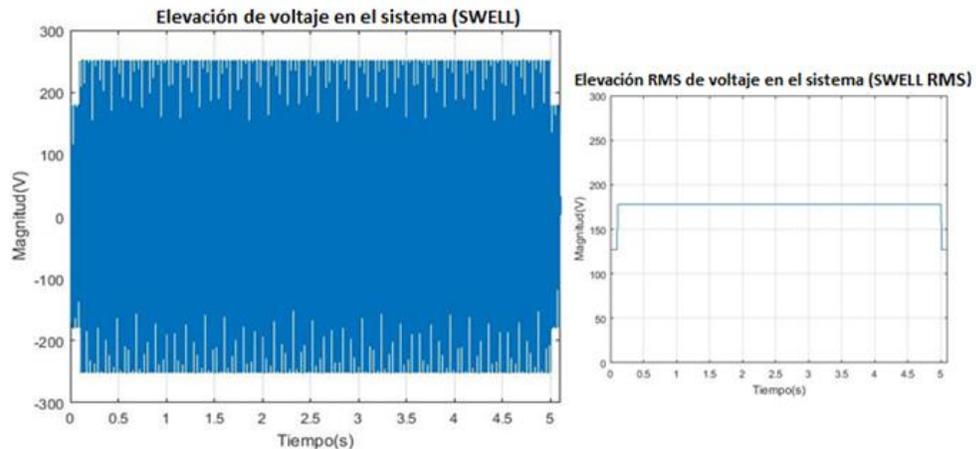


Ilustración 8. Elevación temporal “swells temporal”

DEPRESIÓN “SAGS”

Se caracterizan por las variaciones del margen de tensión fuera del rango normal de funcionamiento de las tensiones, estas tienen una determinada duración y se encuentran entre el 90% y el 10% el valor eficaz de la tensión [11].

- **Depresión instantánea “sags instantáneo”**

Reducción instantánea del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA con valores entre 0.1 pu y 0.9 pu, con duración entre medio ciclo y 30 ciclos [9].

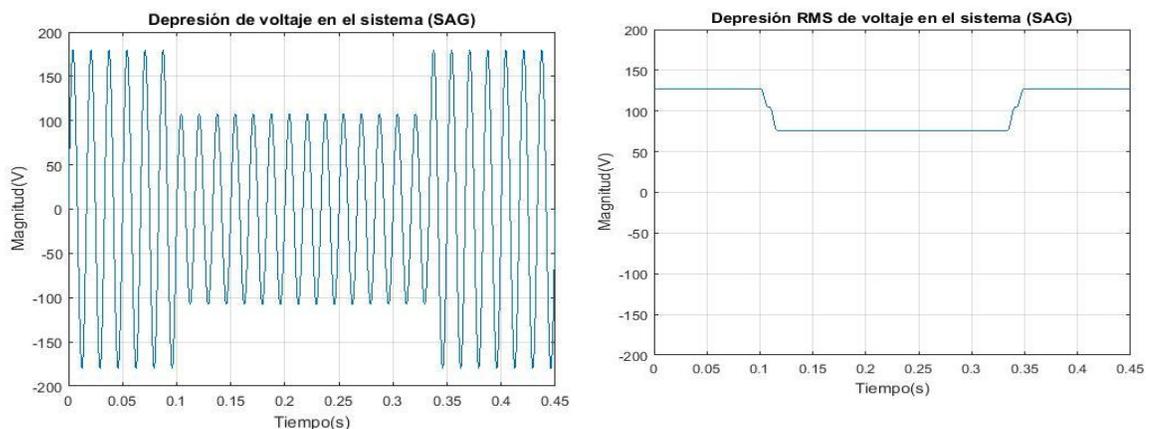


Ilustración 9. Depresión instantánea “sags instantáneo”

- **Depresión momentánea “sags momentáneo”**

Reducción momentánea del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA con valores entre 0.1 pu y 0.9 pu, con duración entre medio 30 ciclos y 3 segundos [9].

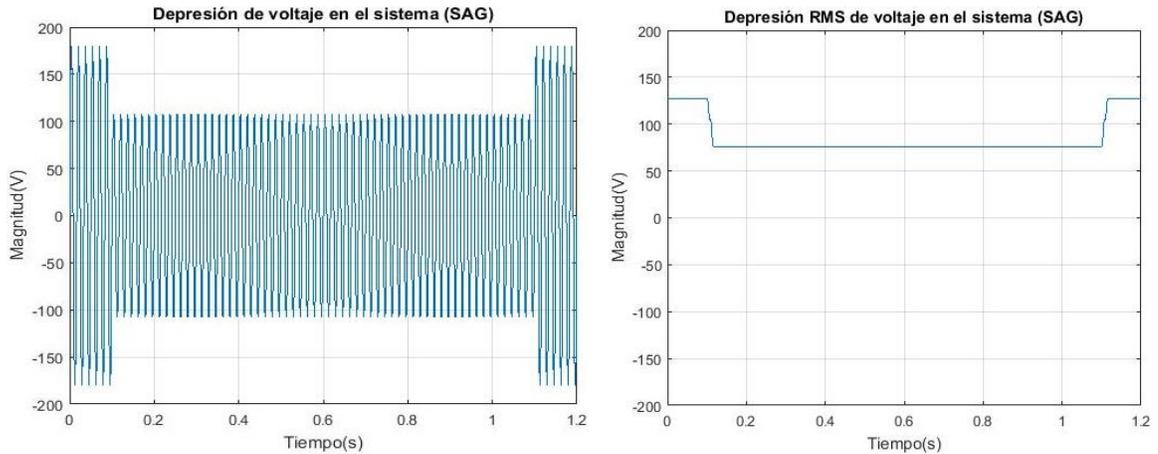


Ilustración 10. Depresión momentánea “sags momentáneo”

- **Depresión temporal “sags temporal”**

Reducción instantánea del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA con valores entre 0.1 pu y 0.9 pu, con duración entre 3 segundos y 1 minuto [9].

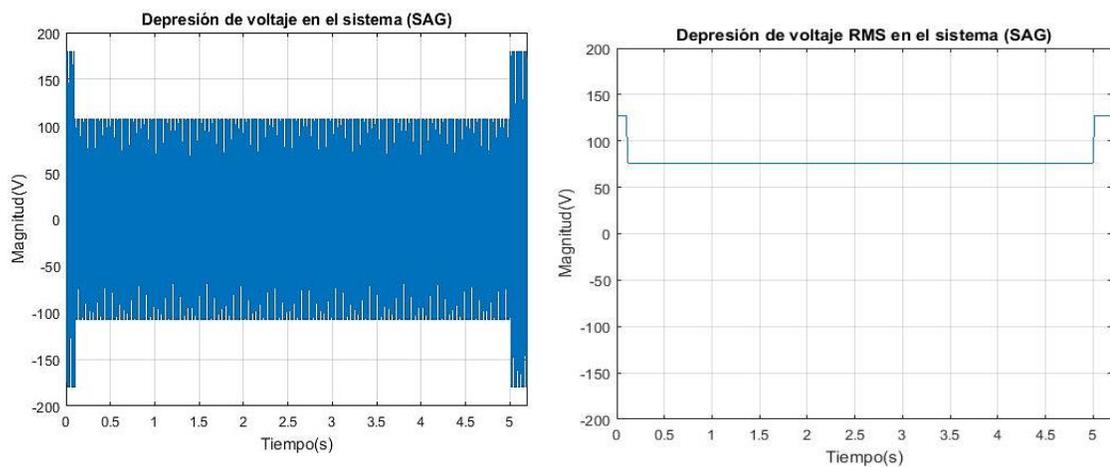


Ilustración 11. Depresión temporal “sags temporal”

VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN

Las variaciones de larga duración comprenden desviaciones del valor RMS a frecuencia de potencia (60 Hz) por un tiempo mayor a 1 minuto. El estándar ANSI C84.1, por ejemplo, especifica las tolerancias esperadas para voltajes en estado estacionario, las cuales son de 0.9 pu mínimo y 1.1 pu máximo. Una variación de voltaje es así considerada como de larga duración cuando los límites ANSI son excedidos por más de un minuto [9].

INTERRUPCIÓN SOSTENIDA

Este tipo de interrupción se presenta cuando la tensión llega a un valor de 0 y se manifiesta de forma repentina por un período superior a un minuto; Este tipo de interrupciones frecuentemente son permanentes y generalmente requieren la intervención del hombre para dar continuidad al sistema [9].

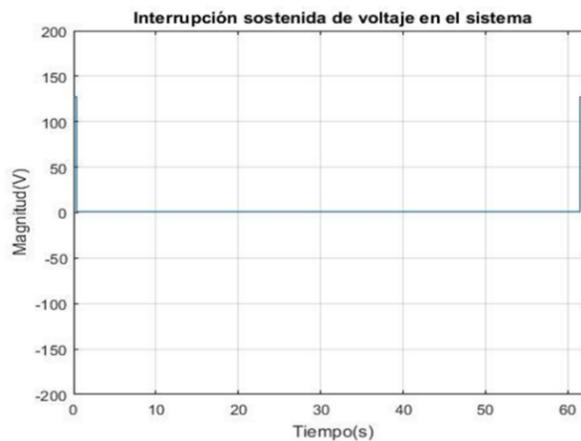


Ilustración 12. Interrupción sostenida

BAJOS VOLTAJES

Variación del RMS de la tensión entre el 0.1 y 0.9 en pu y se manifiesta de forma repentina por un período superior a un minuto; Este tipo de interrupciones frecuentemente son permanentes y generalmente requieren la intervención del hombre para dar continuidad al sistema [9].

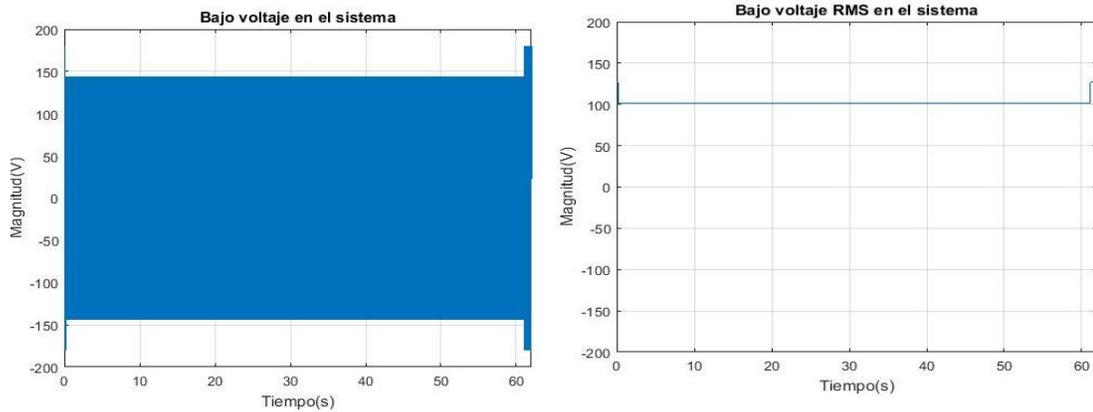


Ilustración 13. Bajos voltajes

SOBRE VOLTAJES

Variación del RMS de la tensión entre el 1.1 y 1.2 en pu y se manifiesta de forma repentina por un período superior a un minuto; Este tipo de variaciones frecuentemente son permanentes y generalmente requieren la intervención del hombre para dar continuidad al sistema [9].

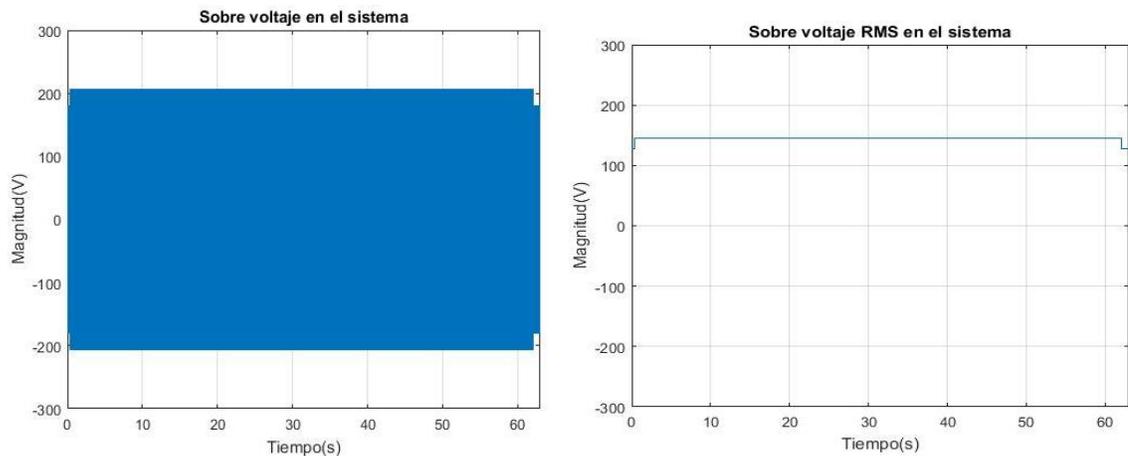


Ilustración 14. Sobre voltajes

DESBALANCE DE VOLTAJE

Se define desbalance de tensión como la desviación en la simetría de las magnitudes y ángulos de fase de cada componente de tensión en un sistema trifásico [10].

La razón de la componente de secuencia negativa o de la componente de secuencia cero a la componente de secuencia positiva puede ser usada para especificar el desbalance en por ciento. Los estándares más recientes especifican que debe usarse el desbalance de secuencia negativa [9].

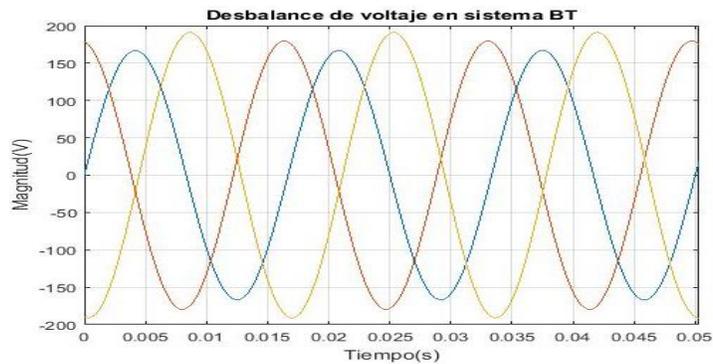


Ilustración 15. Desbalance de voltaje

DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA OFFSET DE CD

La presencia de un voltaje de CD o de una corriente de CD en un sistema de CA es llamado offset de CD. Donde tiene una magnitud típica entre el 0 – 0.01 pu con un desplazamiento hacia arriba o hacia abajo con respecto a su eje temporal y corresponde al armónico cero de la serie de Fourier [9].

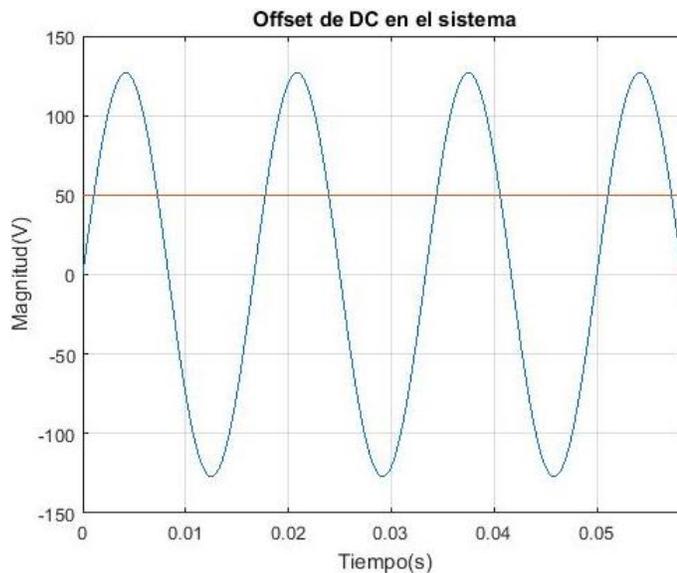


Ilustración 16. Offset de CD

ARMÓNICOS

Se conoce como distorsión armónica a la deformación de la onda de su característica sinusoidal pura original. Un análisis matemático (Fourier) de ondas distorsionadas por cargas no lineales muestra que ellas están compuestas de la onda seno fundamental, además de una o más ondas con una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. [12] En un contenido espectral típico desde la armónica 0 hasta la armónica 100 en estado estable con una magnitud típica de voltaje de 0 a 2%. [9]

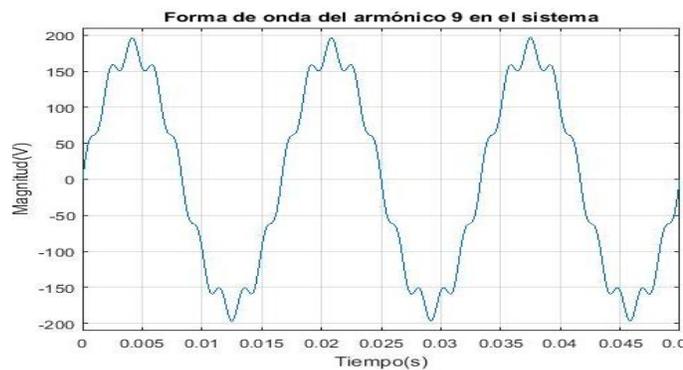


Ilustración 17. Forma de onda del armónico 9 en el sistema

En la siguiente tabla se muestra el efecto de los armónicos en diferentes condiciones:

Tabla 2. Efecto de los armónicos [5]

EFEECTO DE LOS ARMÓNICOS	CAUSA	CONSECUENCIA
Sobre los conductores	-Las intensidades armónicas provocan el aumento de la I_{RMS} . -El efecto peculiar (efecto SKIN) reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia.	-Disparos intempestivos de las protecciones. -Sobrecalentamiento de los conductores.
Sobre el conductor de neutro	-Cuando existe una carga trifásico más	-Cierre de los armónicos homopolares sobre el

	neutro equilibrada que genera armónicos impares múltiplos de 3.	neutro que provoca calentamientos y sobreintensidades.
Sobre los transformadores	-Aumento de la I_{RMS} . -Las pérdidas Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia.	-Aumento de calentamientos por efecto de joule en los devanados -Aumento de las pérdidas en el entrehierro
Sobre los motores	-Análogas a las de los transformadores y generación de un campo adicional al principal.	-Análogas a las de los transformadores más pérdidas de rendimiento.
Sobre los condensadores	-Disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia	-Envejecimiento, prematura amplificación de las armónicas existentes.

INTERARMÓNICAS

Las interarmónicas del voltaje son componentes en el espectro armónico que son múltiplos no enteros de la frecuencia fundamental. Dadas para un contenido espectral típico entre 0 – 6 KHz en estado estable con una magnitud típica de voltaje de 0 a 2% [9].

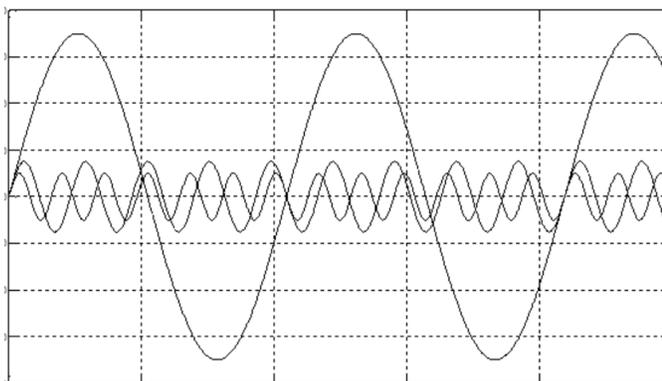


Ilustración 18. Interarmónicas

SUBARMÓNICOS

Los subarmónicos en las ondas de tensión y corriente no tienen una definición oficial ni tienen definido un método de medida en las normas internacionales. Son componentes de frecuencia inferior a la frecuencia fundamental. [13]

Son un problema aun poco estudiado en cuanto a su incidencia en la calidad de la energía eléctrica y del que apenas existen unas pocas referencias en cuanto a sus efectos. [13]

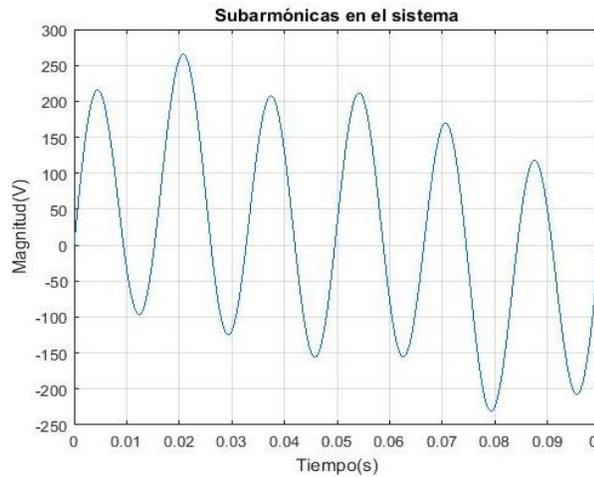


Ilustración 19. Subarmónicos en el sistema

RUIDO

Señales eléctricas no deseadas que producen efectos indeseables en los circuitos de los sistemas de control en que ocurren. Su contenido espectral típico es banda ancha en estado estable y la magnitud de voltaje típica varía entre 0 y 1 % [9].



Ilustración 20. Forma de onda del ruido en un sistema.

Ruido diferencial

Señal de ruido que aparece entre fase y neutro, pero no entre estos conductores y tierra. El voltaje de fase a tierra es una senoide pura y el voltaje de neutro a tierra es cero [9].

