

**Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España**  
**Universidad de Valladolid, España, Universidad Autónoma de Querétaro, México y**  
**Universidad de Guanajuato, México**

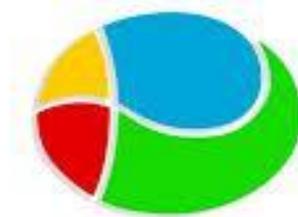
**Centro Tordesillas de Relaciones con Iberoamérica, Valladolid, España**

**30 de Septiembre de 2015**

**Programa**

- 10:00-10:15** Recepción oficial y visita al Centro Tordesillas.
- 10:15-10:30** Presentación de participantes.
- 10:30-10:45** Presentación de líneas de investigación de la Universidad de Guanajuato  
Dr. René de Jesús Romero-Troncoso
- 10:45-11:00** Presentación de líneas de investigación de la Universidad Autónoma de Querétaro  
Dr. Roque A. Osornio-Rios
- 11:00-11:15** Presentación de líneas de investigación de la Universidad de Valladolid  
Dr. Daniel Moríñigo-Sotelo
- 11:15-11:30** Equipos desarrollados en la UAQ para el monitoreo de la calidad de la energía  
Dr. Luis Morales-Velázquez
- 11:30-11:45** Aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android enfocado al monitoreo eléctrico en campo  
Ing. Pablo Cesar Ramírez Echeverría  
Alumno de Maestría en Ciencias Mecatrónica, UAQ

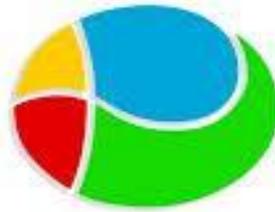
- 11:45-12:00** Software de procesamiento de señales eléctricas  
Ing. Walter Alexander Dzul Ayala  
Alumno de Maestría en Ciencias Mecatrónica, UAQ
- 12:00-12:15** Modelos de diagnóstico de sistemas eléctricos basados en los índices de la calidad de la energía  
M. en C. Emmanuel Guillen García  
Alumno de Doctorado en Mecatrónica, UAQ
- 12:15-12:30** Diagnóstico de motores eléctricos alimentados por inversor para la localización de fallas incipientes  
M. en I. Paulo Antonio Delgado Arredondo  
Alumno de Doctorado en cotutela en la Universidad de Valladolid y la Universidad de Guanajuato
- 12:30** Clausura de las Jornadas



---

**Universidad de Valladolid**  
**Centro «Tordesillas»**  
**de Relaciones con Iberoamérica**

**Centro Tordesillas de Relaciones con Iberoamérica**  
**Valladolid, España**  
**30 de Septiembre de 2015**



---

**Universidad de Valladolid**  
**Centro «Tordesillas»**  
**de Relaciones con Iberoamérica**

***Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España***

**Universidad de Valladolid, España**

**Universidad Autónoma de Querétaro, México**

**Universidad de Guanajuato, México**

**Centro Tordesillas de Relaciones con Iberoamérica, Valladolid, España**

**30 de Septiembre de 2015**



Universidad de Valladolid  
Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



Universidad  
de Guanajuato

Ponentes:

**Dr. René de Jesús Romero Troncoso**, Universidad de Guanajuato

*“Líneas de investigación en la Universidad de Guanajuato”*

**Dr. Roque Alfredo Osornio Ríos**, Universidad Autónoma de Querétaro

*“Líneas de colaboración UAQ-UVA”*

**Dr. Luis Morales Velázquez**, Universidad Autónoma de Querétaro

*“Equipos desarrollados en la UAQ para el monitoreo de la calidad de la energía”*

**M.I. Paulo Antonio Delgado Arredondo**, Universidad de Guanajuato

*“Diagnóstico de motores eléctricos alimentados por inversor para la localización de fallas incipientes”*



Universidad de Valladolid  
Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



Universidad  
de Guanajuato

Ponentes:

**M.I. Emmanuel Guillén García**, Universidad Autónoma de Querétaro

*“Modelos de diagnóstico de sistemas eléctricos basados en los índices de la calidad de la energía”*

**Ing. Pablo Cesar Ramírez Echeverría**, Universidad Autónoma de Querétaro

*“Aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android enfocado al monitoreo eléctrico de campo”*

**Ing. Walter Alexander Dzul Ayala**, Universidad Autónoma de Querétaro

*“Software de procesamiento de señales eléctricas trifásicas”*

**Dr. Daniel Moríñigo Sotelo**, Universidad de Valladolid

*“Líneas de investigación del Departamento de Ing. Eléctrica de la Universidad de Valladolid ”*



Universidad de Valladolid

**Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica**





Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica





Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica





Universidad de Valladolid  
**Centro «Tordesillas»**  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad  
de Guanajuato

**Dr. René de Jesús Romero Troncoso**, Universidad de Guanajuato  
*“Líneas de investigación en la Universidad de Guanajuato”*

El Dr. Romero-Troncoso es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por la FIMEE, Universidad de Guanajuato en 1987 y Maestro en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Instrumentación y Sistemas Digitales por la misma Universidad en 1991. Obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería con especialidad en Mecatrónica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro en 2004.

