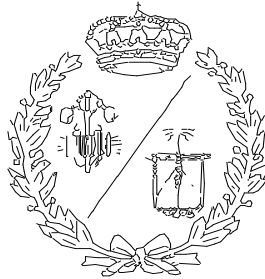


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto

**SISTEMA DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL
SUMINISTRO ELÉCTRICO**

(Power Quality control system)

GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA

Autor: Felipe Calleja Cobo

JULIO- 2015

TÍTULO	Sistema de control de calidad del suministro eléctrico		
AUTOR	Felipe Calleja Cobo		
DIRECTOR / PONENTE	Mario Mañana Canteli		
GRADO EN INGENIERÍA	Eléctrica	FECHA	07/07/15

PLABRAS CLAVE

Calidad del suministro, PQSCADA, Matlab, Latex

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Inicialmente se dispone de la red de distribución de Eon en el norte de España. En la cual se han situado una serie de equipos G4k blackbox los cuales registran las medidas según la clase A expuesta en la Norma UNE EN 61000-4-30 para todos los parámetros y eventos en el nodo de la red en el que están situados. Los datos obtenidos son almacenados en un formato propio del software Elspec © (PQZIP) para su posterior procesado por el PQSCADA. Dentro del sistema PQSCADA los datos se organizan en nodos los cuales pertenecen a sitios

Cuando se desea estudiar el comportamiento u anomalías en un nodo de la red se hace una consulta al equipo que corresponda para ese nodo. Los datos de esta consulta son procesados por el sistema PQSCADA para su posterior uso por el Investigator. Dichos datos pueden estar procesados automáticamente por PQSCADA en tiempo real o introducidos manualmente por medio de los ficheros PQZIP mencionados anteriormente.

Para el presente proyecto se emplearán datos recogidos de un nodo de la red de distribución de Eón llamado Carba-Tesouro. Estos datos serán introducidos manualmente ya que no se dispone de acceso directo a la red

Cuando se desea visualizar datos o generar un informe sobre los mismos se debe acceder al Investigator, aplicación desde la cual se pueden visualizar los datos que se deseen para un periodo de tiempo establecido, además de ofrecer la posibilidad de generar un informe del periodo de tiempo prefijado.

Hasta aquí el sistema cumple con lo deseado de cara a la monitorización y cumplimiento de los estándares en la calidad eléctrica. Pero los informes generados por el Investigator no permiten su modificación además de tener el inconveniente añadido de tener que acceder directamente al programa para poder generar el reporte. Es aquí donde surge la necesidad de adaptar el sistema del que se dispone al usuario final pudiendo:

- Realizar un sistema de registro de las incidencias en la calidad del suministro en cumplimiento con lo expuesto en el RD 1955/2000
- Generar informes de Calidad del suministro automáticamente
- Que dichos informes puedan ser creados según las necesidades del usuario.
- Poder realizar las consultas sin necesidad de emplear el Investigator.
- Realizar consultas de manera remota.
- Automatizar la supervisión del análisis de los datos leídos.
- Simplificar el registro de eventos en la calidad del suministro

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Por medio de una aplicación web el usuario selecciona los parámetros eléctricos a estudiar para un periodo de tiempo fijado. Por medio de una función en Matlab® se accede directamente a la Base de Datos de PQSCADA, la cual contiene el registro de datos leídos de los nodos de la red. Dichos datos son filtrados en función de la consulta realizada por el usuario. Los datos filtrados son analizados estadísticamente para evaluar el cumplimiento de la Norma UNE EN-50160.

Finalmente, una vez obtenidos los resultados del análisis, se compilará desde el programa en Matlab®, una plantilla creada en Latex totalmente personalizada la cual generará un informe en pdf con los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

Tras todo lo descrito en este proyecto queda demostrado que se ha alcanzado el objetivo principal de este proyecto, generar un sistema capaz de analizar la calidad del suministro para una red de distribución cumpliendo con las Normas UNE EN-61000-4-30 para la toma de datos y UNE EN-50160 para el análisis de los datos tomados. También se ha conseguido a partir del citado sistema generar reportes automáticamente sobre la calidad del suministro, cumpliendo así con lo requerido en el Real Decreto 1955/2000 el cual establece que las empresas encargadas del transporte de la energía deberán disponer de un sistema de registro de incidencias, que les permita obtener información sobre las incidencias de continuidad de suministro en cada uno de los puntos frontera de la red de transporte.

Quedaría como posible mejora para este sistema un acceso más eficiente a los datos con el fin de agilizar los cálculos y añadir más parámetros eléctricos de cara a un estudio y monitoreo más extenso de la red de distribución. Dada la modularidad de la estructura del sistema creado, podrá ser mejorado con mejoras estéticas y funcionales tales como el acceso vía internet o la personalización del reporte creado, además de poder añadir nuevos parámetros o ampliar las opciones y detalles de los parámetros eléctricos ya presentes.

Como conclusión final, este proyecto me ha permitido ampliar mis conocimientos acerca de la calidad del suministro eléctrico así como la importancia que supone un control adecuado del mismo. Gracias a este proyecto he aprendido a trabajar con las Normas aplicables para el cumplimiento de las condiciones impuestas por el RD 1955/200, así como a interpretar las Normas correspondientes de manera adecuada a la situación.

Además de todo lo anteriormente expuesto, este proyecto me ha permitido mejorar mis conocimientos de programación en gran variedad de programas y conocer otros lenguajes de programación, como Latex, de gran utilidad y que desconocía antes de la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 1955/2000 [1 de diciembre] regulación de actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Ley 54/1997 [27 de noviembre] del Sector Eléctrico.

UNE EN-50160 [Marzo 2011] Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.

UNE EN-61000-4-30 [N. 2009] Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4-30: Técnicas de ensayo y de medida.

UNE EN-61000-4-7 [M. 2004] Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4-7: Técnicas de ensayo y de medida, armónicos e interarmónicos, así como aparatos de medida.

UNE IEC/TR 61000-2-8 IN [J. 2006] Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 2-8: Entorno, huecos de tensión e interrupciones breves en las redes eléctricas de suministro público.

User Manual PQSCADA V1.1, Elspec © LTD, J.2012

User Manual Investigator V1.3, Elspec © LTD, A.2009

User Manual G4k BLACKBOX Power Quality Analyzers V1.0, Elspec © LTD, J.2012

Robin Dewson, Beginning SQL Server 2012 for Developers [J. 2012], 3ª Ed. Apress®

Attaway Stormy, MATLAB : a practical introduction to programming and problem solving, Amsterdam [etc.] : Elsevier, cop. 2009.

Beighley Lynn, Head first SQL, Sebastopol, California: O'Reilly, cop. 2007

David Chapman, Introduction to Power Quality [F. 2012], Leonardo ENERGY

Alexánder Borbón A., Walter Mora F., Edición de textos científicos LATEX 2014, 2ª Ed.

Guillem Borrell I Nogueras, Introducción informal a Matlab y Octave [O. 2008]
<<http://iimyo.forja.rediris.es/>>

Latex fácil [En línea]
<<http://nokyotsu.com/latex/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Estructura y reglas de CSS [En línea]
<<http://www.htmlhelp.com/es/reference/css/structure.html>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Manual de Latex [En línea]
<https://es.wikibooks.org/wiki/Manual_de_LaTeX> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

European Power Quality survey [En línea]
<<http://www.leonardo-energy.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

D.G. DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS, Energía Eléctrica [En línea]
<<http://www6.mityc.es/aplicaciones/energia/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Matlab central support [En línea]
<<http://www.mathworks.com>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Programación en Java [En línea]
<<https://www.teslatechnologies.es/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Java utilities [En línea]
<<http://www.java2s.com/Tutorial/Java/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Normativa aplicable [En línea]
<<http://www.boe.es/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Latex Project [En línea]
<<http://www.latex-project.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Netbeans IDE [En línea]
<<https://netbeans.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

TÍTULO	Power Quality control system		
AUTOR	Felipe Calleja Cobo		
DIRECTOR / PONENTE	Mario Mañana Canteli		
GRADO EN INGENIERÍA	Eléctrica	FECHA	07/07/15

KEY WORDS

Power Quality, PQSCADA, Matlab, Latex

PROBLEM STATEMENT

Initially it has the Eon distribution network in northern Spain. In which they are located several devices G4K blackbox which record the measures as class A exposed in the UNE EN 61000-4-30 for all parameters and events in the network node in which they are located. The data are stored in a exclusive format of Elspec © (PQZIP) software for been processed by the PQSCADA later. On PQSCADA system the data is organized in nodes which belong to different sites.

When a network node is studied a query is made to the equipment corresponding to that node. Data to the query is processed by the system PQSCADA to be subsequently used by the Investigator. Such data can be automatically processed by PQSCADA in real time or manually entered through the PQZIP files mentioned above.

For this project only will be used collected data from one network node distribution called Carba-Tesouro. These data will be entered manually because we do not have direct access to the network

When you want to display data or generate a report it should reach Investigator application from which you can display the information you want for a set period of time, while providing the ability to generate a report of the time period preset.

So far the system meets desired facing the monitoring and compliance with power quality standards. But the reports generated by the Investigator does not allow modification in addition to the added inconvenience of having to directly access the program to generate the report. It is here that the need to adapt the system to the end user arising can provide:

- Perform a to registry of the power quality events in accordance with the RD 1955/2000
- Generate power quality reports automatically
- These reports can be created according to user needs
- Be able to make queries without using the Investigator
- Hold consultations remotely
- Automated analysis of monitoring data read
- Simplify the event log in the power quality

PROJECT DESCRIPTION

Through a web application the user selects the electrical parameters to study for a fixed period of time. Through a function in Matlab ® leads directly to PQSCADA Database, which contains the data record read from the network nodes. Such data is filtered based on the query made by the user. The filtered data are statistically analyzed to assess compliance with the UNE EN-50160.

Finally, once we obtained the test results will be compiled from Matlab ® program, a template created in Latex generates a PDF report with the results.

CONCLUSION

After everything described in this project I demonstrated that it has achieved the main goal of this project to create a system capable of analyzing the quality of supply to a distribution network in compliance with the UNE EN-61000-4-30 for collect data and UNE EN-50160 for analyzing the data collected. It has also been obtained from the said system generated reports on the power quality, thus fulfilling the requirements of RD 1955/2000 which states that the companies in charge of the transport of energy must have a registration system incidents, enabling them to obtain information on the impact of continuity of supply in each of the boundary points of the transport network.

Would as a possible improvement to this system more efficient access to data in order to speed up the calculations and add more electrical parameters ahead of a larger study and monitoring of the distribution network. Given the modularity of the system structure created, it can be improved with aesthetic and functional improvements such as access via Internet or customizing the report created. In addition to adding new parameters or expand options and details of the electrical parameters already present.

As final conclusion this project has allowed me to expand my knowledge about power quality and the importance of providing a suitable control over it. Thanks to this project I learned to work with the rules for compliance with the conditions imposed by the RD 1955/200, and to interpret the relevant rules so appropriate to the situation.

Besides all the above, this project has allowed me to improve my programming skills in a variety of programs and meet other programming languages, such as Latex, useful and I did not know before this project.

BIBLIOGRAPHY

- Real Decreto 1955/2000 [1 de diciembre] regulación de actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 54/1997 [27 de noviembre] del Sector Eléctrico.
- UNE EN-50160 [Marzo 2011] Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
- UNE EN-61000-4-30 [N. 2009] Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4-30: Técnicas de ensayo y de medida.
- UNE EN-61000-4-7 [M. 2004] Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4-7: Técnicas de ensayo y de medida, armónicos e interarmónicos, así como aparatos de medida.
- UNE IEC/TR 61000-2-8 IN [J. 2006] Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 2-8: Entorno, huecos de tensión e interrupciones breves en las redes eléctricas de suministro público.
- User Manual PQSCADA V1.1, Elspec © LTD, J.2012
- User Manual Investigator V1.3, Elspec © LTD, A.2009
- User Manual G4k BLACKBOX Power Quality Analyzers V1.0, Elspec © LTD, J.2012
- Robin Dewson, Beginning SQL Server 2012 for Developers [J. 2012], 3ª Ed. Apress ®
- Attaway Stormy, MATLAB : a practical introduction to programming and problem solving, Amsterdam [etc.] : Elsevier, cop. 2009.
- Beighley Lynn, Head first SQL, Sebastopol, California: O'Reilly, cop. 2007
- David Chapman, Introduction to Power Quality [F. 2012], Leonardo ENERGY
- Alexánder Borbón A., Walter Mora F., Edición de textos científicos LATEX 2014, 2ª Ed.
- Guillem Borrell I Nogueras, Introducción informal a Matlab y Octave [O. 2008]
<<http://iimyo.forja.rediris.es/>>
- Latex fácil [En línea]
<<http://nokyotsu.com/latex/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Estructura y reglas de CSS [En línea]
<<http://www.htmlhelp.com/es/reference/css/structure.html>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Manual de Latex [En línea]
<https://es.wikibooks.org/wiki/Manual_de_LaTeX> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- European Power Quality survey [En línea]
<<http://www.leonardo-energy.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- D.G. DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS, Energía Eléctrica [En línea]
<<http://www6.mityc.es/aplicaciones/energia/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Matlab central support [En línea]
<<http://www.mathworks.com>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Programación en Java [En línea]
<<https://www.teslatechnologies.es/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Java utilities [En línea]
<<http://www.java2s.com/Tutorial/Java/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Normativa aplicable [En línea]
<<http://www.boe.es/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Latex Project [En línea]
<<http://www.latex-project.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]
- Netbeans IDE [En línea]
<<https://netbeans.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN

2 CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

3 SOFTWARE

4 DESARROLLO DEL PROYECTO

5 RESULTADOS

6 CONCLUSIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Definición de objetivos.....	5
1.2 Antecedentes.....	5
1.3 Descripción general del proyecto.....	5
1.4 Justificación técnica.....	6
1.4.1 Ley 54/1997.....	6
1.4.2 Real Decreto 1955/2000.....	8
1.5 Bibliografía.....	10

.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVO/S

El objetivo de este proyecto es la gestión y análisis de la calidad eléctrica en una red de distribución por medio de la creación y generación de informes de calidad del suministro sobre los parámetros que se desee. Para los mismos se seguirán las normas UNE EN-50160 y UNE EN-61000-4-30. Para la creación de los informes se desarrollará un script en Matlab ®/Octave que permitirá:

1º Acceder a las bases de datos de SQL server © donde se almacenan los datos recogidos por el sistema.

2º Realizar las consultas pertinentes a la base de datos en función del parámetro eléctrico que se desee estudiar.

3º Se realizarán los cálculos estadísticos que sean necesarios para analizar si cumple con las normas anteriormente citadas.

4º Se visualizarán los resultados finales por medio del software de generación de documentos científicos LATEX o similares.

1.2 ANTECEDENTES

Inicialmente se parte de una red distribución en la cual se han colocado una serie de equipos de medida (G4k) que son los encargados de registrar continuamente todos los parámetros eléctricos de la red. Dichos datos son enviados al servidor, donde son descomprimidos y procesados por el software PQSCADA para su posterior uso.

Existe un software desarrollado por Elspec © que procesa y genera los informes siguiendo la norma correspondiente por medio de la aplicación Investigator.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Como se ha mencionado anteriormente existe una aplicación que permite generar informes para un periodo de tiempo.

Uno de los principales problemas de los informes generados por Elspec © es que no permiten su edición. No es posible generar un informe con la estética deseada o más importante aún un informe que haga hincapié en los datos que se necesiten sobre algún parámetro en concreto y que no se detallen en estos informes. Debido a esto surge la necesidad de buscar una forma de poder personalizar estos informes según nuestras necesidades particulares. Para suplir las deficiencias en este aspecto surge el objetivo final de este proyecto.

Para ello por medio de una función en Matlab ® se accederá directamente a la Base de Datos la cual contiene el registro de datos procedente de los nodos de la red. Dichos datos serán analizados estadísticamente para evaluar el cumplimiento de la Norma UNE EN-50160.

Una vez obtenidos los resultados del análisis se generará por medio del lenguaje de programación un informe en Latex totalmente personalizado el cual mostrará los parámetros eléctricos objeto de estudio.

Por último y para conferir al sistema de una estética y un manejo más sencillo se desarrollará una aplicación Web desde la cual el usuario seleccionará el periodo de tiempo que desea estudiar así como los parámetros u eventos que desea visualizar.

1.4 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Para comprender la importancia del control y registro de cualquier anomalía en la calidad del suministro eléctrico, se debe hacer mención a las leyes que afectan al suministro eléctrico.

1.4.1 Ley 54/1997

Esta Ley sienta las bases del RD 1955/2000 en lo referente a calidad del suministro. Tiene como fin básico establecer la regulación del sector eléctrico, con el triple objetivo de:

- Garantizar el suministro eléctrico
- Garantizar la calidad de dicho suministro
- Garantizar que se realice con el menor coste posible

A continuación se recogen los artículos de dicha Ley referentes a la calidad del suministro eléctrico que afectan a este proyecto.

Título VIII

El título VIII de esta Ley se centra en el suministro de la energía eléctrica tanto en lo que se refiere a las obligaciones y derechos por parte de las empresas distribuidoras, así como a la calidad del suministro.

Capítulo I Artículo 44: En este artículo se recogen las obligaciones y derechos de las empresas distribuidoras y comercializadoras en relación a la calidad del suministro.

1. Serán obligaciones de las empresas distribuidoras en relación al suministro de energía eléctrica:
 - a) Proceder a la medición de los suministros en la forma que reglamentariamente se determine, preservándose, en todo caso, la exactitud de la misma y la accesibilidad a los correspondientes aparatos, facilitando el control de las Administraciones competentes.
 - b) Asegurar el nivel de calidad del servicio que, de acuerdo con los criterios de diferenciación por áreas y tipología del consumo a que se refiere el siguiente capítulo, se establezca reglamentariamente.

2. Será obligación de las empresas comercializadoras, en relación al suministro:

Proceder directamente o a través del correspondiente distribuidor a la medición de los suministros en la forma que reglamentariamente se determine, preservándose, en todo caso, la exactitud de la misma y la accesibilidad a los correspondientes aparatos, facilitando el control de las Administraciones competentes.

Capítulo I Artículo 48: En este capítulo se define la calidad del suministro eléctrico

1. El suministro de energía eléctrica deberá ser realizado por las empresas titulares de autorizaciones previstas en la presente Ley con las características y continuidad que reglamentariamente se determinen para el territorio nacional, teniendo en cuenta la diferenciación por zonas a la que se refiere el número siguiente.

Para ello, las empresas de energía eléctrica contarán con el personal y medios necesarios para garantizar la calidad del servicio exigida por las reglamentaciones vigentes. Las empresas eléctricas y, en particular, las distribuidoras y comercializadoras promoverán la incorporación de tecnologías avanzadas en la medición y para el control de la calidad del suministro eléctrico.

2. La Administración General del Estado establecerá las líneas de actuación en materia de calidad del servicio, tendentes a la consecución de los objetivos de calidad, tanto en consumo final como en las zonas que, por sus características demográficas y tipología del consumo, puedan considerarse idóneas para la determinación de objetivos diferenciados.

La Administración General del Estado determinará unos índices objetivos de calidad del servicio, así como unos valores entre los que estos índices puedan oscilar, a cumplir tanto a nivel de usuario individual, como para cada zona geográfica atendida por un único distribuidor. Estos índices deberán tomar en consideración la continuidad del suministro, relativo al número y duración de las interrupciones y la calidad del producto relativa a las características de la tensión. Las empresas eléctricas estarán obligadas a facilitar a la Administración la información, convenientemente auditada, necesaria para la determinación objetiva de la calidad del servicio. Los datos de los índices antes citados serán hechos públicos con una periodicidad anual.

3. Si la baja calidad de la distribución de una zona es continua, o pudiera producir consecuencias graves para los usuarios, o concurrieran circunstancias especiales que puedan poner en peligro la seguridad en el servicio eléctrico, la Administración competente podrá establecer las directrices de actuación que deberán ser llevadas a cabo por las empresas distribuidoras para restablecer la calidad del servicio.

1.4.2 Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre

Este Real Decreto se centra en desarrollar el marco normativo en el que han de desarrollarse las actividades relacionadas con el sector eléctrico, bajo lo establecido por la Ley 54/1997 anteriormente citada.

Así mismo, establece que ante la imposibilidad de asegurar al 100% la calidad del suministro en continuidad y calidad, es necesario definir una serie de parámetros representativos de niveles de calidad.

A continuación se recogen los artículos de este RD que afectan a la calidad del suministro:

Artículo 20

Este artículo se centra en la continuidad del suministro de energía eléctrica.

1. La continuidad del suministro de energía eléctrica viene determinada por el número y la duración de las interrupciones y se mide por los siguientes parámetros:

a) El tiempo de interrupción medido en minutos.

b) El número de interrupciones.

Artículo 21

Este artículo define la calidad del producto entendiéndose como el conjunto de características de la onda de tensión. Los índices de calidad del producto serán fijados para el presente proyecto por la Norma 50160

Artículo 24

Este artículo define la calidad de suministro en los puntos frontera, entendiéndose punto frontera al punto de conexión entre la red de transporte y los agentes conectados a la misma.

1. Para cada punto frontera de la red de transporte, el tiempo y número de interrupciones de suministro anuales no superarán los valores que determinen las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.

2. La calidad de suministro en cada uno de los puntos frontera de la red de transporte se medirá teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes parámetros:

a) Tiempo de interrupción.

b) Número de interrupciones.

c) Frecuencia y tensión.

4. El transportista deberá disponer de un sistema de registro de incidencias, que le permita obtener información sobre las incidencias de continuidad de suministro en cada uno de los puntos frontera entre la red de transporte y los agentes conectados a la misma.

5. El agente conectado a la red de transporte tendrá derecho a instalar a su cargo un sistema de registro de medida de incidencias de calidad de servicio.

Artículo 27

En este artículo se detallan las consecuencias del incumplimiento de la calidad de servicio:

El operador del sistema y gestor de la red de transporte será responsable de los incumplimientos de los niveles de calidad de suministro en los puntos frontera definidos en los artículos anteriores, en la medida que le sean imputables, según se establezca en las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.

En vista de lo expuesto en la Ley 54/1997, el Real Decreto 1955/2000 y junto con las Normas que permiten el cumplimiento de dicha ley y descritas en el apartado del presente proyecto, se puede constatar la necesidad de controlar la calidad del suministro eléctrico por parte de las empresas comercializadoras, además de la necesidad de establecer un método por el cual se permita registrar cualquier evento u anomalía que afecte a la calidad del suministro eléctrico.

1.5 BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 1955/2000 [1 de diciembre] *regulación de actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.*

Ley 54/1997 [27 de noviembre] *del Sector Eléctrico.*

UNE EN-50160 [Marzo 2011] *Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.*

UNE EN-61000-4-30 [N. 2009] *Compatibilidad electromagnética (CEM)*

Parte 4-30: Técnicas de ensayo y de medida.

UNE EN-61000-4-7 [M. 2004] *Compatibilidad electromagnética (CEM)*

Parte 4-7: Técnicas de ensayo y de medida, armónicos e interarmónicos, así como aparatos de medida.

UNE IEC/TR 61000-2-8 IN [J. 2006] *Compatibilidad electromagnética (CEM)*

Parte 2-8: Entorno, huecos de tensión e interrupciones breves en las redes eléctricas de suministro público.

User Manual PQSCADA V1.1, Elspec © LTD, J.2012

User Manual Investigator V1.3, Elspec © LTD, A.2009

User Manual G4k BLACKBOX Power Quality Analyzers V1.0, Elspec © LTD, J.2012

Robin Dewson, *Beginning SQL Server 2012 for Developers* [J. 2012], 3ª Ed. Apress ®

Attaway Stormy, *MATLAB : a practical introduction to programming and problem solving*, Amsterdam [etc.] : Elsevier, cop. 2009.

Beighley Lynn, *Head first SQL*, Sebastopol, California: O'Reilly, cop. 2007

David Chapman, *Introduction to Power Quality* [F. 2012], Leonardo ENERGY

Alexánder Borbón A., Walter Mora F., *Edición de textos científicos LATEX 2014*, 2ª Ed.

Guillem Borrell I Nogueras, *Introducción informal a Matlab y Octave* [O. 2008]

<<http://iimyo.forja.rediris.es/>>

Latex fácil [En línea]

<<http://nokiyotsu.com/latex/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Estructura y reglas de CSS [En línea]

<<http://www.htmlhelp.com/es/reference/css/structure.html>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Manual de Latex [En línea]

<https://es.wikibooks.org/wiki/Manual_de_LaTeX> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

European Power Quality survey [En línea]

<<http://www.leonardo-energy.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

D.G. DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS, Energía Eléctrica [En línea]

<<http://www6.mityc.es/aplicaciones/energia/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Matlab central support [En línea]

<<http://www.mathworks.com>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Programación en Java [En línea]

<<https://www.teslatechnologies.es/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Java utilities [En línea]

<<http://www.java2s.com/Tutorial/Java/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Normativa aplicable [En línea]

<<http://www.boe.es/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Latex Project [En línea]

<<http://www.latex-project.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

Netbeans IDE [En línea]

<<https://netbeans.org/>> [Última consulta: 1 Jul. 2015]

2 CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

2 CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

2.1 Definición de calidad eléctrica.....	14
2.2 Definición de conceptos y parámetros.....	15
2.3 UNE EN-50160.....	22
2.3.1 Campo de aplicación.....	22
2.3.2 Características de la tensión de alimentación.....	22
2.4 UNE EN-61000-4-30.....	29
2.4.1 Objeto y campo de aplicación.....	29
2.4.2 Generalidades.....	29
2.4.3 Parámetros de calidad del suministro.....	31
2.4.4 Margen de variación de las magnitudes de influencia.....	34

2.1 DEFINICIÓN DE CALIDAD ELÉCTRICA

Qué es la calidad eléctrica

Idealmente, un suministro de calidad debe tener tensión sinusoidal y frecuencia de magnitud constante. Debido a la impedancia existente en la red de suministro, a la gran variedad de cargas que se encuentran conectadas a la red y a otros fenómenos tales como transitorios o cortes del suministro, la realidad difiere bastante de lo deseado.

La calidad del suministro eléctrico expresa en qué medida una red se asemeja a cómo debe ser una red de suministro eléctrico definiendo los límites entre los que deben encontrarse los parámetros tales como la frecuencia, para asegurar un suministro de calidad y sin interrupciones.

Cómo afecta la calidad a la red de distribución

Los problemas de calidad eléctrica causan estragos en tres áreas generales: tiempo de inactividad, problemas en los equipos y costes de consumo. Algunos de estos problemas son:

- Fallos de suministro de energía inesperados.
- Errores y funcionamiento anómalo de los equipos conectados a la red.
- Sobrecalentamiento de los equipos conectados a la red (motores, transformadores etc.) que provocan una drástica reducción de su vida útil así como su rendimiento.
- Daños en equipos electrónicos.
- Interferencias en redes de comunicación.
- Aumento de las pérdidas en el sistema.
- Necesidad de sobredimensionar las instalaciones para compensar los aumentos de tensión, dando lugar a un aumento de los gastos de funcionamiento además del impacto ecológico que conlleva este exceso.
- Inestabilidad en la sensación visual inducida por la fluctuación en el tiempo debida al fenómeno conocido como flicker.

Todos estos problemas han despertado la necesidad por parte tanto de distribuidores como de consumidores de controlar la calidad eléctrica.

2.2 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS Y PARÁMETROS

A continuación se recoge detalladamente todas las definiciones de los términos y parámetros que se van a emplear durante el proyecto. Dichas definiciones han sido recopiladas de las normas aplicadas en este proyecto. A su vez, estas se han basado en el IEC 60050-161 para la redacción de las mismas. El IEC 60050 en su capítulo 161 recoge todo el vocabulario electrotécnico Internacional.