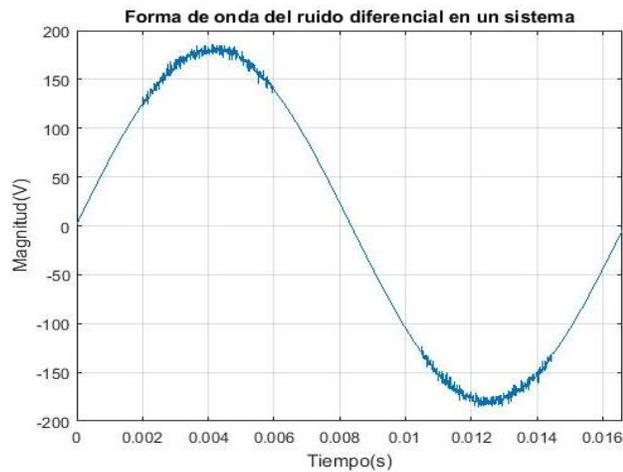


Ilustración 21. Forma de onda del ruido diferencial en un sistema

Ruido de modo común

Es el ruido que aparece con la misma magnitud y fase en cada conductor que lleva corriente con respecto a un plano de tierra.

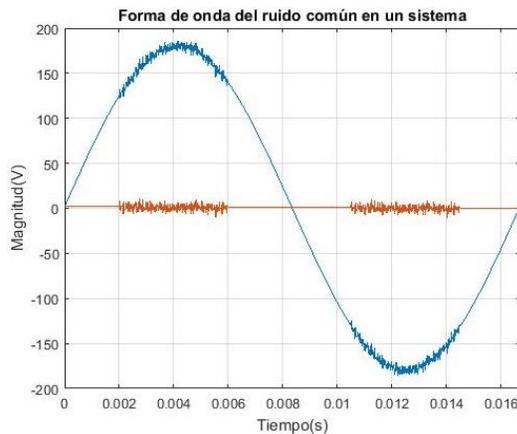


Ilustración 22. Forma de onda del ruido común en el sistema.

MUESCA

Disturbio de la forma de onda de voltaje normal que dura menos de medio ciclo. El disturbio es inicialmente de polaridad opuesta a la forma de onda y así se resta de la forma de onda [9].

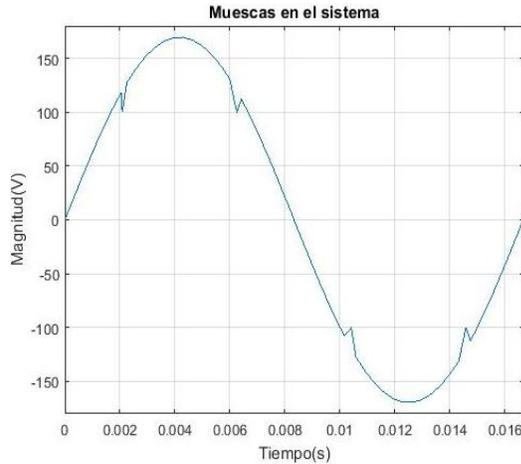


Ilustración 23. Muecas en el sistema

FLUCTUACIONES DE VOLTAJE

El "Flicker" o parpadeo es el fenómeno de variación de la intensidad luminosa que afecta la visión humana, principalmente en el rango de fracciones de Hz a 25 Hz. Este fenómeno depende de los niveles de percepción de los individuos. Sin embargo, se ha comprobado estadísticamente que la visión humana responde a una curva de respuesta de frecuencia cuya sensibilidad máxima está en 8.8 Hz, en que variaciones de 0.25% de voltaje ya producen fluctuaciones luminosas en lámparas que son perceptibles como "parpadeo" [14].

Se produce por consumos de naturaleza esencialmente variable como hornos de arco, soldadoras de arco, laminadores siderúrgicos, partidas y paradas de grandes motores, sistemas de tracción eléctrica de c.a., compresores, bombas, grupos elevadores, etc. También la generación de interarmónicas puede provocar una mezcla de frecuencias que contribuyen a variaciones lentas en el rango de 0-25 Hz [14].

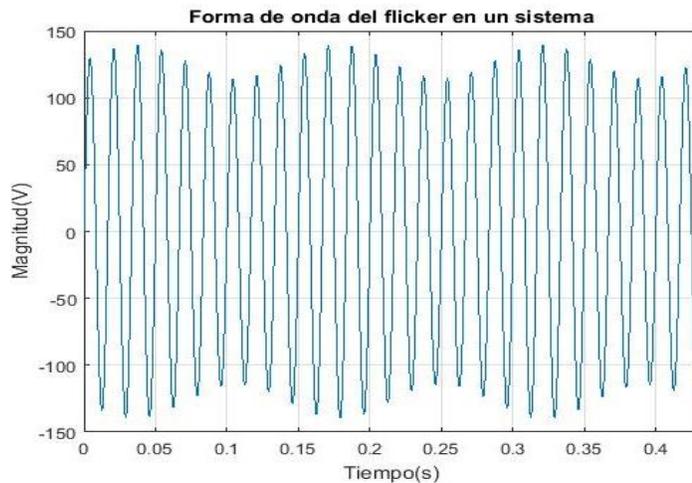


Ilustración 24. Forma de onda del flicker en un sistema

Los inconvenientes del FLICKER

En general se puede establecer que las variaciones rápidas del voltaje, como lo es el caso del flicker, no afectan al buen funcionamiento de los aparatos conectados a las instalaciones eléctricas, siempre que los valores de estas variaciones sean inferiores a los valores establecidos como límites. En orden decreciente de sensibilidad, se pueden mencionar el efecto sobre los siguientes tipos de lámparas:

- Lámparas de vapor de mercurio
- Lámparas incandescentes
- Lámparas fluorescentes

También se presenta un efecto sobre los televisores y las pantallas de las computadoras [15].

Las variaciones rápidas de tensión son una de las causas que producen el flicker, se deben principalmente a cargas o grupos de cargas, cuya utilización se caracteriza por una constante variación de su demanda de potencia, como es el caso de los equipos de soldadura eléctrica, los hornos de arco eléctrico, etc [15].

VARIACIONES EN LA FRECUENCIA

Las variaciones de frecuencia de potencia se definen como la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de potencia de su valor nominal especificado (50 Hz o 60 Hz dependiendo del país) en un tiempo menor a 10 segundos [9].

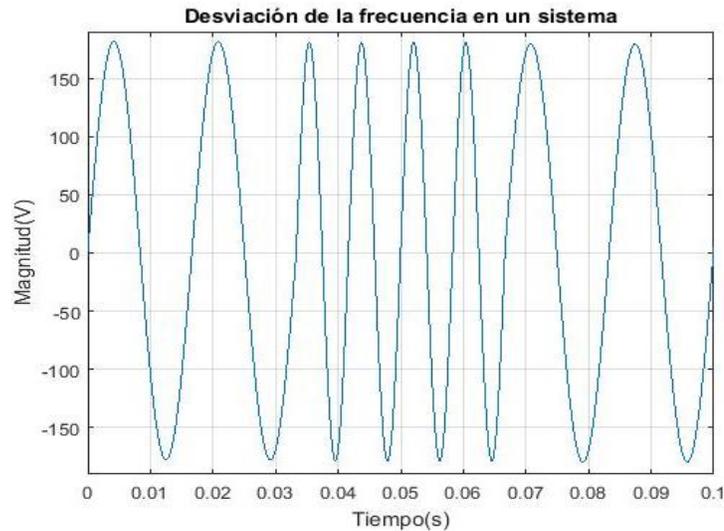


Ilustración 25. Desviación de la frecuencia en un sistema

TECNOLOGÍAS COMERCIALES DE PROTECCIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

El principal factor que se encuentra detrás de los conceptos de la calidad en el suministro de la energía eléctrica es el incremento en la productividad para los clientes finales de las empresas eléctricas. Por ello se han venido desarrollando una gran variedad de equipos que permitan eliminar los disturbios eléctricos con el fin de que el cliente se más productivo. Así pues podemos definir tres niveles de protección para poder garantizar la calidad de la energía [7]:

- Nivel 1. Supresores de picos y transformadores de aislamiento
- Nivel 2. Acondicionadores de línea
- Nivel 3. UPS y plantas de emergencia

NIVEL 1: SUPRESORES DE PICOS Y TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO

En este nivel se cubren los siguientes problemas como son los picos de voltaje, el ruido eléctrico, así como las armónicas [7].

Supresores de picos

La familia de supresores de picos de voltaje son dispositivos con Varistor de Óxido Metálico (MOV) para trabajo pesado que actúan como poderosos protectores contra descargas atmosféricas. Se instalan fácilmente en la entrada de la acometida eléctrica de cualquier instalación residencial, comercial o industrial y cuando un pico de voltaje causado por un rayo o por el encendido/apagado de cargas inductivas llega por los cables eléctricos, el dispositivo los recorta inmediatamente a un nivel seguro, absorbiendo la energía destructiva y disipándola hacia tierra [7].

El supresor también protege contra sobrevoltajes transitorios de menor intensidad, generalmente inducidos en los cables eléctricos por la conmutación o el reencendido de circuitos en la empresa que suministra la energía, los cuales pueden ser extremadamente destructivos para muchos equipos electrónicos [7].

Transformador de ferroresonante

Los transformadores ferroresonantes son un tipo especial de transformador de laminado que proporciona una salida regulada. Estos a veces son conocidos simplemente como “ferros” o “CVT” (Transformador de Tensión Constante) [7].

Usan una estructura especial magnética y un condensador, pueden suministrar una tensión de salida bien regulada que se mantiene constante a pesar de los cambios en el voltaje de entrada y de carga. En algunas aplicaciones especializadas estos dispositivos pueden estar diseñados para suministrar una salida de corriente constante. Otra ventaja inherente es que el ferro sirve como un filtro de paso bajos eliminado de forma eficaz transitorios y sobretensiones [7].

Los transformadores de aislamiento con protección electrostática se utilizan para proteger el equipo eléctrico sensible a señales indeseables de alta frecuencia, comúnmente generado por los rayos, las ondas inducidas por el encendido de interruptores, los motores, los variadores de velocidad que inducen ruido en las líneas. El escudo electrostático consiste en una hoja de metal colocada entre los devanados primario y secundario, para proveer una atenuación entre 30 y 70 dB de ruido de banda ancha, de línea de tierra [7].

NIVEL 2: ACONDICIONADORES DE LÍNEA

En este nivel se cubren todos los problemas del nivel 1 así como las ampliaciones “swell”, depresiones “sags”, muesca “notch”. Para este nivel los equipos se protegen con los acondicionadores de voltaje en donde estos se dividen en dos categorías muy importantes [7].

Acondicionadores ferrosónicos: Los acondicionadores ferrosónicos son exclusivamente monofásicos, trabajan con el principio de saturación del núcleo, este tipo de acondicionadores es muy usado para trabajos donde las condiciones de energía son muy adversas y no se les puede estar dando un mantenimiento constante, generalmente son utilizados en la industria para alimentar centros de carga de equipo de cómputo [7].

Acondicionadores Electrónicos: Este tipo de acondicionadores cuenta con un sofisticado sistema de control, el cual constantemente monitorea el voltaje de entrada al acondicionador y por medio de su sistema de control ajusta internamente al transformador para que entregue el voltaje que se requiere de salida [7].

NIVEL 3: UPS Y PLANTAS DE EMERGENCIA

En este último nivel de protección se cubren los problemas del nivel 1 y 2, así como los problemas de parpadeo “flicker” e interrupciones de energía. Para este nivel los equipos que nos ayudan a proteger son los UPS y las plantas de emergencia [7].

UPS

El UPS por sus siglas en inglés, sistema de energía ininterrumpida su principal función es el proveer energía continua y de calidad a una carga crítica al momento de existir un evento parcial o total de pérdida de energía en el suministro eléctrico, los UPS manejan distintas topologías según se requiera por ejemplo tenemos:

On-line UPS: Es llamado en línea debido a que el inversor se encuentra dentro de la línea principal de energía ya que siempre se encuentra operando. Esta tecnología es la más cara de todas, pero es la que ofrece el mayor nivel de protección [7].

Standby UPS: Este tipo de UPS se encarga de monitorear la entrada de energía cambiando a la batería apenas detecta problemas en el suministro eléctrico. Ese

pequeño cambio de origen de la energía puede tomar algunos milisegundos (tiempo de conmutación) lo cual puede afectar a algunos aparatos sensibles [7].

Hybrid UPS. Similar en el diseño al UPS en espera, el UPS híbrido utiliza un regulador de voltaje a la salida del UPS que provee regulación a la carga [7].

Plantas de emergencia

La función principal y primordial de una planta eléctrica de emergencia es suministrar energía eléctrica a una carga debido a que el proveedor comercial ha dejado de suministrar la energía por un tiempo indeterminado. Las aplicaciones de las plantas de emergencia son realmente pocas, sólo se utilizan en sistemas altamente protegidos en donde se requiere un tiempo de respaldo indeterminado, lo cual no es posible darlo con un UPS o en cargas críticas que no sean tan sensibles y que puedan ser alimentadas por este tipo de fuentes de voltaje [7].

Las plantas de emergencia están formadas principalmente por un motor de combustión interna, el cual puede ser de dos o cuatro tiempos y puede ser alimentado por gasolina, diesel o gas natural. El motor diesel normalmente se acopla en forma directa a un generador de corriente alterna el cual puede ser monofásico o trifásico del tipo de inducción el cual transforma la energía mecánica del motor en energía eléctrica disponible de los bornes del generador [7].

Las plantas de emergencia tienen tres partes principales:

- **Motor.** Es la parte de la planta que se alimenta con combustible y se utiliza para mover la flecha del generador eléctrico.
- **Generador.** Es la parte que convierte la energía mecánica del motor en energía eléctrica, esta es la parte que provee la energía eléctrica a nuestro sistema.
- **Switch Transfer.** Es la parte de control que monitorea a la compañía suministradora de energía y a la planta de emergencia indicando los valores de todos los parámetros.

REQUERIMIENTOS FUTUROS

Los problemas en la Calidad de la Energía Eléctrica pueden ser detectados instalando equipos de medición de alta velocidad para monitorear el “poder

eléctrico”. Este tipo de equipos de prueba proveerá información que será usada en una evaluación para determinar si el suministro de energía eléctrica es de suficiente ‘calidad’ para operar los equipos confiadamente. Este proceso es similar al usado por un médico cuando utiliza un monitor de ritmo cardíaco para registrar los impulsos eléctricos del corazón del paciente [5].

El monitoreo provee información valiosa, pero de cualquier forma esta información requiere ser analizada e interpretada para poder ser aplicada al tipo de equipo que está conectado. En la aplicación de las soluciones correctivas se han propuesto soluciones innovadoras y con mínimas inversiones que logran resolver adecuadamente los problemas que se presentan en las plantas eléctricas, entre ellas se tienen nuevo cableado, filtros especiales y filtros de armónicos o traslado de la fuente de interferencia a un circuito diferente [5].

El suministro eléctrico que se espera obtener del proveedor deberá comprender tensiones equilibradas, sinusoidales, con frecuencia y amplitudes constantes. Cuando se cumplen dichas características técnicas se habla de un servicio de buena calidad, el cual logra un funcionamiento adecuado, seguro y confiable de equipos y procesos sin afectar la calidad de vida de estos o el bienestar de las personas.

En la actualidad, la calidad del suministro eléctrico se ha convertido en un tema de gran relevancia, tanto para las empresas proveedoras de electricidad como para los consumidores o usuarios finales de tal servicio, dada la diversidad de aspectos técnicos y comerciales involucrados en el suministro, así como al aumento de las necesidades de los clientes y a las transformaciones en la estructura del sector. Ya no sólo se considera el suministro de electricidad como una necesidad básica, sino que su calidad cobra cada vez más importancia [16].

Los clientes tienen costos derivados de la falta de calidad del suministro. Algunos de estos costos pueden calcularse de una manera directa, por ejemplo, la parada de un proceso productivo, la compra de sistemas de alimentación ininterrumpida - UPS. Estos costos directos son relativamente fáciles de identificar y cuantificar. Existen otros costos indirectos relativos a la valoración del suministro como comodidad o seguridad que no son fáciles de cuantificar. La función de costo de falta de calidad para los usuarios pretende representar todos estos valores [16].

La forma de resolver este problema ha evolucionado desde que empezó a utilizarse este concepto de costo de la falta de calidad. Históricamente, lo más parecido es la

valoración de la falta de calidad utilizada como criterio de fiabilidad en planificación de los sistemas de energía eléctrica. Después se ha ido incorporando este concepto para tomar decisiones de inversión para la mejora de calidad en redes ya construidas, y como elemento de decisión en regulaciones de calidad. El índice elegido más corrientemente incluso hoy día es la energía no suministrada - ENS. A esta se le asigna un costo, que debe ser suficiente para generar incentivos a que se invierta para evitarlo [16].

El valor asignado a la ENS ha ido variando con el tiempo: en un principio, se asignaba únicamente como valor el precio de venta al público de la energía. Éste no es realmente un criterio de valoración del costo para los usuarios, sino más bien de costo para las Distribuidoras de la energía no vendida. Esta práctica ha ido evolucionando para tener en cuenta el costo de oportunidad para las empresas. Para ello la práctica más común es aumentar el valor de la ENS para aproximarle al valor que le dan los clientes [16].

Según la Resolución CREG 070 de 1998 menciona que cuando existan incumplimientos:

- El OR tendrá un plazo máximo de treinta (30) días hábiles
- Las deficiencias que se deban a la carga de un Usuario tendrán un plazo de treinta (30) días hábiles

El OR deberá constituir un instrumento financiero que ampare a los Usuarios conectados a su sistema en los Niveles de Tensión II, III y IV, por daños y perjuicios que se causen por el incumplimiento de los estándares de la calidad de la potencia suministrada

La calidad de la potencia eléctrica consiste en asegurar que dentro de un sistema eléctrico cada uno de los parámetros y propiedades eléctricas estén dentro de los límites estandarizados permitidos, de tal manera que los elementos que hagan uso de estos parámetros puedan funcionar correctamente [17].

La calidad de la potencia eléctrica hace referencia al conjunto de calificadores de fenómenos inherentes a la forma de onda de la tensión, que permiten juzgar el valor de las desviaciones de la tensión instantánea con respecto a su forma y frecuencia estándar, así como el efecto que dichas desviaciones pueden tener sobre los equipos eléctricos u otros sistemas [18].

6. CAPITULO 2: CONTENIDO PROGRAMÁTICO

6.1 PLAN DE ESTUDIOS

Según el ministerio de educación el plan de estudios es el esquema estructurado de las áreas obligatorias y fundamentales y de áreas optativas con sus respectivas asignaturas que forman parte del currículo de los establecimientos educativos. El plan de estudios debe contener al menos los siguientes aspectos [19]:

- a) La intención e identificación de los contenidos, temas y problemas de cada área, señalando las correspondientes actividades pedagógicas [19].
- b) La distribución del tiempo y las secuencias del proceso educativo, señalando en qué grado y período lectivo se ejecutarán las diferentes actividades [19].
- c) Los logros, competencias y conocimientos que los educandos deben alcanzar y adquirir al finalizar cada uno de los períodos del año escolar, en cada área y grado, según hayan sido definidos en el proyecto educativo institucional-PEI- en el marco de las normas técnicas curriculares que expida el Ministerio de Educación Nacional. Igualmente incluirá los criterios y los procedimientos para evaluar el aprendizaje, el rendimiento y el desarrollo de capacidades de los educandos [19].
- d) El diseño general de planes especiales de apoyo para estudiantes con dificultades en su proceso de aprendizaje [19].
- e) La metodología aplicable a cada una de las áreas, señalando el uso del material didáctico, textos escolares, laboratorios, ayudas audiovisuales, informática educativa o cualquier otro medio que oriente soporte la acción pedagógica [19].
- f) Indicadores de desempeño y metas de calidad que permitan llevar a cabo la autoevaluación institucional [19].

6.2 CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LA ASIGNATURA SUMINISTRO ELÉCTRICO QUE UTILIZAN OTRAS UNIVERSIDADES NACIONALES

En el siguiente aparte se encuentran contenidos programáticos que utilizan otras universidades para el desarrollo de la asignatura de suministro eléctrico, la cual dependiendo el centro educativo puede variar su nombre, pero finalmente se puede observar la similitud de los temas expuestos.

6.2.1 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

La siguiente ilustración evidencia las características generales de la asignatura de suministro eléctrico con sus respectivos objetivos e intensidad horaria:

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS		UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DE INGENIERÍA SYLLABUS PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA ELÉCTRICA					
Nombre del Docente							
ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura): CALIDAD DE POTENCIA EN REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN						Código:	
						250 (709007)	
Obligatorio	<input type="checkbox"/>	Básico	<input type="checkbox"/>	Complementario	<input type="checkbox"/>		
Electivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Intrínseco	<input checked="" type="checkbox"/>	Extrínseco	<input type="checkbox"/>		
Número de Estudiantes				Grupo			
				Tres (3)			
Número de Créditos							
TIPO DE CURSO:		Teórico		<input checked="" type="checkbox"/>	Práctico		<input type="checkbox"/>
		Teórico - Práctico		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
<i>Alternativas Metodológicas:</i>							
Clase Magistral	<input checked="" type="checkbox"/>	Seminario	<input type="checkbox"/>	Seminario-Taller	<input type="checkbox"/>	Taller	<input type="checkbox"/>
Proyectos Tutoriados	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>				
HORARIO							
DÍA		HORAS			SALÓN		
I. JUSTIFICACIÓN DEL ESPACIO ACADÉMICO							
<p>El desarrollo y utilización de dispositivos electrónicos y equipos digitales en aplicaciones domésticas e industriales y de otro lado las políticas de uso racional y eficiente de la energía, se han incrementado durante los últimos años, convirtiéndose en los culpables y víctimas simultáneamente de la degradación de la calidad de la energía eléctrica. La principal razón para estudiar la Calidad de la Energía Eléctrica es para conocer los requerimientos de calidad de las cargas actuales como las pérdidas eléctricas, incrementos de riesgos eléctricos, reducción de los costos de operación de la red eléctrica, el uso racional de la energía, los crecimientos de las instalaciones, operaciones erróneas de equipos y aparatos eléctricos, las redes obsoletas, el incremento de la susceptibilidad de los sistemas, la reducción de la vida útil de equipos y aparatos eléctricos, el incremento de interconexiones y la mejora de la protección y la confiabilidad de las cargas, entre otros.</p>							

Ilustración 26. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas [20].