A la fecha el Dr. Romero-Troncoso ha publicado dos libros sobre Sistemas Digitales y lógica programable, 104 artículos en revistas indizadas y 105 ponencias en congresos nacionales e internacionales habiendo recibido más de 1300 citas a sus publicaciones. Igualmente a la fecha ha dirigido más de 200 tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado.

El Dr. Romero-Troncoso ha sido promovido a Investigador Nacional nivel 3 por el Sistema Nacional de Investigadores a partir del 2016. Es Académico Titular de la Academia de Ingeniería de México desde el 2015 y es *Senior Member* del IEEE desde el 2012. También es parte del comité editorial de varias revistas indizadas.

Actualmente se desempeña como Profesor de tiempo completo de DICIS – Universidad de Guanajuato donde es líder de una red de Cuerpos Académicos de varias Universidades nacionales y extranjeras.

Sus áreas de interés incluyen la aplicación de los FPGA a monitoreo, diagnóstico y control de sistemas dinámicos.



Universidad de Valladolid  
Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad  
de Guanajuato





Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



# Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España

Dr. René de Jesús Romero Troncoso  
Universidad de Guanajuato, México

# **Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España**

---

- ▶ **Universidad de Valladolid, España, Universidad Autónoma de Querétaro, México y Universidad de Guanajuato, México**
- ▶ **Centro Tordesillas de Relaciones con Iberoamérica, Valladolid, España**
- ▶ **30 de Septiembre de 2015**



# Presentación

---

- ▶ Líneas de investigación en la Universidad de Guanajuato
- ▶ 1 Procesamiento de señales
- ▶ 2 Análisis espectral
- ▶ 3 Análisis de vibraciones y sonido

# Contexto



Los Cabos



Cd. de México



Chichén Itzá



Guanajuato



Querétaro



Cancún



# DICIS – U. de Guanajuato



División de Ingenierías del Campus Irapuato -  
Salamanca

Procesamiento de señales

Análisis espectral

Análisis de vibraciones y sonido



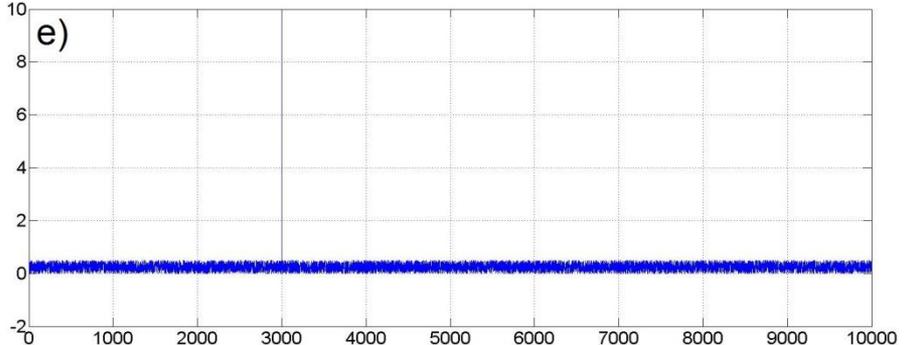
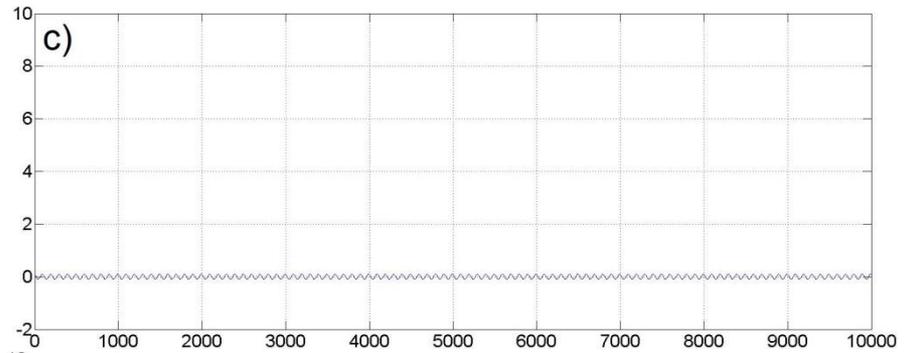
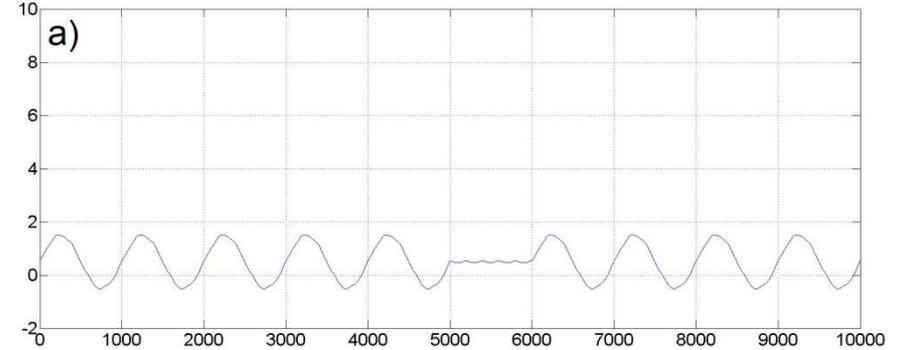
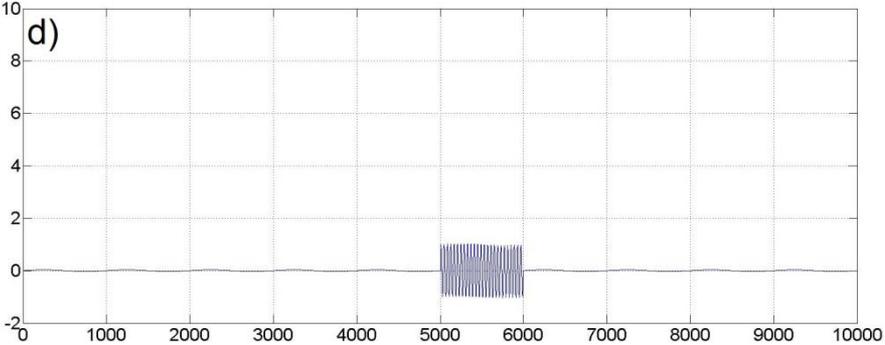
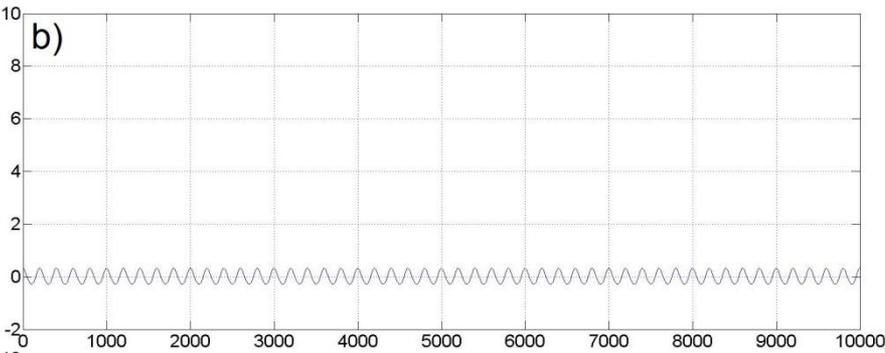
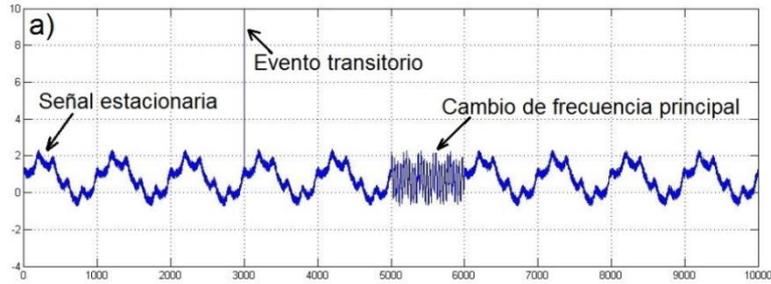
# Procesamiento de señales