Usuario de red

Parte suministrada por una red de distribución de electricidad. En algunos países, el término "usuario de red" engloba los operadores de red conectados a una red de alimentación a una tensión igual o superior.

Operador de la red

Parte responsable de la explotación, que asegura el mantenimiento y, si es necesario, el desarrollo de la red de alimentación en un área dada, y la responsabilidad para asegurar la capacidad de la red para cumplir a largo plazo demandas razonables para el suministro de electricidad.

Condiciones normales de explotación

Condiciones de explotación de una red eléctrica, en donde las demandas de la carga y de la generación son equilibradas, y las maniobras de red y eliminación de faltas se realizan mediante sistemas de protección automática, en ausencia de condiciones excepcionales.

Punto de suministro

Punto en una red de distribución designado como tal y fijado contractualmente, en el cual se intercambia energía eléctrica entre las partes que han firmado el contrato.

Este punto puede ser diferente, por ejemplo, del punto de medida o del punto de conexión común.

Tensión de alimentación

Valor eficaz de la tensión presente en un instante dado en el punto de suministro, medido en un intervalo de tiempo dado.

Alta tensión, AT

Tensión cuyo valor eficaz nominal es $36 \text{ kV} < U_n = 150 \text{ kV}$. A causa de las estructuras de las redes existentes, el límite entre MT y AT puede variar según los países.

Media tensión, MT

Tensión cuyo valor eficaz nominal es $1 \text{ kV} < U_n = 36 \text{ kV}$. A causa de las estructuras de las redes existentes, el límite entre MT y AT puede variar según los países.

Baja tensión, BT

Tensión cuyo valor eficaz nominal máximo es $U_n = 1 \text{ kV}$.

Tensión de referencia

Valor especificado de base en que la tensión residual, los umbrales y otros valores se expresan por unidad o en porcentajes.

Tensión nominal, U_n

Tensión que designa o identifica una red de alimentación y a la cual se hace referencia para ciertas características de funcionamiento.

Tensión de alimentación declarada, U_c

La tensión de alimentación declarada U_c es la tensión nominal U_n , pero puede ser diferente como consecuencia de un acuerdo entre el operador de la red y el usuario de red.

Valor eficaz (rms)

Raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores instantáneos de una magnitud durante un intervalo de tiempo y un ancho de banda especificados.

Tensión eficaz refrescada cada semiperiodo, $U_{rms(1/2)}$

Valor de la tensión eficaz medida en un periodo, comenzando en un paso por cero de la componente fundamental, y refrescada en cada semiperiodo.

Tensión eficaz refrescada cada periodo, Urms(1)

Valor de la tensión eficaz medida en un periodo, y refrescada en cada periodo.

Perturbación conducida

Fenómeno electromagnético propagado a lo largo de los conductores de las líneas de una red de alimentación.

Frecuencia nominal

Valor nominal de la frecuencia de la tensión de alimentación.

Frecuencia de la tensión de alimentación

Tasa de repetición de la componente fundamental de la tensión de alimentación, medida durante un intervalo de tiempo dado.

Flicker (parpadeo)

Impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso en el cual la luminosidad o la distribución espectral fluctúan en el tiempo.

Las fluctuaciones de tensión provocan variaciones de luminancia en lámparas, lo que produce el fenómeno visual llamado flicker. Por encima de un cierto umbral, el flicker se vuelve molesto. Esta molestia aumenta muy rápidamente con la amplitud de la fluctuación. Para algunas tasas de repetición, incluso las amplitudes muy débiles pueden resultar molestas.

Severidad de flicker (parpadeo)

Intensidad de la molestia provocada por el flicker. Dicha molestia es evaluada por medio de las magnitudes siguientes:

- Severidad de duración breve (P_{st}) medida en un período de 10 min.
- Severidad de duración larga (P_{lt}) calculada a partir de una secuencia de 12 valores de P_{st} en un intervalo de 2 h, según la fórmula siguiente:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

Tensión armónica

Tensión sinusoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación. Las tensiones armónicas pueden ser evaluadas:

- Individualmente, según su amplitud relativa (u_h) que es el armónico de tensión con relación a la tensión fundamental u_1 , donde h representa el orden del armónico.
- Globalmente, es decir según el valor de la tasa de distorsión armónica total (THD) calculada utilizando la fórmula siguiente:

$$THD(F) = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2}$$

Las tensiones armónicas de la red de alimentación son debidas principalmente a las cargas no lineales de usuarios de red conectadas en todos los niveles de tensión de la red de alimentación.

Las corrientes armónicas que circulan a través de las impedancias de la red dan lugar a tensiones armónicas. Las corrientes armónicas, las impedancias de la red y por consiguiente las tensiones armónicas en los puntos de suministro varían en el tiempo.

Tensión interarmónica

Tensión sinusoidal cuya frecuencia no es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Al mismo tiempo pueden aparecer tensiones interarmónicas que tengan frecuencias muy próximas formando entonces un espectro de banda ancha.

Señales de información transmitidas por la red

Señal superpuesta a la tensión suministrada, con objeto de transmitir información por la red general de distribución y a las instalaciones de los usuarios de red.

Se pueden clasificar tres tipos de señales en la red general de alimentación:

- Señales de telemando centralizado: tensión sinusoidal superpuesta en el rango de 110 Hz a 3 000 Hz.
- Señales de corriente portadora: tensión sinusoidal superpuesta en el rango de 3 kHz a 148,5 kHz.
- Señales de marcado de onda: impulsos (transitorios) de corta duración superpuestos en instantes elegidos sobre la onda de tensión.

Variación rápida de tensión

Variación rápida del valor eficaz de una tensión entre dos niveles consecutivos mantenidos durante intervalos de tiempo definidos pero no especificados

Interrupción de alimentación

Condición en la que la tensión en los puntos de suministro es inferior al 5% de la tensión de referencia. Una interrupción de alimentación puede ser clasificada como:

- a) Programada, cuando los usuarios de red son informados de antemano.
- b) accidental, cuando está provocada por faltas permanentes o transitorias, la mayoría de las veces ligadas a sucesos exteriores, a averías de los equipos o interferencias. Una interrupción accidental puede ser clasificada como:
 - 1) interrupción larga (con una duración superior a 3 min)
 - 2) interrupción breve (hasta 3 min)

Umbral de interrupción

Valor especificado de la tensión con el objeto de detectar el comienzo y el final de una interrupción de tensión.

Sobretensión transitoria

Sobretensión oscilatoria o no oscilatoria de corta duración, en general fuertemente amortiguada, y que dura como máximo algunos milisegundos. Son generalmente debidas a rayos, a maniobras, o al funcionamiento de fusibles. El tiempo de subida del frente de las sobretensiones transitorias puede variar de menos de 1 microsegundo a algunos milisegundos.

Hueco de tensión

Disminución temporal de la tensión eficaz en un punto de la red de alimentación eléctrica por debajo de un umbral inicial especificado. Generalmente, un hueco está asociado con el inicio y final de un cortocircuito u otro aumento de corriente extrema en el sistema o instalaciones conectadas a éste.

Duración del hueco de tensión

Tiempo entre el instante en el que el valor eficaz de la tensión en un punto particular de la red de alimentación eléctrica cae por debajo del umbral inicial y el instante en el que aumenta hasta el umbral final.

Umbral final del hueco de tensión

Valor eficaz de la tensión especificado en una red de alimentación eléctrica con el propósito de definir el final de un hueco de tensión.

Tensión residual de un hueco de tensión

Valor mínimo del valor eficaz de la tensión registrada durante un hueco de tensión.

Umbral inicial del hueco de tensión

Valor eficaz de la tensión especificado en una red de alimentación eléctrica con el propósito de definir el inicio de un hueco de tensión.

Fluctuación de tensión

Serie de variaciones de tensión o variación cíclica de la envolvente de la tensión.

Sobretensión; sobretensión temporal a frecuencia industrial

Aumento temporal del valor eficaz de la tensión en un punto de una red de alimentación eléctrica por encima de un umbral inicial especificado. Las sobretensiones pueden aparecer entre fases o entre fase y tierra. Dependiendo de la disposición del neutro, las faltas a tierra pueden también dar lugar a sobretensiones entre las fases sanas y el neutro.

Duración de la sobretensión

Tiempo comprendido entre el instante en que el valor eficaz de la tensión en un punto particular de una red de alimentación eléctrica excede el umbral inicial y el instante en el que cae por debajo del umbral final.

Umbral final de una sobretensión

Valor eficaz de la tensión en una red de alimentación eléctrica, especificado con el propósito de definir el final de una sobretensión.

Umbral inicial de una sobretensión

Valor eficaz de la tensión en una red de alimentación eléctrica, especificado con el propósito de definir el inicio de una sobretensión.

Desequilibrio de tensión

Condición en un sistema polifásico en el que los valores eficaces de las tensiones fase-fase (componente fundamental), o los ángulos de fase entre tensiones de fase consecutivas, no son todos iguales.

Histéresis

Diferencia de amplitud entre los umbrales de entrada y de salida. Se utiliza este término con otro significado al dado en el Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) que corresponde a la saturación del núcleo de hierro. El propósito de la histéresis en el contexto de la medida de calidad de suministro es evitar el cómputo de múltiples sucesos cuando la amplitud del parámetro oscila próxima al nivel del umbral.

Magnitud de influencia

Cualquier magnitud que puede afectar al funcionamiento de un equipo de medida.

Incertidumbre de medida

Parámetro, asociado con el resultado de una medida, que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser razonablemente atribuidos a lo que se mide.

Reloj de tiempo real (RTC, Real Time Clock)

Sistema de reloj local utilizado para implantar determinados métodos en esta norma.

Tensión residual, Ures:

Valor mínimo de $U_{rms}(1/2)$ o $U_{rms}(1)$ registrado durante un hueco o una interrupción de tensión. Se expresa en forma de un valor expresado en voltios, o como un porcentaje o en valor por unidad de la tensión de entrada declarada U_{din} .

Tensión de referencia deslizando, U_{sr}:

Valor de tensión promediada en un intervalo de tiempo especificado, que representa la tensión que precede a un tipo de evento de variación de tensión (por ejemplo, huecos de tensión y sobretensiones temporales, variaciones rápidas de tensión).

Agregación temporal:

Combinación de varios valores secuenciales de un parámetro dado (cada uno de ellos determinado en periodos de tiempo idénticos) que proporciona un valor en un intervalo de tiempo más largo.

2.3 UNE-EN-50160**2.3.1 Campo de aplicación**

Esta norma se encarga de definir, describir y especificar todas las características de la tensión suministrada tales como la frecuencia, la amplitud o el flicker, para redes de distribución de corriente alterna en baja, media y alta tensión. En esta Norma se definen límites o márgenes en los que deben situarse los parámetros característicos de la red de distribución que es objeto de estudio en cualquier punto de la misma. Esta Norma no se aplica en situaciones anormales de explotación tales como suministros auxiliares tras una avería.

Todas las características descritas en esta norma pueden verse afectadas durante la explotación del sistema por variaciones en la carga, perturbaciones emitidas por ciertos equipos y por la aparición de faltas. Estos fenómenos se producen de manera aleatoria en el tiempo y el espacio, con referencia a un instante dado. Debido a esta aleatoriedad, los valores de las características dados en esta norma pueden ser sobrepasados alguna vez. Ciertos fenómenos que tienen una incidencia sobre la tensión son particularmente imprevisibles lo cual hace muy difícil dar valores útiles definitivos de las características correspondientes. Por lo tanto, los valores dados en esta norma de las características de la tensión asociadas con estos deben interpretarse en consecuencia.

2.3.2 Características de la tensión de la tensión de alimentación

Esta Norma clasifica las redes de distribución en tres grandes grupos en función del valor de la tensión nominal normalizada (U_n):

- Baja tensión: la tensión nominal normalizada para las redes generales de baja tensión es 230 V tanto entre fase y neutro como entre fases.
- Media tensión: redes cuya tensión sobrepasa la tensión declarada de 1kV y es inferior o igual a 36 kV.
- Alta tensión: redes cuya tensión sobrepasa la tensión declarada de 36kV y es inferior o igual a 150 kV.

Generalidades

Esta norma describe las características de la tensión eléctrica suministrada por las redes generales de baja, media y alta tensión. Establece una distinción entre:

- Fenómenos continuos: desviaciones con relación al valor nominal que se producen de manera continua en el tiempo. Estos fenómenos se deben principalmente al tipo de carga, de variaciones de la carga, o de cargas no lineales.
- Eventos de tensión: variaciones bruscas y significativas con relación a la forma de onda normal o deseada. Los eventos de tensión se deben generalmente a eventos imprevisibles (por ejemplo, las faltas) o a causas externas (como las condiciones climáticas adversas, las acciones de terceros).

Fenómenos continuos

1- Frecuencia

La frecuencia nominal de la tensión suministrada debe ser de 50 Hz. En condiciones normales de explotación el valor medio de la frecuencia medida en períodos de 10 S debe situarse en los intervalos siguientes:

- Para redes acopladas por conexiones síncronas a un sistema interconectado:

50 Hz $\pm$ 1% (es decir 49,5 Hz a 50,5 Hz) durante el 99,5% de un año
50 Hz +4%/–6% (es decir 47 Hz a 52 Hz) durante el 100% del tiempo
- Para redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (por ejemplo redes de alimentación que existen en ciertas islas):

50 Hz $\pm$ 2% (es decir 49 Hz a 51 Hz) durante el 95% de una semana;
50 Hz $\pm$ 15% (es decir 42,5 Hz a 57,5 Hz) durante el 100% del tiempo.

Variaciones de la tensión de alimentación

En condiciones normales de explotación y sin tener en cuenta las interrupciones del suministro, las variaciones de tensión no deben exceder el $\pm 10\%$ de la tensión nominal U_n .

En los casos de suministro excepcionales tales como redes no interconectadas con líneas de transporte, las variaciones de tensión no deberían exceder de $+10\%$ / -15% de U_n .

A la hora de estudiar los valores de la tensión en condiciones normales de explotación se debe cumplir que:

- Para cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces de la tensión suministrada promediados en 10 min deben situarse en un intervalo de $U_n \pm 10\%$.
- Todos los valores eficaces de la tensión suministrada promediados en 10 min deben situarse en el intervalo $U_n + 10\% / -15\%$.

Para redes de alta tensión ya que no es común la conexión directa de usuarios a estas redes no se establecen límites para las variaciones de la tensión suministrada.

Variaciones rápidas de tensión

1- Variación rápida de tensión individual

Son debidas a variaciones de la carga en las instalaciones de los usuarios de la red, por las maniobras en la red, o por faltas. Si la tensión en el curso de una variación sobrepasa el umbral de hueco de tensión y/o de la sobretensión, este evento se denomina hueco de tensión y/o sobretensión, en vez de como una variación rápida de tensión.

2- Severidad de flicker

En condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, el nivel de severidad de flicker de larga duración P_{lt} debido a las fluctuaciones de la tensión debería ser menor o igual a 1 durante el 95% del tiempo.

En caso de reclamaciones, las medidas de atenuación apropiadas en alta media y baja tensión deben seleccionarse de tal modo que en baja tensión los valores de P_{lt} no superen el valor de 1.

3- Desequilibrio de la tensión de alimentación

En condiciones normales de explotación, durante cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 min de la componente de secuencia de fase negativa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0% y el 2% de la componente de secuencia de fase positiva.

4- Armónicos de tensión

En condiciones normales de explotación, durante cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces de cada tensión armónica promediados en 10 min debe ser menor o igual a los valores indicados en las tablas 2.1 y 2.2

Tensiones más elevadas para un armónico dado pueden ser debidas a resonancias.

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

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

Tabla 2.1 – Valores de las tensiones de armónicos individuales en los puntos de suministro, hasta el armónico de orden 25, expresados en porcentaje para media y baja tensión.[Fuente UNE EN-50160]

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

Tabla 2.2 – Valores de las tensiones de armónicos individuales en los puntos de suministro, hasta el armónico de orden 25, expresados en porcentaje para alta tensión. [Fuente UNE EN-50160]

5- Tensiones interarmónicas

El nivel de los interarmónicos va aumentando debido al desarrollo de los convertidores de frecuencia y otros equipos similares de control. A causa de la poca experiencia en este campo, los niveles de interarmónicos quedan por estudiar. En ciertos casos bajos niveles de interarmónicos pueden llegar a provocar flicker.

Debido a la baja frecuencia de resonancia de las redes de alta tensión, causada por las capacidades e inductancias elevadas, los interarmónicos son poco significativos. Por lo que no se especifica ningún valor para las tensiones interarmónicas en alta tensión.

6- Transmisión de señales de información por la red

Cuando la red de distribución es empleada por el operador para transmitir señales hay que prestar especial atención al valor de tensión de estas señales. No deben sobrepasar los valores indicados en la figura en un tiempo de duración igual al 99% de un día.

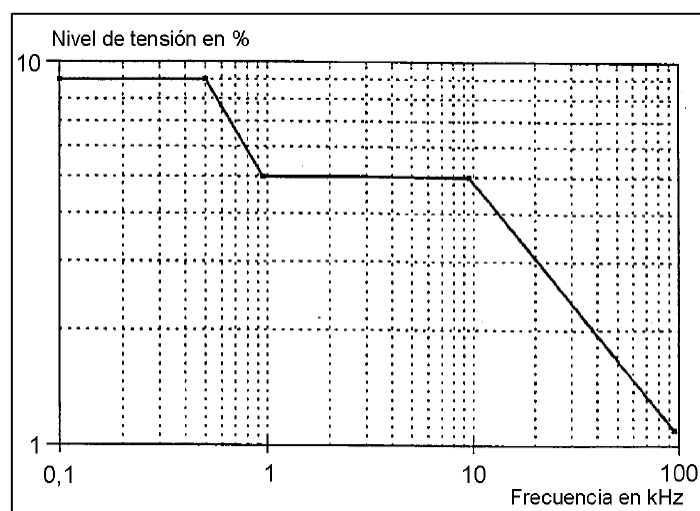


Figura 2.1 – Niveles de tensión de las frecuencias de las señales en porcentaje de Un utilizadas en las redes generales de baja tensión [Fuente UNE EN-50160]

Debido a la baja frecuencia de resonancia de las redes de alta tensión, no se especifica ningún valor para transmisión de señales de información por la red en alta tensión.

Eventos de tensión

1- Interrupciones de la tensión de alimentación

Las interrupciones son, por su naturaleza, muy imprevisibles y variables de unos lugares a otros y en los periodos en que se producen.

2- Huecos/sobretensiones de la tensión de alimentación

Los huecos de tensión son debidos generalmente a faltas que ocurren en la red o en las instalaciones de los usuarios de la red.

Las sobretensiones son debidas generalmente a maniobras y desconexiones de cargas. Ambos fenómenos son imprevisibles y ampliamente aleatorios. Su frecuencia anual depende principalmente de la red objeto de estudio y del punto donde se mida. También cabe señalar que su distribución puede ser muy irregular a lo largo del año.

En redes de baja tensión se debe de tener en cuenta la tensión fase-neutro.

Para redes de media y alta tensión tener en cuenta la tensión fase-fase.

Por convención se establece los siguientes umbrales de inicio del fenómeno:

- Hueco 90% de la tensión nominal.
- Sobretensión 110% de la tensión nominal.

La histéresis es generalmente del 2%.

Clasificación de los huecos de tensión

Cuando se recopilan estadísticas, los huecos deben clasificarse conforme a la tabla. Las cifras a incluir en las celdas se refieren al número de eventos equivalentes. Dicha clasificación es válida para cualquier tipo de red ya sea de baja, media o alta tensión.

Tensión residual u %	Duración t ms				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 \leq t \leq 500$	$500 \leq t \leq 1000$	$1000 \leq t \leq 5000$	$5000 \leq t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	CELDA A1	CELDA A2	CELDA A3	CELDA A4	CELDA A5
$80 > u \geq 70$	CELDA B1	CELDA B2	CELDA B3	CELDA B4	CELDA B5
$70 > u \geq 60$	CELDA C1	CELDA C2	CELDA C3	CELDA C4	CELDA C5
$40 > u \geq 5$	CELDA D1	CELDA D2	CELDA D3	CELDA D4	CELDA D5
$5 > u$	CELDA X1	CELDA X2	CELDA X3	CELDA X4	CELDA X5

Tabla 2.3 – Clasificación de los huecos según la tensión residual y la duración.
[Fuente UNE EN-50160]

Clasificación de las sobretensiones

Cuando se recopilan estadísticas, las sobretensiones deben clasificarse conforme a la tabla siguiente. Las cifras a incluir en las celdas se refieren al número de eventos equivalentes.

Sobretensión u %	Duración t ms		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 \leq t \leq 5000$	$5000 \leq t \leq 60000$
$u \geq 120$	CELDA S1	CELDA S2	CELDA S3
$120 > u > 110$	CELDA T1	CELDA T2	CELDA T3

Tabla 2.4 – Clasificación de las sobretensiones según la tensión residual y la duración máximas. [Fuente UNE EN-50160]

2.4 UNE-EN 61000-4-30

2.4.1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma define la metodología a seguir en la medida de los parámetros de calidad del suministro descritos en la Norma 50160, así como el modo de interpretar los resultados obtenidos. Esta Norma se centra solo en los fenómenos de tensión que son susceptibles de propagarse por conducción en la red. En esta norma se indican los métodos de medida y requisitos apropiados de funcionamiento, pero no se fijan umbrales, los cuales están descritos en la Norma 50160.

2.4.2 Generalidades

Clases de métodos de medida

Esta Norma define tres clases de medida A, S y B. Puesto que los equipos utilizados (G4400 BLACKBOX) se basan en la clase A, se describirán sólo los métodos de medida y requisitos apropiados para el método de medida clase A. Esta clase de métodos de medida se utiliza cuando son necesarias medidas precisas, como por ejemplo, para aplicaciones contractuales que puedan necesitar resolver contenciosos, para la verificación de la conformidad con las normas, etc.

La toma de medidas puede realizarse directamente en las redes de baja tensión. Para el resto de redes será necesario un transductor de medida como se indica en la figura 2.2.

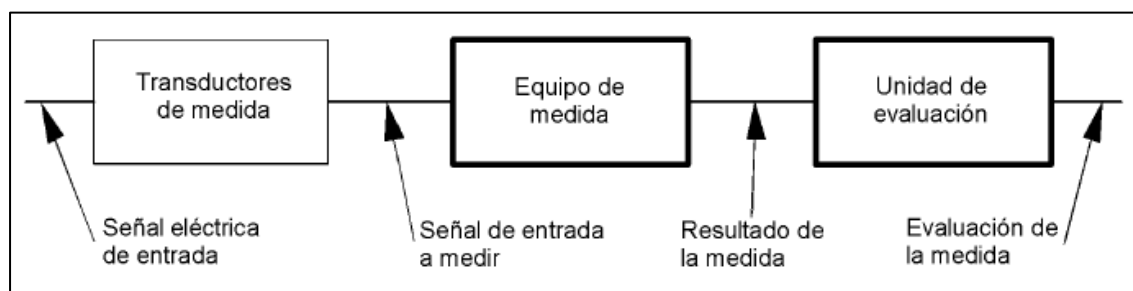


Figura 2.2 Cadena de medida [Fuente: UNE EN-61000-4-30]

Un aspecto importante que debe tenerse en cuenta, son los tiempos de agregación de medidas. Se establece que el intervalo de tiempo básico para la toma de medidas de las amplitudes de los parámetros debe ser un intervalo de 10 periodos para una red de 50 Hz.

Las medidas de periodos deben re-sincronizarse en todos los impulsos de 10 min del reloj de tiempo real (RTC), como se indica en la figura 2.3.

Los valores de 10 periodos son agregados después sobre 3 intervalos:

- 1) Intervalo de 150 periodos: los datos para de este intervalo se agregan sin separación a partir de 15 intervalos de tiempo. Este intervalo de tiempo debe re-sincronizarse en todos los impulsos de 10 min como se muestra en la figura 2. Cada impulso de 10 minutos corresponde con un intervalo de tiempo de 150 periodos. Puede suceder que dos intervalos, uno que aún no ha terminado y otro que comienza, se solapen como se ven en la figura 2.3.
- 2) Intervalo de 10 min: Los valores agregados de 10 min se identifican con el tiempo absoluto. El tiempo identificado corresponde al tiempo de finalización de la agregación de 10 min. Los datos de cada intervalo se agregan sin separación. uno debe empezar en un impulso RTC de 10 min.
- 3) Intervalo de 2 h: Los datos para el intervalo de 2 h se agregan cada 12 intervalos de 10 min. El intervalo de 2 h no debe tener ni separaciones y ni solapes. Los intervalos de 2 h comienzan en intervalos RTC de 2 h pares.

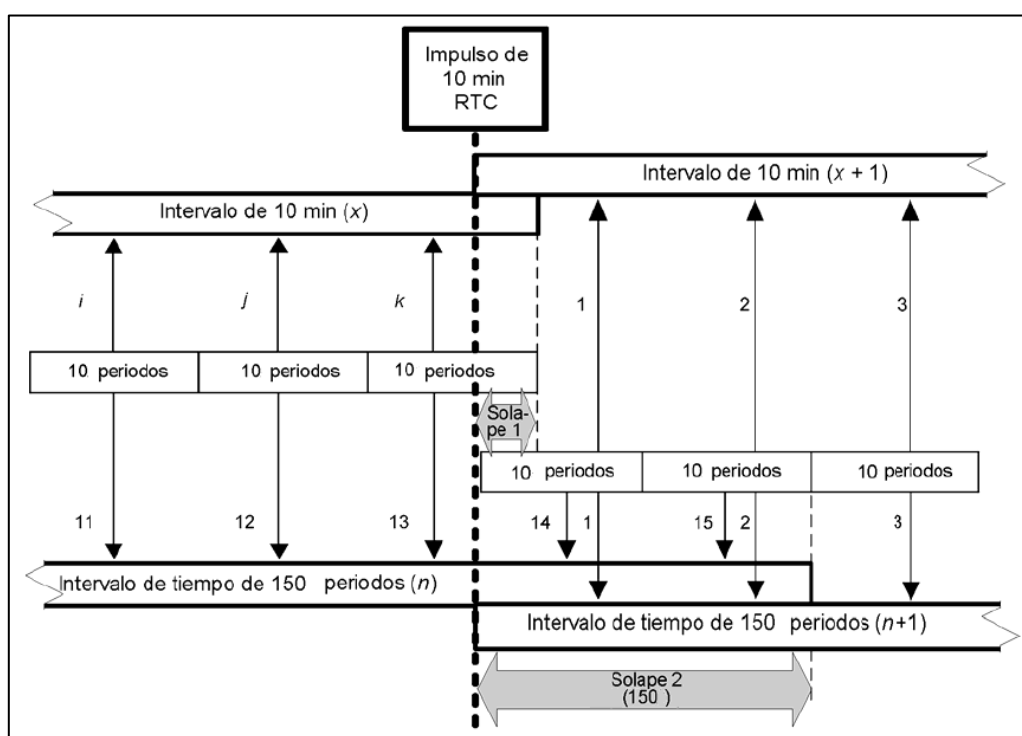


Figura 2.3 Sincronización intervalos de agregación clase A [Fuente UNE EN-61000-4-30]

2.4.3 Parámetros de calidad de suministro

Frecuencia industrial

La lectura de la frecuencia se realizara cada 10s. Los intervalos obtenidos no deben solaparse. Los periodos individuales que se solapan son rechazados. Cada intervalo de 10s debe comenzar en un tiempo absoluto de 10 s de reloj. La incertidumbre de medida no debe sobrepasar ± 10 mHz los rangos de medida de 42,5 Hz ~ 57,5 Hz / 51 Hz ~ 69 Hz.

Amplitud de la tensión de suministro

Se mide el valor eficaz de la amplitud de la tensión en un intervalo de tiempo de 10 periodos. Los intervalos deben ser contiguos y no se deben solapar con los intervalos adyacentes excepto en los casos se ha indicado anteriormente (Fig 2)

La medida no debe sobrepasar $\pm 0,1\%$ de U_{din} , en el rango de 10% ~ 150% de U_{din} .