Como se observa en la ilustración anterior la Universidad Distrital Francisco José de Caldas presenta la asignatura con el nombre de CALIDAD DE POTENCIA EN REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN, dicho curso no se encuentra dentro de las materias obligatorias que deberán cursar los estudiantes de ingeniería eléctrica, esta universidad presenta el curso en sus electivas de profundización.

II. PROGRAMACIÓN DEL CONTENIDO
<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Asociar y diferenciar las causas de las perturbaciones electromagnéticas, distinguiendo su origen y tipo, así como los efectos que provocan en las máquinas, equipos e instalaciones, tanto de las empresas suministradoras como de las plantas industriales y demás usuarios del producto electricidad. Así como, sensibilizar en los problemas que lleva consigo una mala calidad de onda y, muy especialmente, evaluar y proponer las soluciones técnicas disponibles para disminuir la emisión de las perturbaciones, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad, conociendo la normativa existente.</p>
<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considerar las diferentes medidas, tanto en fase de proyecto como de explotación, que se adopten (o se pueda adoptar) en una instalación industrial, o en los receptores conectados a la misma, para que su funcionamiento sea satisfactorio en el entorno electromagnético en que se encuentren. • Seleccionar y examinar los medios técnicos necesarios de que se dispone en el mercado, para mejorar la calidad de onda (CO) en las redes de distribución de Media y Baja Tensión. • Analizar y estimar las tendencias futuras para mejorar la CO en las redes.
<p>COMPETENCIAS DE FORMACIÓN</p> <p><i>Competencias de Contexto</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formar a los estudiantes como investigadores críticos e innovadores en el contexto nacional. • Utilizar herramientas teóricas y prácticas para la solución de problemas de proyectos de investigación o desarrollo tecnológico en el contexto colombiano. • Aplicar los principios de la ética y la moral en el comportamiento ciudadano y en el ejercicio profesional dentro de un contexto de responsabilidad, respeto y honestidad. <p><i>Competencias Básicas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer e interpretar las perturbaciones electromagnéticas más frecuentes, determinando los aspectos esenciales de los elementos que intervienen en una instalación eléctrica. • Analizar, modelar e interpretar los comportamientos de los parámetros de calidad en instalaciones eléctricas, proponiendo soluciones en diferentes instalaciones. • Conocer, interpretar y aplicar los reglamentos y las normas nacionales e internacionales existentes en Calidad de la Potencia, Compatibilidad Electromagnético y recomendaciones de organismos y grupos de trabajo. <p><i>Competencias Laborales:</i></p>
<p>PROGRAMA SINTÉTICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción Calidad de potencia, Calidad de energía, Calidad de Servicio. • Calidad de la onda de tensión. • Variaciones lentas de tensión. • Fluctuaciones de tensión. Efecto Flicker. • Huecos de tensión y cortes breves. • Variaciones en la frecuencia. • Desequilibrios. • Calidad de onda en la red de distribución. • Armónicos e interarmónicos. Distorsión armónica.

Ilustración 27. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas [20].

El principal objetivo es entregar las herramientas suficientes al estudiante de ingeniería eléctrica para que este se encuentre en la capacidad de diferenciar las diferentes perturbaciones electromagnéticas que se presentan en los sistemas eléctricos, el curso se centra en entregar la gran mayoría de conceptos necesarios para que el profesional en ingeniería eléctrica pueda desempeñar un excelente papel en la industria.

III. ESTRATEGIAS							
Metodológica Pedagógica y Didáctica							
La metodología para adelantar el curso es presencial e incluye varios componentes como son:							
<ul style="list-style-type: none"> • Clases magistrales dictadas por el docente, durante los horarios programados por la Coordinación del Proyecto, en el que se transmitan conocimientos y se activen los procesos cognitivos del estudiante. El material se entregará previamente para la participación activa por parte de los estudiantes. • Estudios de casos, los cuales serán investigados, discutidos y reflexionados por los estudiantes. • Resolución de ejercicios y problemas, donde el estudiante ejercite, ensaye y ponga en práctica los conocimientos previos. • Aprendizaje orientado a proyectos, ya que permite a los estudiantes interactuar en situaciones concretas y significativas que estimulan el saber, el saber hacer y el saber ser, aplicando las habilidades y conocimientos adquiridos. 							
	Horas		Horas profesor/semana		Horas Estudiante/semana		Créditos
Tipo de Curso	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC+TA)	X 16 semanas	3
Teórico	2	2	5	4	9	144	
Trabajo Directo (TD): Trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.							
Trabajo Cooperativo (TC): Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.							
Trabajo Autónomo (TA): Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.).							

Ilustración 28. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas [20].

Con respecto al curso de suministro eléctrico presentado en la Universidad de Pamplona se observa una gran similitud en la teoría dispuesta para la asignatura, además las estrategias en términos de metodología son similares.

6.2.2 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

La siguiente ilustración evidencia las características generales de la asignatura de suministro eléctrico con sus respectivos objetivos e intensidad horaria:

1. Descripción general

Nombre	CALIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA
Código	506109010
Carácter	Optativa
ECTS	3
Unidad temporal	Cuatrimestral
Despliegue temporal	Curso 4º - Primer cuatrimestre
Menciones / especialidades	
Idioma en la que se imparte	Castellano
Modalidad de impartición	Presencial

Ilustración 29. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].

La Universidad Politécnica de Cartagena presenta en su plan de estudios la asignatura llamada CALIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA, al igual de que Universidad Distrital Francisco José de Caldas el programa de ingeniería eléctrica en la universidad Politécnica de Cartagena ofrece este curso en sus asignaturas optativas permitiendo elegir al estudiante si desea o no abordar el tema de calidad de la energía.

<p>3.5. Resultados del aprendizaje de la asignatura</p> <p>Al superar la asignatura el alumno será capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Conocer las perturbaciones existentes de carácter conducido.2. Realizar un análisis de la instalación, de forma que, sea capaz de detectar la perturbación que afecta a nuestra instalación, y la importancia de la misma.3. Conocer la normativa española, europea y americana, relativa a la calidad del suministro.4. Poner en prácticas medidas que mejoren el comportamiento de nuestras instalaciones frente a la existencia de una perturbación. <p>Las actividades de enseñanza/aprendizaje diseñadas permitirán al alumno desarrollar su capacidad de:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Trabajo en equipo2. Análisis y síntesis de información,3. La expresión escrita4. La expresión oral5. Resolución de problemas <p>Todas estas capacidades se obtienen, a través de la redacción de informe/s y su exposición oral, en el entorno de un grupo, que mediante reuniones periódicas nos permitirá comprobar que el alumno alcanza los resultados esperados.</p>
--

Ilustración 30. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].

4. Contenidos

4.1 Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Introducción. Térmicos y definiciones. Huecos e interrupciones. Sobretensiones transitorias. Armónicos.
Variaciones de tensión de larga duración. Problemas asociados a las tierras y cableado. Monitorización.

4.2. Programa de teoría

Unidades didácticas	Temas
	<p>Lección 1. Introducción</p> <ul style="list-style-type: none">¿ ¿Qué se entiende por calidad del suministro?¿ Calidad potencia versus calidad en la tensión¿ ¿Por qué preocupamos por la calidad del suministro?
	<p>Lección 2. Términos y definiciones.</p> <ul style="list-style-type: none">¿ Necesidad de un vocabulario consistente.¿ Transitorios.¿ Variaciones de tensión de larga duración: sobretensión, sub-tensión e interrupción permanente.¿ Variaciones de tensión de corta duración: Interrupción, huecos y "swells"¿ Desequilibrios de tensión.¿ Distorsión de la forma de onda.¿ Fluctuaciones de tensión.¿ Variaciones de frecuencia.¿ Curva CBEMA
	<p>Lección 3. Huecos e interrupciones.</p> <ul style="list-style-type: none">¿ Fuentes de huecos e interrupciones.¿ Área de vulnerabilidad.¿ Problemas de los usuarios finales: SAI on line, SAI en "standby", conjuntos motor-generador, transformadores resonantes,...¿ Huecos asociados a arranque de motores.
	<p>Lección 4. Sobretensiones transitorias.</p> <ul style="list-style-type: none">¿ Fuentes de sobretensiones transitorias: conexiones de condensadores,...¿ Principios para la protección ante sobretensiones.¿ Dispositivos para la protección de sobretensiones.

Ilustración 31. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].

En la ilustración se observan las cuatro primeras lecciones correspondientes a la asignatura de calidad del sistema eléctrico de potencia en la Universidad

Politécnica de Cartagena, presentando interrogantes que buscan obtener conceptos necesarios para evaluar la calidad de la potencia en un sistema eléctrico.

4.2. Programa de teoría	
Unidades didácticas	Temas
	<ul style="list-style-type: none"> ¿ Transitorios creados con las conexiones de los condensadores de la Empresas suministradoras. ¿ Protecciones contra rayos de la Empresa Suministradora. ¿ Problemas de transitorios en los procesos de conexión de la carga.
	<p>Lección 5. Armónicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿ Distorsión armónico. ¿ Distorsión de tensión versus corriente. ¿ Transitorios versus armónicos. ¿ Distorsión armónico total y valor eficaz. ¿ Potencia y Factor de potencia. ¿ Armónicos triplens. ¿ Fuentes de alimentación monofásicos. ¿ Convertidores trifásicos de potencia. ¿ Dispositivos de arco. ¿ Dispositivos saturables. ¿ Efectos de la distorsión armónico. ¿ Respuesta característica del sistema. ¿ Principios para controlar los armónicos. ¿ Localización de fuentes de armónicos. ¿ Dispositivos para el filtrado de armónicos ¿ Procedimiento de estudio armónico. ¿ Componentes simétricas. ¿ Modelado de fuentes armónicas. ¿ Diseño de filtro armónicos. ¿ Interferencia en las telecomunicaciones. ¿ Herramientas de ordenador para el análisis armónico.
	<p>Lección 6. Variaciones de tensión de larga duración.</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿ Principios para regular la tensión. ¿ Dispositivos para la regulación de la tensión. ¿ Aplicaciones para regular la tensión de la Empresas Suministradoras. ¿ Condensadores para la regulación de tensión.
	<p>Lección 7. Problemas asociados a las tierras y cableado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿ Definiciones. ¿ Problemas típicos de cableado y tierras. ¿ Soluciones para los problemas de los cableados y las tierras.
	<p>Lección 8. Monitorización.</p>

Ilustración 32. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].

Cómo se observa en la ilustración, es importante el conocimiento previo de las lecciones anteriores, puesto que en este aparte del curso se realiza un

profundización y aplicación de los conceptos adquiridos para reconocer los fenómenos presentes en los sistemas eléctricos.

4.2. Programa de teoría	
Unidades didácticas	Temas
	<ul style="list-style-type: none"> ¿ Detallada monitorización de la calidad de la potencia. ¿ Equipos de medida de medidas de la calidad.

4.3. Programa de prácticas	
Nombre	Descripción
	<p>Sesiones de Aula de Informática: se desarrollara una sesión o dos con el objeto de que los alumnos pongan en práctica los conocimientos relacionados con la calidad del suministro en aspectos relacionados con los armónicos.</p> <p>Practica 1. Modelización de las cargas armónicas en una instalación industrial.</p> <p>Práctica 2. Valorar los efectos de los armónicos: resonancia. Se empleará el software denominado Microcap con el fin de hacer simulaciones de circuitos eléctricos. Se valorará el uso del Octave o Matlab</p> <p>Uso de diversos equipos reales de detección y valoración de las perturbaciones eléctricas conducidas</p>
Observaciones	

Ilustración 33. Contenido programático sintetizado de Calidad de potencia en redes de media y baja tensión de la Universidad Politécnica de Cartagena [21].

El curso de calidad del sistema eléctrico de potencia al igual que en la universidad de Pamplona y en la Universidad Distrital busca que el estudiante de ingeniería eléctrica obtenga conceptos bien definidos sobre el tema de calidad de la potencia eléctrica, logrando así resolver problemas industriales que no son tan comunes en los sistemas de potencia.

6.2.3 CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

	Contenidos Programáticos	Código	FGA-23 v.01
		Página	1 de 4

FACULTAD: INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE: INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,

TELECOMUNICACIONES Y SISTEMAS

PROGRAMA: INGENIERIA ELÉCTRICA

ASIGNATURA : CODIGO:

AREA:

REQUISITOS:
 CORREQUISITO:

CREDITOS: TIPO DE ASIGNATURA:

JUSTIFICACION:

Con motivo de la regulación del sector eléctrico y debido a la evolución de los sistemas de producción, el concepto de calidad del servicio ha ido cobrando importancia en los últimos cinco años. Así, la Resolución 024 del 26 de abril de 2005 de la CREG "Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de distribución de energía eléctrica", reglamenta las condiciones mínimas de calidad del servicio diferenciando tres aspectos: Continuidad del suministro (número y duración de interrupciones); Calidad del producto (características de la onda de tensión) y Calidad en la atención y relación con el cliente.. La interrupción en el servicio normalmente es debida a causas de fuerza mayor difícilmente predecibles. Actualmente está regulada por ley la cantidad y duración máxima de interrupciones por periodo de tiempo en un área (calidad zonal). Por otro lado, la calidad de onda hace referencia a la degradación de algunos parámetros de la onda en el punto de medida. Si se sitúa este punto en el consumidor final (industria), una mala calidad puede producir efectos como, facturación indebida por una medida errónea de la potencia activa/reactiva debido a la presencia de armónicos, pérdida de sincronismo al variar la frecuencia fundamental (en equipos con referencia temporal por detección de cero), reset de equipos electrónicos (por ejemplo, autómatas) por disminución brusca y breve de la tensión de alimentación, entre otros efectos.

El curso de Suministro Eléctrico pretende establecer las competencias adecuadas para resolver los problemas de Calidad de la Potencia a que deben enfrentarse los Operadores de Red y usuarios finales, dentro del marco regulatorio nacional e internacional.

Ilustración 34. Contenido programático sintetizado de Suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona [22]

Como se observa en la ilustración la universidad de Pamplona presenta la asignatura con el nombre de suministro eléctrico, importante resaltar que, a diferencia de las Universidades anteriormente mencionadas, el curso se encuentra dentro de las asignaturas obligatorias que deberá cursar el estudiante de ingeniería eléctrica.

OBJETIVO GENERAL:

Formar profesionales competentes para resolver los problemas de Calidad de la Potencia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Familiarizarse los conceptos fundamentales de calidad de energía y compatibilidad electromagnética.
- Definir cada una de las perturbaciones que afectan una red eléctrica. Determinar su origen, prevención y modo de corrección de cada perturbación.
- Analizar y aplicar las diferentes normativas que competen en el tema de calidad de energía.
- Proyectar sistemas de calidad de la energía eléctrica en un operador de red.
- Visitar sistemas de calidad de la energía eléctrica, basados en la visita de campo.

COMPETENCIAS:

- Identificar los diferentes factores que pueden afectar con perturbaciones a un operador de red.
- Aplicar las normas nacionales e internacionales sobre la calidad de la energía eléctrica en un operador de red.
- Diseñar sistema de monitorización de calidad de energía eléctrica en un operador de red.

Ilustración 35. Contenido programático sintetizado de Suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona [22].

Teniendo en cuenta todos los contenidos programáticos expuestos, se puede notar que los objetivos son muy similares, lo que indica que el profesional en ingeniería eléctrica de cualquier universidad deberá presentar básicamente las mismas competencias en el campo laboral.

CONTENIDOS:

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
TEMA 1. PERTURBACIONES DE TENSIÓN <ul style="list-style-type: none">• Introducción a Calidad de la Energía.• Concepto de Calidad de la Energía.• Compatibilidad Electromagnética.• Tipos de Perturbaciones, definiciones.• Valores de referencia, orígenes, efectos.• Armónicos, medidas de corrección y prevención.	24	48
TEMA 2: MARCO REGULATORIO <ul style="list-style-type: none">• Ley del Sector Eléctrico.• Resolución CREG 024 de 2005 – 016/2007.• Normativa Internacional (IEEE, IEC, IEE).	20	40
TEMA 3: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALIDAD DE ENERGÍA EN UN OPERADOR DE RED <ul style="list-style-type: none">• Levantamiento de Unidades Constructivas (Resolución CREG 082/2002).• Selección de Unidades de Adquisición de Datos.• Selección de Software.• Selección de Equipo Servidor y Base de Datos.• Consideraciones de la Implementación.	20	40

Ilustración 36. Contenido programático sintetizado de Suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona [22].

Como se mencionaba anteriormente el curso de suministro eléctrico en la Universidad de Pamplona está básicamente al mismo nivel que en las demás universidades, se observa que la finalidad de los temas expuestos para el desarrollo de la asignatura, buscan que el profesional de ingeniería eléctrica obtenga conocimiento claro de los que son los fenómenos que afectan la calidad de la energía, logrando así competencias fundamentales para dar diagnósticos y soluciones a problemas presentados en la industria.

6.3 ESTRUCTURA DEL CURSO

Teniendo en cuenta el contenido programático asignado a la asignatura de suministro eléctrico, donde se presentan los temas académicos seleccionados y avalados por el comité curricular del programa de Ingeniería Eléctrica, se buscó dividir los temas de manera uniforme en dependencia de los tiempos estipulados

por la Universidad de Pamplona. De este modo se generalizo en tres momentos: Conceptualización, profundización y cálculos.

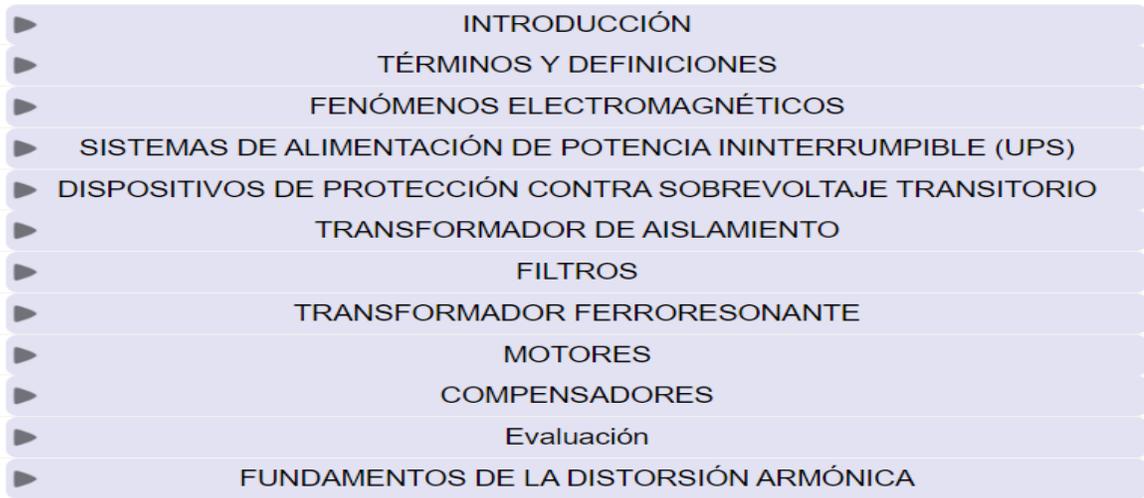


Ilustración 37. Estructura del curso en Moodle

Como se observa en la ilustración, se logró organizar la temática a estudiar creando una sección para los temas más relevantes, de modo que se puedan crear las actividades y los recursos para cada tema sin causar confusión.



Ilustración 38. Estructura del curso en Moodle (Actividades)

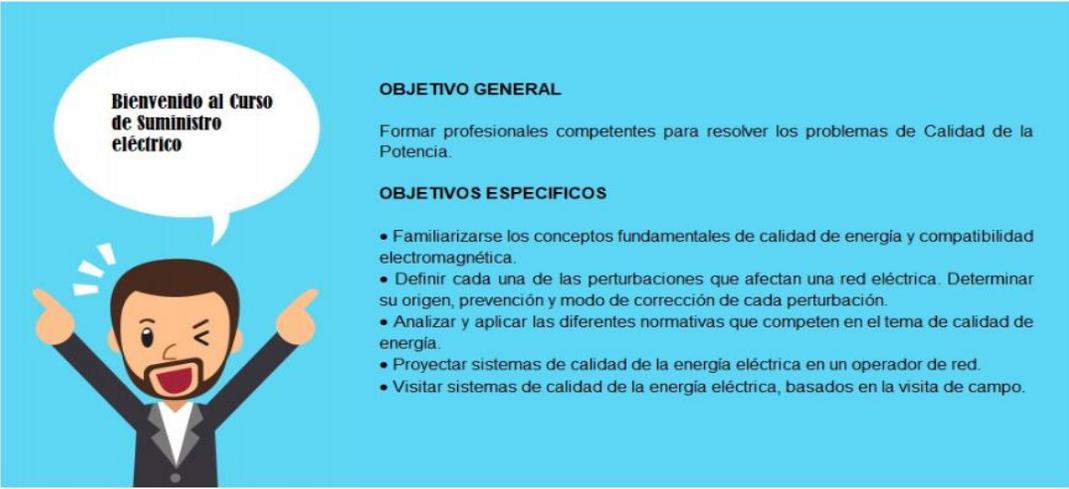
En la ilustración se muestra como se encuentra organizada la información por secciones con sus respectivas actividades en la plataforma Moodle.

7. CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CURSO EN LA PLATAFORMA MOODLE

En este capítulo se diseñará e implementara el curso en la plataforma de Moodle, así como los recursos audiovisuales que buscaran hacer un espacio de interacción cómodo e interesante para los estudiantes de ingeniería eléctrica.

7.1 TÉRMINOS DEFINICIONES

INTRODUCCIÓN



Bienvenido al Curso de Suministro eléctrico

OBJETIVO GENERAL

Formar profesionales competentes para resolver los problemas de Calidad de la Potencia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Familiarizarse los conceptos fundamentales de calidad de energía y compatibilidad electromagnética.
- Definir cada una de las perturbaciones que afectan una red eléctrica. Determinar su origen, prevención y modo de corrección de cada perturbación.
- Analizar y aplicar las diferentes normativas que competen en el tema de calidad de energía.
- Proyectar sistemas de calidad de la energía eléctrica en un operador de red.
- Visitar sistemas de calidad de la energía eléctrica, basados en la visita de campo.