---

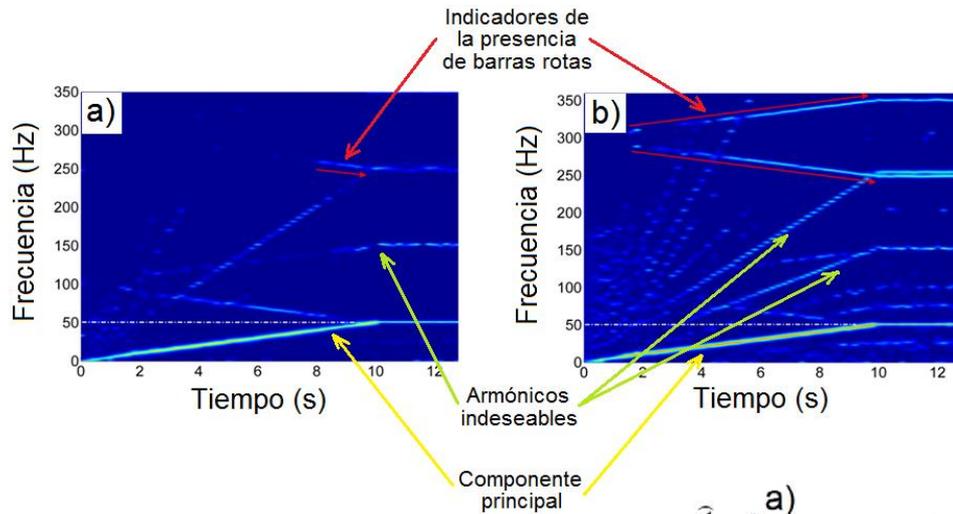
- Análisis espectral
- Descomposición tiempo-frecuencia
- MUSIC, Gabor Wigner-Ville
- Descomposición de modo empírico