Flicker

El flicker se mide en intervalos de 10 minutos (Pst) y de 2 horas (Plt). La incertidumbre para estas medidas debe cumplirse en el rango de medida de 0,2 ~ 10 Pst.

El intervalo de tiempo de 10 min para Pst debe comenzar en un impulso RTC de 10 min, y debe registrarse con el tiempo absoluto.

Huecos de tensión y sobretensiones temporales

La medida de un hueco de tensión y de una sobretensión temporal debe ser el valor $U_{rms}(1/2)$ en cada canal de medida. La duración del periodo para $U_{rms}(1/2)$ depende de la frecuencia El umbral del hueco de tensión es un porcentaje de U_{din} o de la referencia de tensión deslizante U_{sr} . En los sistemas monofásicos, se produce un hueco de tensión cuando la tensión U_{rms} cae por debajo del umbral del hueco, y termina cuando la tensión U_{rms} es igual o superior al umbral del hueco más la histéresis de tensión.

En los sistemas polifásicos, se produce cuando la tensión U_{rms} de uno o varios canales cae por debajo del umbral del hueco y termina cuando la tensión U_{rms} en todos los canales medidos es igual o superior al umbral del hueco más la histéresis de tensión.

Los umbrales tanto del hueco como de la histéresis son elegidos por el usuario en función de la utilización.

Las principales características del hueco son:

- La tensión residual es el menor valor de U_{rms} medido en el hueco.
- La profundidad del hueco es la diferencia entre la tensión de referencia (U_{din}) y la tensión residual.
- Su duración se obtiene de la diferencia de tiempo entre el comienzo y el fin del hueco.

El tiempo de inicio del hueco se obtiene con el tiempo del final de Urms del canal en el que se produjo y el tiempo final se obtiene con el tiempo del final de Urms con el que terminó.

Detección y evaluación de una sobretensión temporal

Una sobretensión temporal se produce cuando la tensión Urms de uno o más canales se eleva por encima del umbral de sobretensión temporal, y termina cuando la tensión Urms en todos los canales de medida es inferior o igual al umbral de sobretensión temporal menos la histéresis de tensión. Los umbrales en función de la utilización son escogidos análogamente a los de los huecos.

Al estudiar una sobretensión temporal hay que centrarse principalmente en dos datos:

- La amplitud máxima de la sobretensión temporal: es el mayor valor de Urms medido en cualquier canal durante la sobretensión temporal.
- Duración: el tiempo de inicio de una sobretensión temporal se obtiene con el tiempo del final de Urms del canal en el que se produjo la sobretensión y el tiempo final se obtiene con el tiempo del final de Urms con el que terminó la sobretensión menos la histéresis. La duración será la diferencia.

La tensión de referencia deslizante para detectar los huecos puede calcularse por medio de un filtro de primer orden con una constante de tiempo de 1 minuto. El empleo de esta tensión es opcional y por tanto no es necesario obtenerla.

La incertidumbre de la sobretensión temporal no debe superar el $\pm 0,2\%$ de U_{din} .

La incertidumbre de la duración de la sobretensión temporal es igual a la incertidumbre del comienzo (semiperiodo) más la incertidumbre del final (semiperiodo).

Interrupciones de la tensión de suministro

Una interrupción de tensión comienza cuando la tensión Urms de todos los canales cae por debajo del umbral de interrupción de tensión y termina cuando la tensión Urms de cualquier canal es igual o superior al umbral de interrupción de tensión más la histéresis. El umbral de interrupción de tensión y la histéresis de tensión se fijan por el usuario en función de la utilización y no debe situarse por debajo de la incertidumbre de medida de la tensión residual más el valor de la histéresis. En general, la histéresis es igual al 2% de U_{din} .

El tiempo de inicio de una interrupción de tensión se consigue con el tiempo del final de Urms del canal en el que se inició y el tiempo final de la interrupción obtenido con el tiempo del final de Urms con el que terminó más la histéresis. La duración de la interrupción de tensión será la diferencia de ambos tiempos.

Desequilibrio de la tensión de suministro

El desequilibrio sólo puede ser medido en sistemas trifásicos. Se estudia a partir del método de las componentes simétricas.

Cuando una red está desequilibrada a además de la componente de secuencia directa U_1 , existe también al menos una de las componentes siguientes: la componente de secuencia

inversa U_2 y/o la componente de secuencia homopolar U_0 . La componente fundamental de la tensión de entrada se mide en un intervalo de tiempo de 10 periodos.

La tasa de componente inversa u_2 se evalúa mediante la relación siguiente, expresada en porcentaje:

$$u_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100 = \frac{\text{componente inversa}}{\text{componente directa}} \cdot 100$$

Para los sistemas trifásicos, considerando solamente tensiones fase-fase, y solamente tensiones de componente fundamental:

$$u_2 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100 \quad \text{siendo } \beta = \frac{U_{12 \text{ fund}}^4 + U_{23 \text{ fund}}^4 + U_{31 \text{ fund}}^4}{(U_{12 \text{ fund}}^2 + U_{23 \text{ fund}}^2 + U_{31 \text{ fund}}^2)^2}$$

La tasa de componente homopolar u_0 se evalúa mediante la relación porcentual siguiente:

$$u_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100 = \frac{\text{componente homopolar}}{\text{componente directa}} \cdot 100$$

El instrumento de medida debe presentar una incertidumbre inferior a $\pm 0,15\%$ para u_2 y u_0 .

Armónicos de tensión

Para la medida de los armónicos de tensión, se indican los estadísticos con 95% de probabilidad (valor que no ha sido rebasado más que en un 5% de los ciclos) según se define en La medida básica de armónicos de tensión, para la clase A, se define en la Norma IEC 61000-4-7, clase I. Se deben realizar medidas de al menos hasta el armónico de orden 50. Se debe calcular la distorsión armónica total y de cada subgrupo (THDS). El rango de medida debe ser del 10% al 200% del nivel de compatibilidad de la clase 3 según establece la Norma IEC 61000-2-4.

Interarmónicos de tensión

Para los fines de esta norma, la medida básica de los interarmónicos de tensión se define en la Norma IEC 61000-4-7, clase I. Esta norma debe utilizarse para determinar una medida de un subgrupo de interarmónicos centrados y sin discontinuidad de 10/12 periodos, denominada $U_{isg,h}$ en la Norma IEC 61000-4-7.

Tensión de transmisión de señales en la red de suministro

La tensión de transmisión de señales, llamadas señales de telemando centralizado en algunas aplicaciones, son señales en ráfagas, aplicadas a menudo a frecuencias no armónicas, que controlan a distancia equipos industriales, contadores y otros dispositivos.

Método de medida

El método descrito aquí se debe utilizar para las frecuencias de transmisión de señales inferiores a 3 kHz. Para las frecuencias de transmisión de señales superiores a 3 kHz, véase la Norma IEC 61000-3-8.

Este método se destina a medir el nivel de la tensión de señal para una portadora de frecuencia especificada por el usuario.

La medida de tensión del sistema de transmisión de señales debe basarse en:

El valor eficaz del correspondiente intervalo de interarmónicos en 10/12 periodos; o en la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores eficaces en 10/12 periodos de los cuatro intervalos de interarmónicos más próximos (por ejemplo, una señal de control centralizado a 316,67 Hz en una red de 50 Hz debe aproximarse por la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los intervalos de 310 Hz, 315 Hz, 320 Hz y 325 Hz, dadas por la transformada discreta de Fourier (DFT) efectuada en un intervalo de tiempo de 10/12 periodos).

Es preferible el primer método si la frecuencia especificada por el usuario está centrada en un intervalo DFT. El segundo método es preferible si la frecuencia no está centrada en un intervalo. El usuario debe seleccionar el umbral de detección por encima del 0,3% de U_{din} y también la longitud del periodo de registro hasta 120 s. El principio de una emisión de señales debe detectarse cuando el valor medido del interarmónico afectado excede el umbral de detección. Los valores medidos se registran durante un periodo de tiempo especificado por el usuario, a fin de dar el nivel máximo de la tensión de señal.

2.4.4 Margen de variación de las magnitudes de influencia y verificación en régimen permanente

La medida de una característica específica puede verse afectada desfavorablemente por la aplicación de una perturbación (magnitud de influencia) en la señal eléctrica de entrada. Por ejemplo, la medida del desequilibrio de tensión puede verse afectada de manera desfavorable si la forma de onda de tensión se somete al mismo tiempo a una perturbación armónica. En la siguiente tabla se muestran los márgenes de las magnitudes de influencia para cada clase de medida.

Apartado y parámetro	Margen de variación de la magnitud de influencia
Frecuencia	42,5 Hz - 57,5 Hz 51 Hz - 69 Hz
Amplitud de la tensión de suministro	10% - 200% U _{din}
Flicker	0 - 20 Pst
Huecos de tensión y sobretensiones temporales	N/A
Interrupciones	N/A
Desequilibrio	0% - 5% u ₂ 0% - 5% u ₀
Armónicos de tensión	200% de clase 3 de la Norma IEC 61000-2-4
Interarmónicos de tensión	200% de clase 3 de la Norma IEC 61000-2-4
Tensión de transmisión de señales en la red	0% - 15% U _{din}
Valores alto/bajo	N/A
Tensiones transitorias según la Norma IEC 61180	6 kV cresta
Transitorios rápidos según la Norma IEC 61000-4-4	4 kV cresta
N/A = no aplicable.	

Tabla 2.4 Rango de las magnitudes de influencia [Fuente UNE EN-61000-4-30]

El instrumento de medida debe tolerar las señales dentro del rango de la magnitud de influencia sin desplazar de la medida a otros parámetros fuera de sus requisitos de incertidumbre, y sin daños al instrumento. Para los transitorios y los transitorios rápidos, no debe haber ningún efecto en cualquier medida después del transitorio. Los transitorios se aplican en los bornes de medida, no en los terminales de alimentación del equipo de medida.

Para verificar que los métodos de medida utilizados han sido empleados adecuadamente, puede ser necesario realizar ensayos adicionales o validaciones. La incertidumbre de un instrumento de medida debe verificarse como sigue para cada magnitud a medir como indica la tabla 2.5.

Magnitudes de influencia	Condiciones de ensayo 1	Condiciones de ensayo 2	Condiciones de ensayo 3
Frecuencia	$f_{nom} \pm 0,5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$
Amplitud de tensión	$U_{din} \pm 1\%$	Determinado por flicker, desequilibrio, armónicos, interarmónicos (abajo)	Determinado por flicker, desequilibrio, armónicos, interarmónicos (abajo)
Flicker	$P_{st} < 0,1$	$P_{st} = 1 \pm 0,1$ – modulación rectangular con 39 variaciones por minuto	$P_{st} = 4 \pm 0,1$ – modulación rectangular con 110 variaciones por minuto
Desequilibrio	100% $\pm 0,5\%$ de U_{din} en todos los canales. Todos los ángulos de fase a 120° (equivalente a $u_0 = 0\%$, $u_2 = 0\%$)	73% $\pm 0,5\%$ de U_{din} Canal 1 80% $\pm 0,5\%$ de U_{din} Canal 2 87% $\pm 0,5\%$ de U_{din} Canal 3 todos los ángulos de fase 120° (equivalente a $u_0 = 5,05\%$, $u_2 = 5,05\%$)	152% $\pm 0,5\%$ de U_{din} Canal 1 140% $\pm 0,5\%$ de U_{din} Canal 2 128% $\pm 0,5\%$ de U_{din} Canal 3 todos los ángulos de fase 120° (equivalente a $u_0 = 4,95\%$, $u_2 = 4,95\%$)
Armónicos	0% a 3% de U_{din}	10% $\pm 3\%$ de U_{din} 3 ^{er} a 0° 5% $\pm 3\%$ de U_{din} 5° a 0° 5% $\pm 3\%$ de U_{din} 29° a 0°	10% $\pm 3\%$ de U_{din} 7° a 180° 5% $\pm 3\%$ of U_{din} 13° a 0° 5% $\pm 3\%$ of U_{din} 25° a 0°
Interarmónicos	0% a 0,5% de U_{din}	1% $\pm 0,5\%$ de U_{din} a $7,5 f_{nom}$	1% $\pm 0,5\%$ de U_{din} a $3,5 f_{nom}$

Tabla 2.5- Verificación de la incertidumbre en régimen permanente para la clase A y la clase S.
[Fuente UNE EN-61000-4-30]

3 SOFTWARE

3 SOFTWARE

3.1 SQL Server.....	39
3.1.1 Bases de datos.....	39
3.1.2 SQL Server Management Studio.....	40
3.2 Matlab.....	41
3.2.1 Características principales.....	42
3.2.1 Octave.....	43
3.3 Software Elspec.....	44
3.3.1 PQSCADA.....	44
3.3.2 Investigator.....	45
3.3.3 Funcionamiento.....	49
3.3.4 G4K BLACKBOX.....	50
3.4 Latex.....	51
3.4.1 Funcionamiento.....	52
3.5 Netbeans.....	52

3 SOFTWARE

3.1 SQL SERVER

Es un sistema desarrollado por Microsoft para el almacenamiento creación y gestión de bases de datos. Está basado en el modelo relacional y los lenguajes que emplea son T-SQL y ANSY SQL. Para comprender como funciona este programa y cómo se organiza la información, es necesario conocer ciertos aspectos de las bases de datos.

3.1.1 Bases de datos

Una base de datos es una herramienta que se emplea para guardar y organizar información. La necesidad de una base de datos surge cuando en un programa o en una hoja de cálculo se dispone de una lista que aumenta constantemente. A medida que crece la lista, empiezan a aparecer repeticiones e inconsistencias en los datos y en consecuencia resulta más complicado comprender los datos almacenados en la lista, además se dificulta el acceso con eficacia a los mismos. Es entonces cuando es necesario un sistema de administración de bases de datos (DBMS) Para este proyecto se empleará el software SQL SERVER ©.

Las bases de datos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Según su ubicación:

- 1- Bases de datos locales: en este tipo base de datos y usuario están ubicados en el mismo ordenador. Son fáciles de manejar en modo local siempre que no se almacenen grandes cantidades de información
- 2- Bases de datos centralizadas: en este caso la base de datos completa esta almacenada en un mismo servidor al que acceden los usuarios a través de la red.
- 3- Bases de datos distribuidas: la información está repartida en distintos lugares unidos entre sí mediante la red y un sistema gestor de bases de datos distribuidas. Los diferentes puntos de información suelen encontrarse en diferentes localizaciones geográficas. La gran ventaja de estas bases de datos es la posibilidad de ubicar los datos en lugares donde se necesitan con más frecuencia. Esto agiliza el acceso a la información en las ubicaciones locales. Además si se produce un en alguna de las ubicaciones de la información el sistema puede seguir funcionando si los datos de esa ubicación.

-Según la organización de la información:

- 1- Bases de datos jerárquicas: los datos se organizan utilizando estructuras jerárquica en árbol.
- 2- Bases de datos en red: en estas bases de datos se utiliza una estructura de grafo/red.
- 3- Bases de datos relacionales: Esta es la estructura más extendida en los programas de gestión y el empleado por SQL SERVER ©. Consiste en organizar los datos en forma de tablas, las relaciones entre los objetos se consiguen incluyendo en la tabla referencias o claves a otros objetos.
- 4- Bases de datos orientadas a objetos: almacenan los objetos al completo (estado y comportamiento). La información que contienen se organiza en atributos y el comportamiento en operaciones.
- 5- Bases de datos multidimensionales: en este tipo los datos se almacenan en tablas de múltiples dimensiones en vez de tablas bidimensionales como en el caso de las relacionales. Se utilizan para grandes volúmenes de información.

3.1.2 SQL Server Management Studio

Para obtener acceso, configurar, administrar y desarrollar todos los componentes de SQL Server © se dispone de SQL Server Management Studio que combina un amplio grupo de herramientas gráficas con una serie de editores de script enriquecidos que nos permiten acceder a SQL Server ©.

Este proyecto no se centra en crear o gestionar una BD sino que se va a centrar más en el acceso a los datos almacenados en una BD existente. Para el acceso a la BD SQL dispone de un lenguaje que nos permite realizar consultas a la BD.

Lenguaje SQL (Structured Query Language)

SQL es el lenguaje más utilizado por los Sistemas Gestores de Bases de Datos Relacionales. Es un lenguaje declarativo, es decir, para emplear este lenguaje sólo es necesario indicar qué es lo que se quiere hacer. La principal característica de SQL es su similitud con el lenguaje natural, con el inglés más concretamente, debido a su sencillez este lenguaje está muy extendido en el acceso a los sistemas relacionales. Cada sistema gestor dispone de una versión propia de este lenguaje, para este proyecto se denomina TRANSACT-SQL.

Es un lenguaje destinado a la definición y al acceso a los datos por lo que no es considerado un lenguaje de programación como tal debido a que no ofrece otras funcionalidades propias de los lenguajes de programación.

El software de SQL server © permite ejecutar interactivamente nuestras consultas pero lo realmente interesante es que es posible incluir dichas consultas en lenguajes de programación convencionales. Los programas mezclarían las instrucciones del lenguaje de programación que emplee dicho programa con las llamadas de acceso a la base de datos.

En el sistema creado el programa anfitrión será Matlab ®.

Las instrucciones SQL se pueden clasificar en tres grupos según su finalidad:

- DDL (Data Definition Language – Lenguaje de Definición de Datos): son instrucciones que se emplean para la definición de las bases de datos. Poseen sentencias que nos permiten definir la estructura de la BD creada permitiendo crear, modificar o eliminar tablas, crear índices, definir reglas de validación de datos, relaciones entre las tablas, etc. En resumen, permite definir la estructura interna de la base de datos. Estas instrucciones son empleadas generalmente por el administrador de la BD.
- DLC (Data Control Language – Lenguaje de Control de Datos): son instrucciones que permiten ejercer un control sobre los datos en tareas como la asignación de privilegios de acceso a los mismos. También permiten la gestión de transacciones. Una transacción son un conjunto de acciones que se han de realizar en pro de conservar la integridad de la BD.
- DML (Data Manipulation Language – Lenguaje de Manipulación de Datos): son instrucciones cuya finalidad es el manejo de los datos existentes en una BD. Permiten insertar nuevos datos, editar los datos ya existentes, eliminarlos o recuperar datos de la BD. La recuperación de datos es la instrucción más potente y la que se empleará en este proyecto para la realización de las consultas. Indicando tan solo la ruta devolverá el listado completo de valores almacenados e incluso se podrán filtrar dicha consulta según convenga.

3.2 MATLAB

Matlab ® (laboratorio de matrices) es un entorno de desarrollo integrado (IDE) extendido en el ámbito científico-tecnológico gracias a la gran cantidad de prestaciones que ofrece. Emplea un lenguaje de alto nivel denominado lenguaje M, que está basado en lenguaje en C y en el lenguaje de Fortran lo que le provee de la posibilidad de ejecutar rutinas escritas en dicho lenguaje de programación.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Entre las funciones más importantes que ofrece Matlab ® se encuentran:

-Cálculo numérico: este software dispone de múltiples métodos para el cálculo y el análisis de datos, así como para el desarrollo de algoritmos. Para facilitar ciertos cálculos complejos habituales en el ámbito de la ingeniería dispone de funciones matemáticas que realizan dichos cálculos de forma rápida y sencilla.

Algunos de dichos métodos que emplea son:

- Interpolación y regresión
- Diferenciación e integración
- Sistemas lineales de ecuaciones
- Análisis de Fourier
- Valores propios y valores singulares
- Ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO)
- Matrices dispersas

-Análisis y visualización de datos: permite acceder, analizar y visualizar datos de manera rápida y sencilla. La adquisición de datos puede proceder de otras aplicaciones, bases de datos o dispositivos externos entre otros. Esto es posible gracias a las funciones de E/S. También gracias a productos que complementan a Matlab ® se pueden obtener datos de dispositivos de Hardware.

Para el análisis dispone de herramientas que permiten gestionar, filtrar y preprocesar datos. Una de las herramientas más potentes de Matlab ® son las funciones que dispone para la creación de gráficos en 2D y 3D, que además pueden ser personalizados.

-Programación y desarrollo de algoritmos: Matlab ® dispone de un lenguaje propio de programación de alto nivel y herramientas de desarrollo que permiten desarrollar funciones eficazmente y de manera más rápida ya que no son necesarias tareas propias de lenguajes de bajo nivel tales como la declaración de variables. Además esto hace que los programas creados sean más simples que en otros lenguajes de bajo nivel.

Este tipo de programación proporciona soporte nativo para operaciones con vectores y matrices lo que convierte a este programa en una parte fundamental a la hora de resolver problemas del ámbito de la ingeniería.

Además dispone de una serie de herramientas que ayudan en el desarrollo de comandos, algunas de ellas son:

- Ventana de comandos: la introducción de comandos y la introducción de los datos se realiza de manera interactiva lo que facilita el manejo del programa de cara a realizar pequeñas pruebas en nuestro código.

- Editor: permite editar y depurar nuestro código.
- Analizador de código: o compilador que analiza el código generado en busca de errores y sugiere las posibles correcciones a dichos errores.
- Profiler: identifica áreas que puedan afectar al rendimiento de nuestro programa y recomienda las modificaciones que subsanarían dichos problemas.

Otras herramientas adicionales comparan código y archivos de datos, además de proporcionar informes que muestran las dependencias de archivo, los recordatorios anotados y la cobertura del código.

Además de todo lo mencionado anteriormente permite la integración con otros lenguajes y aplicaciones escritas en otro lenguaje de programación. Gracias a esto existe la posibilidad de ejecutar código directamente escrito en otros lenguajes como C, C++ o Java © entre otros.

Desarrollo y distribución de aplicaciones

Matlab ® dispone de una serie de herramientas y complementos que permiten desarrollar y distribuir aplicaciones. Además es posible compartir estas aplicaciones con otros usuarios de Matlab ® o compartirlas libremente con otros usuarios que no dispongan de Matlab ®.

3.2.2 OCTAVE

Uno de los grandes inconvenientes que presenta Matlab ® es que no es un programa libre, por lo que para trabajar con él es necesario disponer de una licencia. Si no se dispone de dicha licencia existe una alternativa llamada Octave.

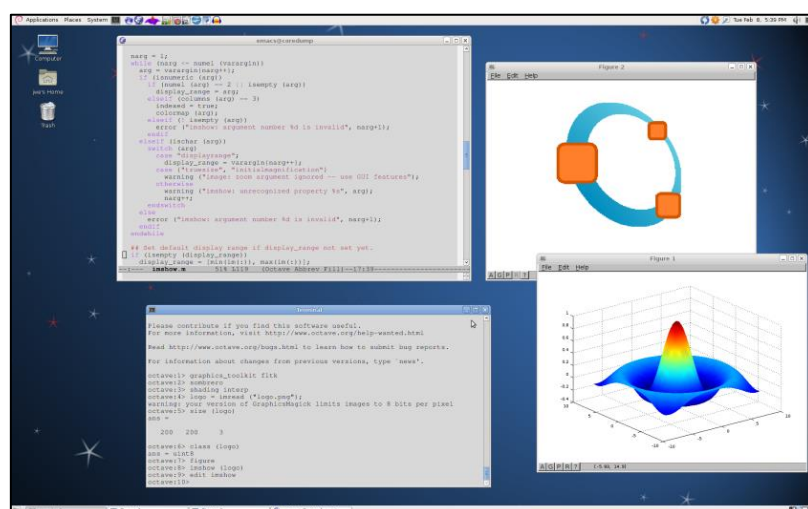


Fig. 3.1 Octave [Fuente GNU.org]

Es un software libre que está actualmente en desarrollo dentro del proyecto GNU (GNU Is Not Unix) el cual pretende desarrollar software totalmente libre de código abierto. Octave permite realizar gran parte de las funciones mencionadas anteriormente de las que dispone Matlab ®. Además el lenguaje de programación de Octave es muy similar al lenguaje de Matlab ®, por todo esto se puede definir a Octave como la versión libre de Matlab ®.

Pese a disponer de gran parte de las utilidades que ofrece Matlab ®, este software aún se encuentra en fase de desarrollo por lo que la compatibilidad Matlab-Octave no está implementada al 100%.

3.3 SOFTWARE ELSPEC

El software desarrollado por Elspec © engloba un conjunto de aplicaciones para la gestión de calidad eléctrica enfocadas en función de las necesidades del usuario. Las aplicaciones empleadas en este proyecto son el PQSCADA y el Investigator.

3.3.1 PQSCADA

El PQSCADA (Power Quality Management Software Suite), es un software diseñado específicamente para gestionar todos los aspectos de los datos de calidad del suministro. Este programa constituye el corazón de la serie de dispositivos conectados a la red. Se encarga de identificar, monitorear y analizar con detalle todos los datos de PQ que le sean transmitidos. El flujo de datos dicho sistema puede ser descrito como sigue:

-Descarga: recoge todos los datos necesarios que se han registrado de forma continua por los equipos de medida BLACKBOX. Los datos recibidos están en el formato de archivo comprimido PQZIP.

-Procesado: los datos una vez son recibidos, PQSCADA se encarga de procesarlos y organizarlos para poder acceder y almacenarlos rápidamente. Este software calcula una amplia gama de parámetros eléctricos a partir de los datos contenidos en el PQZIP. Los datos PQZIP reorganizados y los parámetros calculados con estadísticas incluidas, son almacenados y están disponibles en la red para su posterior uso.

-Envío: toda la información eléctrica, incluyendo notificaciones de eventos, son enviadas a través de una puerta de enlace de comunicación.

-Visualización: los datos detallados pueden ser analizadas fácilmente por cualquiera en cualquier ubicación. El Software Investigator nos ofrecerá una imagen inmediata y comprensible de todo lo que pasó dentro de la red.

Dentro de las ventajas de este software cabe destacar el detalle y precisión en las medidas tomadas, que permiten identificar datos registrados durante un año con hasta una milésima de segundo de precisión. Puede identificar más de 10.000 parámetros de calidad eléctrica. También permite sincronizar un gran número de equipos de medida de una zona concreta o de diferentes zonas agrupándolo en nodos o en respectivamente

3.3.2 Investigator

Este programa se centra en ofrecer resultados detallados sobre una amplia gama de parámetros eléctricos (RMS, frecuencias, armónicos...etc). Al igual que el PQSCADA ofrece una gran precisión en los datos que ofrece, pudiendo representarlos gráficamente en el tiempo. La característica más útil de este programa reside en la posibilidad de generar informes de calidad del suministro eléctrico según la Norma que deseemos aplicar. Para el análisis y el monitoreo de los datos el Investigator cuenta con una serie de herramientas:

Gráficos de tendencias: se emplean para identificar, controlar y analizar con gran detalle la calidad eléctrica para una gran variedad de parámetros eléctricos en cualquier intervalo de tiempo. Las tendencias son una de las herramientas de investigación más importante para PQ y están equipados con todos los controles que permiten controlar fácilmente, comparar, acercar o alejar con gran detalle PQ.