Presentación

Ilustración 39. Introducción al curso de suministro eléctrico

Al iniciar el curso de suministro se muestran los objetivos del curso de suministro eléctrico; así el estudiante puede tener una visión de lo que puede aprender en la asignatura. Además, se encuentra un foro de presentación para que el docente tenga una perspectiva del conocimiento previo que tienen los estudiantes.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Glosario

Quiz 1

Ilustración 40. Actividades de la primera sección del primer corte.

Navegue por el glosario usando este índice.

Especial | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | Ñ | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | TODAS

Página: (Anterior) 1 2 3 4 5 6 7 8 (Siguiente)
TODAS

D

Desviación de la frecuencia (frequency deviation)

Un incremento o decremento en la frecuencia del sistema que puede durar desde varios ciclos hasta varias horas. Las desviaciones de frecuencia se definen como la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de potencia de su valor nominal especificado (50 Hz o 60 Hz).

 [Disturbio de frecuencia en el sistema.jpg](#)

✕ ⚙

Distorsión armónica (harmonic distortion)

Representación cuantitativa de la distorsión a partir de una forma de onda sinusoidal pura. La distorsión armónica es debida a cargas no lineales, o a cargas en las que la forma de onda de la corriente no conforma a la forma de onda del voltaje de alimentación.

 [Forma de onda con distorsión.jpg](#)

✕ ⚙

Ilustración 41. Glosario.

La primera actividad presente para el desarrollo del primer tema de términos y definiciones es un glosario como se muestra en la ilustración, allí se encuentra una gran cantidad de conceptos que son de gran importancia para la comprensión de los temas que se van a presentar durante el curso.

Con el fin de lograr claridad en los términos más importantes, se agregaron videos de YouTube en algunos de estos términos, a continuación, algunos ejemplos:

Armónica

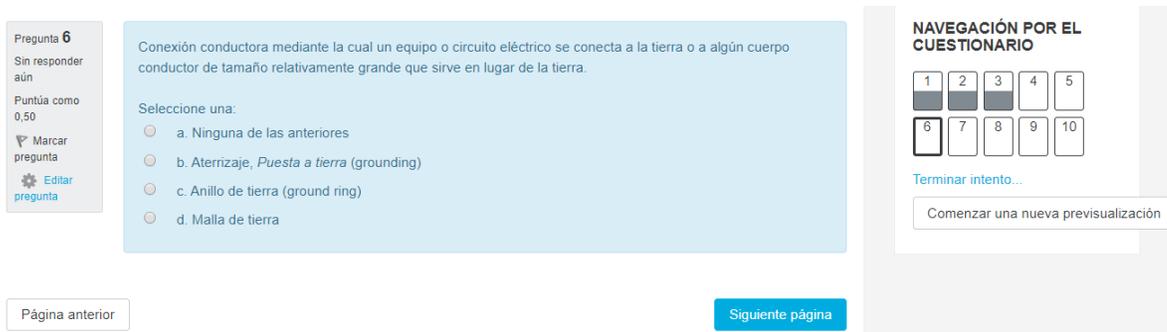
Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Francesc Fornieles en el que se observa una rápida descripción de lo que es un armónico. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=ZRR0UefCGmU>.

Corriente de energización (Inrush current)

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal El Físico Sí Importa en el que se explica detalladamente el principio físico y con una simulación se demuestra lo establecido en la teoría planteada para este fenómeno. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=dBLogLena4o>.

Descarga electrostática (electrostatic discharge)

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Bob. Kalpon en el que se brindan ejemplos de daños causados por descargas de este tipo y se hacen pruebas en el laboratorio para demostrar el concepto. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=ZxP1N7X7bRw>.



The screenshot shows a quiz interface. On the left, a sidebar for 'Pregunta 6' indicates it is unanswered and worth 0.50 points, with options to mark or edit the question. The main area contains the question: 'Conexión conductora mediante la cual un equipo o circuito eléctrico se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de tamaño relativamente grande que sirve en lugar de la tierra.' Below the question are four radio button options: 'a. Ninguna de las anteriores', 'b. Aterrizaje, Puesta a tierra (grounding)', 'c. Anillo de tierra (ground ring)', and 'd. Malla de tierra'. On the right, a 'NAVEGACIÓN POR EL CUESTIONARIO' section shows a grid of 10 question numbers (1-10), with question 6 highlighted. Below the grid are buttons for 'Terminar intento...' and 'Comenzar una nueva previsualización'. At the bottom of the question area are 'Página anterior' and 'Siguiente página' buttons.

Ilustración 42. Cuestionario para afianzar conocimiento de términos y definiciones.

El QUIZ 1 presenta un banco de preguntas con todos los conceptos expuestos en el glosario, para cada examen el docente seleccionara 10 preguntas, las cuales se presentarán de forma aleatoria para cada estudiante.



The screenshot shows a course menu titled 'FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS'. The menu items are: 'Fenómenos principales que originan disturbios electromagnéticos. Clasificación de la IEC.', 'Categorías y características de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia (Estándar IEEE 1159 - 1995).', 'Procedimiento de evaluación de la calidad de la energía eléctrica', 'Variaciones de larga y corta duración en el voltaje', and 'QUIZ'.

Ilustración 43. Actividades de la segunda sección del primer corte.

En las carpetas que se observan en la ilustración se encuentra información correspondiente a los temas mencionados en la ilustración para afianzar conocimiento y finalmente se encuentra una evaluación.

Fenómenos principales que originan disturbios electromagnéticos. Clasificación de la IEC.

La tabla muestra la categorización de los fenómenos electromagnéticos usada por la comunidad de calidad de la potencia eléctrica. Los fenómenos listados en la tabla pueden ser descritos además listando los atributos apropiados. Para fenómenos en estado estacionario los siguientes atributos pueden usarse:

- Amplitud
- Frecuencia
- Espectro
- Modulación

- Impedancia fuente
- Profundidad de la muesca (notch depth)
- Área de la muesca (notch area)



Fenómenos principales que originan disturbios electromagnéticos. Clasificación de la IEC..png

Ilustración 44. Actividades de la segunda sección del primer corte.

Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2

Área personal / Mis cursos / Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2 / FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS
/ Categorías y características de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia (Estándar IEEE 1159 - 1995).

Categorías y características de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia (Estándar IEEE 1159 - 1995).

Para fenómenos que no caen en la categoría de fenómenos en estado estacionario, otros atributos pueden ser necesarios:

- Razón de elevación (rate of rise)
- Amplitud
- Duración
- Espectro
- Frecuencia
- Razón de ocurrencia (rate of occurrence)
- Potencial de energía
- Impedancia fuente

Esta categorización se realiza en función de las componentes de la frecuencia (contenido espectral) que aparecen en las señales de voltaje durante el fenómeno, la duración del fenómeno y la magnitud típica del voltaje. Estos fenómenos son originados principalmente por:

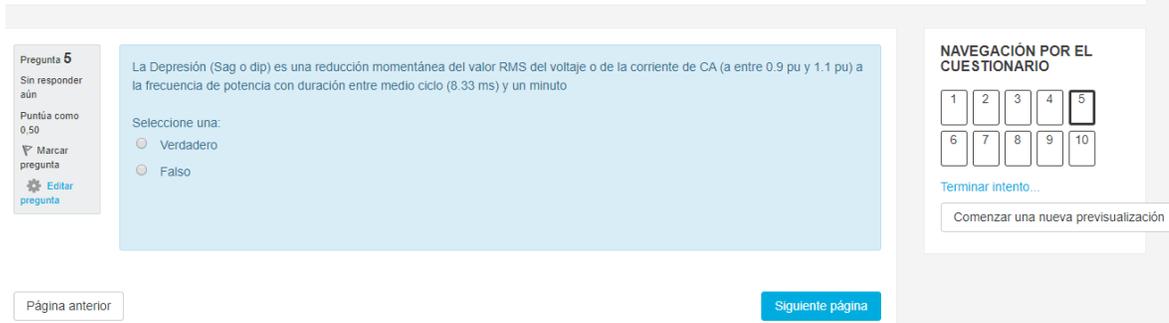
- a) Factores externos al sistema de potencia. Por ejemplo, los rayos originan transitorios impulsivos de gran magnitud.
- b) Maniobras (acciones de conmutación <switcheo>) en el sistema. Un ejemplo típico es el switcheo de capacitores que origina transitorios oscilatorios.
- c) Fallas, que pueden ser originadas, por ejemplo, por descargas atmosféricas sobre líneas aéreas o por falla de aislamiento en cables. Las depresiones de voltaje (sags o dips) y las interrupciones son fenómenos relacionados con fallas.
- d) Cargas que usan electrónica de potencia e introducen armónicas a la red.

Ilustración 45. Teoría segunda sección del primer corte.

Cómo se observa en las ilustraciones se realizó una evaluación de fenómenos que afectan la calidad de la energía teniendo en cuenta dos estándares muy importantes, se inicia con la clasificación por parte de la IEC para estado estacionario y finaliza estándar IEEE 519 de 1995 donde se encuentran fenómenos que no caen en la categoría de fenómenos en estado estacionario.

Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2

Área personal / Mis cursos / Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2 / FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS / QUIZ / Vista previa



Pregunta 5
Sin responder aún
Puntúa como 0.50
Marcar pregunta
Editar pregunta

La Depresión (Sag o dip) es una reducción momentánea del valor RMS del voltaje o de la corriente de CA (a entre 0.9 pu y 1.1 pu) a la frecuencia de potencia con duración entre medio ciclo (8.33 ms) y un minuto

Seleccione una:

Verdadero

Falso

1 2 3 4 5
6 7 8 9 10

Terminar intento...

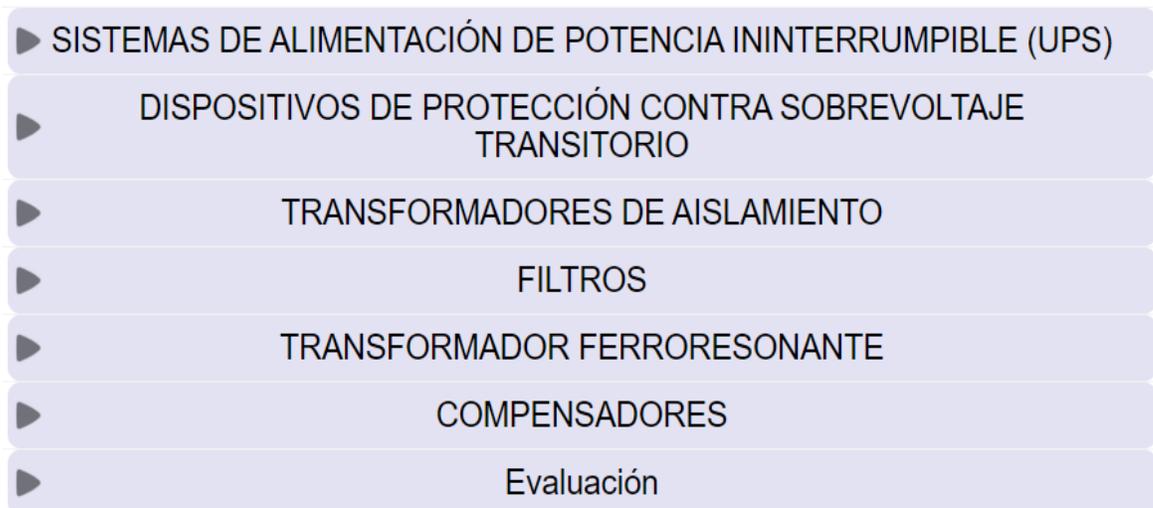
Comenzar una nueva previsualización

Página anterior [Siguiente página](#)

Ilustración 46. Cuestionario.

El cuestionario de la segunda sección del primer corte al igual que el anterior presenta un banco de preguntas aleatorias referentes a los temas expuestos.

7.2 EQUIPOS PARA MITIGAR FENÓMENOS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA



- ▶ SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE POTENCIA ININTERRUMPIBLE (UPS)
- ▶ DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREVOLTAJE TRANSITORIO
- ▶ TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO
- ▶ FILTROS
- ▶ TRANSFORMADOR FERRORESONANTE
- ▶ COMPENSADORES
- ▶ Evaluación

Ilustración 47. Equipos para mitigar fenómenos de calidad de la energía.

SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE POTENCIA ININTERRUMPIBLE (UPS)

Los sistemas de alimentación de potencia ininterrumpible (UPS) suministran potencia ininterrumpida, confiable y de alta calidad para las cargas críticas. De hecho, protegen a las cargas sensibles contra salidas de energía así como contra condiciones de sobrevoltaje y bajo voltaje. Los sistemas UPS también suprimen transitorios de línea y disturbios armónicos.

Las aplicaciones de sistemas UPS incluyen instalaciones médicas, sistemas de soporte de vida, almacenamiento de datos y sistemas computacionales, telecomunicaciones, equipo de emergencia, procesamiento industrial y, simultáneamente, suministran el acondicionamiento de la potencia necesario para la aplicación particular.

Muy pocas instalaciones de las que cuentan con volúmenes importantes de equipos informáticos o de control de procesos carecen de algún tipo de fuente de potencia ininterrumpible (UPS). Éstas pueden ser, desde una o más unidades sencillas de baja potencia para proteger computadoras individuales, hasta una gran unidad central con potencia nominal del orden de 1 MVA o mayor. Es necesario planificar con cuidado la estrategia de las UPS, ya que se trata de un sistema de almacenamiento de energía y, como tal, exige pérdidas adicionales importantes en su producción, es costoso y por tanto deben usarse de forma muy selectiva.

- Sistemas UPS en línea
- SISTEMAS UPS FUERA DE LÍNEA
- SISTEMA UPS DE LÍNEA INTERACTIVA (LINE-INTERACTIVE UPS)
- SISTEMA UPS ROTATORIO
- SISTEMAS UPS HÍBRIDOS

Ilustración 48. Teoría sobre UPS.

Teniendo en cuenta el tipo de equipo acondicionador de potencia se busca organizar los temas pertenecientes al segundo corte de Suministro eléctrico, buscando que el estudiante pueda obtener facilidad para la diferenciación de los equipos que se encuentran en la temática del curso.

Al igual que en el primer corte se busca obtener claridad con otro método que no sea solo lectura, por tanto, se agregaron videos de YouTube para algunos de estos equipos, a continuación, algunos ejemplos:

Sistemas UPS en Línea

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Netion, en el cual se explica los aspectos básicos, cómo funcionan y las aplicaciones de una marca específica de UPS. El video se encuentra publicado desde el 20 de marzo de 2019 en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=dBLogLena4o>.

Sistemas UPS en Línea

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Novum Solar, en este video se hace un vs entre el sistema UPS en línea y fuera de línea con el fin de diferenciarlos. El video se encuentra publicado desde el 09 de mayo de 2019 en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=v38TK4pa6Jo.

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREVOLTAJE TRANSITORIO

El ambiente de las compañías eléctricas nunca ha sido de voltaje y frecuencia constantes. Hasta hace no mucho tiempo, la mayoría del equipo eléctrico podía operar satisfactoriamente durante las desviaciones esperadas del voltaje y la frecuencia nominales. En las instalaciones industriales modernas, muchos dispositivos eléctricos y electrónicos han sido incorporados a los procesos automatizados. Sin duda los PLC, los ASD, los motores energéticamente eficientes, las máquinas de control numérico por computadora (CNC), y otros dispositivos de electrónica de potencia incrementan la productividad y la calidad de los productos, y además disminuyen el costo de los productos para los consumidores. Sin embargo, también incrementan los problemas potenciales por compatibilidad electromagnética porque no son tan permisivos con su ambiente como lo eran las tecnologías anteriores. Como resultado de este incremento en vulnerabilidad del equipo, los propietarios de procesos industriales han experimentado interrupciones inexplicables en los procesos, y salidas no planeadas del equipo debido principalmente a los problemas de calidad de la energía.

Muchas interrupciones de procesos pueden ser prevenidas. Con un pequeño conocimiento de los temas de calidad de la energía, los propietarios de procesos industriales pueden aprender a identificar las causas de los disturbios eléctricos y tomar acciones para evitar su recurrencia. Para esto, es necesario instalar equipo de monitoreo, control y protección contra disturbios.

- SUPRESORES DE SOBREVOLTAJE TRANSITORIO
- Dispositivos descargadores (crowbar devices)
- Dispositivos limitadores de voltaje (voltage-clamping devices)

Ilustración 49. Teoría sobre Dispositivos de protección contra sobrevoltaje.

En el caso de los dispositivos de protección contra sobrevoltaje se dividieron como se muestra en la ilustración en Supresores de voltaje transitorio, Dispositivos descargadores y Dispositivos limitadores de voltaje.

Para este tema también se agregaron videos de YouTube para algunos de estos equipos, a continuación, algunos ejemplos:

Supresor de voltaje transitorio

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Alcionemx, en el cual se explica detalladamente el concepto de voltajes transitorios y se da solución a estos mediante equipos especializados. El video se encuentra publicado desde el 06 de julio de 2016 en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=yoSkLxDhbFY&t=327s>.

Dispositivos limitadores de voltaje (voltage-clamping devices)

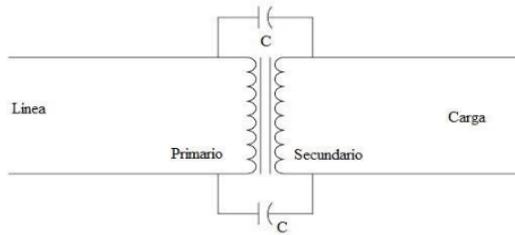
Para este tema se incluyó un video publicado por el canal ACADENAS, en el cual se explica brevemente lo que hace un limitador de voltaje mediante diodos. El video

se encuentra publicado desde el 18 de abril de 2019 en el siguiente enlace:
https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=ZIA28QIQ5hg.

Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2

Área personal / Mis cursos / Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2 / TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO / TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO



De acuerdo con el NEC (NFPA, 2008, 517.2):

[Transformador de aislamiento. Un transformador del tipo devanado múltiple, con los devanados primario y secundario físicamente separados, el cual acopla inductivamente su devanado secundario a los sistemas de alimentador puesto a tierra que energizan su devanado primario].

"Isolation Transformer. A transformer of the multiple-winding type, with the primary and secondary windings physically separated, which inductively couples its secondary winding to the grounded feeder systems that energize its primary winding".

Ilustración 50. Transformador de aislamiento.

Para este tema también se agregó un video de YouTube para mejorar lo aprendido en la teoría:

Transformador de aislamiento

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal José Ramón Vaello, en el cual se explica el funcionamiento del transformador de aislamiento de baja tensión y como eliminar armónicos de una red eléctrica. El video se encuentra publicado desde el 31 de enero de 20146 en el siguiente enlace:
<https://www.youtube.com/watch?v=cYfkWjyE10c>.

▶ TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

▼ FILTROS

- Filtros activos
- Filtros pasivos

Ilustración 51. Filtros.

En la sección de filtros encontramos lo referente a los filtros activos y pasivos.

Para este tema también se agregaron videos de YouTube para algunos de estos equipos, a continuación, algunos ejemplos:

Filtros Activos

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Circutor, en el cual se muestra el funcionamiento de un filtro activo de una marca en especial. El video se encuentra publicado desde el 29 de Septiembre de 2014 en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=C1osDbVHxyA.

Filtros Pasivos

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal ENGENCO, en el cual se explica brevemente lo que hace un filtro pasivo. El video se encuentra publicado desde el 03 de Mayo de 2019 en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=mKSQytUTHsQ.

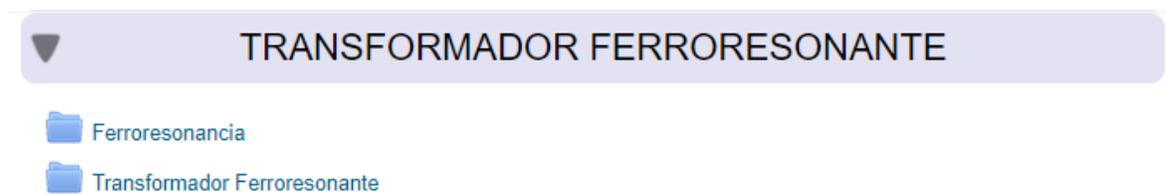


Ilustración 52. Transformador de ferroresonante

En la sección de transformador ferroresonante se encuentra la teoría de ferroresonancia y finalmente se encuentra la teoría del transformador ferroresonante.

Para este tema también se agregaron videos de YouTube para algunos de estos equipos, a continuación, un ejemplo:

Transformador Ferroresonante

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal jpower power, en el cual se explica el funcionamiento del transformador

ferroresonante. El video se encuentra publicado desde el 20 de Abril de 2013 en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=p7yuq1Y_z4c.

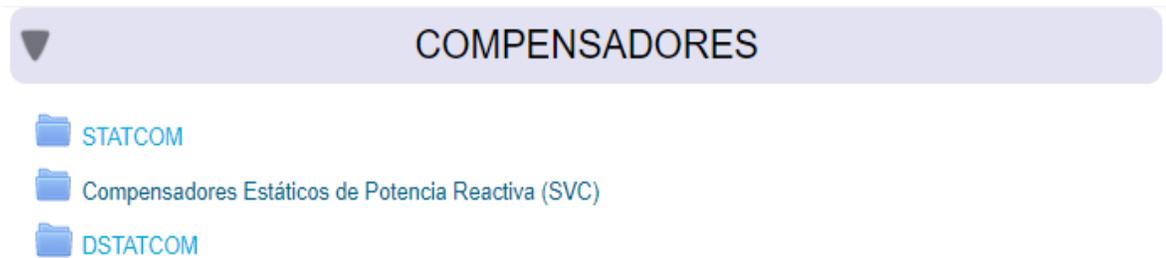


Ilustración 53. Compensadores

En la sección de compensadores se estableció la teoría para los STATCOM, SVC y DSTATCOM.