# Descomposición de modo empírico

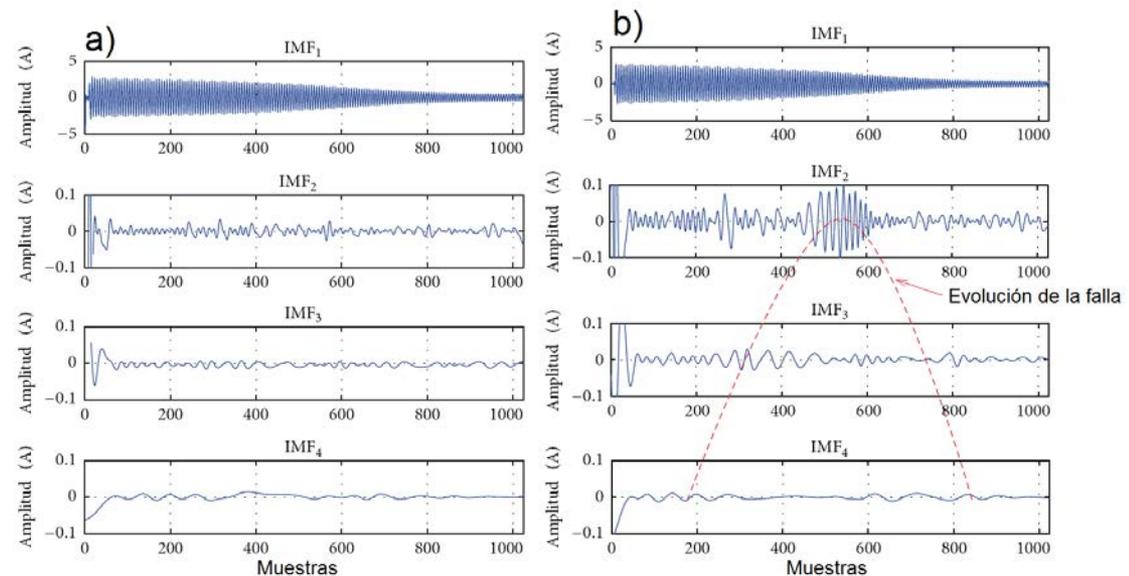


# Técnicas de monitoreo en motores de inducción



MUSIC de tiempo corto en la detección de barras rotas en motores de inducción

Descomposición de modo empírico en la detección de barras rotas en motores de inducción



# Análisis de vibraciones y sonido

---

- ▶ Garcia-Perez, A., Romero-Troncoso, R. J., Osornio-Rios, R. A., Lucio-Martinez, J. A., **Application of high-resolution spectral-analysis for identifying faults in induction motors by means of sound**, [2012] Journal of Vibration and Control, SAGE, Vol. 18, No. 11, pp 1585-1592. ISSN: 1077-5463.
- ▶ Delgado-Arredondo, P. A., Garcia-Perez, A., Morinigo-Sotelo, D., Osornio-Rios, R. A., Avina-Cervantes, J. G., Rostro-Gonzalez, H., Romero-Troncoso, R. J., **Comparative study of time-frequency decomposition techniques for fault detection in induction motors using vibration analysis during startup transient**, [2015] Shock and Vibration, Hindawi, Vol. 2015, Article ID 708034, 14 pp. ISSN: 1070-9622



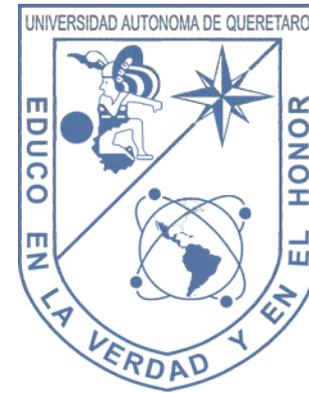
---

Muchas gracias por su atención !!!!!!!!





Universidad de Valladolid  
**Centro «Tordesillas»**  
de Relaciones con Iberoamérica



**Dr. Roque Alejandro Osornio Ríos**, Universidad Autónoma de Querétaro  
*“Líneas de colaboración UAQ-UVA”*

*El Dr. Roque Alfredo Osornio es Ingeniero Eléctrico por el Instituto Tecnológico de Querétaro en 1997, Maestro en Ciencias en Instrumentación y Control en 2004 por la Universidad Autónoma de Querétaro. Obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería con especialidad en Mecatrónica en la Facultad de Ingeniería de la misma universidad en 2007.*

*A la fecha el Dr. Osornio Rios ha publicado dos libros, 75 artículos en revistas indizadas y 76 ponencias en congresos nacionales e internacionales habiendo recibido más de 650 citas a sus publicaciones. Igualmente a la fecha ha dirigido 42 tesis entre Licenciatura, Maestría y Doctorado.*

*El Dr. Osornio Rios es Investigador Nacional nivel 2 por el Sistema Nacional de Investigadores a partir del 2016. Es Académico Titular de la Academia Mexicana de Ciencias desde el 2015 y es miembro del IEEE desde el 2010. También es parte del comité editorial de varias revistas indizadas.*

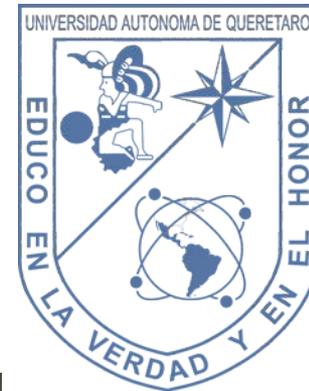
*Actualmente se desempeña como Profesor de tiempo completo y coordinador de la Maestría y Doctorado en Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Querétaro.*

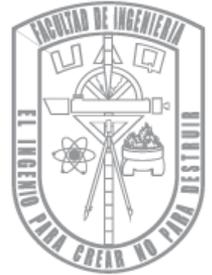
*Sus áreas de interés incluyen la aplicación de los FPGA a monitoreo, diagnóstico y control de sistemas mecatrónico.*



Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica





# Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España

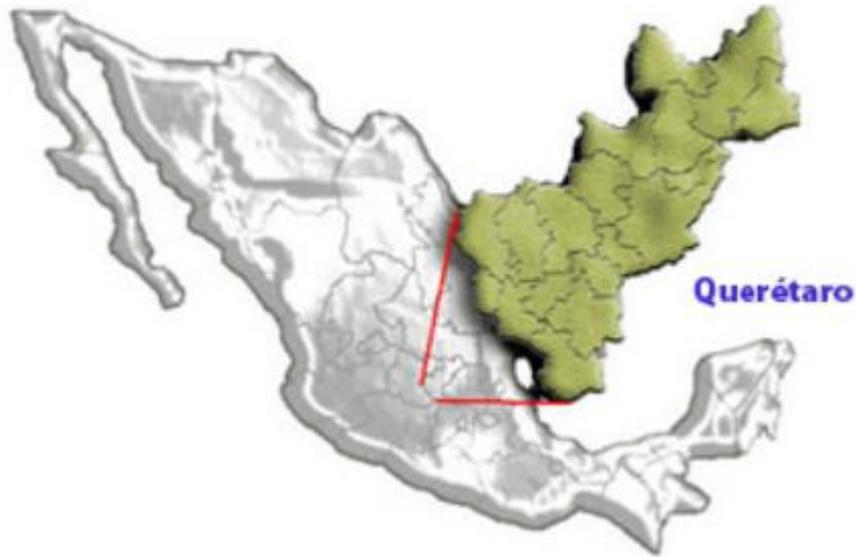
Universidad Autónoma de Querétaro

Maestría en Ciencias Mecatrónica

Doctorado en Mecatrónica

Líneas de Investigación

# Ubicación UAQ FI SJR



# Antecedentes Posgrado Mecatrónica

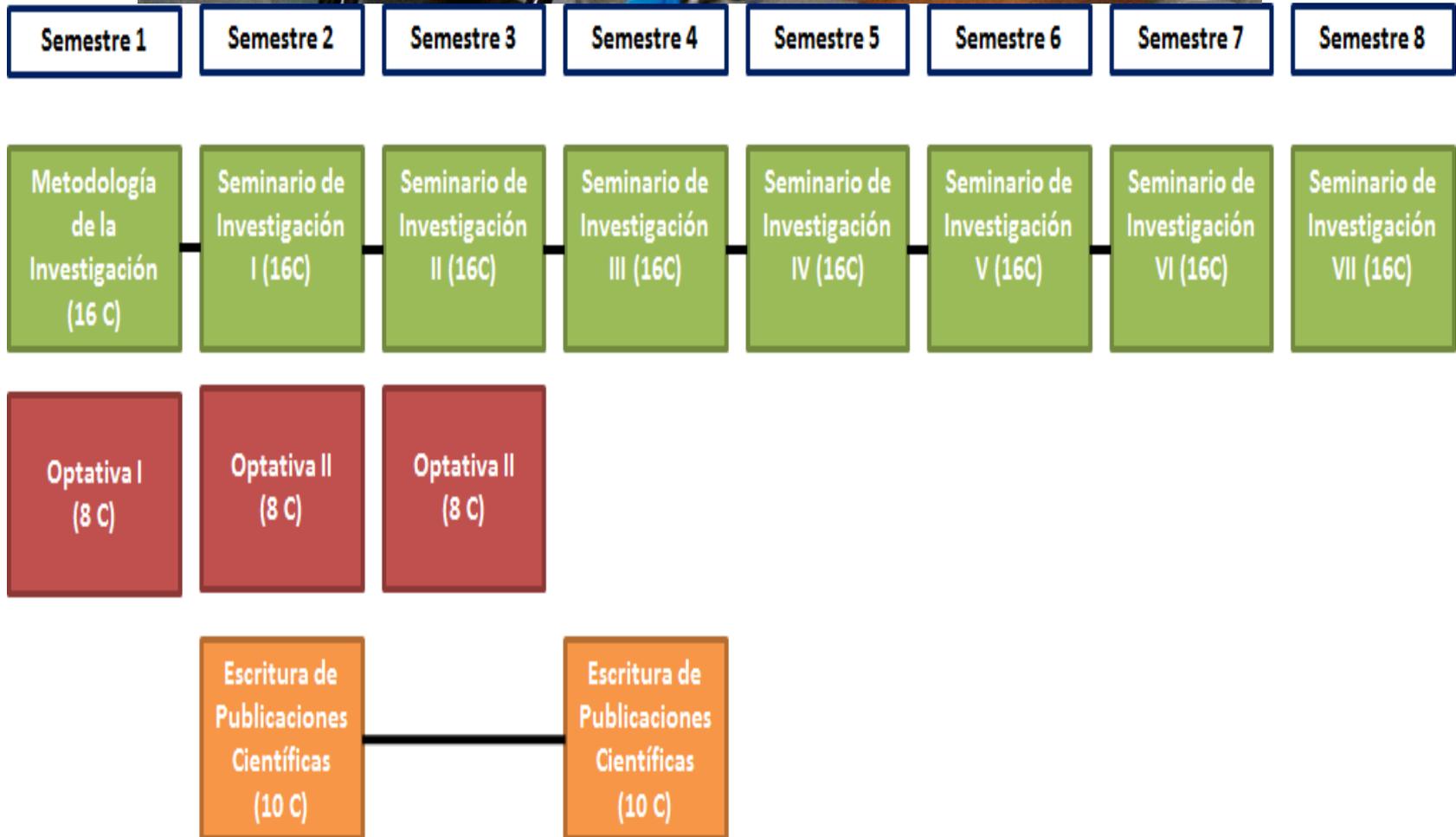




# MAESTRÍA EN MECATRÓNICA

Paquete Básico	Paquete Primario	Paquete Especializado (Mecatrónica)	Paquete Especializado (Visión Artificial)	Paquete Especializado (Diseño Mecánico)
Matemáticas Avanzadas	Control	Control Avanzado I	Morfología Matemática	Modelado por elementos finitos
Metodología de la Investigación	Electrónica Avanzada I	Optativa I	Optativa I	Optativa I
Seminario de Tesis I	Computación Avanzada I	Optativa II	Optativa II	Optativa II
Seminario Tesis II	Modelado de sistemas	Optativa III	Optativa III	Optativa III

# DOCTORADO EN MECATRÓNICA



# Materias Optativas

Materias Optativas
Diseño digital
Sistemas Avanzados de Manufactura
Control Inteligente
Visión
Instrumentación y Aplicación de Visión en Mecatrónica
Procesamiento de señales
Mecánica del medio continuo
Mecánica Estructural y materiales
Dinámica y vibraciones
Robótica
Temas Selectos