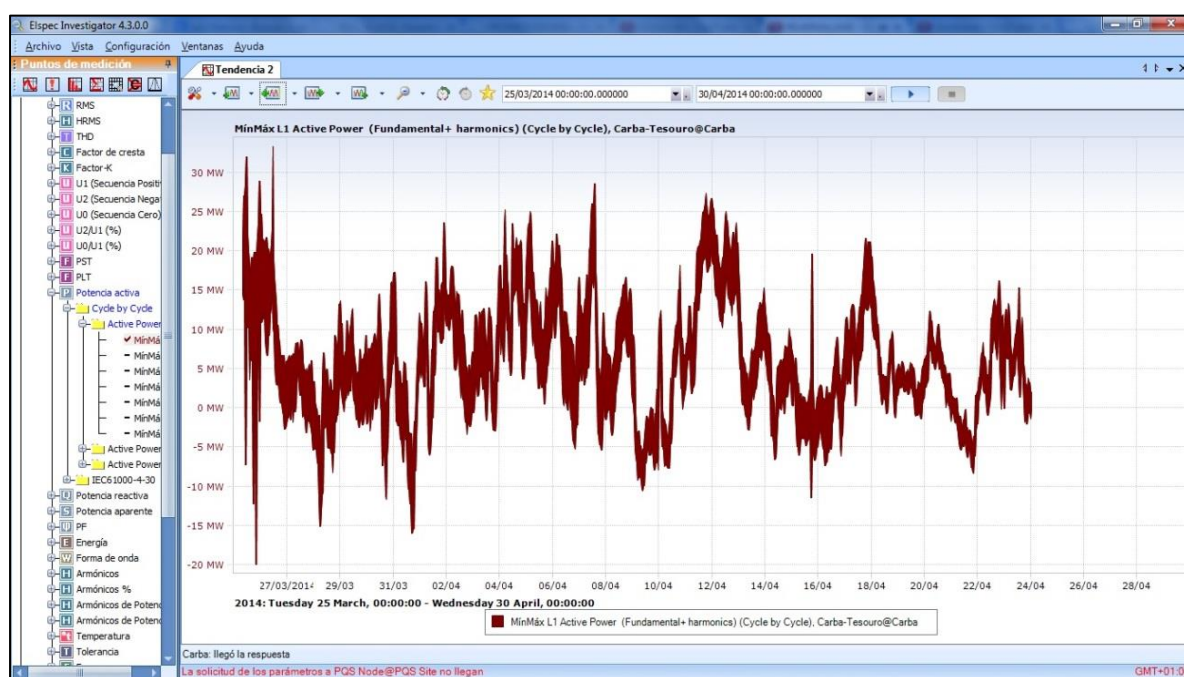


Fig. 3.2 Gráfico de tendencia

Gráfico del espectro armónico: esta herramienta nos muestra el espectro de armónicos hasta el 511 en el periodo que seleccionemos y para el parámetro escogido.

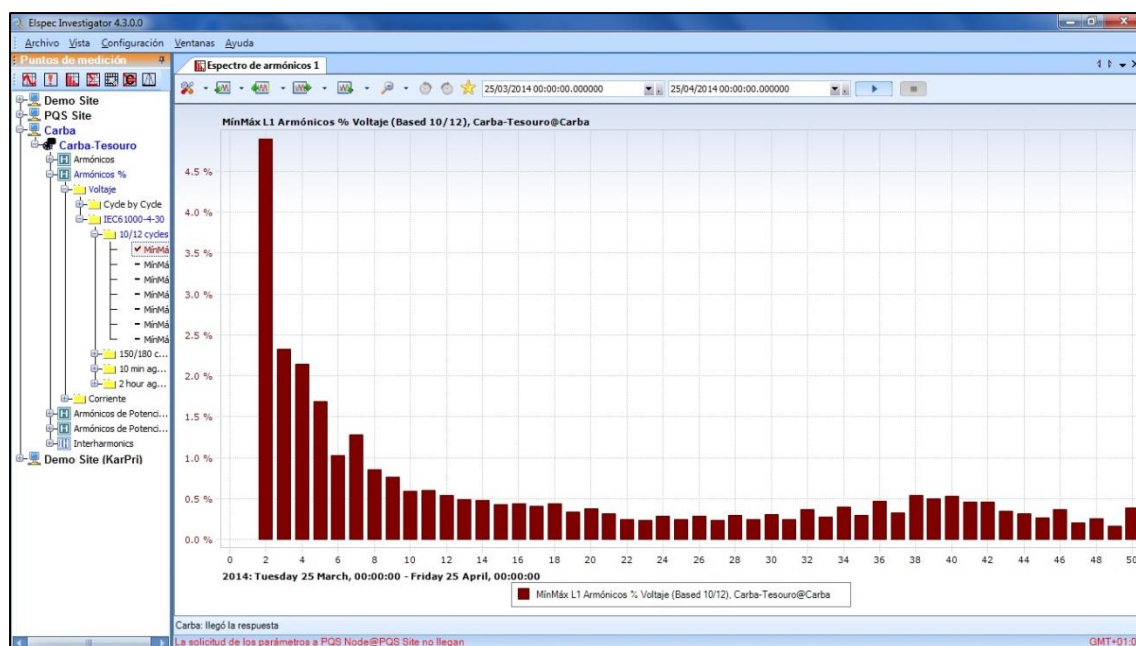


Fig. 3.3 Espectro armónico

Tabla de eventos: se muestra una tabla de los eventos registrados continuamente por el dispositivo de acuerdo con la configuración del dispositivo para las condiciones definidas por el usuario para el cumplimiento de calidad. El cumplimiento de la calidad de potencia es un conjunto de parámetros medidos eléctricamente que normalmente se calcula en base a intervalos definidos previamente. Para la mayoría de los parámetros de calidad en la ventana de observación se representa una semana, sin embargo los intervalos de tiempo pueden ser cambiados. La Tabla de eventos también incluye cualquier evento del sistema. Existen más de 50 eventos del sistema personalizados y definidos por el usuario.

ID	Nombre	Fase	Severidad	Tempo de arranque	Duración	Tempo de fin	Valor	Unidades	Desviación	Fuente de evento
26019	Caída de voltaje	1,2,3	60	25/03/2014 21:28:18.250	00:00:00.0899389	25/03/2014 21:28:18.340	64832	volt	14.85259%	Carba-Tesouro@Carba
86358	Caída de voltaje	1,2,3	40	25/03/2014 21:28:18.233	00:00:02.9801629	25/03/2014 21:28:21.214	7.514384	%	7.470703%	Carba-Tesouro@Carba
83164	Cambios rápidos de voltaje	1,2,3	37	15/04/2014 18:58:20.274	00:00:03.0012800	15/04/2014 18:58:23.275	5.706933	%	5.664063%	Carba-Tesouro@Carba
66039	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	27/03/2014 00:00:01.516	02:00:00	27/03/2014 02:00:01.516	1.151891		15.18555%	Carba-Tesouro@Carba
53843	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	17/04/2014 01:00:01.142	02:00:00	17/04/2014 03:00:01.142	1.108609		10.83984%	Carba-Tesouro@Carba
57822	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	16/04/2014 11:00:01.198	02:00:00	16/04/2014 13:00:01.198	1.184707		18.45703%	Carba-Tesouro@Carba
97532	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	02/04/2014 19:00:01.006	02:00:00	02/04/2014 21:00:01.006	1.195751		19.53125%	Carba-Tesouro@Carba
98626	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	07/04/2014 23:00:00.849	02:00:00	08/04/2014 01:00:00.849	1.190017		18.99414%	Carba-Tesouro@Carba
29362	Flickering fuera de rango	2,3	21	15/04/2014 05:00:01.515	02:00:00	15/04/2014 07:00:01.515	1.115808		11.57227%	Carba-Tesouro@Carba
38053	Flickering fuera de rango	2,3	21	16/04/2014 05:00:00.418	02:00:00	16/04/2014 07:00:00.418	1.1259		12.54883%	Carba-Tesouro@Carba
41289	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	08/04/2014 03:00:00.933	02:00:00	08/04/2014 05:00:00.933	1.186681		18.65234%	Carba-Tesouro@Carba
2088	Flickering fuera de rango	2,3	21	27/03/2014 02:00:01.178	02:00:00	27/03/2014 04:00:01.178	1.109014		10.88867%	Carba-Tesouro@Carba
10535	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	29/03/2014 04:00:00.974	02:00:00	29/03/2014 06:00:00.974	1.146428		14.59961%	Carba-Tesouro@Carba
20040	Flickering fuera de rango	1,2,3	21	07/04/2014 21:00:00.546	02:00:00	07/04/2014 23:00:00.546	1.136549		13.62305%	Carba-Tesouro@Carba
20587	Flickering fuera de rango	2	20	07/04/2014 17:00:00.981	02:00:00	07/04/2014 19:00:00.981	1.036419		3.613281%	Carba-Tesouro@Carba
21137	Flickering fuera de rango	1,3	20	27/03/2014 16:00:01.027	02:00:00	27/03/2014 18:00:01.027	1.013777		1.367188%	Carba-Tesouro@Carba
21320	Flickering fuera de rango	2,3	20	25/03/2014 10:00:00.831	02:00:00	25/03/2014 12:00:00.831	1.022325		2.197266%	Carba-Tesouro@Carba
25200	Flickering fuera de rango	2,3	20	16/04/2014 15:00:01.320	02:00:00	16/04/2014 17:00:01.320	1.000807		0.0488213%	Carba-Tesouro@Carba
13371	Flickering fuera de rango	2,3	20	15/04/2014 13:00:01.302	02:00:00	15/04/2014 15:00:01.302	1.05962		5.957031%	Carba-Tesouro@Carba
13554	Flickering fuera de rango	1,2,3	20	02/04/2014 17:00:00.183	02:00:00	02/04/2014 19:00:00.183	1.076716		7.666016%	Carba-Tesouro@Carba
44686	Flickering fuera de rango	1,2	20	13/04/2014 15:00:00.739	02:00:00	13/04/2014 17:00:00.739	1.024018		2.392578%	Carba-Tesouro@Carba
46057	Flickering fuera de rango	2,3	20	16/04/2014 03:00:00.625	02:00:00	16/04/2014 05:00:00.625	1.06534		6.494141%	Carba-Tesouro@Carba
31558	Flickering fuera de rango	2	20	15/04/2014 21:00:00.394	02:00:00	15/04/2014 23:00:00.394	1.082914		8.251953%	Carba-Tesouro@Carba
33559	Flickering fuera de rango	1,2,3	20	08/04/2014 05:00:00.528	02:00:00	08/04/2014 07:00:00.528	1.061233		6.103516%	Carba-Tesouro@Carba
34484	Flickering fuera de rango	1,2,3	20	16/04/2014 09:00:00.545	02:00:00	16/04/2014 11:00:00.545	1.091558		9.130859%	Carba-Tesouro@Carba
34943	Flickering fuera de rango	1,2,3	20	08/04/2014 01:00:00.625	02:00:00	08/04/2014 03:00:00.625	1.089256		8.886719%	Carba-Tesouro@Carba
35317	Flickering fuera de rango	1,2,3	20	26/03/2014 22:00:01.158	02:00:00	27/03/2014 00:00:01.158	1.05131		5.126953%	Carba-Tesouro@Carba
10264	Flickering fuera de rango	1	20	03/04/2014 01:00:00.526	02:00:00	03/04/2014 03:00:00.526	1.024662		2.441406%	Carba-Tesouro@Carba
107133	Flickering fuera de rango	1,2,3	20	16/04/2014 07:00:00.626	02:00:00	16/04/2014 09:00:00.626	1.034508		3.417969%	Carba-Tesouro@Carba
107680	Flickering fuera de rango	1,3	20	16/04/2014 13:00:01.546	02:00:00	16/04/2014 15:00:01.546	1.031098		3.076172%	Carba-Tesouro@Carba

Fig. 3.4 Tabla de eventos

Cuadro resumen: es una tabla que incluye un resumen de todos los parámetros medidos seleccionados incluyendo el mínimo, máximo y promedio de dichos parámetros para cualquier período seleccionado. Esta pantalla proporciona una vista instantánea del estado de la red general.

ID	Name	Phase	Severity	Start Time	Duration	End Time	Value	Units	Deviation	Event Source
45862	Voltage Dip	1,2,3	162	15/06/2012 15:13:...	00:00:00.289...	15/06/2012 15:13:...	4371.5	Volt	65.5761...	Main 22KV@Demo Site (...)
45863	Voltage Dip	1,2,3	85	15/06/2012 15:13:...	00:00:00.084...	15/06/2012 15:13:...	9225.5	Volt	27.3437...	Main 22KV@Demo Site (...)
45864	Voltage Dip	1,2,3	72	15/06/2012 15:13:...	00:00:00.119...	15/06/2012 15:13:...	10065	Volt	20.7519...	Main 22KV@Demo Site (...)
45865	Voltage Dip	1	55	15/06/2012 15:13:...	00:00:00.019...	15/06/2012 15:13:...	11092	Volt	12.6464...	Main 22KV@Demo Site (...)
45866	Voltage Dip	2	53	15/06/2012 15:13:...	00:00:00.020...	15/06/2012 15:13:...	11204	Volt	11.7675...	Main 22KV@Demo Site (...)
45867	Voltage Dip	3	50	15/06/2012 15:13:...	00:00:00.020...	15/06/2012 15:13:...	11409	Volt	10.1562...	Main 22KV@Demo Site (...)
45872	Voltage Dip	1,2,3	165	16/06/2012 11:08:...	00:00:00.460...	16/06/2012 11:08:...	4230.5	Volt	66.6503...	Main 22KV@Demo Site (...)
45873	Voltage Dip	2	68	16/06/2012 11:08:...	00:00:00.020...	16/06/2012 11:08:...	10246	Volt	19.2871...	Main 22KV@Demo Site (...)
87034	Voltage Dip	2	206	03/07/2012 18:21:...	00:00:00.029...	03/07/2012 18:21:...	1494.5	Volt	88.2324...	Main 22KV@Demo Site (...)

Fig. 3.5 Cuadro resumen

Tabla de Tendencias: es una representación de una tabla que muestra los datos de calidad eléctrica continuos a lo largo de una amplia gama de parámetros eléctricos en cualquier intervalo de tiempo seleccionado en formato de tabla.

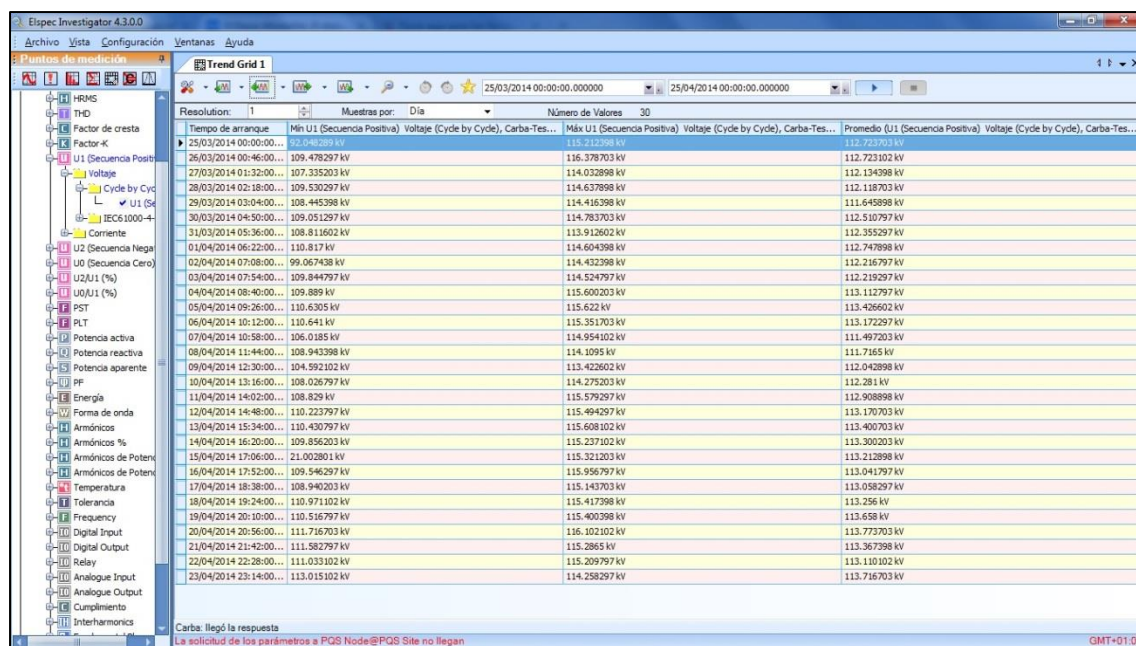


Fig. 3.6 Tendencias

Curva CBEMA: la curva CBEMA (Computer & Business Equipment Manufacturer's Association) describe qué variaciones de los parámetros objeto de estudio pueden ser típicamente toleradas sin interrupción de funcionamiento. El área blanca representa la "zona conforme" o eventos aceptables mientras que las zonas rojas son las no conformes o zonas "fuera de límites". En el gráfico se puede observar no sólo los acontecimientos que son compatibles, sino también la gravedad o el nivel de incumplimiento. Eventos que tienen grandes desviaciones y duraciones largas caen profundamente en la "zona roja", mientras que los eventos con desviaciones pequeñas y duraciones más cortas caen en la zona blanca.

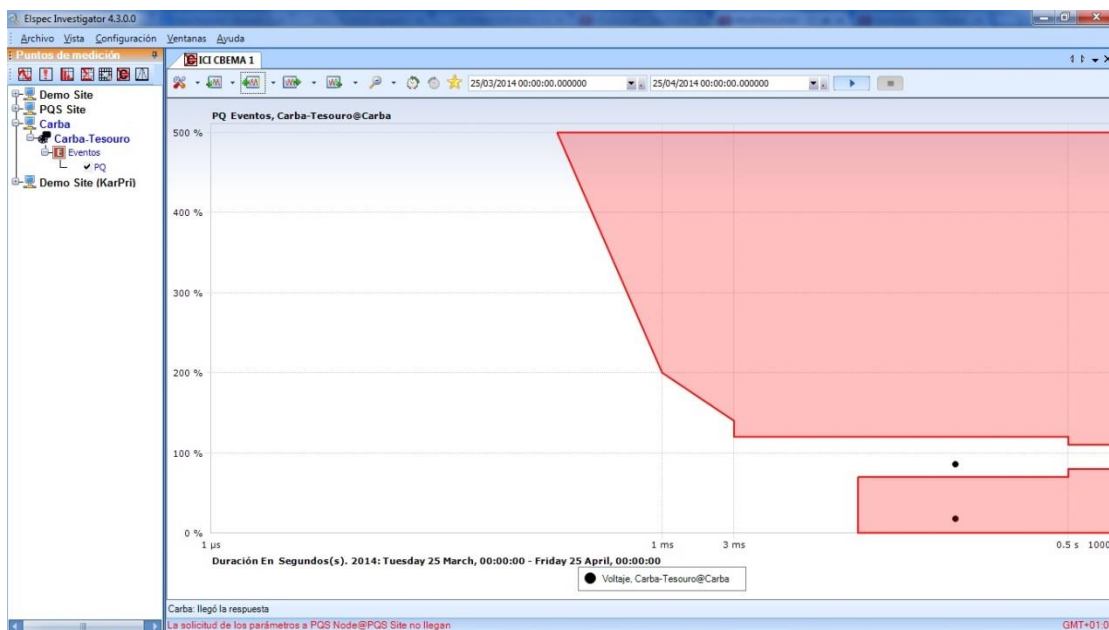


Fig. 3.7 Curva CBEMA

Cuadros estadísticos: están diseñados para dar una indicación del estado de la red en un período de tiempo. De ellos se pueden obtener estadísticas de los parámetros eléctricos que deseemos observar. Funciona de la misma forma que histograma, donde los parámetros medidos se agrupan en grupos de valores mínimos, medios y máximos en forma porcentual. En general, estos cuadros ofrecen una indicación de lo que está sucediendo dentro de la red en lo que respecta a los grupos de estadísticos observados.

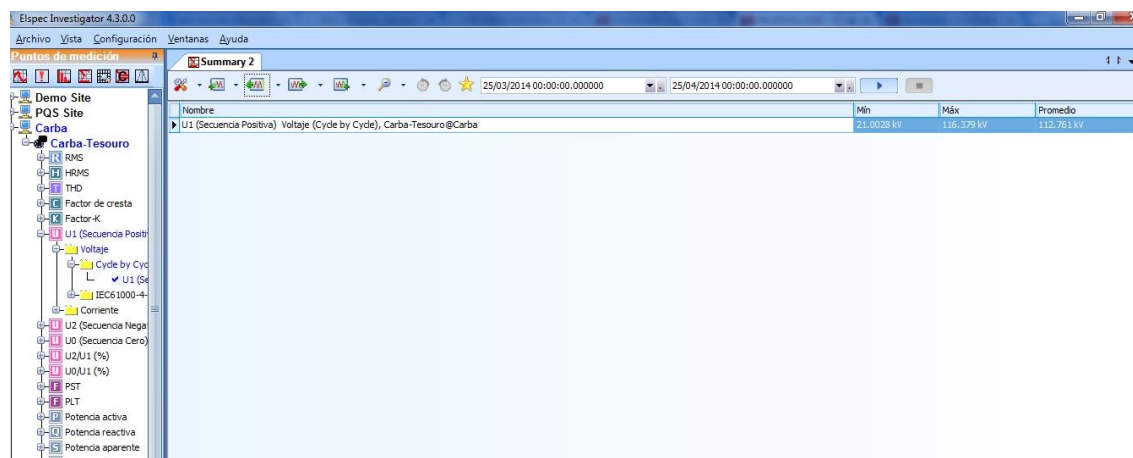


Fig.3.8 Cuadro estadístico

3.3.3 Funcionamiento

El sistema PQSCADA Enterprise es un conjunto de programas que se deben instalar en el ordenador desde el que se va a trabajar. Mediante él se monitorizan los datos analizados por los dispositivos BLACKBOX.

El sistema estará compuesto por:

PQSCADA Management Studio: es el encargado de configurar el PQSCADA Server con para poder verificar el estado de todos los componente del sistema.

PQSCADA Server: es un servicio de Windows ©, que funciona en un segundo plano cuando el resto de programas no están funcionando.

Aplicación del cliente: es la aplicación encargada de visualizar y generar los informes de los datos procesados por el sistema. Esta aplicación se denomina investigador.

MS SQL Storage: es un motor de base de datos SQL (en nuestro caso SQL Server ©) que utiliza el servidor PQSCADA para almacenar y procesar los datos.



Fig.3.9 Esquema estructura comunicación en el sistema [Fuente:user manual.pdf]

3.3.4 G4K BLACKBOX

El G4400 BLACKBOX es un equipo de medida que proporciona una solución para el análisis de la calidad eléctrica permanentemente. A sus capacidades hay que añadir su versatilidad para adaptarse a las necesidades y requerimientos del usuario final. Estos equipos de medida utilizan un sistema de compresión propio denominado PQZIP.

El PQZIP es un algoritmo de compresión diseñado por Elspec ©. Este sistema de compresión permite al G4k grabar y almacenar todas las ondas eléctricas por periodos prolongados sin saltos entre los datos. En este formato se pueden llegar a almacenar 1000 veces más información que en otros formatos convencionales. Gracias a esto estos equipos poseen una gran precisión superando los requisitos mínimos exigidos por la norma IEC 61000-30. Estos equipos cuentan además con una configuración libre de los umbrales y está perfectamente configurado para funcionar con cualquier sistema SCADA. Los parámetros proporcionados por este dispositivo se rigen por los estándares EN 50160 y IEC 61000-30. Los datos registrados pueden ser analizados a través de cualquier red y en cualquier ubicación remota, además de poder monitorizar en tiempo real algunos parámetros de la red.



Fig.3.10 G4400 series BLACKBOX [Fuente: manual g4k user]

3.4 LATEX

Latex es un software libre que se emplea para la elaboración de documentos de gran calidad tipográfica. Su uso está ampliamente extendido en el ámbito científico- tecnológico para la generación de artículos y libros con gran cantidad de expresiones matemáticas, pero las posibilidades que ofrece permiten su uso en cualquier tipo de documento o ámbito.

No es un procesador de textos convencional, ya que separa claramente el contenido, del formato de un documento. Esto permite que el escritor se centre en la parte creativa de la obra, mientras que el sistema se encargará de plasmar esas ideas en un documento de alta calidad profesional.

Otra de las ventajas de latex es que realiza de manera automática tareas repetitivas y tediosas tales como numerar capítulos, figuras o crear un índice con referencias cruzadas entre otras.

Para la creación de documentos, latex emplea el lenguaje de comandos denominado Tex. Tex es un lenguaje de bajo nivel, es decir, las acciones finales son muy elementales. Mediante dichos comandos introducimos parámetros del documento tales como formato documento (artículo, informe..), tipo de letra, tamaño de letra, márgenes, encabezados...etc.

Latex es un software de código abierto por lo que cuenta con una gran comunidad la cual favorece el desarrollo de nuevos recursos y mejoras para este sistema.

Para este proyecto se ha empleado proText, que es un entorno integrado de desarrollo (IDE) diseñado para ejecutar Latex en Windows ©. Este paquete de software incluye una serie de complementos para redactar, dar formato o convertir los archivos al formato deseado.

3.4.1 Funcionamiento

Para crear un documento en Latex se siguen los siguientes pasos:

-Creación del fichero de entrada: este fichero incluye el texto plano sin formato que vamos a mostrar nuestro documento, además incluirá una serie de indicaciones dadas mediante los comandos de Tex, que proporcionarán a Latex la información necesaria para la maquetación y composición del documento final.

-Compilación: una vez que se ha creado el fichero anteriormente citado, ha de ser procesado. Esta tarea la realiza el compilador de Latex, que analiza todas las indicaciones que se incluyan en nuestro fichero de entrada. El resultado de esta compilación son una serie de ficheros auxiliares y un fichero con extensión .dvi que incluye los resultados del procesado.

-Visualización: el último paso consiste en transformar el fichero o ficheros .dvi a otro formato. En nuestro caso el formato final será PDF aunque también admite otros formatos de salida.

3.5 NETBEANS

Es una plataforma de código abierto o entorno de desarrollo integrado libre (IDE) desarrollada en su totalidad en Java ©. Este software se fundamenta en el desarrollo de las aplicaciones por medio de un conjunto de módulos. Un módulo es un archivo que contiene clases de Java © (programación orientada a objetos) las cuales se comunican con las APIs (interfaz de programación de aplicaciones) del programa.

Para identificar estos módulos se dispone de un archivo especial que los identifica.

Cada módulo añade funcionalidades concretas al software.

La principal ventaja de esta modularidad en las aplicaciones desarrolladas en Netbeans © es que pueden ser ampliadas añadiendo más módulos que a su vez pueden ser desarrollados independientemente de las aplicaciones. Esto ha propiciado que este software disfrute de un gran éxito y disponga de una gran comunidad de usuarios que está en constante crecimiento.