Para este tema también se agregaron videos de YouTube para algunos de estos equipos, a continuación, algunos ejemplos:

STATCOM

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal Notes4You, se explica la teoría del STATCOM. El video se encuentra publicado desde el 10 de Abril de 2019 en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=AjT7QTw5km4.

SVC

Para este tema se incluyó un video publicado por el canal ABB Power Grids, en el cual se muestra un compensador estático de var de la marca ABB. El video se encuentra publicado desde el 04 de Enero de 2012 en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=raD4yP6PKGc>.

En la sección de evaluación se encuentra el cuestionario correspondiente a los temas expuestos anteriormente:

Puede previsualizar este cuestionario, pero si éste fuera un intento real, podría ser bloqueado debido a:
Este cuestionario no está disponible en este momento

Pregunta 3
Sin responder aún
Puntúa como 0,50
Marcar pregunta
Editar pregunta

Según el diagrama seleccione el tipo de UPS

Seleccione una:

- a. UPS fuera de línea
- b. UPS de línea interactiva
- c. UPS rotatoria
- d. UPS en línea

NAVEGACIÓN POR EL CUESTIONARIO

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

Terminar intento...

Tiempo restante 0:03:56

Comenzar una nueva previsualización

Ilustración 54. Quiz 3

El cuestionario cuenta con 10 preguntas las cuales están basadas en la teoría de equipos acondicionadores de potencia.

7.3 FUNDAMENTOS DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA

FUNDAMENTOS DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA

- RESUMEN
- Generación y efectos de la distorsión armónica en el voltaje y en la corriente
- Series y coeficientes de Fourier
- Quiz

Ilustración 55. Fundamentos de la distorsión armónica.

En la ilustración anterior de muestran las actividades correspondientes al tercer corte de suministro eléctrico.

7.4 LABORATORIO 1: Carga lineal y no lineal



Ilustración 56. Laboratorio de Carga lineal y no lineal

- Bombillos incandescentes

En el laboratorio 1 se realizan mediciones implementando equipo analizador de redes en circuito eléctrico de conformado por bombillos con el fin de observar el comportamiento de una carga lineal y no lineal.



Ilustración 57. Instalación del circuito eléctrico con bombillos incandescentes.

En la ilustración se observa el montaje utilizando solo con bombillos incandescentes y se procede a instalar el analizador de redes.

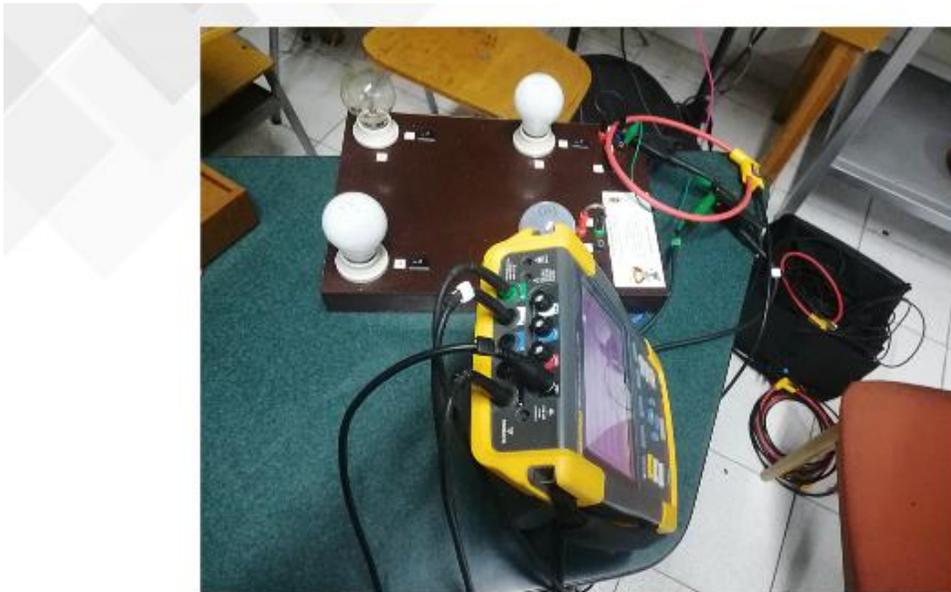


Ilustración 58. Conexión del analizador de redes.

En la ilustración 58 se muestra las pinzas de tensión y corriente del analizador conectadas al circuito de prueba.

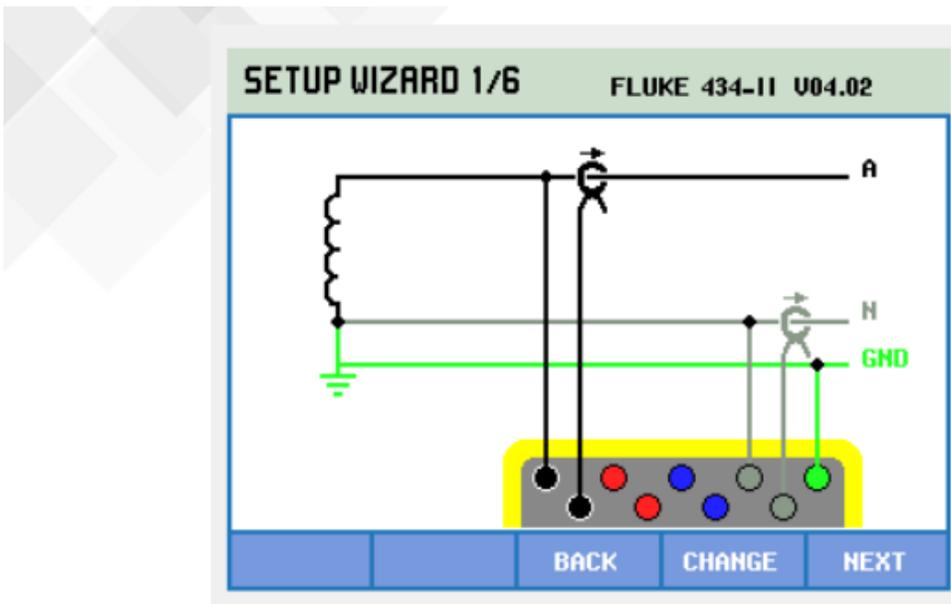


Ilustración 59. Configuración del analizador.

Teniendo en cuenta que el circuito es monofásico se deberá configurar el analizador de redes como se muestra en la ilustración 59. Después de tener el equipo debidamente instalado y configurado se procede a realizar mediciones de parámetros eléctricos.

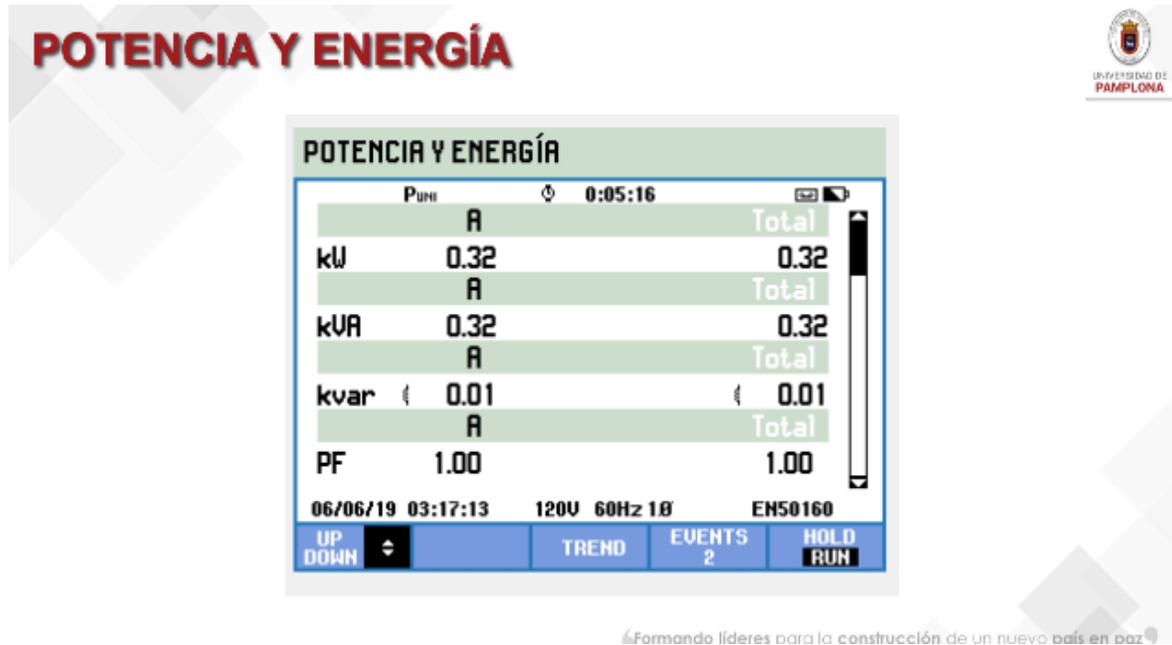


Ilustración 60. Medición de Potencia y Energía con bombillos incandescentes.

En la ilustración 69 muestran las mediciones obtenidas para potencia y energía. La potencia instalada en total es de 0.3 kW según los fabricantes de los bombillos incandescentes, la medición de potencia activa mostrada por el analizador de redes indica una potencia superior de 0.32 kW.

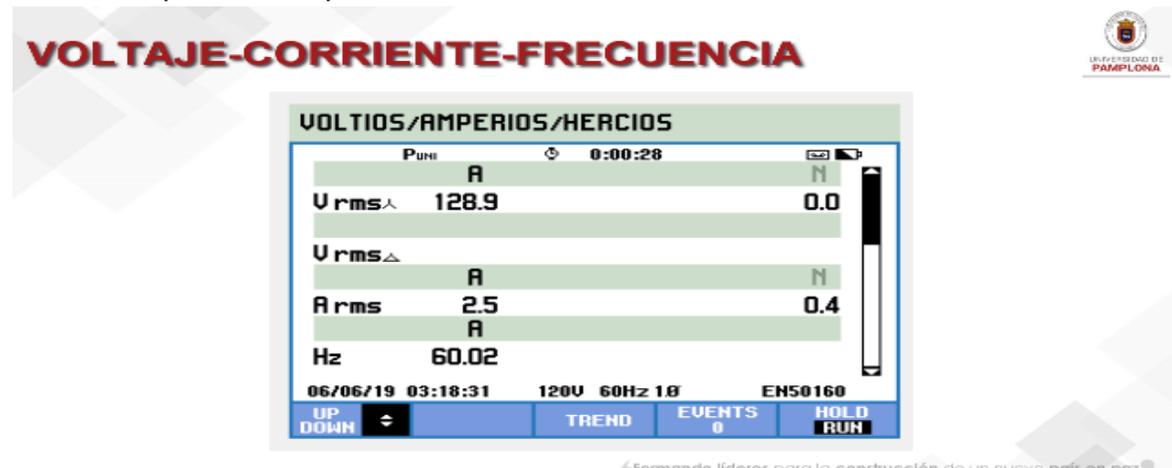


Ilustración 61. Medición de voltaje-corriente-frecuencia con bombillos incandescentes.

Se observa un voltaje RMS de 128,9 [V] el cual se encuentra entre los valores permitidos por la norma NTC 5001.



Ilustración 62. Ondas de voltaje y corriente con bombillos incandescentes.

En la ilustración 62 se observan las ondas de tensión y corriente para el circuito con bombillos incandescentes; las ondas se aprecian sinusoidales tanto para corriente y voltaje, por tanto, desde ya se puede inferir que la carga es lineal puesto que las ondas no presentan distorsión.

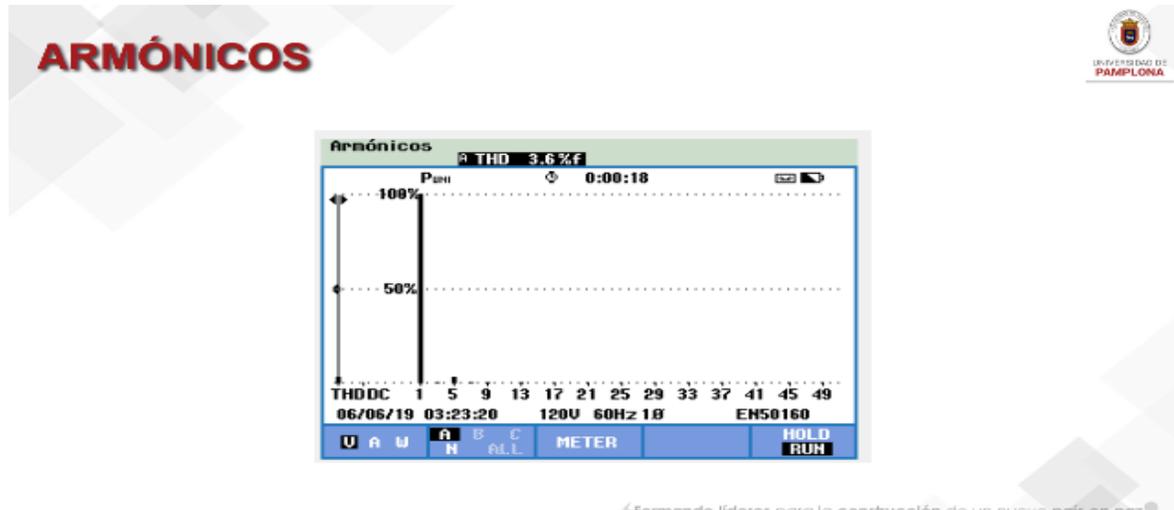


Ilustración 63. Distorsión armónica total de voltaje con bombillos incandescentes

Cuando se revisa la distorsión armónica se observa un THD de 3,6 % lo cual es admisible en las normas establecidas, por tanto, la carga se asimila a una carga lineal puesto que se comporta como una impedancia constante.

- Bombillos Fluorescentes



Ilustración 64. Circuito con bombillos fluorescentes.

Para la segunda medición general de parámetros eléctricos se deberá cambiar el circuito por bombillos fluorescentes como se muestra en la ilustración 64.

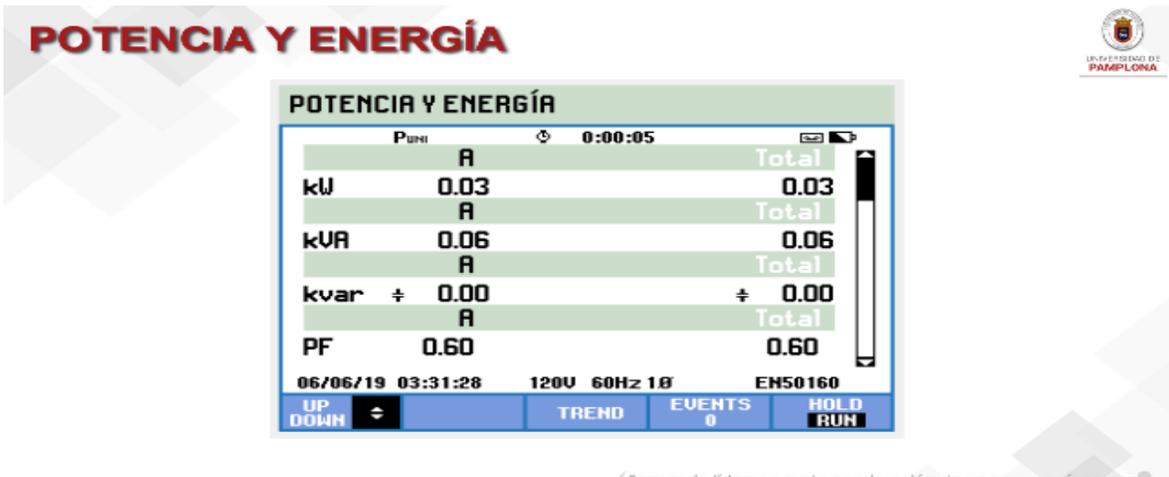


Ilustración 65. Medición de Potencia y Energía con bombillos fluorescentes.

Se observa un factor de potencia demasiado bajo (0.60) lo que significa un consumo de reactivos considerable y por consiguiente la necesidad de compensación.

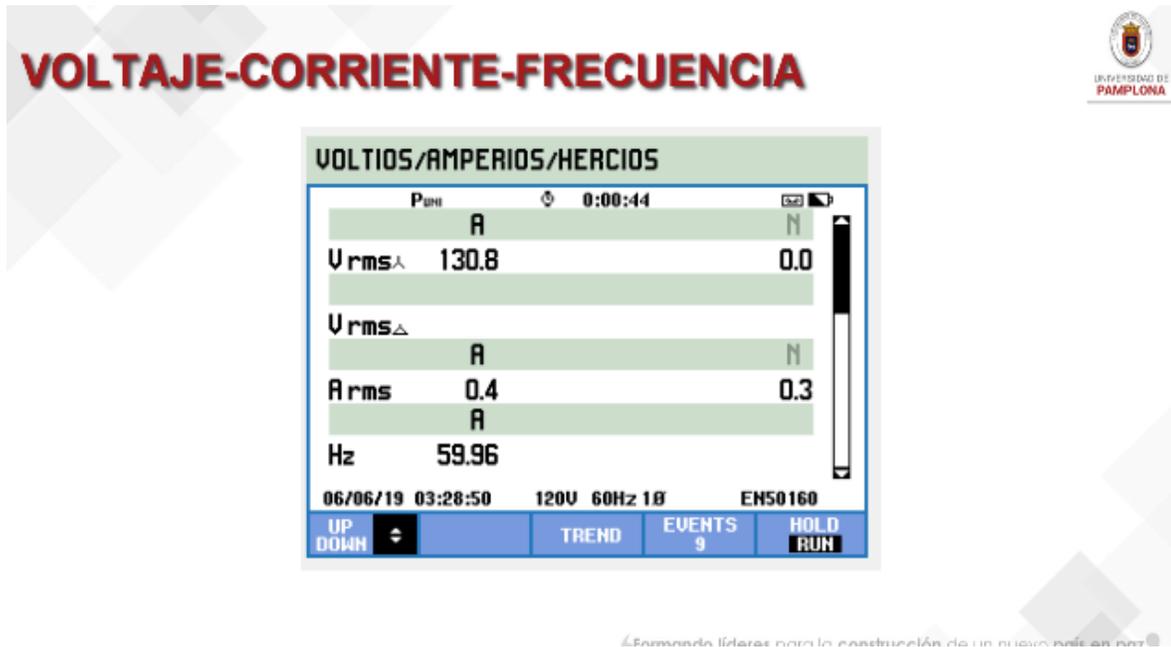


Ilustración 66. Voltaje – Corriente – frecuencia con bombillos fluorescentes

El circuito eléctrico presenta un voltaje de 130.8 [V], una corriente de 0.4 [A] y su frecuencia es de 59,96 en el instante de la medición, estos valores se encuentran entre los valores permitidos por las distintas normas de calidad de la potencia para este nivel de tensión.

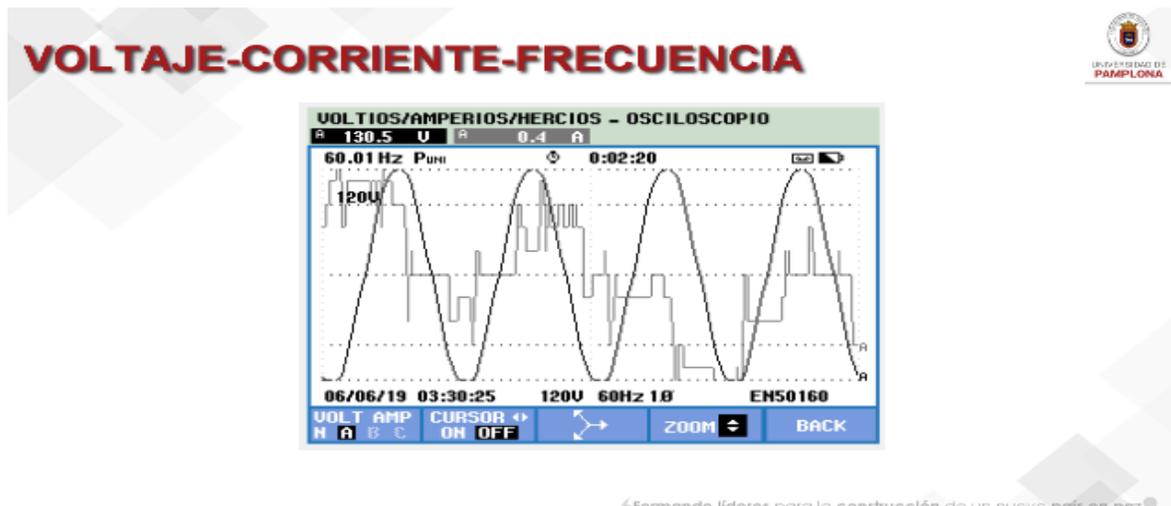


Ilustración 67. Ondas de corriente y voltaje con bombillos fluorescentes.

La tensión presenta un comportamiento sinusoidal, mientras que la forma de onda de la corriente presenta una distorsión considerable.