# Líneas de Colaboración UAQ-UVa



Cursos

Conferencias

Tribunales

# Líneas de Colaboración UAQ-UVa



Universidad Autónoma de Querétaro  
 Facultad de Ingeniería  
 Maestría en Ciencias Mecatrónica

ANÁLISIS DEL DESGASTE EN ENGRANES APLICANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias Mecatrónica

Presenta:

Juan José Saucedo Dorantes

Dirigido por:

Dr. Juan Primo Benitez Rangel

SINODALES

Dr. Juan Primo Benitez Rangel

Presidente

Dr. Roque Alfredo Osornio Rios

Secretario

Dr. Luis Morales Velásquez

Vocal

Dr. Miguel Trejo Hernández

Suplente

Dr. Daniel Moránigo Sotelo

Suplente

Dr. Aurelio Domínguez Gonzales

Director de la facultad

Firma

Firma

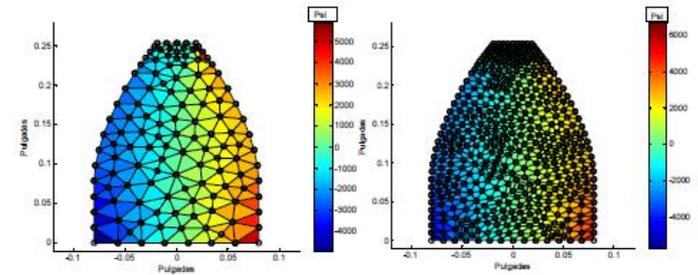
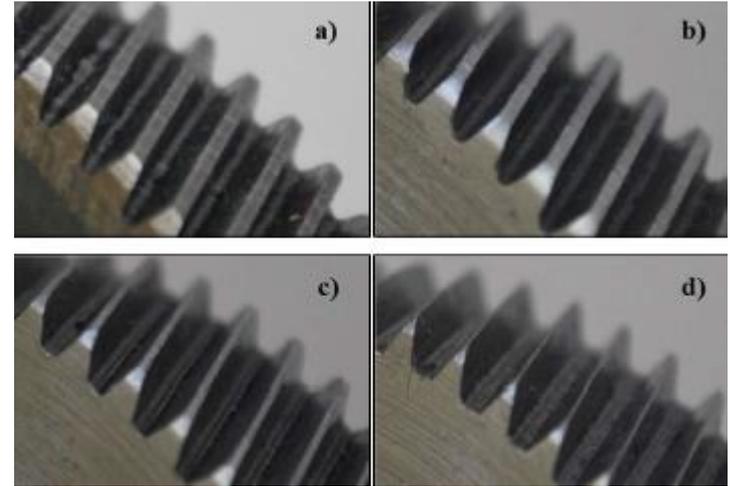
Firma

Firma

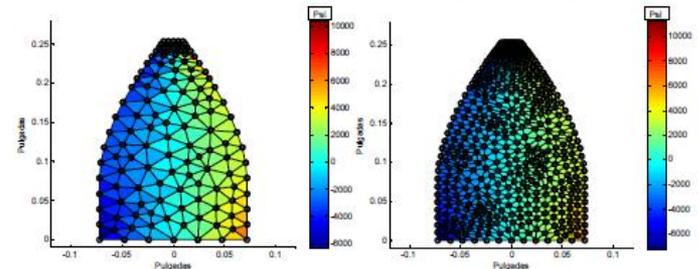
Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco

Director de investigación y posgrado



Concentración de esfuerzos en perfil con 50% de desgaste.



Concentración de esfuerzos en perfil con 75% de desgaste.

# Líneas de Colaboración UAQ-UVa



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería  
Maestría en ciencias (Mecatrónica)

IMPLEMENTACIÓN DE PROTOCOLO MODBUS RS-485 EN SISTEMA EMBEBIDO BASADO EN  
FPGA PARA RED DE SENSORES INERCIALES.

## TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener grado de

Maestro en Ciencias

**Presenta:**  
Emmanuel Guillén García

**Dirigido por:**  
Dr. Luis Morales Velázquez.

## SINODALES.

Dr. Luis Morales Velázquez  
Presidente

Dr. Roque Alfredo Osornio Rios  
Secretario

Dr. Jesús Rocney Rivera Guillén  
Vocal

Dr. Jesús de Santiago Pérez  
Suplente

Dr. Daniel Morfigno Sotelo  
Suplente

Dr. Aurelio Domínguez González  
Director de la Facultad

Firma

Firma

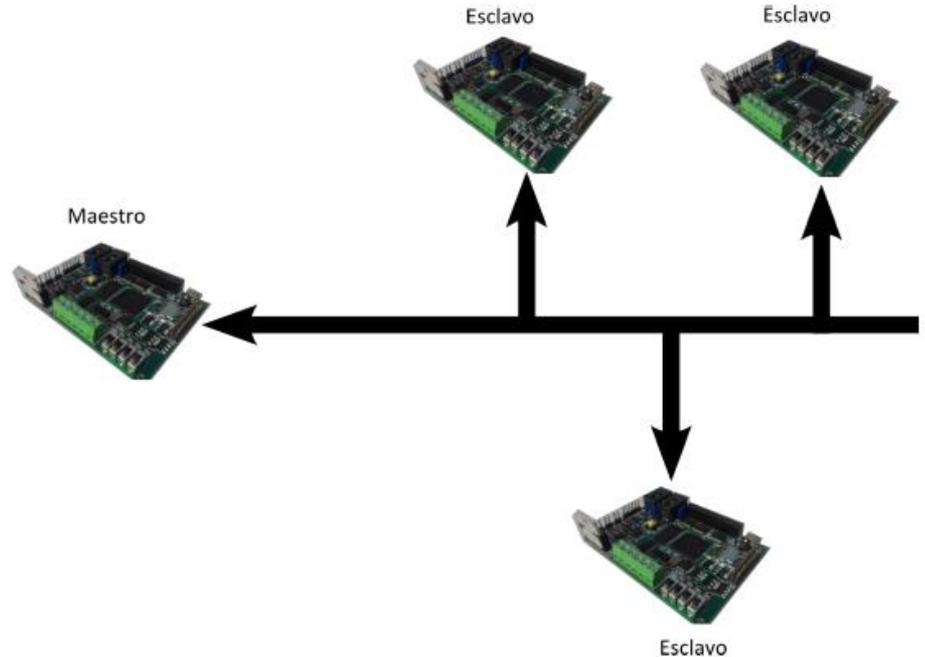
Firma

Firma

Firma

Dr. Inocencio Torres Pacheco  
Director de Investigación y  
Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre, 2014  
México



# Líneas de Colaboración UAQ-UVa

## CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA GERENCIA REGIONAL DE SALUD DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA Y LEÓN Y LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN HOSPITALES

Valladolid, a 29 de abril de 2015.

### REUNIDOS

#### De una parte:

D. Antonio María Sáez Aguado, Presidente de la Gerencia Regional de Salud de la Comunidad Autónoma de Castilla y León (en adelante GRS), en nombre y representación de la misma y en virtud de las atribuciones conferidas en el artículo 31.2 d) de la Ley 8/2010, de 30 de agosto, de Ordenación del Sistema de Salud de Castilla y León.

#### De otra parte,

D. José Ramón López López, Vicerrector de Investigación y Política Científica de la Universidad de Valladolid (en adelante UVA), conforme a las atribuciones que le confiere el Título II de los Estatutos de la citada Universidad, aprobados por Acuerdo 104/2003, de 10 de julio, de la Junta de Castilla y León (BOCYL nº 136, de 16 de julio), en relación con el apartado Segundo.1.d) de la Resolución Rectoral de 19 de junio de 2014 (BOCYL nº 127 de 4 de julio), por la que se delegan determinadas competencias del Rector en diversos órganos unipersonales de la Universidad.

### EXPONEN

**Primero.-** Que la GRS, como Entidad que tiene a su cargo la gestión de la Asistencia y Prestación Sanitaria en el ámbito de la Comunidad de Castilla y León tiene interés en una serie de actividades formativas, de investigación y relativas a desarrollos tecnológicos, en el ámbito de la Sanidad de Castilla y León.

**Segundo.-** Que la UVA es una Entidad de Derecho Público que desarrolla actividades de formación, investigación y desarrollo científico y tecnológico, interesada en



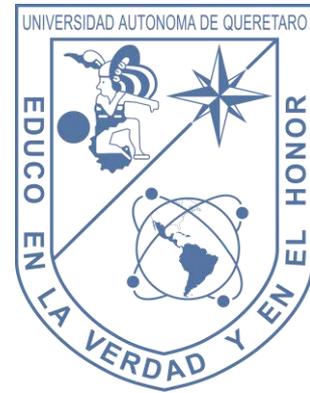
**Muchas gracias por su atención!!!**





Universidad de Valladolid

**Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica**



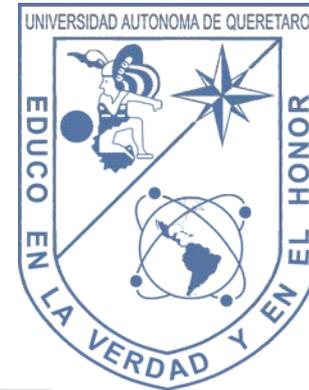
**Dr. Luis Morales Velázquez**, Universidad Autónoma de Querétaro