La versión con la que se va a trabajar en este proyecto es la 8.0.2. Esta versión soporta el desarrollo de todo tipo de aplicaciones Java:

- J2SE
- Aplicaciones Web
- EJB
- Aplicaciones móviles

El sistema de desarrollo de las aplicaciones se organiza en proyectos. Netbeans © además dispone de gran cantidad de herramientas para facilitar el desarrollo de dicha aplicación. Como se detallará en el apartado 4.1,

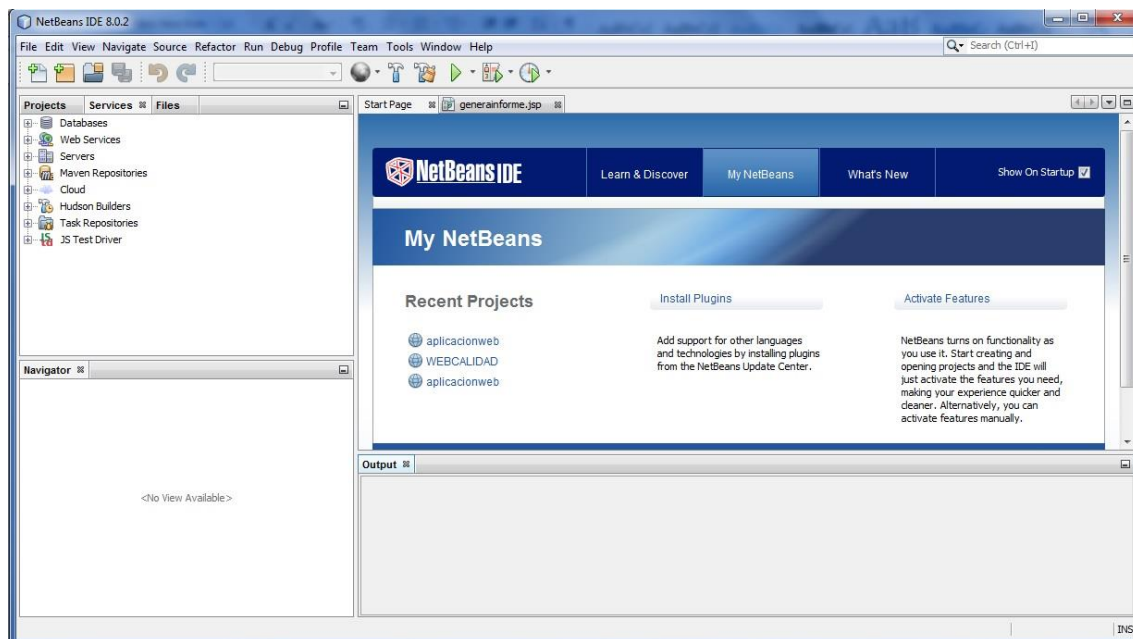


Fig. 3.11 Entorno Netbeans ©

4 DESARROLLO DEL PROYECTO

4 DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	56
4.2 METODOLOGÍA.....	57
4.3 BASE DE DATOS.....	59
4.3.1 Estructura base de datos PQSCADA.....	60
4.3.2 Acceso a la Base de Datos.....	61
4.3.3 Filtrado de datos.....	65
4.4 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI).....	67
4.4.1 Planteamiento necesidades a cubrir por GUI.....	67
4.4.2 Servidor.....	68
4.4.3 Estructura aplicación web.....	69
4.5 DESARROLLO DE INFORMES CON LATEX.....	70
4.5.1 Introducir gráficas en Latex.....	71
4.5.2 Insertar tablas con datos.....	71
4.5.3 Mostrar u ocultar datos.....	72
4.6 MATLAB.....	72
4.6.1 Función principal (principal.m).....	72
4.6.2 Programas análisis parámetros eléctricos.....	74
4.7 RESUMEN DE FICHEROS.....	82

4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Inicialmente disponemos de la red de distribución de Eon en el norte de España. En la cual se han situado una serie de equipos G4k blackbox los cuales registran las medidas según la clase A expuesta en la Norma UNE EN 61000-4-30 para todos los parámetros y eventos en el nodo de la red en el que están situados. Los datos obtenidos son almacenados en un formato propio del software Elspec © (PQZIP) para su posterior procesado por el PQSCADA. Dentro del sistema PQSCADA los datos se organizan en nodos los cuales pertenecen a sitios

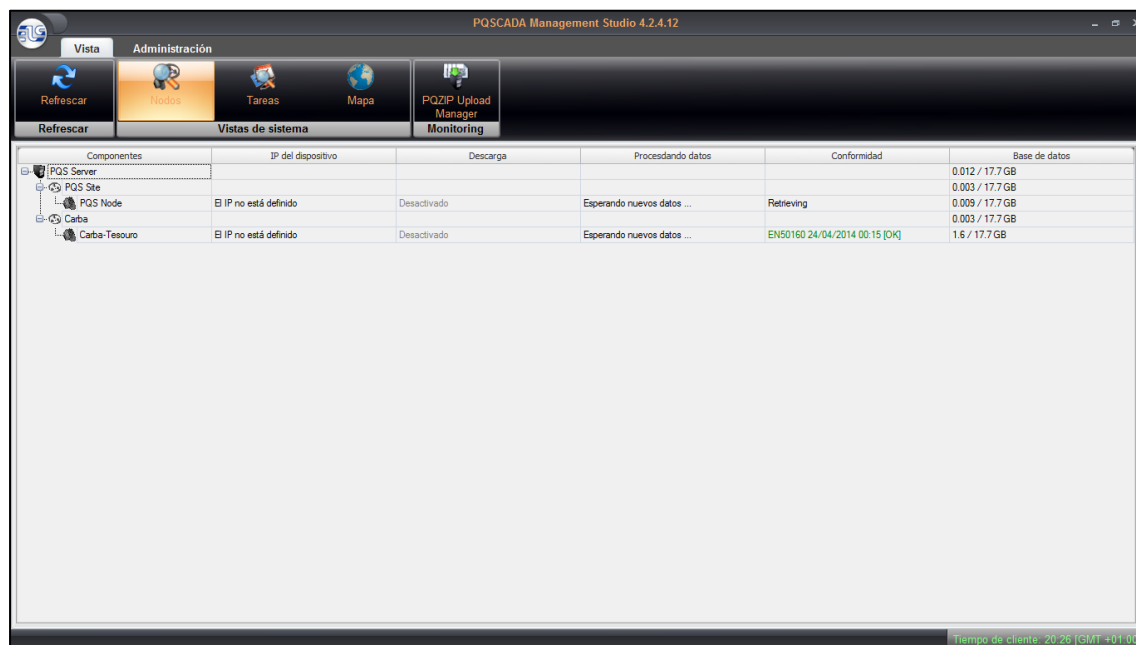


Fig.4.1 Entorno PQSCADA

Cuando se desea estudiar el comportamiento u anomalías en un nodo de la red se hace una consulta al equipo que corresponda para ese nodo. Los datos de esta consulta son procesados por el sistema PQSCADA para su posterior uso por el Investigator. Dichos datos pueden estar procesados automáticamente por PQSCADA en tiempo real o introducidos manualmente por medio de los ficheros PQZIP mencionados anteriormente.

Para el presente proyecto se emplearán datos recogidos de un nodo de la red de distribución de Eón llamado Carba-Tesouro. Estos datos serán introducidos manualmente ya que no se dispone de acceso directo a la red

Cuando se desea visualizar datos o generar un informe sobre los mismos debemos acceder al Investigator, aplicación desde la cual se pueden visualizar los datos que deseemos para un periodo de tiempo establecido, además de ofrecer la posibilidad de generar un informe del periodo de tiempo prefijado.

Hasta aquí el sistema cumple con lo deseado de cara a la monitorización y cumplimiento de los estándares en la calidad eléctrica. Pero los informes generados por el Investigator no permiten su modificación además de tener el inconveniente añadido de tener que acceder

directamente al programa para poder generar el reporte. Es aquí donde surge la necesidad de adaptar el sistema del que se dispone al usuario final pudiendo:

- Generar informes de Calidad del suministro automáticamente
- Que dichos informes puedan ser creados según las necesidades del usuario.
- Poder realizar las consultas sin necesidad de emplear el Investigator.
- Realizar consultas de manera remota.
- Automatizar la supervisión del análisis de los datos leídos.
- Simplificar el registro de eventos en la calidad del suministro

4.2 METODOLOGÍA

En primer lugar se estudia la mejor forma de proceder para alcanzar el objetivo. Para ello se define el itinerario a seguir por el sistema:

-Interfaz de usuario (GUI): permitirá al usuario realizar las consultas sobre cómo y qué quiere que se muestre en el informe. La GUI será una aplicación Web realizada con Netbeans © como se detallará en apartados posteriores.

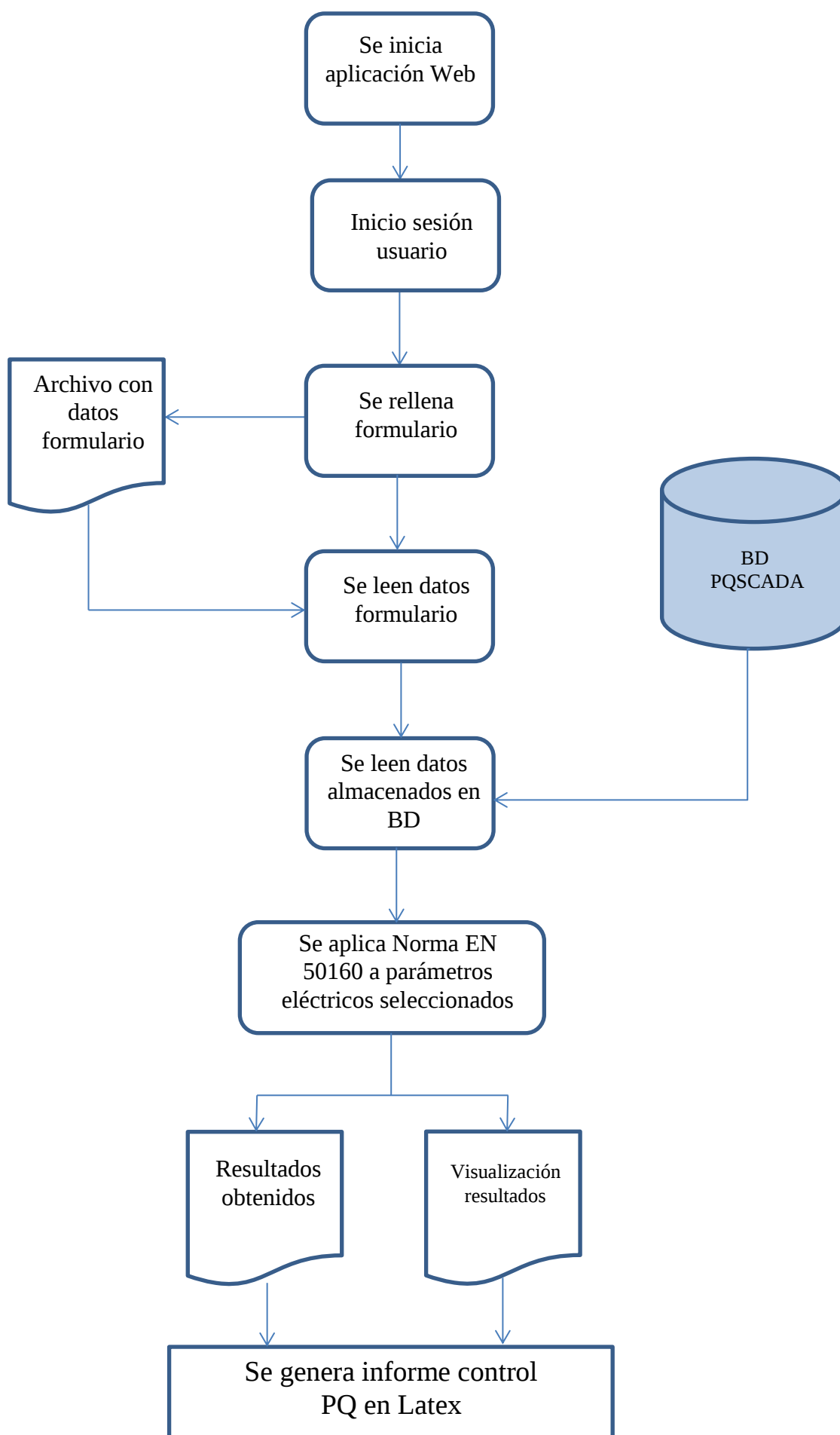
-Registro y procesado de datos: las consultas a la BD y el procesado estadístico de los datos leídos se realizarán mediante Matlab ®.

-Visualización y generación de reportes: el informe se realizará con Latex. Los diferentes parámetros que afecten al mismo así como la generación del documento final se detallarán más adelante.

En resumen, el usuario final accede a una página Web donde introduce en un formulario los parámetros que desea observar en su informe para un período de tiempo dado. Una vez rellenado dicho formulario la aplicación Web envía la consulta al programa creado en Matlab ®. El programa en Matlab ® realiza una consulta a nuestra BD de donde tomará los valores requeridos para las fechas dadas y con los valores obtenidos se realizarán los cálculos estadísticos y visualizaciones requeridos según la Norma aplicable.

Una vez procesados los datos los resultados serán transferidos a nuestra plantilla en Latex que a su vez será compilada para finalmente obtener el informe pedido en formato pdf.

El siguiente diagrama de bloques resume el orden que se seguirá en el sistema diseñado para este proyecto.



Una vez se ha definido la secuencia a seguir por el sistema, se pasa a definir en los siguientes apartados con detalle que es lo que se realiza en cada una de los programas empleados.

4.3 BASE DE DATOS PQSCADA

Los datos que se van a emplear en este proyecto proceden del Sitio de la red llamado Carba, más concretamente del nodo Carba-Tesouro. Dichos datos transcurren se corresponden con el periodo de tiempo que va desde el 24/03/2014 al 25/04/2014, un mes aproximadamente.

4.3.1 Estructura base de datos PQSCADA

Uno de los grandes problemas que presenta este proyecto es la falta de información que se posee acerca de la BD de PQSCADA. Es sabido que el Investigator accede a esta BD para realizar el estudio y visualización de los parámetros de calidad del suministro eléctrico, no obstante, se desconoce cómo realiza dichas consultas y a qué tablas de la BD accede para cada parámetro.

Tras un primer análisis de la base de datos se llega a la conclusión que los datos no están almacenados de una manera legible, es decir, el software PQSCADA dispone de una API la cual permite comunicarse correctamente con dicha BD. Debido a que dicha API requiere una licencia por parte de Elspec © de la cual se carece, se opta por seguir investigando la BD con ayuda del SQL Server management Studio y del Investigator para poder identificar los parámetros eléctricos.

Al acceder a la BD se observa que el sistema crea una BD para cada Nodo. Dentro de cada Nodo a su vez la información se organiza por medio de tablas como se muestra en la figura 4.2.

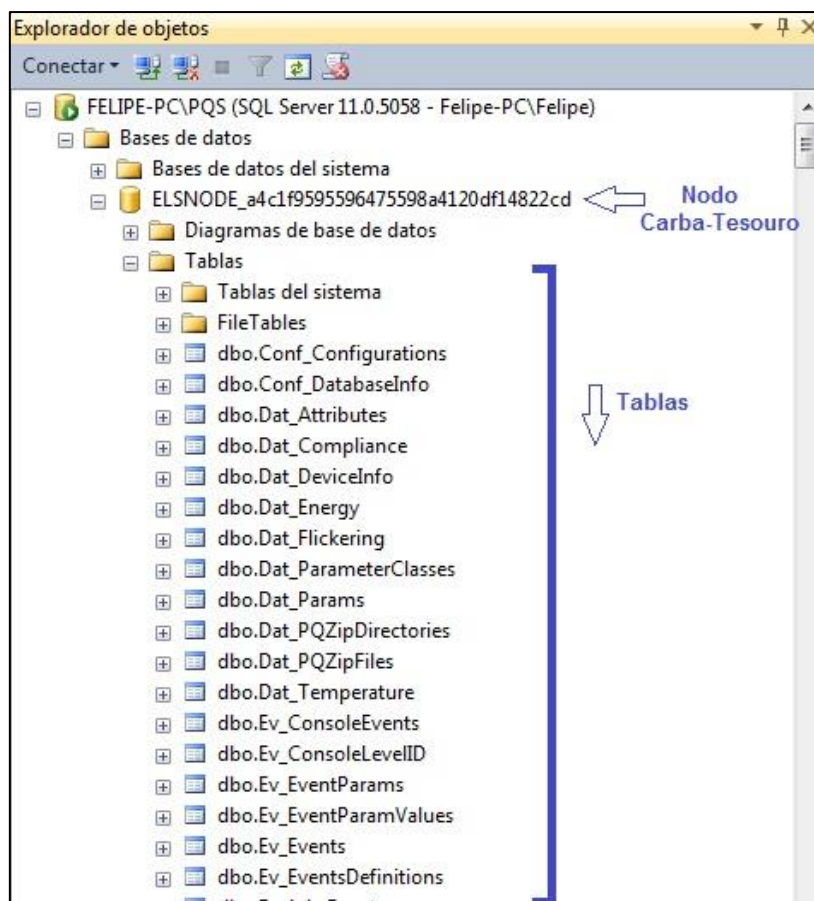


Fig.4.2 Estructura BD

Tras analizar dichas tablas se identifican los siguientes parámetros objeto de análisis por Norma que a continuación se detallan:

- Frecuencia → *Sig_Summary1_FREQUENCY*
- Flicker → *dbo.Dat_Flickering*
- Variaciones de tensión → *Sig_Summary1_TenMin_RMS_Avg*
- Desequilibrio de tensión → *Sig_Summary1_TenMin_UNBALANCE_Avg*
- THD → *Sig_Summary1_TenMin_THD_Avg*
- Huecos/sobretensiones → *Sig_Summary1_PQ_Events*

Los armónicos han sido localizados en la tabla *Sig_Summary1_TenMin_Harmonics* pero debido a su formato no ha sido posible su visualización. No obstante la Norma contempla que las tensiones armónicas pueden ser evaluadas globalmente o individualmente. Por lo que disponiendo de la tasa de distorsión armónica (THD) se cubriría el estudio de los armónicos globalmente.

A continuación se detallará como se accede a los datos que se han identificado dentro de la BD.

4.3.2 Acceso a la Base de Datos

Los datos leídos por los equipos Blackbox 44100 distribuidos a lo largo de la red eléctrica son procesados por el sistema PQSCADA y almacenados en la BD anteriormente citada.

Para poder estudiar la calidad del suministro eléctrico es necesario acceder a dichos datos.

El acceso a la BD se va a realizar por medio del servidor SQL server ©. Esta herramienta permitirá realizar consultas a la BD desde Matlab ®.

Conexión de Matlab con servidor SQL Server

Para poder conectar con las bases de datos desde Matlab ® y poder cargar los datos que se utilizarán para los cálculos necesitamos hacer uso de ODBC.

ODBC(Open Database Connectivity): Es un programa de acceso a bases de datos

Que permite acceder a cualquier dato almacenado en una base de datos desde cualquier aplicación sin importar qué sistema de gestión de bases de datos se está utilizando. Esto logra insertando una capa intermedia (CLI) denominada nivel de Interfaz de Cliente SQL entre programa y base de datos. Esta capa tiene como misión traducir las consultas del programa a comandos entendibles por la BD.

Con el ODBC instalado lo primero que se debe hacer es crear una DNS (Domain Name System) en la que se definen los parámetros, ruta y características de la conexión que se va a realizar entre la base de datos PQ y Matlab ®.

Para agregar el DNS de usuario se siguen los siguientes pasos:

1º En el administrador de orígenes de datos se debe entrar en la pestaña de usuario y pulsar sobre agregar.



Fig.4.3 DNS

2º Una vez en la pantalla de selección de origen de datos se deberá escoger el controlador correspondiente, en para este caso será SQL Server ©.

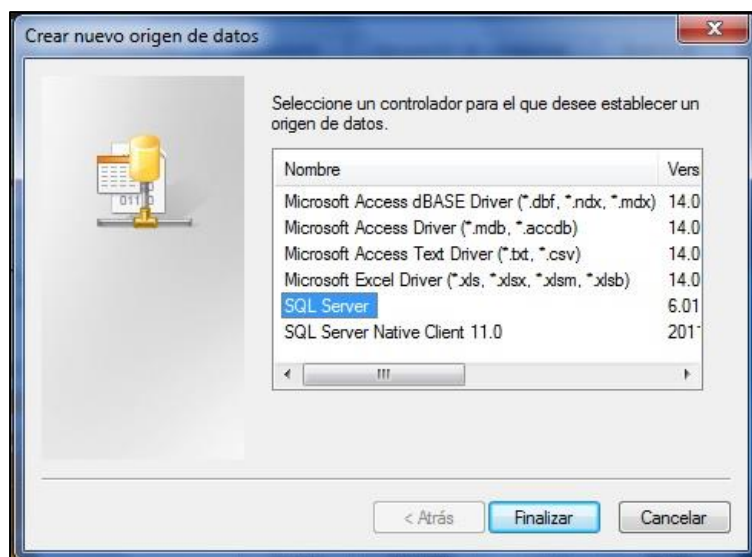


Fig.4.4 Origen de datos

3º El siguiente paso será configurar nuestro DNS, para ello se deberán rellenar los siguientes campos:

-Nombre a del origen de datos (BD), en este caso será necesario cambiar el nombre por uno más sencillo como se explicará más adelante.

-Descripción: será una breve descripción de la BD.

-Servidor: aquí se debe poner el servidor o ruta donde se encuentra nuestra BD, al encontrarse en el mismo servidor con la ruta sería suficiente, dicha ruta puede obtenerse gracias al SQL Management Studio.



Fig.4.5 Id. inicio

En la siguiente ventana de configuración se deberán seleccionar:

-Cómo queremos que SQL compruebe la id. inicio, se seleccionará por medio de id. De inicio y contraseña.

-El siguiente paso será introducir la contraseña (PQSpqs12345) y el usuario (sa) de nuestra base de datos, que es la que el Software PQS establece por defecto.



Fig.4.6 Configuración id.

Las siguientes ventanas nos será necesario modificar nada. Por último y antes de finalizar la configuración, se podrá asegurarse que el DNS configurado es correcto haciendo una prueba de nuestro origen de datos como se ve en la Fig.4.7.

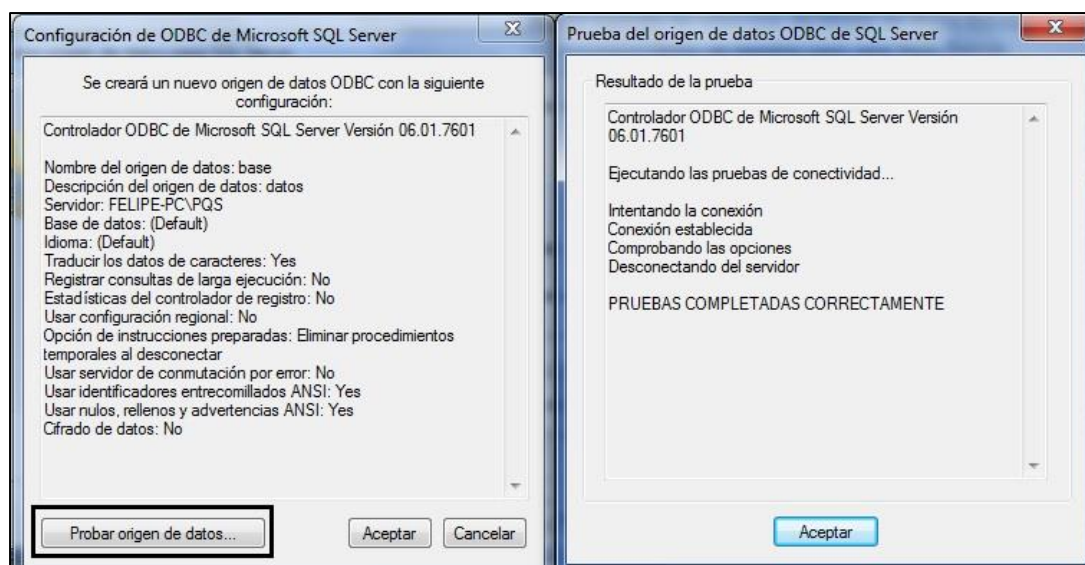


Fig.4.7 Prueba OD.

Cuando ya se dispone la conexión con la BD configurada, ya se puede comenzar a realizar consultas a la BD desde Matlab/Octave.

Lo primero que se debe hacer para realizar una consulta es conectar con la BD. Para ello se emplea la función “database”. Esta función conecta con la BD escogida empleando la aplicación ODBC. La sintaxis es la siguiente:

```
conn = database(instance,username,password)
```

conn: objeto de conexión a la BD

instance: es el nombre de nuestra base de datos, en nuestro caso será ‘PQ1’

username: será el nombre de usuario de acceso a dicha BD, será ‘sa’

password: es la contraseña ‘PQSpqs12345’

Una vez empleada esta función ya está Matlab/Octave conectado a la BD para realizar todas las consultas que se deseen. Para cerrar la conexión se tendrá que escribir el comando ‘close(c)’ al final del script.

4.3.3 Filtrado de datos

Cuando se acceda a la base de datos se va a seguir como criterio a la hora de filtrar los datos la fecha de comienzo y la fecha de fin de la consulta realizada por el usuario para dicho periodo de tiempo.

Una vez se comienza a trabajar con los datos de la BD se observa que las fechas almacenadas no están en un formato reconocible por el usuario. La base de datos almacena las fechas como valores numéricos los cuales representan el tiempo en los nanosegundos transcurrido desde una fecha inicial de referencia. Este formato no es útil a la hora de trabajar con ello ya que se trabajaran con fechas las cuales sean reconocibles por el usuario.

Por lo que se deberá convertir este formato a un formato de fecha convencional o realizar el proceso inverso. Se emplearán las funciones creadas para tal fin llamadas “datenum” y “datevec”.

Función “datenum.m”

Esta función convierte una fecha en un valor numérico que representa la fecha como el número de días transcurridos desde una fecha de referencia. La sintaxis de esta función es la siguiente:

DateNumber = datenum(DateString)

DateNumber: variable donde se almacena el resultado.

DateString: variable que contiene la fecha.

Función “datevec”

Esta función deshace lo anterior, es decir, convierte un valor numérico en una fecha. Su sintaxis:

DateNumber = datevec(DateString)

DateNumber: variable donde se almacena el resultado.

DateString: variable que contiene la fecha en valor numérico.

A la hora de utilizar estas funciones se debe tener en cuenta que las fechas almacenadas en la BD no son días sino nS por lo que se tendrá que dividir dicho valor entre $24 \times 3600 \times 10^7$ para que el valor que se pase a la función sean horas. También hay que tener en cuenta la fecha de referencia que será '0001-01-01 02:00:00' ya que por defecto la referencia empezaría en 0.

Serán 2:00:00 ya que el comando de Matlab® comienza a contar teniendo en cuenta el UTC (tiempo universal coordinado 00:00:00) mientras que la BD tiene en cuenta el huso horario +2UTC, por lo que habrá que tener en cuenta ese desfase horario para la conversión.

Tablas con datos almacenados que no disponen del periodo de tiempo

Gran parte de los parámetros eléctricos que son objeto de estudio según la Norma UNE EN 50160 no disponen en la tabla de la BD en la cual se encuentran de una fecha de inicio o fin que permitan su filtrado según la consulta que realice el usuario.

Para solucionar este problema se ha realizado una función en Matlab® con la que por medio de las fechas inicial y final de todos los datos registrados en la BD y por medio de interpolaciones obtengo los datos correspondientes para un periodo de tiempo.

Funcionamiento

La función que he realizado para tal propósito se denomina “valoresbd”.

Su estructura es la siguiente:

```
[comienzo,final]=valoresbd(f_ini,f_fin,datos)
```

f_ini= fecha inicio consulta usuario

f_fin= fecha fin consulta usuario

datos= número de filas que tiene la tabla a consultar

comienzo= posición comienzo consulta tabla

final= posición final consulta tabla

En resumen, la función recibe las fechas de comienzo y fin introducidas por el usuario para el periodo a estudiar. Dichas fechas deberán estar en valor numérico en el mismo formato que tendrían en la BD. También será necesario introducir a nuestra función el número de filas que posee la tabla donde se va a realizar la consulta.

Con los datos facilitados y con las fechas absolutas de nuestra BD realizo una interpolación que me permitirá obtener las posiciones comienzo y final de nuestra consulta puesto que los datos están organizados cronológicamente en la BD.

4.4 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI)

4.4.1 Planteamiento necesidades a cubrir por GUI

Para este proyecto se debe poseer una interfaz gráfica simple, que permita de manera sencilla e intuitiva transmitir y recibir del usuario final qué parámetros son objeto de estudio y cuando se desea observarlos.

Inicialmente se escoge la mejor opción para el desarrollo de la interfaz de usuario: una aplicación de escritorio o una aplicación Web.

Finalmente se opta por una aplicación web por los siguientes motivos:

- El desarrollo de la aplicación web es más sencillo.
- Permite generar los reportes de calidad sin necesidad de instalar ningún programa.
- Posibilidad de acceso remoto a la información, sólo se necesita acceder desde un navegador web al servidor donde se encuentre dicha aplicación web.
- La aplicación Web es independiente de los programas empleados en el estudio de la calidad eléctrica.

Para el desarrollo de la aplicación Web se escoge el software llamado Netbeans descrito en el apartado 3.5.