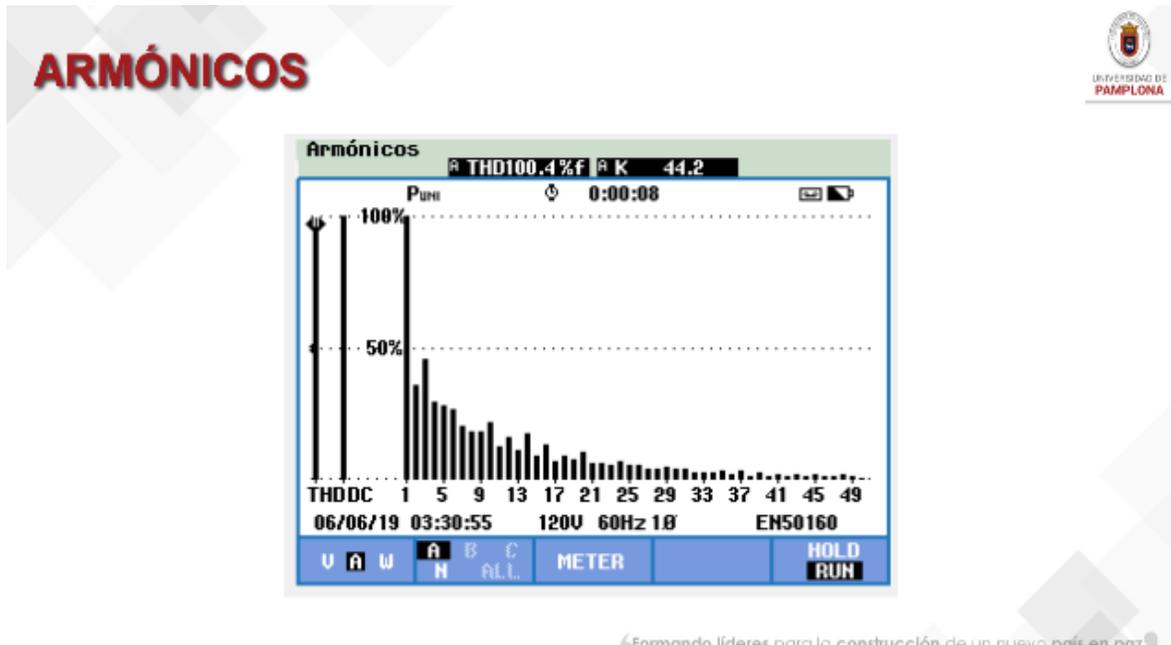


Ilustración 68. THD de corriente con bombillos fluorescentes.

Como se observa en la ilustración 68 el circuito presenta elevada distorsión de armónicos de corriente (100.4 %), es decir, un consumo de corriente discontinua debido a los componentes electrónicos que contienen estas lámparas, dichos elementos no se comportan como impedancia constante.



Ilustración 69. Potencia y energía con bombillos LED

Al igual que las lámparas fluorescentes las bombillas LED presentan un factor de potencia súper bajo, siendo este inferior al anterior esto debido a su composición de elementos electrónicos.

VOLTAJE-CORRIENTE-FRECUENCIA

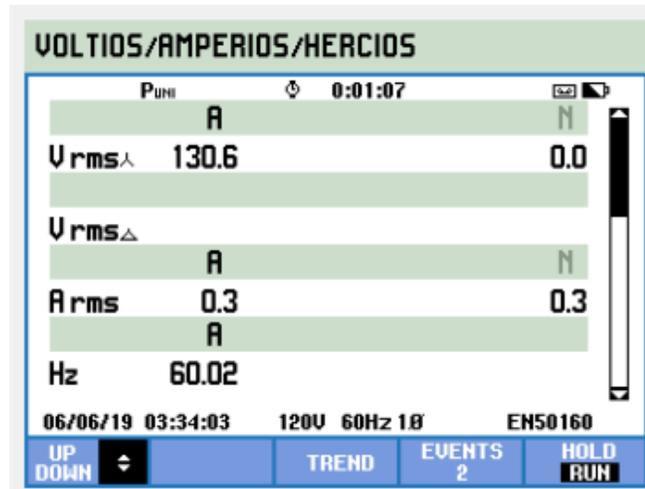


Ilustración 70. Voltaje – Corriente – Frecuencia con bombillos LED.

Los valores de corriente, Voltaje y frecuencia mostrados en la ilustración 60 se encuentran entre los rangos establecidos por las normas de calidad de la potencia para este nivel de tensión.

VOLTAJE-CORRIENTE-FRECUENCIA

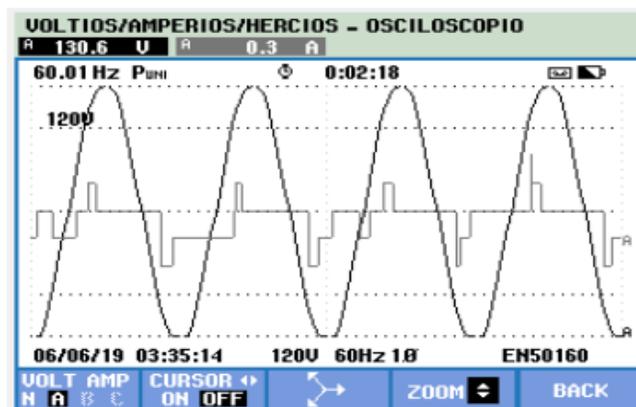


Ilustración 71. Ondas de voltaje y corriente con bombillos LED.

La ilustración 71 muestra una onda de tensión sinusoidal, pero en la corriente se observa una corriente totalmente distorsionada comportándose como una carga no lineal para el sistema.

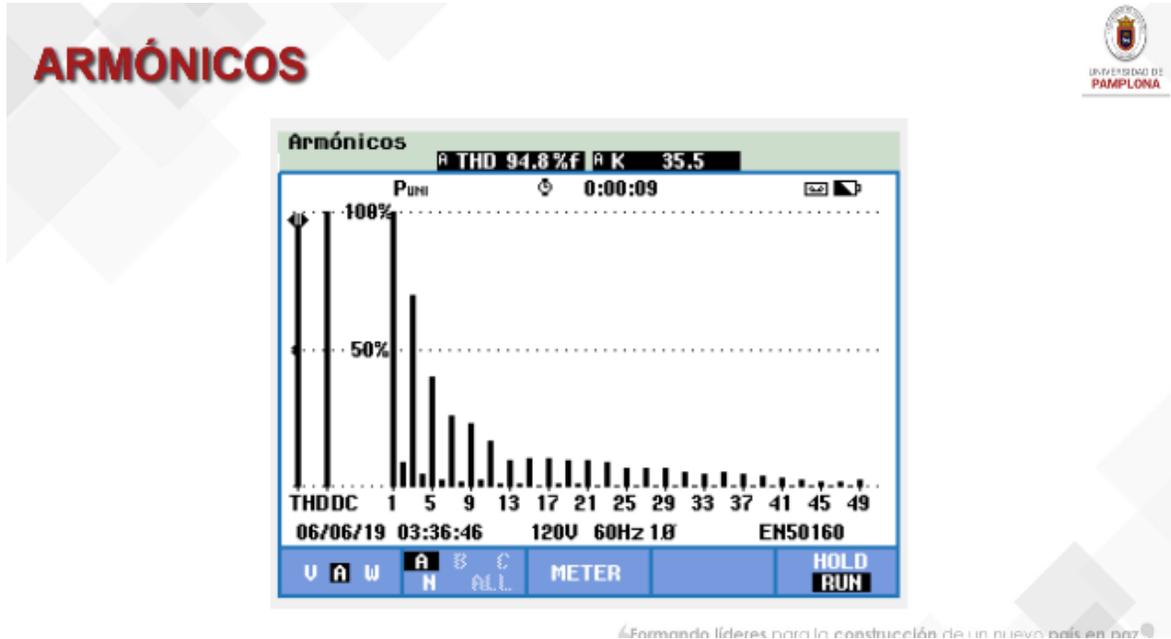


Ilustración 72. THD de corriente con bombillas LED

Como se observa en la ilustración 72 el circuito presenta elevada distorsión de armónicos de corriente (94.8 %), es decir, un consumo de corriente discontinua debido a que no se comportan como impedancias constantes en la red debido a los componentes electrónicos que contienen estos bombillos.

7.5 LABORATORIO 2: Observación de parámetros eléctricos en módulo fotovoltaico

Para la ejecución del siguiente laboratorio se realizó un módulo una visita al módulo fotovoltaico instalado en la facultad de Ingenierías y Arquitectura; inicialmente se hizo un reconocimiento de los equipos instalados que componen el generador fotovoltaico conectado a la red y después se hizo la conexión del analizador de redes para verificar parámetros eléctricos a la salida del inversor, realizando conexión en estrella para observar los parámetros de fase y seguidamente se

conecta en delta para determinar los parámetros de línea, logrando así comprobar algunas teorías vistas en clase de Suministro Eléctrico.



Ilustración 73. Presentación del video

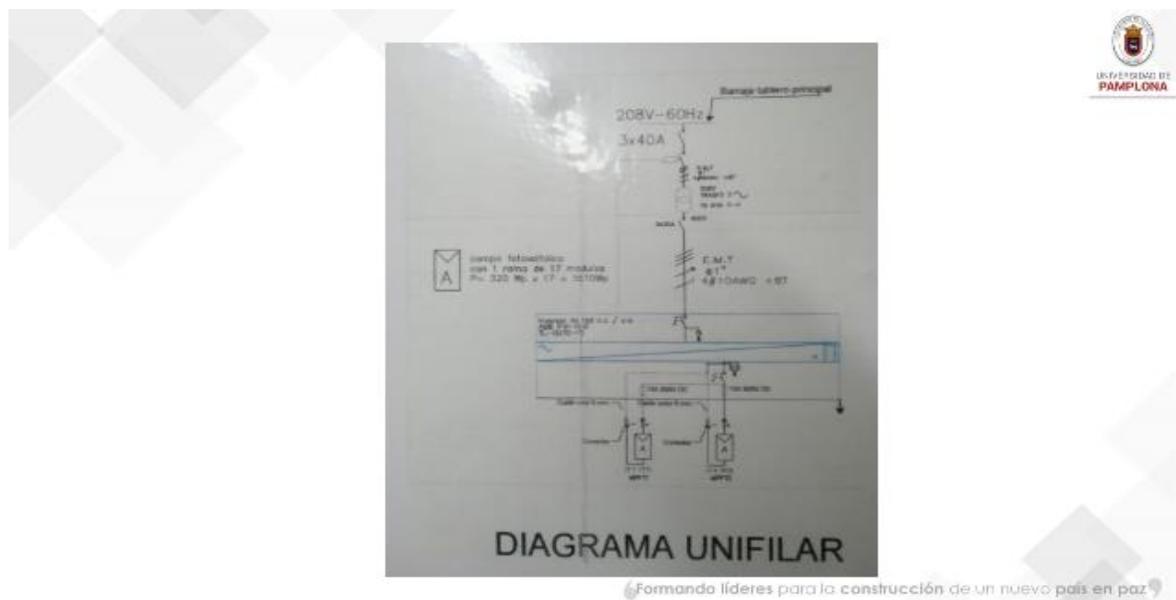


Ilustración 74. Diagrama Unifilar

Siempre que se realiza un análisis de calidad de la energía es de gran importancia conocer cómo funciona el sistema y cada uno de los elementos que lo componen, esto con el fin de lograr un análisis profundo de los fenómenos presentados, en este caso se tenía acceso al diagrama unifilar y a su vez a la gran mayoría de elementos, en el video se muestra todos estos elementos y como están interactuando en el sistema.



Ilustración 75. Instalación del analizador de redes.

Se realiza la conexión del analizador de redes a la salida del inversor con el fin de observar la calidad de la energía generada por el sistema fotovoltaico.

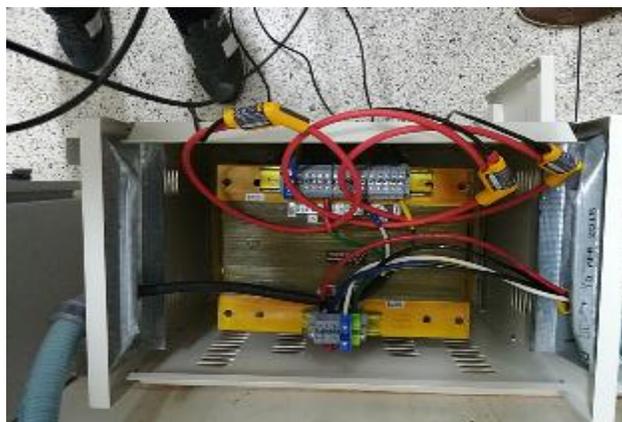


Ilustración 76. Conexión en la entrada del transformador (salida del inversor)

Se conectó el analizador en configuración estrella y estos fueron los resultados:

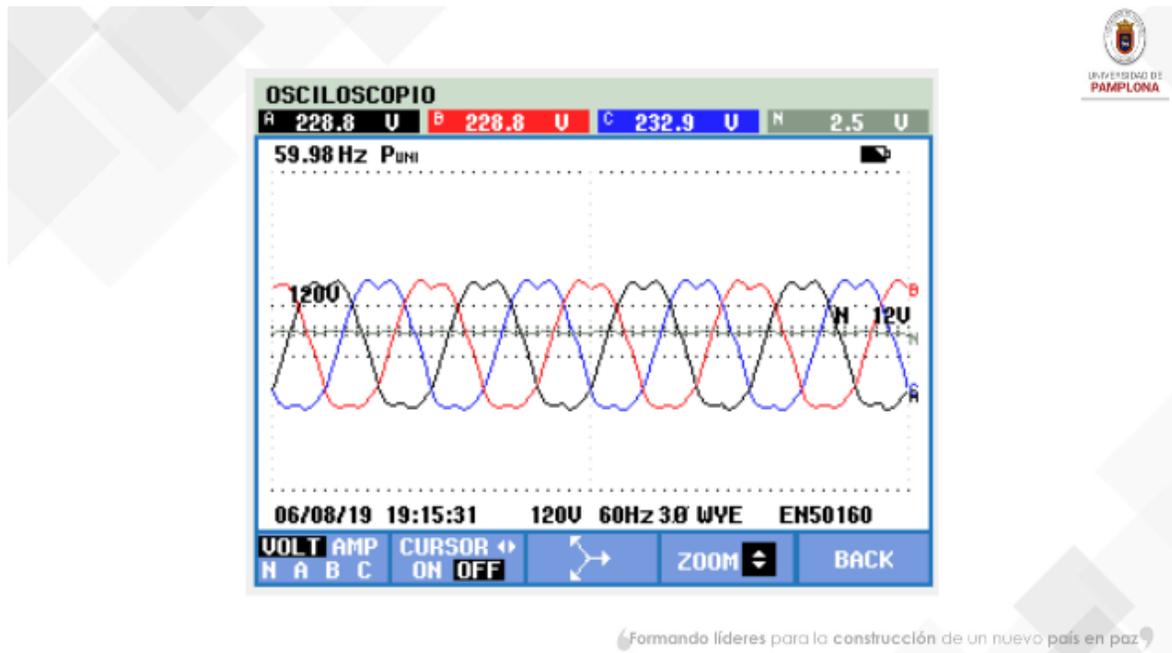


Ilustración 77. Ondas del voltaje de fase

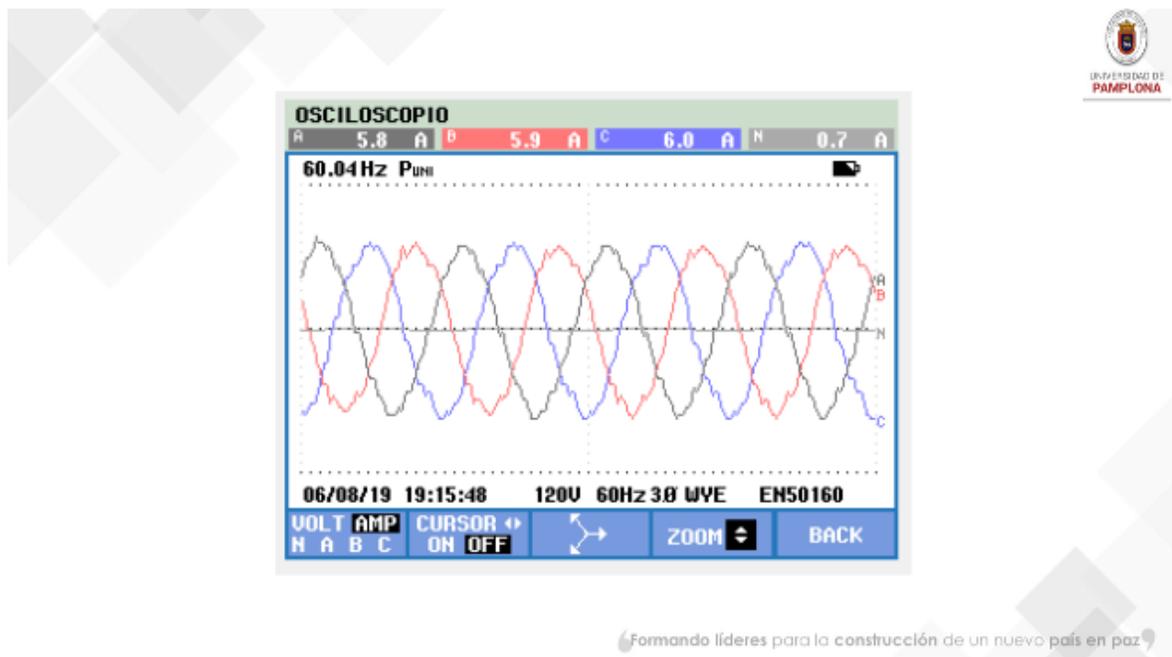
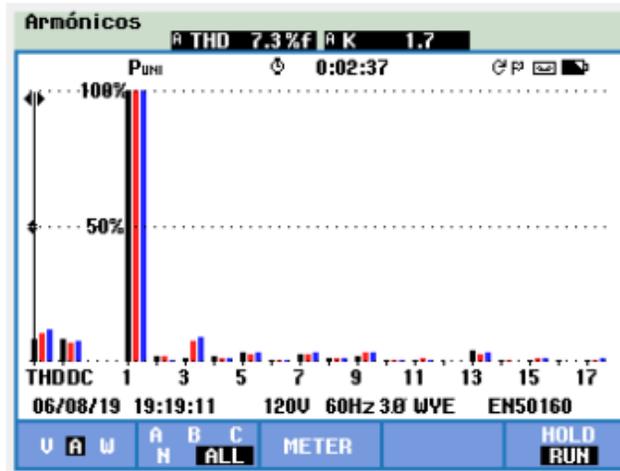


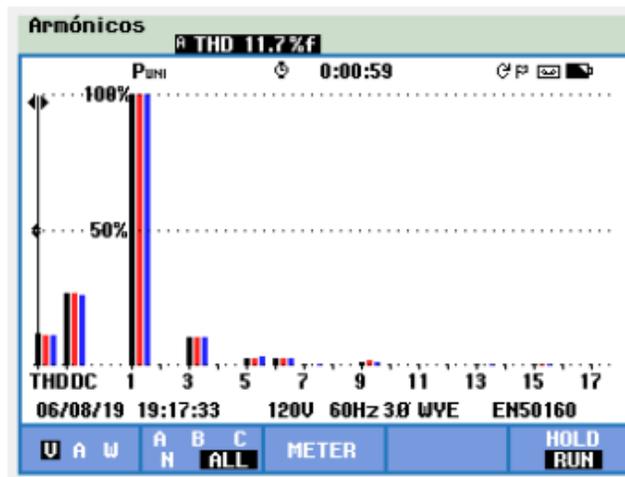
Ilustración 78. Ondas de la corriente de fase

Como se observa en las ilustraciones 77 y 78 las ondas de voltaje y corriente se observan distorsionadas, por tanto, se busca medir los armónicos para obtener una perspectiva del fenómeno que está ocurriendo en el sistema.



Fomando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 79. Armónicos de corriente en fase



Fomando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 80. Armónicos de tensión en fase

En las ilustraciones 79 y 80 se observan los contenidos armónicos de corriente y voltaje siendo estos un poco altos; si se observa detenidamente los armónicos que se tienen se notara que existe componente de CD y armónicos triplen.

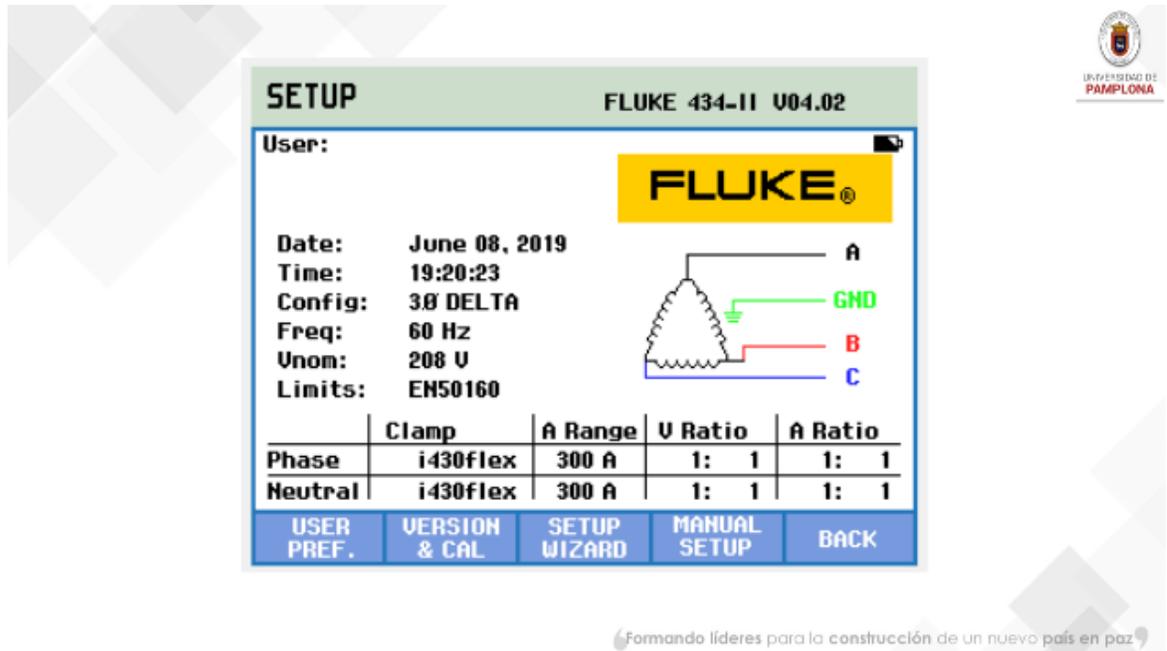


Ilustración 81. Configuración delta.

Se procede a configurarse el analizador de redes en configuración delta con el fin de observar los parámetros eléctricos de línea del sistema.