Para la Web a crear se necesitaran:

- Ventana de inicio
- Formulario donde introducir los campos objeto de estudio.
- Script que recoja los datos introducidos
- Script que los almacene en un fichero para ser empleados posteriormente por Matlab ®.

Para el desarrollo de la aplicación Web como se ha mencionado anteriormente se empleará el software llamado Netbeans ©.

Este programa permitirá crear un proyecto en el que sólo se deberá introducir el código html. La gestión del servidor se realiza desde este programa lo que simplifica considerablemente la creación de la página web. El servidor empleado será Apache Tomcat © como se detalla más adelante. Antes de comenzar a describir la estructura y funcionamiento de la aplicación Web es necesario introducir ciertos conceptos que será necesario conocer ciertos aspectos acerca de los servidores antes de comenzar con la estructura de nuestra Web.

4.4.2 Servidor

Es un equipo informático capaz de atender las peticiones de un cliente y devolverle una respuesta en concordancia, es decir, un servidor es una máquina que transmite datos a otras máquinas que se conecten a él para ser usadas por las mismas. Ese acceso o transmisión de datos abarca el acceso a programas, archivos u otra información almacenada. Los servidores pueden ser ejecutados desde cualquier ordenador, pero por lo general existen ordenadores dedicados a funcionar como proveedor de varios servidores. El motivo de dedicar exclusivamente un ordenador servidor es asegurar una mayor seguridad en los servidores disponiendo de herramientas específicas para asegurar la protección de dichos servidores.

Un servidor funciona mediante la arquitectura cliente-servidor. La arquitectura cliente-servidor consiste en la separación de responsabilidades, es decir, por un lado se encuentran el servidor o servidores los cuales son los proveedores de recursos o servicios y por otro lado se encuentran los clientes que son los demandantes de esos recursos.

Los clientes generalmente acceden al servidor por medio de la red pero también pueden acceder a él a través del equipo donde está funcionando nuestro servidor como es el caso de nuestro proyecto.

Existen gran variedad de servidores según la finalidad de los mismos, entre los más importantes cabe destacar:

- 1) Servidor Proxy: servidor que actúa de intermediario entre nuestro explorador web e internet. Sirve para agilizar las consultas del cliente, ya que almacena una copia de las web consultadas previamente en el caché lo que agiliza posteriores consultas a las mismas webs. También proporcionan seguridad a nuestras consultas ya que el servidor final que recibe la petición no conoce quien es el cliente detrás de la consulta.
- 2) Servidor Web: es un servidor que proporciona contenido a nuestro navegador. En él se almacenan las páginas Web que visualizamos en nuestro explorador Web. La comunicación con este servidor se realiza mediante el protocolo HTTP (protocolo de Transferencia de Hiper-Texto), que es un protocolo que nos permite realizar consultas de forma segura al codificarse nuestra consulta al servidor como una sesión con certificado digital. Esto nos proporciona ciertas garantías de que la información transmitida no sea interceptada por terceros.
- 3) Servidor de Base de Datos: es un servidor que su principal característica es que ofrece servicios de almacenamiento y gestión de bases de datos a los clientes. Este tipo de servidor es el empleado por el PQSCADA.

- 4) Servidores de Aplicaciones: es un servidor que permite procesar datos procedentes de una aplicación del cliente. Este tipo de servidores centraliza y disminuye la complejidad que supone el desarrollo de aplicaciones, puesto que no necesitan ser programadas sino que son ensambladas por medio de bloques provistos por dicho servidor. Para este proyecto el servidor empleado por la aplicación Web será de este tipo (Apache Tomcat ©).

Apache Tomcat : es un servidor de aplicaciones de código libre compatible con Java EE ©.

Para la creación de la página web se deberá tener en cuenta que no va a ser una página web estática que sólo se programe en html, sino que va a cambiar ya que se introducirán datos y habrá que realizar una serie de operaciones.

Debido a esto será necesario disponer de algún método que nos permita realizar las operaciones que no son posibles desde html. La solución a esto es el lenguaje JSP (Java Server Pages).

Java Server pages es una tecnología que nos ofrece una simple y rápida forma de crear contenido web dinámico. Gracias a la incrustación en la propia página de líneas de código escritas en Java ©. Dicho código será compilado por el servidor y traducido al lenguaje html para la visualización de los resultados.

4.4.3 Estructura aplicación web

La aplicación Web desarrollada se divide en dos tipos de archivos:

Por un lado estarían las diferentes ventanas del navegador en las que se visualizaran las diferentes ventanas en el navegador y se registrarán los datos del usuario.

Por otro los archivos que recogen los datos y los almacenan.

Todos los scripts empleados en la aplicación han sido escritos en JSP (Java Server Pages) por los motivos expuestos anteriormente.

4.5 DESARROLLO DE INFORMES CON LATEX

A la hora de desarrollar un informe en Latex se deben tener ciertos aspectos en cuenta:

- Margenes
- Idioma
- Encabezados
- Clase de documento
- Tamaño

Ya que el objeto de este proyecto no es aprender el uso de Latex sólo se va a describir lo que afecte al desarrollo del presente proyecto.

Lo primero que se debe tener en cuenta cuando tenemos una plantilla creada es cómo introducir funciones en dicho documento. Latex dispone de una gran variedad de funciones que permiten aumentar las funcionalidades que ofrece este software que permiten desde insertar gráficos hasta emplear funciones lógicas. Generalmente se denominan paquetes.

Para poder emplear una función concreta en dicho documento se deberá llamar al paquete que corresponda en el preámbulo de nuestro documento (antes del `begin{document}`) para ello se escribirá:

```
\usepackage{nombre del paquete}
```

Una vez definido el paquete ya podrán ser empleadas las funciones que ofrece.

A continuación se pasan a definir los diferentes problemas que se han planteado durante la creación de informe en Latex.

- Insertar imágenes
- Insertar tablas con datos.
- Mostrar u ocultar apartados del informe

4.5.1 Introducir gráficas en Latex

Como se ha descrito anteriormente las gráficas han sido guardadas como imágenes en formato png. Por lo que cuando se requiera mostrar una gráfica se insertará una imagen.

Para ello se emplea el paquete llamado “graphicx”. Este paquete permite insertar imágenes en el documento creado.

Para ello dispone del comando:

```
\includegraphics[opción1,opción2,...]{nombre del fichero}
```

Donde se incluya este comando se insertará la imagen que se indique entre los corchetes. Además dispone de una serie de opciones que permiten: editar su tamaño, su posición o la escala entre otras.

4.5.2 Insertar tablas con datos

En ciertas ocasiones se necesita mostrar datos por medio de tablas. Como se describirá en apartados posteriores, dichos datos serán almacenados en un fichero .CSV.

Se ha escogido este formato porque Latex dispone de un paquete llamado “csvsimple”, el cual permite leer los datos almacenados en un archivo CSV y genera automáticamente una tabla con todos los datos almacenados en dicho fichero.

Hay que tener especial cuidado a la hora de crear dicho fichero ya que tomará la primera fila como encabezado de la tabla. También habrá que asegurarse que cada línea posee el mismo número de elementos y de comas para que funcione correctamente.

El comando más básico que nos permite insertar nuestra tabla es el siguiente:

```
\csvautotabular{nombre_archivo.csv}
```

Este comando genera la tabla automáticamente sin posibilidad de modificarla. Si deseamos tener un control sobre la tabla emplearemos:

```
\csvreader[opciones]{csvlist.csv}
```

4.5.3 Mostrar u ocultar datos

Uno de los problemas que se ha presentado a la hora de trabajar con el informe es que idealmente se requiere que sea un informe dinámico, es decir, según qué escoja el usuario el informe cambiará.

Esto no sólo afecta a los datos mostrados sino a los diferentes parámetros que son objeto de estudio. No siempre el usuario final querrá visualizarlos todos por lo que es necesario tener un método que nos permita ocultar o visualizar dichos apartados en función de la consulta del usuario final.

Para ello se ha optado como se describirá en apartados posteriores, por reescribir la plantilla por medio de Matlab ®. Esto conferirá a la plantilla de unas características dinámicas de cara a modificar el documento según las peticiones del usuario.

4.6 MATLAB

Gran parte de las operaciones que son realizadas en este proyecto se realizan desde Matlab ®. A continuación se resumen las principales operaciones realizadas con Matlab/Octave.

- 5) Lectura datos introducidos por usuario
- 6) Lectura datos procedentes de BD
- 7) Cálculos estadísticos necesarios para el estudio de la calidad del suministro eléctrico.
- 8) Representación de resultados obtenidos.
- 9) Generar informe a partir de plantilla de Latex

Ahora se pasan a detallar en los siguientes apartados el funcionamiento de las funciones realizadas en Matlab ® las cuales realizan las operaciones detalladas anteriormente.

4.6.1 Función principal (principal.m)

Este es el programa principal de nuestro sistema, desde el mismo se ejecutarán las demás funciones en función de las condiciones establecidas en cada caso. El siguiente diagrama muestra descriptivamente cómo funciona este programa.

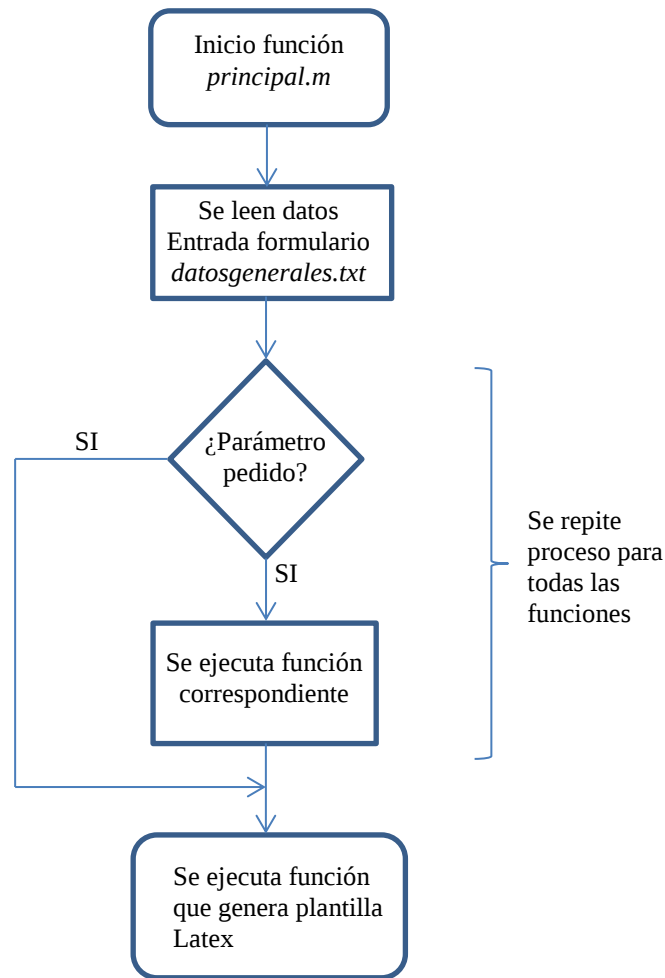


Diagrama de flujo programa principal

En resumen la función lee el formulario generado en la aplicación web el cual contiene:

- Fechas de inicio y final de la consulta
- Características del Nodo
- Parámetros a visualizar en el informe

Una vez se han obtenido los datos de entrada, se llama a cada una de las funciones que sea necesario ejecutar pasándolas como datos de entrada los datos que sean requeridos en cada caso. Finalmente cuando todas las funciones relativas al cálculo estadístico de los parámetros eléctricos han sido ejecutadas, se llama a la función que genera el informe en Latex además de compilarlo.

4.6.2 Programas análisis parámetros eléctricos

Para cada parámetro objeto de estudio se ha creado una función específica, no obstante la estructura en todas las funciones es similar.

A cada una de las funciones se le introducen la fecha de comienzo y la fecha de final para el intervalo que se desea estudiar.

La función devuelve dos ficheros los cuales serán empleados posteriormente por la plantilla de Latex para generar el informe correspondiente:

- 10) Fichero PNG: es una imagen la cual muestra los resultados gráficamente, esta imagen será posteriormente insertada en el informe final.
- 11) Fichero CSV: es un fichero en el cual por medio de una estructura en forma de matriz almaceno los resultados obtenidos para posteriormente ser visualizados en el informe creado en Latex.

En los siguientes apartados se describirán con detalle cada función con las particularidades de cada una.

Función frecuencia (*calcfrecuencia.m*)

Esta función permitirá para el periodo de tiempo dado estudiar el cumplimiento del criterio de aceptación establecido por la Norma UNE EN 50160 para la frecuencia teniendo en cuenta las particularidades de la red de distribución estudiada.

Lo primero a tener en cuenta de esta función es que se le deben pasar las fechas de inicio y fin:

Calcfrecuencia(fecha inicio, fecha fin)

Una vez se le ha introducido el periodo de estudio, la función deberá leer los datos de la BD. Para este parámetro eléctrico se deberá acceder a la tabla *Sig_Summary1_FREQUENCY*.

Al acceder a esta tabla se observa que no dispone de un registro de tiempos, por lo que se deberá recurrir a la función mencionada en el apartado 4.2.3. A dicha función se le deberá pasar como datos de entrada las fechas del periodo de estudio y el número de valores totales almacenados en la tabla.

Hay que tener en cuenta que las fechas facilitadas a la función se encuentran en el formato convencional 'dd-mm-aa', por lo que deberán ser convertidos al formato numérico empleado en la BD. Esta conversión se realiza por medio de la función llamada *confechanum.m* descrita en el apartado 4.2.3.

Cuando se dispone del intervalo de consulta se realiza la consulta para dicho periodo. Ahora que se dispone de los datos a evaluar se pasa a estudiar el cumplimiento de la Norma.

Según la Norma UNE EN 50160: la frecuencia nominal para las condiciones normales de explotación, el valor medio de la frecuencia fundamental medida en períodos de 10 segundos debe situarse en el intervalo de 50Hz $\pm 1\%$ para el 99,5 de un año y $\pm 4\%$ -6%.

Finalizado el análisis de los datos se almacenan los resultados en un archivo .CSV (tablafrecuencia.csv). Los datos deberán ser guardados en un archivo CSV para poder ser leídos desde Latex. Para ello se empleará la siguiente función:

```
writetable(tabla,ruta ,Delimiter',';')
```

- Tabla: variable que contiene los datos a guardar.

- Ruta: es la ruta donde se desea guardar el archivo así como el nombre que se va asignar.

El Delimiter y ``,`` hacen exista entre los datos una separación por comas como se realizaría en un archivo CSV.

Hay que tener en cuenta que los datos a guardar deberán estar en formato tabla para ello se convertirán en tabla por medio de la función *table* cuya estructura se detalla a continuación:

```
tabla=table(columnas)
```

Tabla: variable en la que se guardará la tabla generada.

Columnas: columnas con las que se creará la tabla.

También se representarán los datos leídos para dicho periodo de tiempo por medio de la función *plot* y se guarda la gráfica obtenida en formato .png por medio de la siguiente función:

```
Print(ruta,tipo)
```

Ruta: es la ruta donde se desea guardar el archivo así como el nombre que se va asignar.

Tipo: es el formato con el que se desea guardar la gráfica.

El formato escogido para las imágenes será el .png debido a sus características y compatibilidad con Latex.

Función variaciones tensión de alimentación (*calcvar.m*)

Esta función permitirá para el periodo de tiempo dado estudiar el cumplimiento del criterio de aceptación establecido por la Norma UNE EN 50160 para las variaciones de tensión, teniendo en cuenta las particularidades de la red de distribución estudiada.

Lo primero a tener en cuenta de esta función es que se le deben pasar las fechas de inicio y fin:

calcvar(fecha inicio, fecha fin)

Una vez se le ha introducido el periodo de estudio, la función deberá leer los datos de la BD. Para este parámetro eléctrico se deberá acceder a la tabla correspondiente llamada

Sig_Summary1_TenMin_RMS_Avg. Al acceder a esta tabla se observa que no dispone de un registro de tiempos, por lo que al igual que en la frecuencia se deberá recurrir a la función *valoresbd.m* para tal fin. Se procederá del mismo modo que en la anterior función descrita por lo que se le deberá pasar como datos de entrada las fechas del periodo de estudio y el número de valores totales almacenados en la tabla.

Con el intervalo de consulta obtenido se realiza la consulta para dicho periodo. Ahora los datos obtenidos se van a evaluar para estudiar el cumplimiento de la Norma.

Según la Norma UNE EN 50160: en condiciones normales de explotación, las variaciones de tensión no deberán superar el $\pm 10\%$ de la tensión nominal U_n .

Finalizado el análisis de los datos se almacenan los resultados en un archivo .CSV (*tablavar.csv*). Como se ha comentado anteriormente, los datos deberán ser guardados en un archivo CSV para poder ser leídos desde Latex. Para ello se empleará la función *writetable*.

También se representarán los datos leídos para dicho periodo de tiempo por medio de la función *plot* y se guarda la gráfica obtenida en formato .png por medio de la función *Print*.

Función flicker (*calc flicker.m*)

Esta función permitirá para el periodo de tiempo dado estudiar el cumplimiento del criterio de aceptación establecido por la Norma UNE EN 50160 para el flicker o parpadeo teniendo en cuenta las particularidades de la red de distribución estudiada.

Lo primero a tener en cuenta de esta función es que se le deben pasar como variables de entrada las fechas de inicio y fin:

Calc flicker(fecha inicio, fecha fin)

Una vez se le ha introducido el periodo de estudio, la función deberá leer los datos de la BD. Para este parámetro eléctrico se deberá acceder a la tabla *Dat_Energy*.

Para esta función no será necesario recurrir a la función *valoresbd.m* ya que sí se dispone de un registro de fechas para cada valor de flicker.

Hay que tener en cuenta que las fechas facilitadas a la función se encuentran en el formato convencional 'dd-mm-aa', por lo que deberán ser convertidos al formato numérico empleado en la BD. Esta conversión se realiza por medio de la función llamada *confechanum.m* descrita en el apartado 4.2.3.

Cuando se dispone del intervalo de consulta se realiza la consulta para dicho periodo y obtener los datos necesarios. Una vez se dispone de los valores del flicker el siguiente paso será estudiar el cumplimiento de la Norma

Según la Norma UNE EN 50160: en condiciones normales de explotación, para cada periodo de 1 semana, el nivel de severidad del flicker de larga duración P_{lt} deberá ser menor o igual a 1 durante el 95% del tiempo.

Al leer los datos del flicker se observa que los valores almacenados en la base de datos son registrados cada 10min, esto quiere decir que dichos valores no corresponden a P_{lt} sino que corresponden con la severidad de duración breve (P_{st}). Según la Norma la severidad de duración larga se calcula a partir de la secuencia de 12 valores de P_{st} en un intervalo de 2h. Por lo que se agrupan los valores según lo anterior y se aplica la siguiente fórmula:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

Finalizado el análisis de los datos calculados, se almacenan los resultados en un archivo .CSV (tabla flicker.csv). Como se ha comentado en otros apartados los datos deberán ser guardados en un archivo CSV para poder ser leídos desde Latex. Para ello se empleará la función *writetable*.

También se representarán los datos leídos para dicho periodo de tiempo por medio de la función `plot` y se guarda la gráfica obtenida en formato `.png` por medio de la función `print`.

Función desequilibrio tensión de alimentación (*calcdesequilibrio.m*)

Esta función permitirá para el periodo de tiempo dado estudiar el cumplimiento del criterio de aceptación establecido por la Norma UNE EN 50160 para el desequilibrio de la tensión, teniendo en cuenta las particularidades de la red de distribución estudiada.

Lo primero a tener en cuenta de esta función es que se le deben pasar las fechas de inicio y fin:

`calcdesequilibrio(fecha inicio, fecha fin)`

Una vez se le ha introducido el periodo de estudio, la función deberá leer los datos de la BD. Para este parámetro eléctrico se deberá acceder a la tabla correspondiente llamada

Sig_Summary1_TenMin_UNBALANCE_Avg. Al acceder a esta tabla se observa que no dispone de un registro de tiempos, por lo que al igual que en otras funciones se deberá recurrir a la función *valoresbd.m* para tal fin. Se procederá del mismo modo que en otras funciones, por lo que se le deberá pasar como datos de entrada las fechas del periodo de estudio y el número de valores totales almacenados en la tabla.

Con el intervalo de consulta obtenido se realiza la consulta para dicho periodo. Los datos obtenidos se evalúan para estudiar el cumplimiento de la Norma.

Según la Norma UNE EN 50160: en condiciones normales de explotación, durante cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 min de la componente de secuencia de fase negativa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0% y el 2% de la componente de secuencia de fase positiva.

Finalizado el análisis de los datos se almacenan los resultados en un archivo `.CSV` (`tabladesequilibrio.csv`). Como se ha comentado anteriormente, los datos deberán ser guardados en un archivo CSV para poder ser leídos desde LaTeX. Para ello se empleará la función `writetable`.

También se representarán los datos leídos para dicho periodo de tiempo por medio de la función `plot` y se guarda la gráfica obtenida en formato `.png` por medio de la función `Print`.

Función tasa de distorsión armónica (*calcthd.m*)

Esta función permitirá para el periodo de tiempo dado estudiar el cumplimiento del criterio de aceptación establecido por la Norma UNE EN 50160 para tasa de distorsión armónica teniendo en cuenta las particularidades de la red de distribución estudiada.

Lo primero a tener en cuenta de esta función es que se le deben pasar las fechas de inicio y fin:

calcthd (fecha inicio, fecha fin)

Una vez se le ha introducido el periodo de estudio, la función deberá leer los datos de la BD. Para este parámetro eléctrico se deberá acceder a la tabla correspondiente llamada

Sig_Summary1_TenMin_THD_Avg. Al acceder a esta tabla se observa que no dispone de un registro de tiempos, por lo que al igual que en otras funciones se deberá recurrir a la función *valoresbd.m* para tal fin. Se procederá del mismo modo que en otras funciones, por lo que se le deberá pasar como datos de entrada las fechas del periodo de estudio y el número de valores totales almacenados en la tabla.

Con el intervalo de consulta obtenido se realiza la consulta para dicho periodo. Los datos obtenidos se evalúan para estudiar el cumplimiento de la Norma.

Según la Norma UNE EN 50160: en condiciones normales de explotación, la tasa de distorsión armónica total de la tensión suministrada (THD) no deberá sobrepasar el 8%. También hay que tener en cuenta que este límite aún está en estudio para redes de distribución de alta tensión. No obstante se mantendrá dicho límite como criterio de aceptación.

Finalizado el análisis de los datos, se almacenan los resultados en un archivo .CSV (*tablathd.csv*). Como se ha comentado anteriormente, los datos deberán ser guardados en un archivo CSV para poder ser leídos desde Latex. Para ello se empleará la función *writetable*.

También se representarán los datos leídos para dicho periodo de tiempo por medio de la función *plot* y se guarda la gráfica obtenida en formato .png por medio de la función *Print*.

Función huecos/sobretensiones (*calhuecosobr.m*)

Esta función permitirá para el periodo de tiempo dado estudiar el cumplimiento del criterio de aceptación establecido por la Norma UNE EN 50160 para la identificación de eventos de tensión.

Lo primero a tener en cuenta de esta función es que se le deben pasar las fechas de inicio y fin:

calhuecosobr (fecha inicio, fecha fin)

Una vez se le ha introducido el periodo de estudio, la función deberá leer los datos de la BD. Para este parámetro eléctrico se deberá acceder a la tabla correspondiente llamada

Sig_Summary1_TenMin_rms_Avg. Al acceder a esta tabla se observa que no dispone de un registro de tiempos, por lo que al igual que en otras funciones se deberá recurrir a la función *valoresbd.m* para tal fin. Se procederá del mismo modo que en otras funciones, por lo que se le deberá pasar como datos de entrada las fechas del periodo de estudio y el número de valores totales almacenados en la tabla.

Con el intervalo de consulta obtenido se realiza la consulta para dicho periodo. Los datos obtenidos se evalúan para estudiar el cumplimiento de la Norma.

Según la Norma UNE EN 50160: según convención el umbral de inicio del hueco es igual al 90% de la tensión de referencia. Por otro lado el umbral de inicio de las sobretensiones es igual al 110% de la tensión de referencia.

Finalizado el análisis de los datos, se almacenan los resultados en un archivo .CSV (*tablahuecosobr.csv*). Como se ha comentado anteriormente, los datos deberán ser guardados en un archivo CSV para poder ser leídos desde Latex. Para ello se empleará la función *writetable*.

También se representarán los datos leídos para dicho periodo de tiempo por medio de la función *plot* y se guarda la gráfica obtenida en formato .png por medio de la función *Print*.

Función generainforme.m

Uno de los objetivos que se persiguen con este proyecto es registrar los eventos relativos a la calidad del suministro en cumplimiento con lo establecido en el Real Decreto 1955/2000. Para ello como se ha descrito anteriormente se opta por realizar una plantilla en Latex a partir de la cual se generará un documento en pdf con los resultados obtenidos.

No obstante también se desea que dichos informes se generen de manera automática, es decir, que cambien en función de la consulta que se realice. Para cumplir este objetivo desde Latex a priori se presenta como una tarea difícil de ejecutar, puesto que este lenguaje de programación no dispone de variables o bucles condicionales que nos faciliten el proceso.

Es por esto que se decide reescribir la plantilla cada vez que se ejecute una consulta, para ello se crea esta función en Matlab ®. La función *generainforme.m* por medio de las funciones de Matlab ® *fopen* y *fprint*, permite crear la plantilla escribiendo línea por línea de la plantilla creada en Latex.

El uso de Matlab ® para reescribir la plantilla proporcionará a la plantilla la versatilidad deseada. Pudiendo visualizar u ocultar secciones de dicho documento con tan sólo emplear funciones lógicas.

Para la inserción de las gráficas y datos generados se mantiene la metodología descrita en apartados anteriores, no obstante dado que podemos reescribir la plantilla ciertos datos podrán ser añadidos desde esta función.

Finalmente, con la plantilla .tex creada, con el objetivo de simplificar aún más el proceso, se van a realizar dos acciones más desde esta función:

- 1) Compilar la plantilla de Latex desde Matlab: esto será posible gracias al siguiente comando:

```
! pdflatex -shell-escape --src -interaction=nonstopmode plantilla.tex
```

Este comando permite por medio del compilador existente en el ordenador compilar la plantilla de latex dando como resultado final el documento en pdf. Habrá prestar especial atención al directorio donde se guarde la plantilla, puesto que se deberá indicar además de los demás archivos que se requieran durante la generación del documento.

- 2) Abrir el documento generado: finalmente para visualizar los resultados obtenidos se abrirá el documento pdf creado. Para ello se empleará la siguiente función de Matlab:

```
open('plantilla.pdf')
```

Esta función abrirá el archivo indicado en la ruta indicada.

Resto de funciones

A continuación se enumeran el resto de funciones que sirven de ayuda a diferentes procesos repetitivos a lo largo del proyecto y que han sido descritas en anteriores apartados.

- convfecha.m: convierte fecha en valor numérico a formato convencional.
- convfechanum.m: convierte fecha a valor numérico
- valoresbd.m: devuelve equivalencia entre posición de dato y fecha

4.7 RESUMEN DE FICHEROS

1) El programa creado en Matlab ® dispondrá de los siguientes programas que se detallan a continuación y que han sido descritos en sus respectivos apartados:

- principal.m
- calcfrecuencia.m
- calcvar.m
- calcflicker.m
- calcdesequilibrio.m
- calcthd.m
- calchuecosobr.m
- generainforme.m
- convfecha.m
- convfechanum.m
- valoresbd.m

En vista de la gran cantidad de archivos que va a manejar el sistema creado, la siguiente tabla resume los archivos generados por las diferentes funciones de Matlab ®.

Resumen de ficheros empleados			
Parámetro	Función	Gráfica	Tabla resultados
Frecuencia	calcfrecuencia.m	frecuencia.png	tablafrecuencia.csv
Variación tensión alimentación	calcvar.m	variacion.png	tablavar.csv
Flicker	calcflutter.m	flicker.png	tablaflutter.csv
Desequilibrio de tensión	calcdesequilibrio.m	desequilibrio.png	tabladesequilibrio.csv
Tasa de distorsión armónica	calcthd.m	THD.png	tablathd.csv
Huecos/sobretensiones	calchuecosobr.m	N/A	tablahuecosobr.png

2) La aplicación web a parte de los ficheros y archivos creados por defecto por Netbeans para la gestión de las librerías y el servidor del proyecto creado dispone de los siguientes archivos jsp que serán las diferentes páginas de la aplicación web:

- index.jsp
- validar.jsp
- formulario.jsp
- guardaformulario.jsp

Como salida, la aplicación web generará el fichero *datos_form.tx* en el cual se han almacenado los datos registrados en el formulario.

3) En el lenguaje de programación de Latex se creará desde Matlab® la plantilla descrita en el proyecto llamada *plantilla.tex* la cual al ser compilada dará como resultado el documento pdf.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	86
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	88
5.3 CÓDIGO FUENTE.....	92

5.1 DESCRIPCION FUNCIONAMIENTO SOFTWARE DESARROLLADO

Antes de iniciar el proceso es necesario tener en cuenta ciertos aspectos sobre el lugar donde están almacenados los archivos de cada programa.

- Aplicación Web: habrá que tener en cuenta donde se va a guardar el archivo *datos_formulario.txt* para posteriormente acceder a dicho archivo desde Matlab ®.
- Matlab: en las funciones creadas en Matlab ® habrá que prestar especial atención a donde se guardan los archivos que recogen los resultados para que posteriormente sean localizados durante la compilación de la plantilla de Latex.
- Base de datos: habrá que conocer el nombre de la base de datos para poder acceder correctamente a los datos. Para este proyecto como se ha comentado en anteriores apartados, se han empleado datos de un nodo. Dicho nodo se corresponde con la base de datos llamada *ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd*. En caso de que se añadan más Nodos al sistema habrá que tener en cuenta que dicho nombre será distinto.

Teniendo en cuenta los aspectos descritos ya se puede comenzar a utilizar el sistema.

Lo primero que debe realizar el usuario es acceder a la página web. Para este proyecto se emplea el servidor apache Tomcat © el cual permite ejecutar la web desde el mismo ordenador en el cual se encuentra la aplicación web, pero también ofrece la posibilidad de ser configurado para un acceso remoto.

Una vez se accede a la página web lo primero que se observa es una ventana de identificación, en la cual el usuario deberá identificarse con su nombre de usuario y contraseña. Para este proyecto se ha escogido como usuario *Felipe* y como contraseña *123*. Estos datos de acceso pueden ser modificados, añadir más o modificar el acceso al servicio para conferirle más seguridad.



Fig 5.1 Inicio sesión

Una vez el usuario inicia la sesión correctamente, se accede a la siguiente página. Esta página es donde el usuario seleccionará los datos que van a ser mostrados en el informe:

- Sitio y nodo: puesto que los datos disponibles corresponden solo a un nodo de la red, por defecto el Sitio será Carba y el Nodo será Carba-Tesouro. Si existieran más datos procedente de otros nodos será necesario añadirlos al script correspondiente
- Intervalo de tiempo: aquí se deberá seleccionar el periodo de tiempo a estudiar, marcando la fecha de inicio y la fecha de fin. Se ha tenido en cuenta el periodo de tiempo para los datos de los que se dispone con el fin de no analizar periodos de tiempo para los cuales no existen datos.
- Parámetros eléctricos: se marcarán los parámetros eléctricos que se desea observar. Para ello serán seleccionados en la casilla correspondiente como se muestra en la figura 5.2.

The screenshot shows a web browser window titled 'Formulario PQ' with the address bar displaying 'localhost:8080/Aplicacion/formulario.jsp'. The main content area has a light blue background and contains the following sections:

- Informe Calidad del Suministro Eléctrico**
- Red de distribución**
 - Sitio: Carba (dropdown menu)
 - Nodo: Carba-Tesouro (dropdown menu)
 - Fecha inicio: dd/mm/2014 (text input)
 - Fecha fin: dd/mm/2014 (text input)
- Fenómenos continuos**
 - Frecuencia ☒
- Variaciones tensión de alimentación**
 - Variación rápida de la tensión individual ☐
 - Severidad de Flicker ☐
 - Desequilibrio de la tensión de alimentación ☒
 - Tasa de distorsión Armónica ☒
- Eventos de tensión**
 - Huecos/sobretensiones de alimentación ☒
- Finalizar** (button)

Fig. 5.2 Formulario

Cuando el formulario es rellenado, se deberá pulsar en finalizar, para de este modo guardar los datos en el fichero *datos_form.txt*.

Por último se accederá a Matlab ® desde donde se compilará el programa principal que nos dará como resultado el informe en pdf.

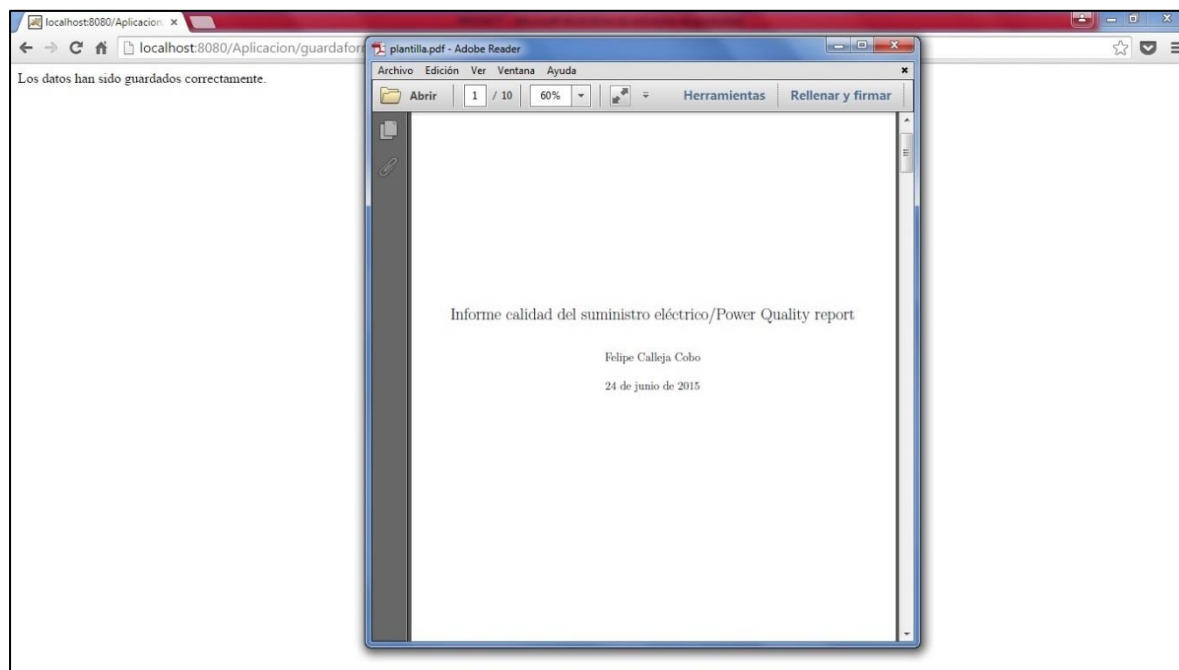


Fig. 5.3 Resultado final

5.2 ANALISIS DE RESULTADOS

En anteriores apartados se ha descrito con detalle cómo se ha desarrollado el proyecto y cómo se ha logrado el objetivo de registrar los datos de calidad del suministro. No obstante el fin último al que va enfocado el sistema creado es analizar la calidad del suministro eléctrico. A continuación se pasa a realizar un análisis de los datos obtenidos para los datos de los que se ha dispuesto para la realización de este proyecto.

Se parte de los datos registrados en el nodo Carba-Tesouro de la red de distribución para el periodo de tiempo comprendido entre el 25 de Marzo y el 25 de abril del 2014.

Frecuencia

Al observar los resultados obtenidos se constata que la frecuencia está dentro de unos valores aceptables según Norma como puede observarse en la figura 5.4. Concretamente para el 99.5% del tiempo el 100% de los valores examinados han sido correctos y para el 100% del tiempo también el 100% han sido aceptables.

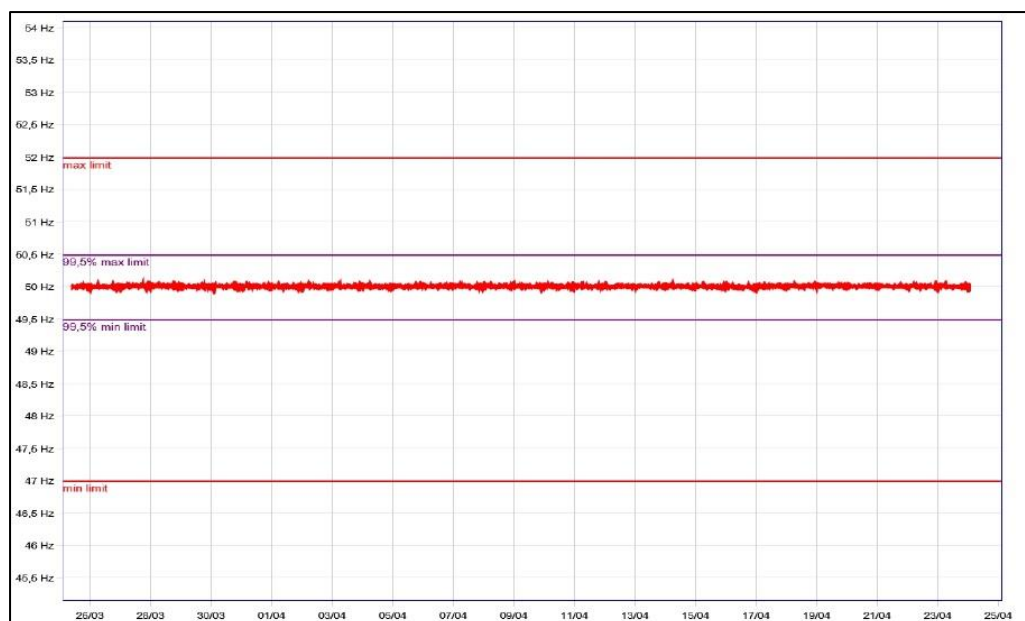


Fig. 5.4 Frecuencia

Variaciones en la tensión de suministro

Al observar los resultados obtenidos se constata que las variaciones de la tensión de suministro están dentro de unos valores aceptables según Norma como puede observarse en la figura 5.5. Concretamente para el 99% del tiempo el 100% de los valores examinados para las 3 fases han sido correctos y para el 100% del tiempo también el 100% han sido aceptables.



Fig 5.5 Variaciones de tensión

Severidad del Flicker

Al observar los resultados obtenidos se observa que la severidad del flicker no cumple con los límites fijados por Norma como puede observarse en la figura 5.6. En ninguna de las 3 fases la severidad de larga duración se ha mantenido por debajo de 1 durante al menos el 95% del tiempo. Concretamente en la fase 1 se han registrado un 89,11% de resultados satisfactorios, en la fase 2 un 87,04% y en la fase 3 un 87,26%.

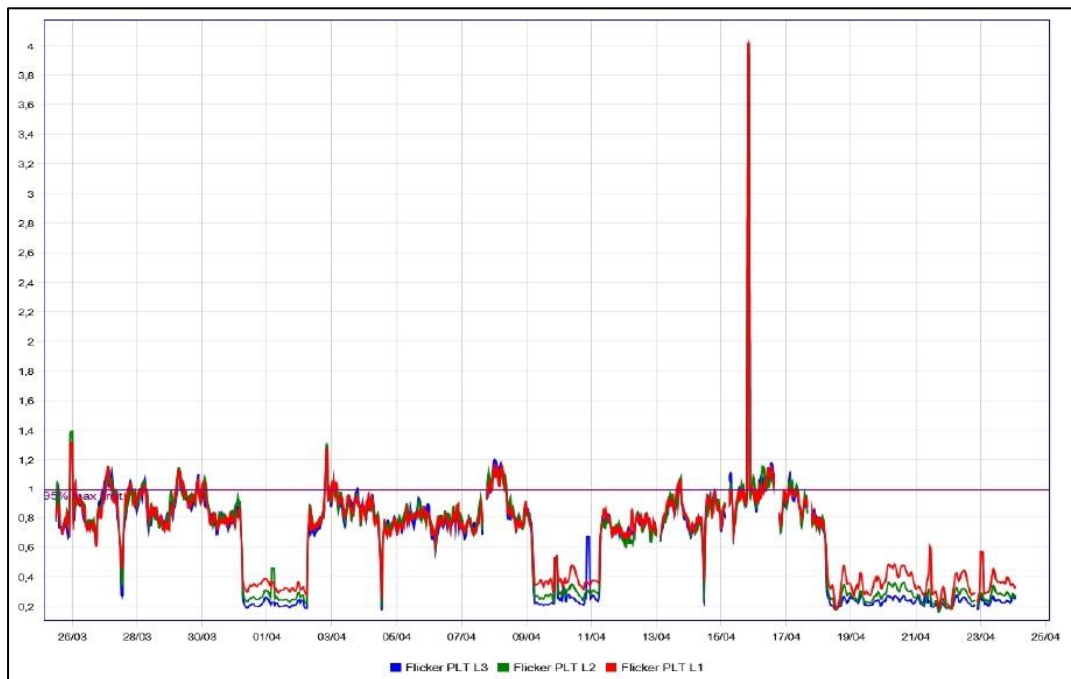


Fig 5.6 Severidad flicker

Desequilibrio de tensión de suministro

Al observar los resultados obtenidos se constata que el desequilibrio está en el rango de 0-2% para el 95% de los valores como puede observarse en la figura 5.7.

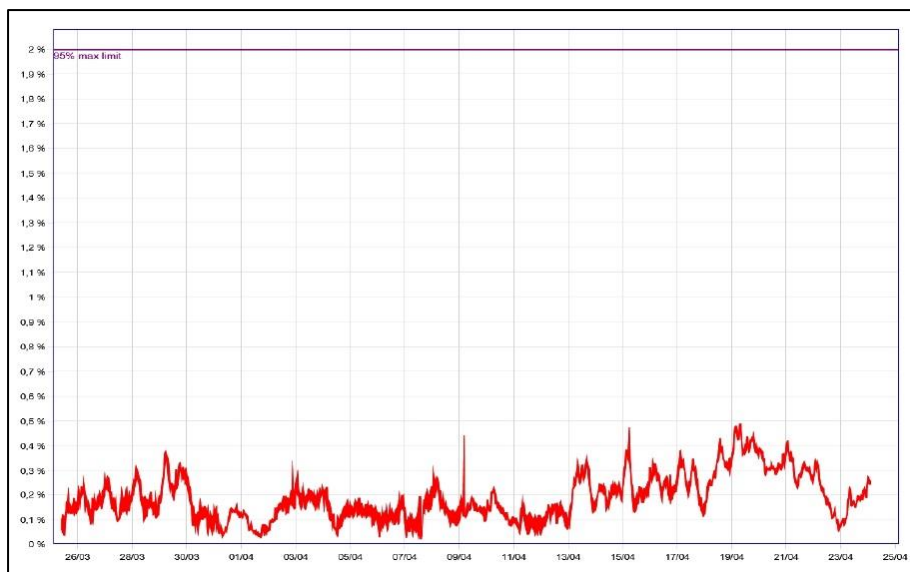


Fig. 5.7 Desequilibrio de tensión

Tasa de distorsión armónica

Al observar los resultados obtenidos se constata que la tasa de distorsión armónica para las 3 fases no supera en ningún momento el límite fijado por la Norma como puede observarse en la figura 5.8.

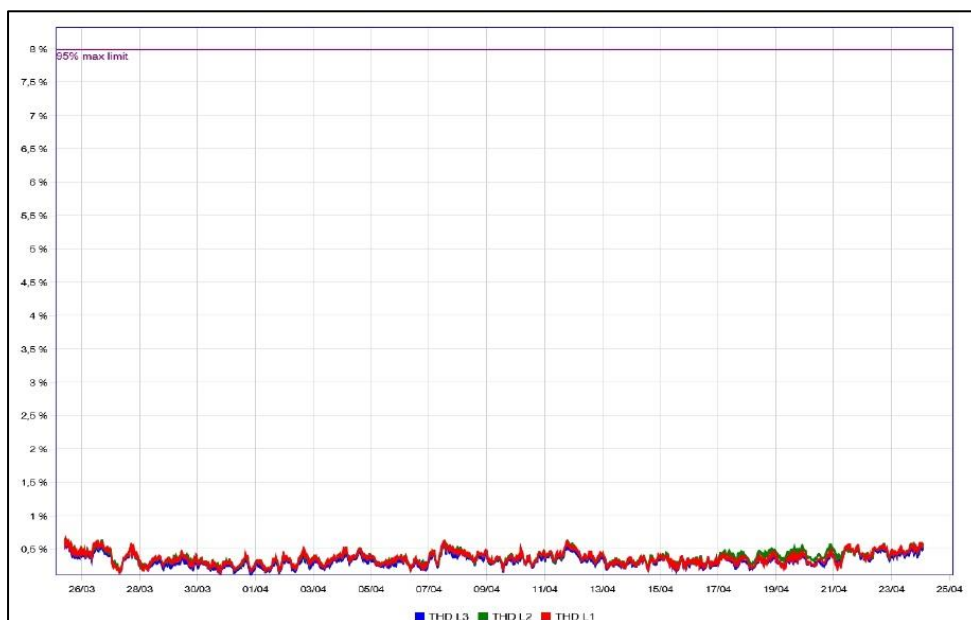


Fig. 5.8 Tasa distorsión armónica

Eventos tensión de suministro

Se han registrado un total de 2 huecos y 84 sobretensiones transitorias.

Como conclusión final a los datos analizados se observa que todos los parámetros eléctricos están dentro de los límites que debieran estar según Norma salvo el flicker.

Observando con detenimiento los datos registrados en la figura 5.6, para el flicker se puede observar que ha alcanzado su máximo valor entre el 15/4 y el 17/4. No obstante los valores que están por encima del límite fijado se reparten a lo largo del tiempo por lo que el incumplimiento de la Norma no se debe a un periodo aislado sino que se repite en el tiempo. Esto sumado a la gran cantidad de sobretensiones registradas puede sentar las bases del camino a seguir en un estudio más exhaustivo del origen de dichas perturbaciones.

Queda demostrado con este sencillo análisis la gran utilidad que supone para el cumplimiento de la calidad del suministro, el hecho de disponer de un sistema que registre los parámetros eléctricos a lo largo del tiempo.

5.3 CÓDIGO FUENTE

En este apartado se recogen todas las funciones creadas para este proyecto para cada programa.

Funciones desarrolladas en Matlab

Función principal

```
function principal

datos_formul=textread('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\WEB\aplicacio
nweb\build\web\datos_form.txt','%s','delimiter',' ','');

f_ini=datos_formul(3,1);
f_fin=datos_formul(4,1);
%Ejecuto funciones que se hayan escogido

inicio=convfechanum(f_ini);
fin=convfechanum(f_fin);

%Llamo función frecuencia
if strcmp(datos_formul(5,1),'ON')
    calcfrecuencia(inicio,fin);
end

%Llamo función variaciones
if strcmp(datos_formul(6,1),'ON')
    calcvar(inicio,fin);
```

```

end
%Llamo función flicker
if strcmp(datos_formul(7,1),'ON')
    calcflicker(inicio,fin);
end

%Llamo función desequilibrio
if strcmp(datos_formul(8,1),'ON')
    calcdesequilibrio(inicio,fin);
end

%Llamo función THD
if strcmp(datos_formul(9,1),'ON')
    calcthd(inicio,fin);
end

%Llamo función huecos y sobretensiones
if strcmp(datos_formul(10,1),'ON')
    calchuecosobr(inicio,fin);
end
%genero informe Latex
generainforme;

```

Función calcfrecuencia.m

```

function calcfrecuencia(f_ini,f_fin)

%Número de filas de la tabla donde se encuentra la frecuencia

consulta='SELECT COUNT(*) FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_FREQUENCY]';

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

numdatos=fetch( db1, consulta);
cantfilas=cell2mat(numdatos);

[com,finl]=valoresbd(f_ini,f_fin,cantfilas);
comienzo=num2str(floor(com));
final=num2str(ceil(finl));
%Realizo consulta en función de lo anterior

filtr='SELECT [FREQUENCY_Avg],[FREQUENCY_Max],[FREQUENCY_Min] FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_FREQUENCY]
WHERE [ID] BETWEEN ' ;

sql_query=[filtr comienzo ' AND ' final];

db2=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

datos = fetch( db2, sql_query);

datosfrecuencia=cell2mat(datos);

```

```

%Dimensiones de tabla datos
[filas,columnas]=size(datosfrecuencia);

datos_frec1=datosfrecuencia(1:end,1);
datos_frec2=datosfrecuencia(1:end,2);
datos_frec3=datosfrecuencia(1:end,3);

%Calculo la media de los valores
f1=(sum(datos_frec1))/filas;
f2=(sum(datos_frec2))/filas;
f3=(sum(datos_frec3))/filas;
%Compruebo si cumple con Norma

%frecuencia fase 1
if f1>47||f1<52
    resultado(1,1)={'OK'};
    resultado(1,1)={'Mal'};
end

%frecuencia fase 2
if f2>47||f2<52
    resultado(2,1)={'OK'};
else
    resultado(2,1)={'Mal'};
end

%frecuencia fase 3
if f3>47||f3<52
    resultado(3,1)={'OK'};
else
    resultado(3,1)={'Mal'};
end

%Guardo resultados en tabla
%Creo tabla con resultados
inicio=convfecha(f_ini);
fin=convfecha(f_fin);
Fase=['L1';'L2';'L3'];
Inicio=[inicio;inicio;inicio];
Final=[fin;fin;fin];
Frecuencia=[f1;f2;f3];
tabla=table(Fase,Inicio,Final,Frecuencia,resultado);
writetable(tabla,'C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\tablafrequencia.csv','Delimiter','');

%Represento la frecuencia y lo guardo.

plot(filas,50.5,'r');
hold on;
plot(1:filas,49.5,'r');
plot(1:filas,47,'r');
plot(1:filas,52,'r');
title('Frecuencia');
xlabel('Time');
ylabel('Hz');
plot(1:filas,datos_frec1,'g');
plot(1:filas,datos_frec2,'c');
plot(1:filas,datos_frec3,'b');
set(gca,'XTickLabel',[]);
print('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\frecuencia','-dpng')
close

```

Función calcvar.m

```
function calcvar(f_ini,f_fin)

%Número de filas de la tabla donde se encuentran los datos

consulta='SELECT COUNT(*) FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_TenMin_RMS_A
vg]';

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

numdatos=fetch( db1, consulta);
cantfilas=cell2mat(numdatos);

[comienzo,final]=valoresbd(f_ini,f_fin,cantfilas);

%Realizo consulta en función de lo anterior

filtr='SELECT [TenMin_RMS_V1_Avg],[TenMin_RMS_V2_Avg],[TenMin_RMS_V3_Avg]
FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_TenMin_RMS_A
vg] WHERE [ID] BETWEEN';

sql_query=[filtr comienzo ' AND ' final];

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

datos = fetch( db1, sql_query);

datosvar=cell2mat(datos);

%Dimensiones de tabla datos
[filas,columnas]=size(datosvar);

datos_var1=datosaml(1:end,1);
datos_var2=datosaml(1:end,2);
datos_var3=datosaml(1:end,3);

%Compruebo si cumple con Norma
liminf=77625; limsup=94875;
var1=0; var2=0; var3=0;
for a=1:filas
    % fase 1
    if datos_var1(a,1)>liminf||datos_var1(a,1)<limsup
        var1=var1+1;
    end

    % fase 2
    if datos_var2(a,2)>liminf||datos_var2(a,2)<limsup
        var2=var2+1;
    end

    % fase 3
    if datos_var3(a,3)>liminf||datos_var3(a,3)<limsup
        var3=var3+1;
    end
end
```

```

end

Porcentaje(1,1)=(var1/filas)*100;
Porcentaje(1,2)=(var2/filas)*100;
Porcentaje(1,3)=(var3/filas)*100;
%fase1
if Porcentaje(1,1)<100
    Resultado(1,1)={'Aceptable'};
else
    Resultado(1,1)={'Mal'};
end
%fase2
if Porcentaje(1,2)<100
    Resultado(1,2)={'Aceptable'};
else
    Resultado(1,2)={'Mal'};
end
%fase3
if Porcentaje(1,3)<100
    Resultado(1,3)={'Aceptable'};
else
    Resultado(1,3)={'Mal'};
end

%Guardo resultados en tabla
%Creo tabla con resultados
inicio=convfecha(f_ini);
fin=convfecha(f_fin);
Fase=['L1';'L2';'L3'];
Inicio=[inicio;inicio;inicio];
Final=[fin;fin;fin];
Porcentaje=[f1;f2;f3];
tabla=table(Fase,Inicio,Final,Porcentaje,Resultado);
writetable(tabla,'C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\tabla frecuencia.csv','Delimiter','');

%Represento la variación y lo guardo.

plot(1:filas,77625,'r');
hold on;
plot(1:filas,948750,'r');
title('Variación de tensión');
xlabel('Time');
ylabel('Hz');
plot(1:filas,datos_var1,'g');
plot(1:filas,datos_var2,'c');
plot(1:filas,datos_var3,'b');
set(gca,'XTickLabel',[]);
print('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\variacion','-dpng')
close
end

```

Función calcflicker.m

```

function [flicker]=calcflicker(f_ini,f_fin)

%Convierto fechas a string
inicio=int2str(f_ini);
fin=int2str(f_fin);

%Realizo consulta en función de las fechas
consulta='SELECT [fl_v1],[fl_v2],[fl_v3] FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Dat_Flickering] WHERE
fl_end_time BETWEEN ' ;
sql_query=[consulta inicio ' AND ' fin];

db1 = database('PQ1','sa','PQSpqs12345')

datos = fetch( db1, sql_query);

datosflicker=cell2mat(datos);
%Dimensiones de tabla datos
[filas,columnas]=size(datosflicker);

datos_flck1=datosflicker(1:end,1);
datos_flck2=datosflicker(1:end,2);
datos_flck3=datosflicker(1:end,3);

%Calculo valores Plt
valtotal=floor(filas/12);
suma1=zeros(valtotal,1);
suma2=zeros(valtotal,1);
suma3=zeros(valtotal,1);

for a=1:valtotal

    for b=1:12
        d=12*(a-1)+b;
        suma1(a,1)=suma1(a,1)+ ((datos_flck1(d,1))^3)/12;
        suma2(a,1)=suma2(a,1)+ ((datos_flck2(d,1))^3)/12;
        suma3(a,1)=suma3(a,1)+ ((datos_flck3(d,1))^3)/12;
    end

    plt1(1,a)=nthroot(suma1(a,1),3);
    plt2(1,a)=nthroot(suma2(a,1),3);
    plt3(1,a)=nthroot(suma3(a,1),3);
end

%Compruebo si cumple con Norma para el 100%
f11=0; f12=0; f13=0;

for i=1:valtotal
%flicker fase 1
    if plt1(1,i)>1
        f11=f11+1;
    end

%flicker fase 2
    if plt2(1,i)>1

        f12=f12+1;

```

```

        end
        %flicker fase 3
        if plt3(1,i)>1

            fl3=fl3+1;
        end
    end
    flicker(1,1)=(1-(fl1/valtotal))*100;
    if flicker(1,1)<1
        Resultado={'Aceptable'};
    else
        Resultado={'No Aceptable'};
    end

    flicker(1,2)=(1-(fl2/valtotal))*100;
    if flicker(1,2)<1
        Resultado(2,1)={'Aceptable'};
    else
        Resultado(2,1)={'No Aceptable'};
    end

    flicker(1,3)=(1-(fl3/valtotal))*100;
    if flicker(1,3)<1
        Resultado(3,1)={'Aceptable'};
    else
        Resultado(3,1)={'No Aceptable'};
    end

    % Obtengo el 95% de los valores.
    x=floor(0.95*valtotal);
    p1=sort(plt1);
    plt1_95=p1(1:x);
    p2=sort(plt2);
    plt2_95=p2(1:x);
    p3=sort(plt3);
    plt3_95=p3(1:x);

    %Compruebo si cumple con Norma para el 95%.
    fl1_95=0; fl2_95=0; fl3_95=0;

    for i=1:x
        %flicker fase 1
        if plt1_95(1,i)>1
            %flicker(i,1)=datosflicker(filas,3);
            fl1_95=fl1_95+1;
        end

        %flicker fase 2
        if plt2_95(1,i)>1
            %flicker(i,1)=datosflicker(filas,3);
            fl2_95=fl2_95+1;
        end

        %flicker fase 3
        if plt3_95(1,i)>1
            %flicker(i,1)=datosflicker(filas,3);
            fl3_95=fl3_95+1;
        end
    end
    flicker2(1,1)=(1-(fl1_95/x))*100;
    if flicker2(1,1)<1

```

```
Resultado2={'Aceptable'};
else
    Resultado2={'No Aceptable'};
end

flicker2(1,2)=(1-(fl2_95/x))*100;
if flicker2(1,2)<1
    Resultado2(2,1)={'Aceptable'};
else
    Resultado2(2,1)={'No Aceptable'};
end

flicker2(1,3)=(1-(fl3_95/x))*100;
if flicker2(1,3)<1
    Resultado2(3,1)={'Aceptable'};
else
    Resultado2(3,1)={'No Aceptable'};
end

%Guardo resultados en tabla
%Creo tabla con resultados
Inicio=[f_ini;f_ini;f_ini];
Final=[f_fin;f_fin;f_fin];
format bank;
Porcentaje=(round(flicker*100)/100)';
tabla=table(Inicio,Final,Porcentaje,Resultado);
writetable(tabla,'C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\tabla flicker
.csv','Delimiter',' ');

%Represento el flicker y guardo
time=1:2:2*valttotal;
plot(time,1,'r');
hold on;
title('Flicker');
xlabel('Time');
ylabel('%Plt');
plot(time,plt1,'g')
plot(time,plt2,'c')
plot(time,plt3,'b')
print('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\flicker','-dpng')
set(gca,'XTickLabel',[]);
close
end
```

Función calcdesequilibrio.m

```

function calcdesequilibrio(f_ini,f_fin)

%Número de filas de la tabla donde se encuentra los datos

consulta='SELECT COUNT(*) FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_TenMin_UNBAL
ANCE_Avg]';

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

numdatos=fetch( db1, consulta);
cantfilas=cell2mat(numdatos);

[com,finl]=valoresbd(f_ini,f_fin,cantfilas);
comienzo=num2str(floor(com));
final=num2str(ceil(finl));
%Realizo consulta en función de lo anterior

filtr='SELECT [TenMin_UNBALANCE_NEGATIVE_V123_Avg] FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_TenMin_UNBAL
ANCE_Avg] WHERE [ID] BETWEEN ' ;

sql_query=[filtr comienzo ' AND ' final];

db2=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

datos = fetch( db2, sql_query);

datosdeseq=cell2mat(datos);
%Dimensiones de tabla datos
[filas,columnas]=size(datosdeseq);

%Compruebo si cumple con Norma
correcto=0;
for a=1:filas
    if datosdeseq(a,1)>0||datosdeseq(a,1)<2
        correcto=correcto+1;
    end
end

Porcentaje=(correcto/filas)*100;

if Porcentaje>95
    Resultado={'Aceptable'};
else
    Resultado={'Mal'};
end
%Guardo resultados en tabla
%Creo tabla con resultados
format bank;
Porcentaje=(round(Porcentaje*100)/100)';
tabla=table(Porcentaje,Resultado);
writetable(tabla,'C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\tabladesequi
librio.csv','Delimiter','');

%Represento la frecuencia y lo guardo.