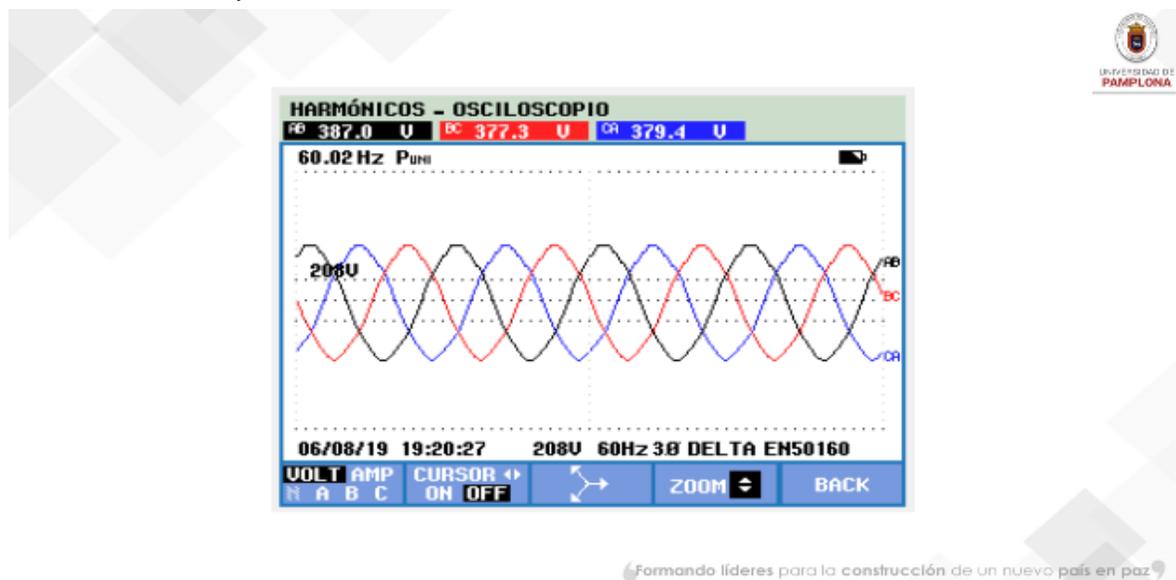
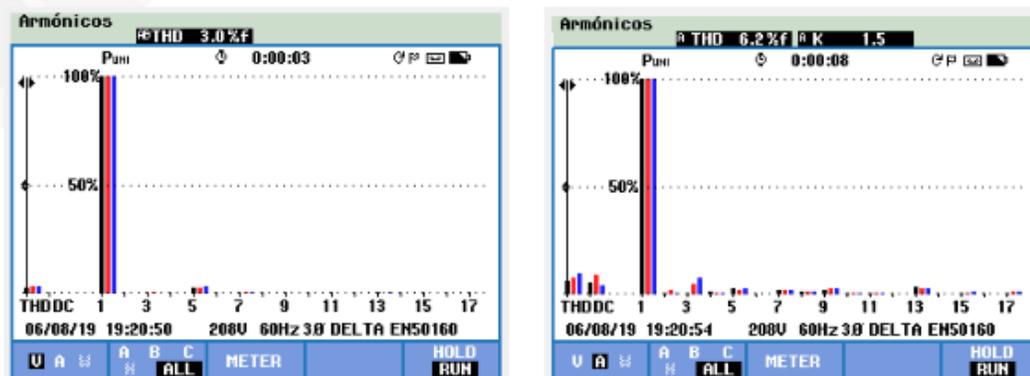


Ilustración 82. Ondas de voltaje de línea.



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 83. Armónicos en línea.

Como se observa en la ilustración 82 las ondas son sinusoidales y esto se debe a que los armónicos triplen han desaparecido en gran magnitud puesto que siempre se deberán cancelar en línea – línea.

7.6 LABORATORIO 3: Observación de parámetros eléctricos en Subestación de 400 kVA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz



Análisis de Calidad de la energía en transformador de 400 kVA

Ilustración 84. Presentación del video.

Para realizar el siguiente laboratorio se buscó el punto común de acoplamiento del edificio Simón Bolívar; en este caso es el transformador de 400 kVA ubicado en el primer piso del edificio.

Como se mencionó en el anterior laboratorio siempre es importante hacer un reconocimiento de equipos y cargas asociadas al sistema que se desea inspeccionar.



Ilustración 85. Instalación y configuración del analizador de redes.

Teniendo un primer acercamiento y reconocimiento de equipos se procede a realizar la conexión y configuración del analizador de redes.

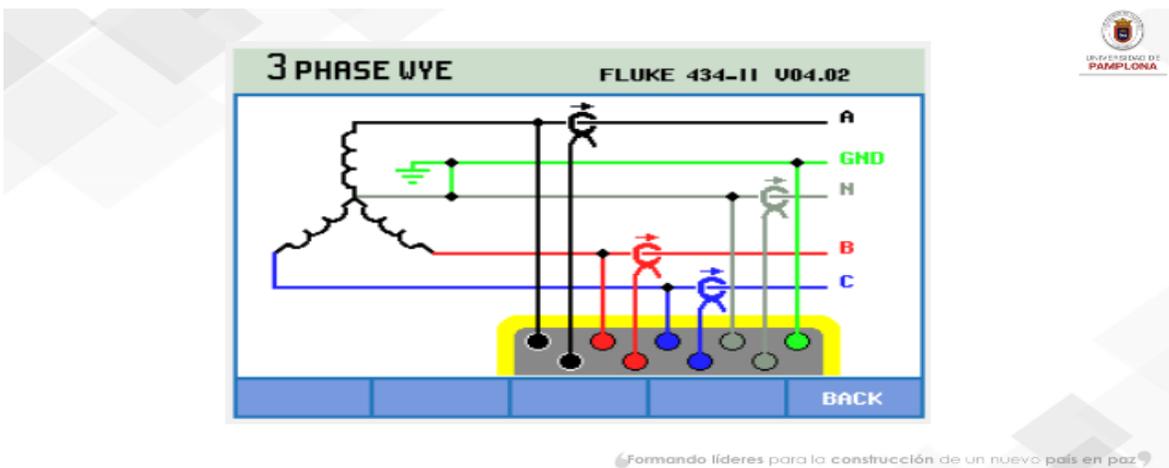
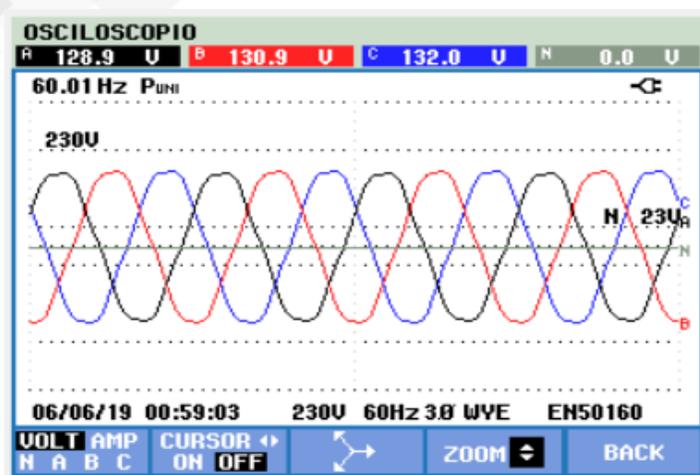
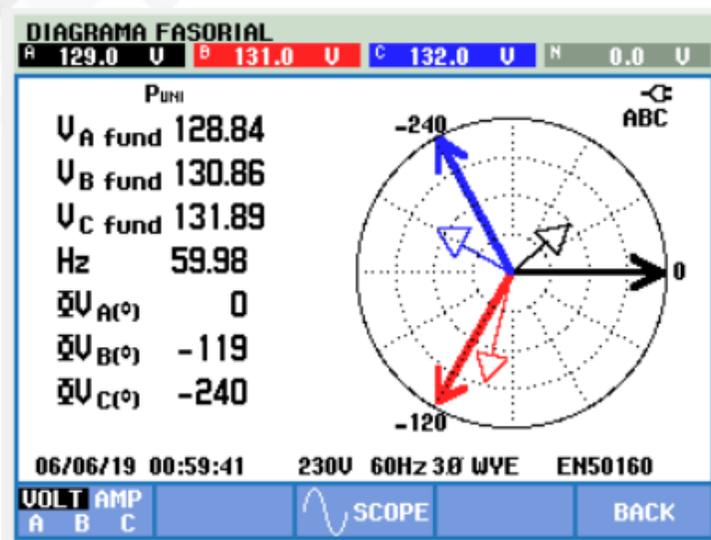


Ilustración 86. Configuración según grupo vectorial del transformador (DYN5)



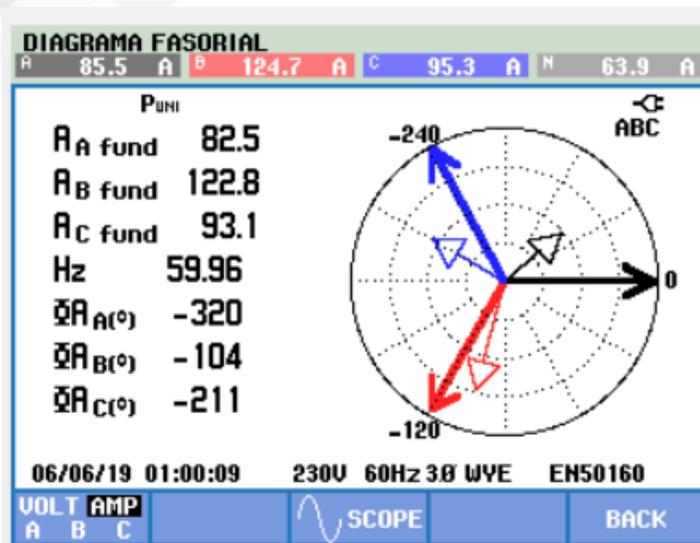
Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 87. Ondas de voltaje



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 88. Diagrama fasorial de tensión.



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 89. Diagrama fasorial de corrientes.

Teniendo en cuenta las ilustraciones 87, 88 y 89, se puede observar que las tensiones se encuentran balanceadas tanto en magnitud como en fase, mientras que las corrientes presentan un ligero desequilibrio de fase.



POTENCIA Y ENERGÍA				
PUNI		0:00:35		P P
	A	B	C	Total
kW	7.79	12.91	10.34	31.04
kVA	10.82	13.99	12.44	37.41
kvar	6.89	4.46	6.28	17.68
PF	0.72	0.92	0.83	0.83
06/06/19 01:01:06 230V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
UP	DOWN	TREND	EVENTS	HOLD
			0	RUN

Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Ilustración 90. Potencia y energía

Según la ilustración 90 se pueden determinar dos cosas muy importantes, en primera mediada la potencia activa trifásica no supera los 32 kW esto quiere decir que el transformador está sobredimensionado ya que este presenta una potencia de 400 kVA, lo cual indica que no cumple con una cargabilidad optima y por tanto se están pagando pérdidas en el núcleo del transformador que son totalmente innecesarias. Como segundo dato importante se obtiene un factor de potencia capacitivo muy bajo, esto debido a un banco de condensadores que se encuentra instalado en la subestación, el cual no está bien diseñado.

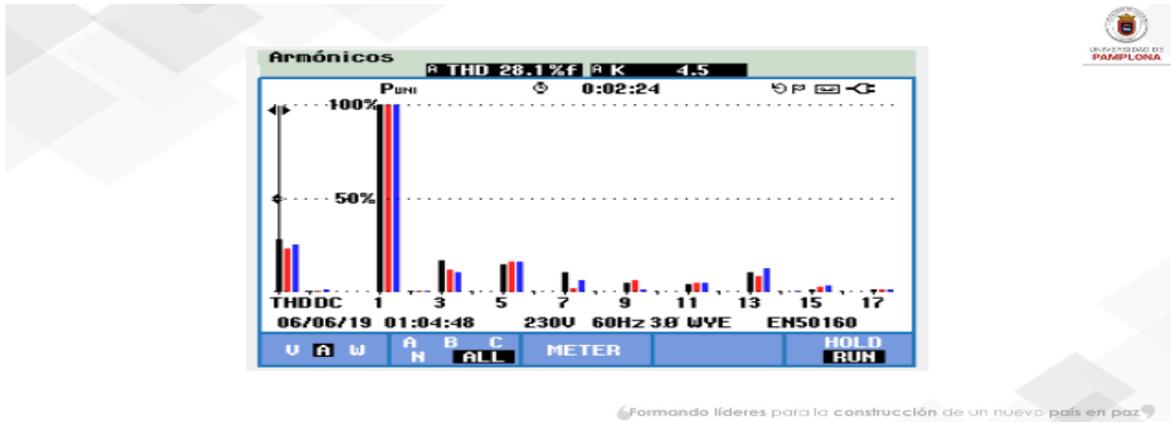


Ilustración 91. THD de corriente



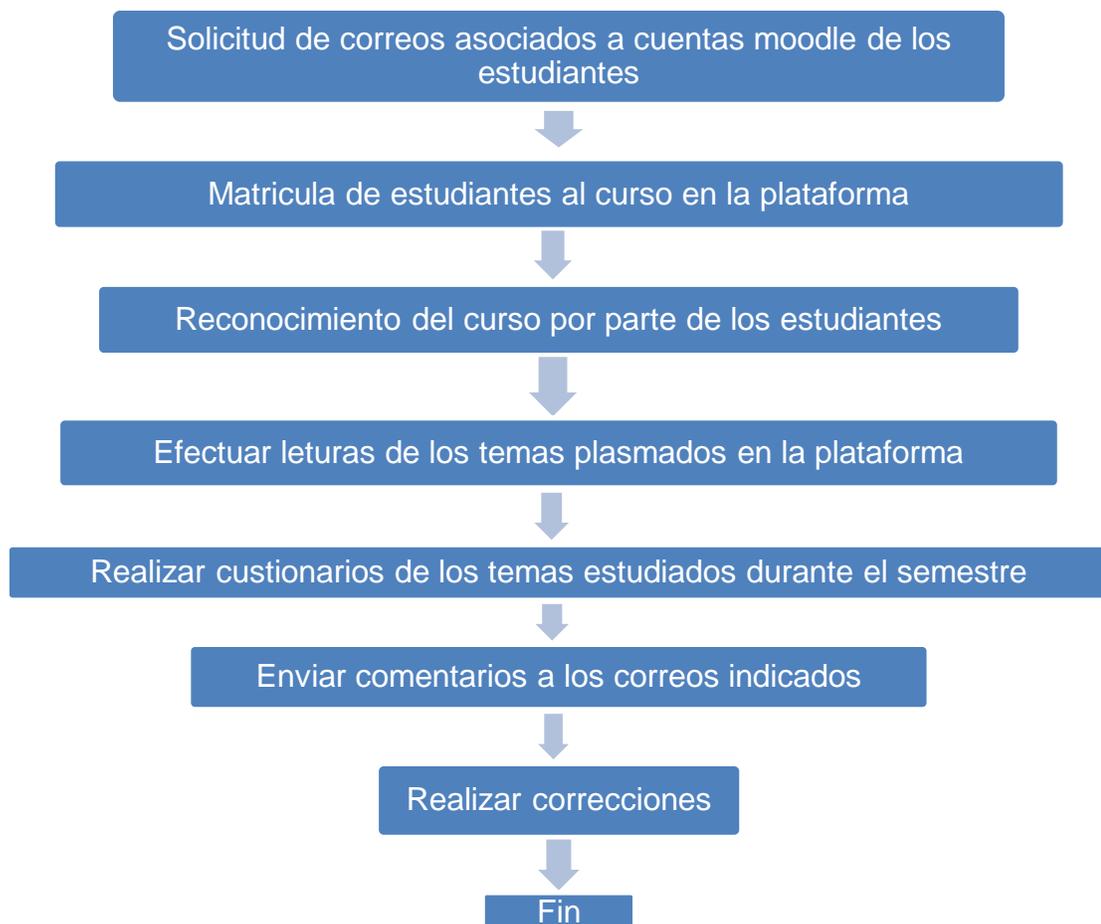
Ilustración 92. Ondas de corriente

Las ilustraciones 91 y 92 muestran el gran contenido armónico presente en la red, esto debido a la cantidad de cargas no lineales que se encuentran instaladas en el edificio (Equipos de cómputo, iluminación, laboratorios con máquinas de diferentes tipos).

8. CAPITULO IV PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

El desarrollo de las pruebas de funcionamiento se llevó a cabo con estudiantes de noveno semestre de ingeniería eléctrica los cuales están cursando actualmente la asignatura de suministro eléctrico. Inicialmente se solicitó a cada estudiante el correo electrónico con el cual crearon su cuenta de Moodle para asignaturas anteriores y se realizó la respectiva matrícula por parte del creador de la asignatura virtual. Seguidamente se explicó a los estudiantes el objetivo de la plataforma y por consiguiente se solicitó hacer una revisión detallada de la información plasmada en la plataforma, además se deberían realizar los exámenes correspondientes a los temas que estaban trabajando el curso actualmente. Los estudiantes hicieron uso de la plataforma y enviaron sus respectivos comentarios por correo electrónico.

En la ilustración que se encuentra a continuación se encuentra un mapa conceptual en el que se observa paso a paso como se desarrolló la prueba de funcionamiento.



PARTICIPANTES

Participantes



Mis cursos

Mostrar usuarios que han estado inactivos durante más de

Lista de usuarios

Suministro Eléctrico, grupo A, 2019-2

Seleccionar período

Resumen

Rol actual Todos los participantes

Todos los participantes: 7

Nombre : Todos A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z

Apellido(s) : Todos A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z

Seleccionar	Imagen del usuario	Nombre / Apellido(s)	Dirección de correo	Ciudad	País	Último acceso al curso
<input type="checkbox"/>		NORBEY DUBAN RUIZ RUBIO	norbey.ruiz@unipamplona.edu.co	NO DEF	Colombia	1 segundos
<input type="checkbox"/>		jorge eduardo santiago bohórquez	jorge222eduardo@gmail.com	gonzalez (cesar)	Colombia	2 días 11 horas
<input type="checkbox"/>		JUAN ANDRES MOJICA SUAREZ	juanandresmasz@gmail.com			2 días 13 horas
<input type="checkbox"/>		JOHAN ANDRES PULIDO BAUTISTA	jandrespulido.jp@gmail.com	PAMPLONA	Colombia	2 días 13 horas
<input type="checkbox"/>		DUBER HERNEY CUELLAR HERNANDEZ	djduber95@gmail.com	Pamplona	Colombia	2 días 14 horas
<input type="checkbox"/>		Anderson Peña Santos	anderpesa@hotmail.com	Pamplona	Colombia	2 días 16 horas
<input type="checkbox"/>		JOHAN ANDRES PADILLA PEREZ	johan31padilla@gmail.com	Pamplona	Colombia	3 días

Ilustración 93. Estudiantes matriculados

En La ilustración se observa la lista de estudiantes matriculados en el curso, en la que aparece el nombre del estudiante, la dirección de correo electrónico, la ciudad en que reside, el país y el tiempo desde el último acceso al curso.

CALIFICACIONES

Informe del calificador

Informe del calificador

Todos los participantes: 6/6

Nombre : Todos A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z

Apellido(s) : Todos A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z

		Suministro Eléctrico, grupo...			
Apellido(s)	Nombre	Dirección de correo	Quiz 1	Quiz 2	Quiz 3
	DUBER HERNEY CUELLAR HERNANDEZ	djduber95@gmail.com	4,25	2,50	3,00
	JUAN ANDRES MOJICA SUAREZ	juanandresmasz@gmail.com	4,75	3,00	3,17
	JOHAN ANDRES PADILLA PEREZ	johan31padilla@gmail.com	3,50	3,50	4,00
	Anderson Peña Santos	anderpesa@hotmail.com	2,50	3,50	3,50
	JOHAN ANDRES PULIDO BAUTISTA	jandrespulido.jp@gmail.com	4,50	4,00	2,50
	jorge eduardo santiago bohórquez	jorge222eduardo@gmail.com	2,00	3,00	5,00
Promedio general			3,58	3,25	3,53

Ilustración 94. Calificaciones

En la lista de la ilustración se encuentran las calificaciones obtenidas por algunos estudiantes en los 3 primeros quices. Se aprecia que hay diferencias entre los conocimientos de los estudiantes teniendo algunos más dominios en un tema que en otro. Los estudiantes que tienen falencias en los conceptos referentes a la asignatura pueden acceder en cualquier momento a la información contenida en este curso y reforzar sus conocimientos.

COMENTARIOS Y CORRECCIONES

A continuación, se muestran los correos enviados por los estudiantes y se procede a realizar las respectivas correcciones.



Duber Herney Cuellar Hernandez

para mí ▾

Cordial saludo,
A continuación adjunto las recomendaciones acerca del curso de suministro eléctrico.

Cordialmente,

DUBER HERNEY CUELLAR HERNANDEZ

Estudiante de Ingeniería Eléctrica

Universidad de Pamplona

14 dic. 2019 21:32 (hace 3 días) ☆ ↶ ⋮

1. En el glosario el término interrupción se repite 4 veces. Falta el termino ruido y además agregar el nombre a cada gráfica para identificar a que termino se asocia.
2. El tiempo dado para los quices es poco debido a que en el glosario hay términos que varían poco entre si y por ende lleva más tiempo detenerse a analizar e identificar el termino correcto.
3. En la parte de los fenómenos de larga y corta duración se podría profundizar más sobre las fuentes de la perturbación y los efectos que causan en cada uno de los dispositivos.
4. En los filtros pasivos incluir el funcionamiento y las ecuaciones para calcular la capacitancia e inductancia de manera que la frecuencia de resonancia coincida con la frecuencia del armónico a filtrar y también las gráficas de impedancia vs frecuencia del filtro para poder observar su funcionamiento.
5. A continuación se muestra dos preguntas que están mal redactadas puesto que dice que menos de 1.1 en por unidad pero entre paréntesis aparece 10% del voltaje nominal, lo cual no tiene concordancia.