```

```

plot(filas,2,'r');
hold on;
title('Desequilibrio tensión de alimentación');
xlabel('Time');
ylabel('%');
plot(1:filas,datosdeseq,'b');
set(gca,'XTickLabel',[]);
print('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\desequilibrio','-dpng')
close
end

```

Función calcthd.m

```

function calcthd(f_ini,f_fin)

%Número de filas de la tabla donde se encuentra los datos

consulta='SELECT COUNT(*) FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_TenMin_THD_A
vg]';

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

numdatos=fetch( db1, consulta);
cantfilas=cell2mat(numdatos);

[com,finl]=valoresbd(f_ini,f_fin,cantfilas);
comienzo=num2str(floor(com));
final=num2str(ceil(finl));
%Realizo consulta en función de lo anterior

filtr='SELECT [TenMin_THD_V1_Avg],[TenMin_THD_V2_Avg],[TenMin_THD_V3_Avg]
FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_TenMin_THD_A
vg] WHERE [ID] BETWEEN ' +comienzo+' AND '+final;

sql_query=[filtr comienzo ' AND ' final];

db2=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

datos = fetch( db2, sql_query);

datosthd=cell2mat(datos);
%Dimensiones de tabla datos
[filas,columnas]=size(datosthd);

%Compruebo si cumple con Norma
correcto1=0; correcto2=0; correcto3=0;
for a=1:filas
    if datosthd(a,1)>0||datosthd(a,1)<8
        correcto1=correcto1+1;
    end
    if datosthd(a,2)>0||datosthd(a,2)<8
        correcto2=correcto2+1;
    end
    if datosthd(a,3)>0||datosthd(a,3)<8
        correcto3=correcto3+1;
    end
end

```

```

end
end

Porcentaje(1,1)=(correcto1/filas)*100;
Porcentaje(1,2)=(correcto2/filas)*100;
Porcentaje(1,3)=(correcto3/filas)*100;
%Fase1
if Porcentaje(1,1)>95
    Resultado(1,1)={'Aceptable'};
else
    Resultado(1,1)={'Mal'};
end
%Fase2
if Porcentaje(1,2)>95
    Resultado(1,2)={'Aceptable'};
else
    Resultado(1,2)={'Mal'};
end
%Fase3
if Porcentaje(1,3)>95
    Resultado(1,3)={'Aceptable'};
else
    Resultado(1,3)={'Mal'};
end
%Guardo resultados en tabla
%Creo tabla con resultados
Fases={'L1';'L2';'L3'};
Max={'8\%';'8\%';'8\%'};
tabla=table(Fases,Max,Porcentaje',Resultado');
writetable(tabla,'C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\MATLAB\tablathd.csv',
'Delimiter','');

%Represento el thd y lo guardo.

plot(filas,8,'r');
hold on;
title('Tasa de distorsión armónica');
xlabel('Time');
ylabel('%');
plot(1:filas,datosthd(1:filas,1),'b');
plot(1:filas,datosthd(1:filas,2),'g');
plot(1:filas,datosthd(1:filas,3),'y');
set(gca,'XTickLabel',[]);
print('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\THD','-dpng');
close
end

```

Función huecosobr.m

```
function calchuecosobr(f_ini,f_fin)

%Número de filas de la tabla donde se encuentra los eventos.

consulta='SELECT COUNT(*) FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Ev_PQEvents]';

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

numdatos=fetch( db1, consulta);
cantfilas=cell2mat(numdatos);

[comienzo,final]=valoresbd(f_ini,f_fin,cantfilas);

%Realizo consulta en función de lo anterior

filtr='SELECT
[Severity],[Quality],[Phases],[Deviation],[Value],[Duration],[StandardID],[
TriggerTime] FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Sig_Summary1_FREQUENCY]
WHERE [ID] BETWEEN';

sql_query=[filtr comienzo ' AND ' final];

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');

datos = fetch( db1, sql_query);

datoshuecosb=cell2mat(datos);

%Guardo datos en tabla
%Creo tabla con resultados
Duracion=datoshuecosb(1,6);
Desviacion=datoshuecosb(1,4);
Evento=datoshuecosb(1,2);
tabla=table(Evento,Duracion,Desviacion);
writetable(tabla,'C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\LATEX\tablahuecoso
br.csv','Delimiter',' ');

end
```

Función convfecha.m

```
function fecha = convfecha(numfecha)

dia100ns= 24*3600*1E7;
fecha_referencia=datenum('0001-01-01 02:00:00', 'yyyy-mm-dd HH:MM:SS');
fecha_convertir=(numfecha/dia100ns)+fecha_referencia;
vec=datevec(fecha_convertir);
fecha=datestr(vec);
end
```

Función convfechanum.m

```
function fecha_num=convfechanum(fecha)

dia100ns= 24*3600*1E7;
fecha_referencia=datenum('0001-01-01 01:00:00', 'yyyy-mm-dd HH:MM:SS');
fecha_convertir=datenum(fecha);
fecha_num=(fecha_convertir-fecha_referencia)*dia100ns;
end
```

Función valoresbd.m

```
function [comienzo,final]=valoresbd(f_ini,f_fin,cant)

%Leo fecha de comienzo y de final de todos los datos de la BD.

consulta='SELECT [fl_end_time] FROM
[ELSNODE_a4c1f9595596475598a4120df14822cd].[dbo].[Dat_Flickering] WHERE
fl_end_time = ';
sql_query1=[consulta '1'];
sql_query2=[consulta datos];

db1=database('PQ1','sa','PQSpqs12345');
dat1= fetch( db1, sql_query1);
dat2= fetch( db1, sql_query2);

finicio=cell2mat(dat1);
ffin=cell2mat(dat2);

%Interpolo para obtener equivalente fecha <-> fila

comienzo=1+(f_ini-finicio)*((cant-1)/(ffin-finicio));
final=1+(f_fin-finicio)*((cant-1)/(ffin-finicio));
end
```

Funciones desarrolladas en Latex

La plantilla creada en Latex será empleada en la función *generainforme.m* de Matlab ® como se ha mencionado anteriormente.

```
function generainforme

%Leeo datos de entrada

datos_formul=textread('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\WEB\Aplicacion\build\web\datos_form.txt','%s','delimiter',' ');

f_ini=cell2mat(datos_formul(3,1));
f_fin=cell2mat(datos_formul(4,1));

f=fopen('C:\Users\Felipe\Desktop\PRUEBAPROYECTO\MATLAB\plantilla.tex','wt')
;

fprintf(f,'\\documentclass[12pt]{report}\n');
fprintf(f,'\\[spanish, es-minimal]{babel}\n');
fprintf(f,'\\usepackage[utf8]{inputenc}\n');
fprintf(f,'\\usepackage{url,graphicx,tabularx,array,enumitem,multirow}\n');
fprintf(f,'\\usepackage[fleqn]{amsmath}\n');
fprintf(f,'\\usepackage{anysize}\n');
fprintf(f,'\\marginwidth{1.5cm}{1cm}{3cm}{4cm}\n');
fprintf(f,'\\usepackage{fancyhdr}\n');
fprintf(f,'\\fancyhead[L]\n');
fprintf(f,'{\n');
fprintf(f,'\\begin{minipage}{2cm}\n');
fprintf(f,'\\includegraphics[width=0.9\\textwidth]{logouc.png}\n');
fprintf(f,'\\end{minipage}\n');
fprintf(f,'}\n');
fprintf(f,'\\rhead{chapter}\n');
fprintf(f,'\\lfoot{Felipe Calleja Cobo}\n');
fprintf(f,'\\rfoot{Universidad de Cantabria}\n');
fprintf(f,'\\pagestyle{fancy}\n');
fprintf(f,'\\usepackage{csvsimple}\n');

fprintf(f,'\\title{Informe calidad del suministro el\\'ectrico/Power Quality report}\n');
fprintf(f,'\\author{Felipe Calleja Cobo}\n');
fprintf(f,'\\date{\\today}\n');
fprintf(f,'\\newsavebox{\\mygraphic}\n');
fprintf(f,'\\sbox{\\mygraphic}{\\includegraphics[keepaspectratio,height=0.3\\textheight, width=0.3\\textwidth]{logouc.png}} \n');

fprintf(f,'\\begin{document}\n');
fprintf(f,'\\maketitle\n');
fprintf(f,'\\tableofcontents\n');
fprintf(f,'\\chapter{Introducci\\'on/Introduction}\n');
fprintf(f,'\\thispagestyle{fancy}\n');
fprintf(f,'\\section{configuraci\\'on/ Configuration}\n');

fprintf(f,'\\begin{description}\n');
fprintf(f,'\\item [Nodo/Node:] Carba-Tesouro\n');
fprintf(f,'\\item [Tensi\\'on declarada/Declared supply voltage (Un):] 150 kV\n');
```

```

fprintf(f, '\\item[Topolog\\''ia de trabajo:] Estrella/ Wye\\n');
fprintf(f, '\\item [Tensi\\''on declarada / Declared supply voltage (Un):]
132 kV (LL)\\n');
fprintf(f, '\\item[Tipo dispositivo/Device type:] G4k BLACKBOX\\n');
fprintf(f, '\\end{description}\\n');

fprintf(f, '\\section{Informaci\\''on del informe/Report information}\\n');
fprintf(f, '\\begin{description}\\n');
fecha1=['\\item [Fecha comienzo/Sart time:]' f_ini '\\n'];
fprintf(f, fecha1);
fecha2=['\\item [Fecha fin/End time:]' f_fin '\\n'];
fprintf(f, fecha2);
fprintf(f, '\\item [Fecha informe/Produced report date] \\date{\\today}\\n');
fprintf(f, '\\end{description}\\n');
%Frecuencia
if strcmp(datos_formul(5,1), 'ON')
    fprintf(f, '\\section{Resumen / summary}\\n');
    fprintf(f, '\\chapter{Frecuencia/Frequency}\\n');
    fprintf(f, '\\thispagestyle{fancy}\\n');
    fprintf(f, 'Bajo condiciones normales de funcionamiento: el principal valor
de la frecuencia fundamental medido cada 10s debe ser: 50Hz  $\pm 1\%$ 
durante el 99.5\\% del año y 50Hz  $+4\%/-6\%$  durante el 100\\% del
tiempo requerido\\n');
    fprintf(f, 'Para sistemas con conexiones s\\''incronas interconectados: En
condiciones normales de funcionamiento: el valor medio de la frecuencia
fundamental medida durante 10s ser\\''a: 50Hz  $\pm 1\%$  durante el
99,5\\% del año y 50Hz  $4\% / - 6\%$  durante el 100\\% del tiempo
requerido.\\n');
    fprintf(f, '\\begin{figure}\\n');

fprintf(f, '\\graphicspath{C:\\Users\\Felipe\\Desktop\\PRUEBAPROYECTO\\DATOS
}\\n');
    fprintf(f, '\\centering\\n');
    fprintf(f, '\\includegraphics[width=0.7\\textwidth]{frecuencia}\\n');
    fprintf(f, '\\caption{Frecuencia}\\n');
    fprintf(f, '\\label{fig:ejemplo}\\n');
    fprintf(f, '\\end{figure}\\n');
    fprintf(f, '\\csvautotabular{tablafrecuencia.csv}\\n');
end
%Variaciones de tensión
if strcmp(datos_formul(6,1), 'ON')
fprintf(f, '\\chapter{Variaciones en la tensi\\''on suministrada/Supply
Voltage Variations}\\n');
fprintf(f, '\\thispagestyle{fancy}\\n');
fprintf(f, 'Bajo condiciones normales de operaci\\''on, durante cada
per\\''iodo de una semana el 99\\% de los valores medidos cada 10 min de
la tensi\\''on de alimentaci\\''on, deber\\''an estar dentro del rango de
Un  $\pm 10\%$  y todos los valores de la tensi\\''on de alimentaci\\''on
deber\\''an estar entre Un  $\pm 15\%$ .\\n');
fprintf(f, '\\begin{figure}\\n');

fprintf(f, '\\graphicspath{C:\\Users\\Felipe\\Desktop\\PRUEBAPROYECTO\\DATOS
}\\n');
    fprintf(f, '\\centering\\n');
    fprintf(f, '\\includegraphics[width=0.7\\textwidth]{variacion}\\n');
    fprintf(f, '\\caption{Variación de tensión}\\n');
    fprintf(f, '\\label{fig:ejemplo}\\n');
    fprintf(f, '\\end{figure}\\n');
    fprintf(f, '\\csvautotabular{tablavar.csv}\\n');
end
%Flicker

```

```

if strcmp(datos_formul(7,1),'ON')
    fprintf(f,'\\chapter{Severidad del Flicker/Flicker Severity}\n');
    fprintf(f,'\\thispagestyle{fancy}\n');
    fprintf(f,'Bajo condiciones normales de operaci\\'on, durante cada
per\\'iodo de una semana la severidad del parpadeo causado por
fluctuaci\\'on de la tensi\\'on debe ser menor o igual a 1 para el 95\\%
del tiempo.\n');
    fprintf(f,'\\begin{figure}\n');

fprintf(f,'\\graphicspath{C:\\Users\\Felipe\\Desktop\\PRUEBAPROYECTO\\DATOS
}\n');
    fprintf(f,'\\centering\n');
    fprintf(f,'\\includegraphics[width=0.7\\textwidth]{flicker}\n');
    fprintf(f,'\\caption{Mi Figura}\n');
    fprintf(f,'\\label{fig:ejemplo}\n');
    fprintf(f,'\\end{figure}\n');
    fprintf(f,'\\csvautotabular{tablaflicker.csv}\n');
end
%Desequilibrio
if strcmp(datos_formul(8,1),'ON')
    fprintf(f,'\\chapter{Desequilibrio de tensi\\'on de suministro/Supply
voltage unbalance}\n');
    fprintf(f,'\\thispagestyle{fancy}');
    fprintf(f,'Bajo condiciones normales de operaci\\'on, durante cada
per\\'iodo de una semana, el 95\\% de los valores medidos cada 10 min de
la secuencia negativa de la componente fundamental deben estar dentro del
rango de 0\\% a 2\\% de la secuencia positiva de la componente
fundamental.\n');
    fprintf(f,'\\begin{figure}\n');

fprintf(f,'\\graphicspath{C:\\Users\\Felipe\\Desktop\\PRUEBAPROYECTO\\DATOS
}\n');
    fprintf(f,'\\centering\n');
    fprintf(f,'\\includegraphics[width=0.7\\textwidth]{desequilibrio}\n');
    fprintf(f,'\\caption{Desequilibrio de tensión}\n');
    fprintf(f,'\\label{fig:ejemplo}\n');
    fprintf(f,'\\end{figure}\n');
    fprintf(f,'\\csvautotabular{tabladesequilibrio.csv}\n');
end

%Distorsión armónica
if strcmp(datos_formul(9,1),'ON')
    fprintf(f,'\\chapter{Distorsi\\'on arm\\'onica total (THD)/Total
Harmonics distorsion(THD)}\n');
    fprintf(f,'\\thispagestyle{fancy}\n');
    fprintf(f,'El THD de la tensi\\'on de alimentaci\\'on (incluyendo todos
los arm\\'onicos hasta el orden 40) ser\\'a inferior o igual al 8\\%
durante el 95\\% de cada per\\'iodo de una semana.\n');
    fprintf(f,'\\begin{figure}\n');

fprintf(f,'\\graphicspath{C:\\Users\\Felipe\\Desktop\\PRUEBAPROYECTO\\DATOS
}\n');
    fprintf(f,'\\centering\n');
    fprintf(f,'\\includegraphics[width=0.7\\textwidth]{THD}\n');
    fprintf(f,'\\caption{Tasa de distorsión armónica}\n');
    fprintf(f,'\\label{fig:ejemplo}\n');
    fprintf(f,'\\end{figure}\n');
    fprintf(f,'\\csvautotabular{tablathd.csv}\n');
end
%Eventos
if strcmp(datos_formul(10,1),'ON')

```

```
fprintf(f, '\\chapter{Eventos de tensi\\''on/ Voltage events}\\n');
fprintf(f, '\\thispagestyle{fancy}\\n');
fprintf(f, '\\section{Resumen eventos/ Event summary}\\n');
fprintf(f, '\\csvautotabular{tablahuecosobr.csv}\\n');
end
fprintf(f, '\\end{document}\\n');
fclose(f);
! pdflatex -shell-escape --src -interaction=nonstopmode plantilla.tex
open('plantilla.pdf')
end
```

Funciones desarrolladas en Netbeans

A continuación se muestran los scripts .jsp que has sido desarrollados para crear la página web descritos en anteriores apartados.

Función index.jsp

Ventana de inicio de sesión.

```
<%@page contentType="text/html" pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html>
<html>

    <style type="text/css">
    body{
        background:#99ccff;
    }
    </style>

    <head>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
        <title>Power Quality</title>
    </head>
    <body>
        <form action="validar.jsp" method="POST">

            <h1> Calidad del Suministro Eléctrico</h1>
            <IMG SRC="imagenes/logouc.png" ALT="descripcion" WIDTH=150 HEIGHT=150
            BORDER=0 style="position: absolute; top:10px;right:10px; "/>
            <P ALIGN=center>
```

```
<table border="0" cellpadding="1">
  <thead>
    <tr>
      <th></th>
      <th></th>
    </tr>
  </thead>
  <tbody>
    <tr>
      <td>Usuario:</td>
      <td><input type="text" name="Usuario" value="" /></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Contraseña:</td>
      <td><input type="password" name="contr" value="" /></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>

<input type="submit" value="Iniciar Sesion" />
</form>

</body>
</html>
```

Función validar.jsp

```
<%@page contentType="text/html" pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <%!
      String Usuario;
      String contr;
    %>
  </head>
  <body>
```

```
<%
    String user = request.getParameter("Usuario");
    String pass = request.getParameter("contr");

    if ("felipe".equals(user) && "123".equals(pass))
    {
        response.sendRedirect("formulario.jsp");
    }
    else
    {
        out.println("Usuario o contraseña incorrectos");
        response.sendRedirect("index.jsp");
    }
%>

</body>
</html>
```

Función formulario.jsp

```
<%@page contentType="text/html" pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html>
<html>
    <style type="text/css">
        body{
            background:#CCEEFF;
        }
    </style>
    <head>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
        <title>Formulario PQ</title>
    </head>
    <body>
        <form action="guardaformu.jsp" method="POST">
            <IMG SRC="imagenes/logouc.png" ALT="descripcion" WIDTH=150 HEIGHT=150
            BORDER=0 style="position: absolute; top:10px;right:10px; "/>
            <h1>Informe Calidad del Suministro Eléctrico</h1>
            <h2>Red de distribución</h2>
```

```

<table border="0">
  <thead>
    <tr>
      <th></th>
      <th></th>
    </tr>
  </thead>
  <tbody>
    <tr>
      <td>Sitio:</td>
      <td><select name="Escoger Sitio">
        <option>Carba</option>
      </select></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Nodo:</td>
      <td><select name="Nodo">
        <option>Carba-Tesouro</option>
      </select></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Fecha inicio:</td>
      <td><input type="date" name="Fecha_inicio" value="" min="2014-01-01"
max="2014-05-01" /></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Fecha fin:</td>
      <td><input type="date" name="Fecha_fin" value="" min="2014-01-01"
max="2014-05-01" /><BR></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>

```

<h2>Fenómenos continuos</h2>

```

<table border="0" cellpadding="1">
  <thead>
    <tr>
      <th></th>

```

```

        <th></th>
    </tr>
</thead>
<tbody>
    <tr>
        <td>Frecuencia</td>
        <td><input type="checkbox" name="Frecuencia" value="ON" /></td>
    </tr>
</tbody>
</table>

```

<h2>Variaciones tensión de alimentación</h2>

```

<table border="0" cellpadding="1">
    <thead>
        <tr>
            <th></th>
            <th></th>
        </tr>
    </thead>
    <tbody>
        <tr>
            <td>Variación rápida de la tensión individual</td>
            <td><input type="checkbox" name="Variacion_tension" value="ON" /></td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Severidad de Flicker</td>
            <td><input type="checkbox" name="Flicker" value="ON" /></td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Desequilibrio de la tensión de alimentación</td>
            <td><input type="checkbox" name="Desequilibrio" value="ON" /></td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Tasa de distorsión Armónica</td>
            <td><input type="checkbox" name="THD" value="ON" /></td>
        </tr>
    </tbody>

```

```
</table>
```

```
<h2>Eventos de tensión</h2>
```

```
<table border="0" cellpadding="1">
```

```
  <thead>
```

```
    <tr>
```

```
      <th></th>
```

```
      <th></th>
```

```
    </tr>
```

```
  </thead>
```

```
  <tbody>
```

```
    <tr>
```

```
      <td>Huecos/sobretenciones de alimentación</td>
```

```
      <td><input type="checkbox" name="huecos" value="ON" /></td>
```

```
    </tr>
```

```
  </tbody>
```

```
</table>
```

```
<input type="submit" value="Finalizar" />
```

```
</form>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

Función generaformu.jsp

```
<%@page contentType="text/html" pageEncoding="UTF-8"%>
```

```
<%@ page import="java.io.*" %>
```

```
<!DOCTYPE html>
```

```
<html>
```

```
  <head>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
  <form action="generainforme.jsp" method="POST">
```

<%

```
String sitio = request.getParameter("Escoger Sitio");
String nodo = request.getParameter("Nodo");
String fini = request.getParameter("Fecha_inicio");
String ffin = request.getParameter("Fecha_fin");
String frec = request.getParameter("Frecuencia");
String var_t = request.getParameter("Variacion_tension");
String flicker = request.getParameter("Flicker");
String deseq = request.getParameter("Desequilibrio");
String THD = request.getParameter("THD");
String huecos = request.getParameter("huecos");
```

```
String file = application.getRealPath("/") + "datos_form.txt";
```

```
FileWriter filewriter = new FileWriter(file);
```

```
filewriter.write(sitio+","+nodo+","+fini+","+ffin+","+frec+","+var_t+","+flicker
    +","+deseq+","+THD+","+huecos);
filewriter.close();
```

%>

Los datos han sido guardados correctamente.

</form>

</body>

</html>

6 CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Tras todo lo descrito en este proyecto queda demostrado que se ha alcanzado el objetivo principal de este proyecto, generar un sistema capaz de analizar la calidad del suministro para una red de distribución cumpliendo con las Normas UNE EN-61000-4-30 para la toma de datos y UNE EN-50160 para el análisis de los datos tomados. También se ha conseguido a partir del citado sistema generar reportes automáticamente sobre la calidad del suministro, cumpliendo así con lo requerido en el Real Decreto 1955/2000 el cual establece que las empresas encargadas del transporte de la energía deberán disponer de un sistema de registro de incidencias, que les permita obtener información sobre las incidencias de continuidad de suministro en cada uno de los puntos frontera de la red de transporte.

Quedaría como posible mejora para este sistema un acceso más eficiente a los datos con el fin de agilizar los cálculos y añadir más parámetros eléctricos de cara a un estudio y monitoreo más extenso de la red de distribución. Dada la modularidad de la estructura del sistema creado, podrá ser mejorado con mejoras estéticas y funcionales tales como el acceso vía internet o la personalización del reporte creado, además de poder añadir nuevos parámetros o ampliar las opciones y detalles de los parámetros eléctricos ya presentes.

Como conclusión final, este proyecto me ha permitido ampliar mis conocimientos acerca de la calidad del suministro eléctrico así como la importancia que supone un control adecuado del mismo. Gracias a este proyecto he aprendido a trabajar con las Normas aplicables para el cumplimiento de las condiciones impuestas por el RD 1955/200, así como a interpretar las Normas correspondientes de manera adecuada a la situación.

Además de todo lo anteriormente expuesto, este proyecto me ha permitido mejorar mis conocimientos de programación en gran variedad de programas y conocer otros lenguajes de programación, como Latex, de gran utilidad y que desconocía antes de la realización de este proyecto.