Una interrupción ocurre cuando el voltaje de alimentación o la corriente de carga disminuyen a menos de 1.1 pu (10% del voltaje nominal). Las interrupciones pueden deberse a fallas en el sistema de potencia, fallas en el equipo, o a mal funcionamiento de los controles.

Seleccione una:

Verdadero ✘

Falso

Una interrupción ocurre cuando el voltaje de alimentación o la corriente de carga disminuyen a menos de 1.1 pu (10% del voltaje nominal). Las interrupciones pueden deberse a fallas en el sistema de potencia, fallas en el equipo, o a mal funcionamiento de los controles.

Las interrupciones son medidas por su duración (IEEE, 1999, Pág. 20) y pueden ser instantáneas (entre 0.5 ciclos y 30 ciclos), momentáneas (entre 30 ciclos y 3 segundos), temporales (entre 1 segundos y 3 minutos) o sostenidas (mayores a 1 minuto).

Seleccione una:

Verdadero ✘

Falso

6. A continuación presento otra pregunta donde no se especifica el dispositivo al que se refiere (en este caso transformador ferresonante), además lo mencionado en la pregunta coincide con lo dicho para el significado de transformador ferresonante, por tal razón la respuesta "verdadero" esta correcta.

También conocido como transformador de tensión constante CVT (Constant Voltage Transformer) es básicamente un transformador con relación de transformación 1:1 que opera en la zona de saturación para mantener una tensión constante en su secundario ante variaciones de tensión en el primario, además posee un circuito resonante (circuito tanque) que ayuda a mantener la forma de onda sinusoidal a la frecuencia deseada.

Seleccione una:

Verdadero ✘

Falso



Anderson Peña

para david, mí ▾



Cordial saludo,

En general, la información plasmada en el aula virtual sobre la calidad de la energía, se encuentra bien redactada y contiene las bases fundamentales de la temática abordada en la materia de suministro eléctrico.

No me gustaron mucho las imágenes sobre los problemas de calidad de la energía, pero eso no es tan relevante. Lo importante para mí, es que se brinde la información de forma adecuada, que se tenga una noción correcta acerca de PQ. y digo noción, porque la calidad de la energía es un campo muy amplio.

Corregir de pronto el tiempo de los quices, en mi caso, en el primer quiz, no pude responder sino la mitad de las preguntas y en el resto de quices, no tenía margen de tiempo para revisar las respuestas que había colocado. Prácticamente los quices quedaron de leer de rapidez y responder de una, este bien o mal la respuesta.

RETROALIMENTACIÓN CURSO VIRTUAL SUMINISTRO ELÉCTRICO Recibidos x



Johan Pulido

para mí, luda ▾



Buenas noches profesor Luis David Pabón y estudiante Dubian Ruiz. a continuación presentare mi punto de vista del curso virtual Suministro eléctrico para mejorar y aumentar la interacción con el usuario para cumplir con su objetivo principal que es adquirir los conocimientos de la materia.

1.El tiempo estipulado para la realización de los quices me aparece que es muy corto ya que solo se cuenta con 30 seg por pregunta, en algunos casos me hizo falta tiempo y lo que se termina haciendo es hacer responder de manera errónea por la falta de tiempo, como sugerencia mínimo 45 seg pregunta para uno poder leer bien y analizar la pregunta para responder correctamente.

2.Me pareció interesante la organización del contenido del curso, sería bastante practico que al ser una interacción virtual se anexasen mas quices, de tal forma que por tema o por carpeta tenga su quiz así sea con un mínimo de 5 preguntas.

3.Buscar otras formas de evaluación de quices, de tal forma que cambien la estructura ya sea que el usuario digite la respuesta o de completar textos.

4.revisar algunas preguntas ya que en alguna pregunta revise el texto y la respuesta era verdadero y quedó mal por favor revisar en la definición del transformador ferrososonante.

[5.de](#) manera respetuosa felicitarlo por su buen contenido y resumen hecho década tema ya que cuenta con todo lo necesario.

Sugerencias sobre el curso virtual de la materia de Suministros Eléctricos. Recibidos x



Johan Andres Padilla Perez

para luda, davidpabon, mí ▾



Tengan muy buena tarde Ingeniero Luis David Pabón y estudiante de Ingeniería Eléctrica Dubán Ruíz a continuación adjuntare mis sugerencias en lo correspondiente al curso realizado de la materia de Suministros Eléctricos en donde expondré datos que para mí deben ser tenidos en cuenta para lograr una excelente interacción entre el usuario y la plataforma en lo referente a las lecturas propuestas y los Quices realizados para dicha materia:

- El tiempo base para la realización de los cuestionarios en lo particular es muy corto, por lo cual cuando uno desea tratar de recordar o indagarse acerca de lo que se esta preguntando termina perdiendo tiempo valioso y por consiguiente termina el quiz con preguntas no respondidas por la falta de tiempo.
- Algunas preguntas se tornan un tanto confusas por lo tanto al momento de responder el usuario queda con la duda de como responder, pues algunas preguntas se contradicen haciendo así que el usuario responda por instinto y no por conocimientos pues se torna un tanto tedioso lograr dar con la respuesta indicada.
- Evidencie que en algunos puntos la misma respuesta se encontraba dentro del texto de las preguntas, incentivando así al lector al no leer lo suficiente ni lograr el propósito de crear un pensamiento deductivo y analítico en lo correspondiente a la pregunta planteada por el texto.
- Como valor agregado destaco la ortografía, la simplicidad y veracidad de los textos bases necesarios para realizar cada evaluación. destaco la creatividad y la convergencia de los textos, pues quien dedica el tiempo necesario para analizarlos se dio cuenta de la veracidad de la información allí encontrada y de la simplicidad que causa en el lector el entender cada uno de estos términos o fenómenos de la calidad de la energía así como también la explicación de cada uno de los dispositivos previstos para la solución de estos eventos en la red.

Muchas gracias por su atención.



Juan Andres Mojica Suarez

para davidpabon, mí ▾



Buenas, Ingeniero Luis David Pabón y compañero Dubán Ruiz, la presente es para mencionar las críticas y recomendaciones de la información y los Quices virtuales de Suministro Eléctrico que he presentado.

- El tiempo límite para contestar cada uno de los quices pertinentes es relativamente corto (30 sg por cada pregunta), ya que existen preguntas con textos que sobrepasan los 6 renglones, con preguntas de esta cantidad de texto el tiempo mínimo debería ser de 1 minuto, con el objetivo que el usuario no deje preguntas sin responder de lo contrario no se esta evaluando conocimiento en un tiempo justo.
- La información que es suministrada para realizar en quiz número 1, es decir, las definiciones les hacen falta ejemplos de cada una de ellas, para que el usuario pueda entender mejor y hacer mas interesante la lectura.
- Algunas preguntas están mal redactadas, la número 4 del quiz 2 y la número 1 del quiz 3, la solución es la incorrecta.
- La información suministrada en los tres quices esta acorde con las preguntas correspondientes.
- Destaco la buena ortografía y la creatividad en las formas de aplicación de los quices.
- Me gustaría que hubiese información sobre los avances y estudios en los últimos años de la calidad de la energía.

Agradezco la atención prestada y reciban un afectuoso saludo.

Como se observa en las imágenes anteriores, los comentarios son muy similares con respecto a las correcciones que se deberían aplicar, por tanto, se realiza una recopilación de apreciaciones y se les dio su respectivo cambio o apreciación. A continuación, se muestran las 6 apreciaciones diferentes:

1. Tiempo de duración para los quices

La duración de los quices está diseñada para que el estudiante de ingeniería eléctrica demuestre claridad y precisión sobre el concepto, ya que estos son similares, pero con una gran diferencia al momento de evaluar un problema de calidad de la energía, sin embargo, teniendo en cuenta que algunas preguntas están un poquito largas se estableció agregar 10 segundos más por pregunta, por tanto, cada pregunta tendrá un tiempo de 40 segundos, esto teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente.

▼ **Temporalización**

Abrir cuestionario	12	diciembre	2019	09	23	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar
Cerrar cuestionario	15	diciembre	2019	06	00	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar
Límite de tiempo	14	minutos	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar			
Cuando el tiempo ha terminado	El envío debe hacerse antes de que el tiempo termine, de lo contrario, no se contabilizará					
Periodo de gracia para el envío	0	minutos	<input type="checkbox"/> Habilitar			

Ilustración 95. Tiempo Quiz 1

▼ **Temporalización**

Abrir cuestionario	15	diciembre	2019	09	30	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar
Cerrar cuestionario	15	diciembre	2019	17	15	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar
Límite de tiempo	7	minutos	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar			
Cuando el tiempo ha terminado	El envío debe hacerse antes de que el tiempo termine, de lo contrario, no se contabilizará					
Periodo de gracia para el envío	0	minutos	<input type="checkbox"/> Habilitar			

Ilustración 96. Tiempo Quiz 2

▼ **Temporalización**

Abrir cuestionario	12	diciembre	2019	16	07	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar
Cerrar cuestionario	15	diciembre	2019	06	00	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar
Límite de tiempo	7	minutos	<input checked="" type="checkbox"/> Habilitar			
Cuando el tiempo ha terminado	El envío debe hacerse antes de que el tiempo termine, de lo contrario, no se contabilizará					
Periodo de gracia para el envío	0	minutos	<input type="checkbox"/> Habilitar			

Ilustración 97. Tiempo Quiz 3

2. Interrupción se repite en el Glosario

Interrupción instantánea (instantaneous interruption)

Un tipo de variación de corta duración. Pérdida total del voltaje (< 0.1 pu) en uno o más conductores de fase por un periodo de tiempo entre 0.5 ciclos y 30 ciclos.



Interrupción (interruption)

Pérdida completa del voltaje (< 0.1 pu) o corriente durante un tiempo.



Interrupción momentánea (momentary interruption)

Un tipo de variación de corta duración. Pérdida total del voltaje (< 0.1 pu) en uno o más conductores de fase por un periodo de tiempo entre 30 ciclos y 3 segundos.



Interrupción sostenida (sustained interruption)

Un tipo de variación de larga duración. Pérdida total del voltaje (< 0.1 pu) en uno o más conductores de fase por un periodo de tiempo mayor a un minuto.



Interrupción temporal (temporary interruption)

Un tipo de variación de corta duración. Pérdida total del voltaje (< 0.1 pu) en uno o más conductores de fase por un periodo de tiempo entre 3 segundos y un minuto.



Ilustración 98. Corrección del Glosario

Cómo se observa en la ilustración se ha corregido el error de digitalización indicado por los compañeros de suministro eléctrico.

3. Ejemplos de fuentes de perturbación y fenómenos de calidad de la energía.

▼ Evaluación

-  Causas, efectos y soluciones a fenómenos de calidad de la energía
-  Quiz 3

Ilustración 99. Verificación de la información.

En la sección de evaluación se encuentra un anexo llamado “Causas, efectos y soluciones a fenómenos de calidad de la energía” donde se encuentra la información que solicitaron los estudiantes de suministro eléctrico.

4. Se presentan preguntas confusas

Esta sugerencia se hace basándose en la complejidad de las preguntas, puesto que se trató de hacer con un alto nivel para que efectivamente se compruebe si el estudiante tiene o no los conceptos claros, por tanto, las respuestas son similares

en el caso de las preguntas de respuesta múltiple y los conceptos varían en unas cosas pequeñas pero significativas en el caso de las preguntas tipo falso y verdadero.

5. Pregunta presenta respuesta dentro de la misma.

Se encontró la pregunta en el quiz 1, hacía referencia al concepto de capacitancia y ya se dio la respectiva corrección como se muestra en la siguiente ilustración.

Pregunta 1
Sin responder aún
Puntúa como 0,50

Propiedad de un elemento de circuito caracterizado por un medio aislante contenido entre dos partes conductoras. Es uno de los medios por los que la energía o el ruido eléctrico pueden acoplarse de un circuito eléctrico a otro.

Seleccione una:

- a. Resistencia
- b. Ninguna de las anteriores
- c. Inductancia
- d. Capacitancia (capacitance)

Ilustración 100. Corrección en Quiz.

6. Preguntas mal redactadas

Una interrupción ocurre cuando el voltaje de alimentación o la corriente de carga disminuyen a menos de 1.1 pu (10% del voltaje nominal). Las interrupciones pueden deberse a fallas en el sistema de potencia, fallas en el equipo, o a mal funcionamiento de los controles.

Seleccione una:

- Verdadero ✘
- Falso

Ilustración 101. Interpretación sugerencia del Quiz 2.

Según el compañero la pregunta está mal redactada puesto que dice: “que menos de 1.1 en por unidad, pero entre paréntesis aparece 10% del voltaje nominal, lo cual no tiene concordancia” por consiguiente se afirma que la pregunta está bien redactada; entiéndase que si un número o palabra causa un cambio en el concepto original la respuesta es inmediatamente “falso”.

En la siguiente ilustración se muestra otra de las afirmaciones realizadas por el estudiante, en la cual se refleja una incoherencia en la formulación de la respectiva pregunta, teniendo en cuenta que el primer párrafo pertenece a un concepto totalmente diferente al que se desea hacer referencia.

Una interrupción ocurre cuando el voltaje de alimentación o la corriente de carga disminuyen a menos de 1.1 pu (10% del voltaje nominal). Las interrupciones pueden deberse a fallas en el sistema de potencia, fallas en el equipo, o a mal funcionamiento de los controles.

Las interrupciones son medidas por su duración (IEEE, 1999, Pág. 20) y pueden ser instantáneas (entre 0.5 ciclos y 30 ciclos), momentáneas (entre 30 ciclos y 3 segundos), temporales (entre 1 segundos y 3 minutos) o sostenidas (mayores a 1 minuto).

Seleccione una:

Verdadero ✗

Falso

Ilustración 102. Sugerencia del Quiz 2.

En la siguiente ilustración se muestra la pregunta corregida.

Pregunta 1
Sin responder aún
Puntúa como 0,50

Las interrupciones son medidas por su duración (IEEE, 1999, Pág. 20) y pueden ser instantáneas (entre 0.5 ciclos y 30 ciclos), momentáneas (entre 30 ciclos y 3 segundos), temporales (entre 1 segundos y 3 minutos) o sostenidas (mayores a 1 minuto).

Seleccione una:

Verdadero

Falso

Ilustración 103. Corrección del Quiz 2.

En la siguiente ilustración se muestra otra sugerencia presentada.

A continuación presento otra pregunta donde no se especifica el dispositivo al que se refiere (en este caso transformador ferroresonante), además lo mencionado en la pregunta coincide con lo dicho para el significado de transformador ferroresonante, por tal razón la respuesta “verdadero” esta correcta.

También conocido como transformador de tensión constante CVT (Constant Voltage Transformer) es básicamente un transformador con relación de transformación 1:1 que opera en la zona de saturación para mantener una tensión constante en su secundario ante variaciones de tensión en el primario, además posee un circuito resonante (circuito tanque) que ayuda a mantener la forma de onda sinusoidal a la frecuencia deseada.

Seleccione una:

Verdadero ✘

Falso

Ilustración 104. Sugerencia en Quiz 2

Teniendo en cuenta la apreciación anterior se procede a corregir la pregunta, agregando el nombre del equipo (transformador ferroresonante) y se cambia la respuesta verdadera.

Pregunta 1
Finalizado
Sin calificar

El transformador ferroresonante también conocido como transformador de tensión constante CVT (Constant Voltage Transformer) es básicamente un transformador con relación de transformación 1:1 que opera en la zona de saturación para mantener una tensión constante en su secundario ante variaciones de tensión en el primario, además posee un circuito resonante (circuito tanque) que ayuda a mantener la forma de onda sinusoidal a la frecuencia deseada.

Seleccione una:

Verdadero

Falso

La respuesta correcta es 'Verdadero'

Ilustración 105. Corrección en Quiz 2.

9. CONCLUSIONES

El propósito de la calidad de la energía es encontrar métodos efectivos para evitar o atenuar los disturbios a los límites permitidos por las normas, de tal manera que los usuarios y empresas suministradoras no se vean afectados, así como proponer soluciones para corregir problemas típicos causados por fenómenos de calidad de la potencia en las empresas industriales y comerciales.

La comparación realizada con los diferentes contenidos programáticos de otras universidades del país, se muestra positivo puesto que las temáticas planteadas en los contenidos programáticos son de gran similitud, todos se encuentran sobre una misma base temática. El tener la asignatura de Suministro Eléctrico en el pensum obligatorio le brinda ventaja al egresado de la Universidad de Pamplona, puesto que en la gran mayoría de universidades el tema de calidad de la energía se encuentra entre los cursos optativos

La ejecución de espacios basados en tecnología logra un refuerzo en el aprendizaje continuo de los estudiantes, mejorando así la interacción con el docente y las temáticas a tratar, además se demuestra que existen diferentes tipos de aprendizaje los cuales pueden ser explotados en su mejor ambiente.

Mediante esta herramienta los estudiantes pueden afianzar sus conocimientos obtenidos en las clases presenciales, logrando que el profesional presente conceptos claros y precisos al momento de evaluar problemas de calidad de la energía en la industria.

Uno de los logros relevantes de este trabajo de grado; fue el aprovechamiento de los recursos que se encuentran en la Universidad de Pamplona, debido a que el programa de Ingeniería Eléctrica no dispone con laboratorios de alta tensión que les permitan a los estudiantes comprobar la teoría y tener una visión del trabajo en la industria.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Grisales Pérez, Implementación de la plataforma Moodle en la Institución Educativa Luis López de Mesa, Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- [2] A. VILLADA HERRERA, Diseño e implementación de curso virtual como herramienta didáctica para la enseñanza de las funciones cuadráticas para el grado noveno en la institución educativa Gabriel García Márquez utilizando Moodle, Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- [3] C. Acevedo Prada, CURSO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS ENFOCADO EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SOPORTADO EN LAS TIC'S, Pamplona: Universidad de Pamplona, 2019.
- [4] C. Fernández Camacho, HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA ASIGNATURA DE TRANSFORMADORES Y MAQUINAS EN DC, Pamplona: Universidad de Pamplona, 2019.
- [5] D. A. Saucedo Martinez y J. L. Taxis Villagran, «Factores que afectan la calidad de la energía y su solución,» *Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica*, 2010.
- [6] M. Á. Ángel Silva y G. Ordoñez Plata, «Calidad de la energía eléctrica: Diseño y construcción de un prototipo como alternativa para monitorización de interrupciones y caídas de tensión,» *Universidad industrial de santander*, 2013.
- [7] P. Santos Vega, «Mejora de la confiabilidad en el edificio Valdés Vallejo de la UNAM,» *UNAM*, 2015.
- [8] R. Vizcaíno Torres, «Análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la zona cultural universitaria de la UNAM,» *Universidad Nacional Autónoma de México*, 2017.
- [9] M. A. Sanchez Cortés, Calidad de la energía eléctrica, Puebla , 2009.
- [10] O. M. Roa Cervantes, Metodología de medición de calidad de la energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la universidad de la costa, Barranquilla, 2014.
- [11] S. Ramírez Castaño y E. Cano Plata, Calidad del servicio de energía eléctrica, Manizalez, 2003.
- [12] M. Holguín y D. Gomez Coello, «Análisis de la energía eléctrica en el nuevo campus de la universidad politécnica salesiana,» Guayaquil, 2010.
- [13] I. D. García Ramón, «Análisis Wavelet aplicado a la medida de armónicos, interarmónicos y subarmónicos en redes de distribución de energía eléctrica,» Cantabria, 2006.
- [14] I. Sanches Maldonado, Armónicas en sistemas eléctricos de potencia, 2016.
- [15] H. R. Pila Pila y M. I. Zambrano Reasco, Estudio del Flicker en una instalación eléctrica, Guayaquil, 2010.

- [16] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «CREG,» 14 12 2004. [En línea]. Available: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/e1a28dced41bcc8f0525785a007a6b12/\\$FILE/D-069%20CALIDAD%20DEL%20SERVICIO.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/e1a28dced41bcc8f0525785a007a6b12/$FILE/D-069%20CALIDAD%20DEL%20SERVICIO.pdf). [Último acceso: 09 25 2019].
- [17] J. Marroquín Juárez, PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA ELÉCTRICA EN EL SECTOR TEXTIL DE GUATEMALA PARA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN ESTA INDUSTRIA, Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2012.
- [18] CREG, «CREG,» 08 03 2005. [En línea]. Available: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/7ef77a545ceb66680525785a007a6b88/\\$FILE/D-017%20CALIDAD%20DE%20LA%20POTENCIA.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/7ef77a545ceb66680525785a007a6b88/$FILE/D-017%20CALIDAD%20DE%20LA%20POTENCIA.pdf). [Último acceso: 25 09 2019].
- [19] Ministerio de Educación Nacional, «mineducacion,» República de Colombia, [En línea]. Available: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-79419.html>. [Último acceso: 04 12 2019].
- [20] UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, «Universidad Distrital,» [En línea]. Available: [http://ingenieria1.udistrital.edu.co/ingelectricacontenidos/Plan%20de%20estudios%20en%20creditos/Electivas%20Intrinsecas/250%20-%20Calidad%20de%20potencia%20en%20redes%20de%20media%20y%20baja%20tensi%f3n%20\(709007\).pdf](http://ingenieria1.udistrital.edu.co/ingelectricacontenidos/Plan%20de%20estudios%20en%20creditos/Electivas%20Intrinsecas/250%20-%20Calidad%20de%20potencia%20en%20redes%20de%20media%20y%20baja%20tensi%f3n%20(709007).pdf). [Último acceso: 04 12 2019].
- [21] Universidad Politécnica de Cartagena, «Universidad Politécnica de Cartagena,» [En línea]. Available: https://www.upct.es/estudios/grado/5061/plan_estudios.php#4. [Último acceso: 04 12 2019].
- [22] Universidad de Pamplona, «Unipamplona,» [En línea]. Available: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_131/recursos/general/09092017/contenidos_2016.pdf. [Último acceso: 04 12 2019].
- [23] R. Muños Gómez, ANÁLISIS DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO, MEJORAS DE LOS ÍNDICES Y NIVELES DE CALIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Alicante: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ, 2015.