*“Equipos desarrollados en la UAQ para el monitoreo de la calidad de la energía”*



Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica





Universidad de Valladolid  
**Centro «Tordesillas»**  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



Universidad  
de Guanajuato

## Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España

---

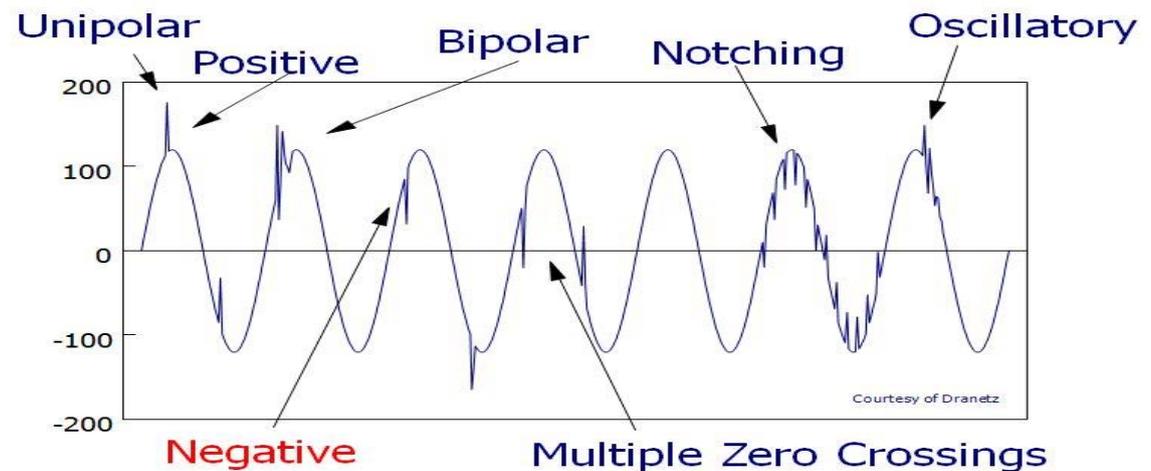
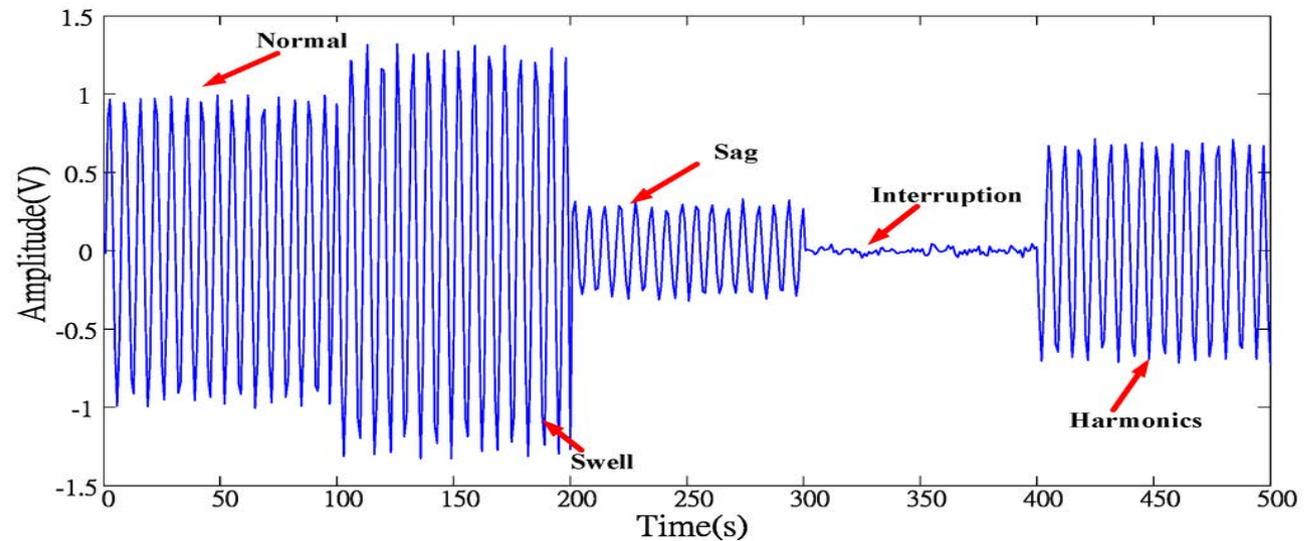
# Equipos desarrollados en la UAQ para el monitoreo de la calidad de la energía

Dr. Luis Morales-Velázquez

Centro Tordesillas de Relaciones con Iberoamérica, Valladolid, España

# Calidad de la energía

Estudia las desviaciones de la forma de onda estándar de la señal eléctrica en las líneas de producción, transmisión y distribución.



# Calidad de la energía

---

## Normas internacionales:

- American Standard IEEE Std. 1159-1995
- European Standard EN 50160

## Características principales para la medición:

- Mínimo 6000 muestras por segundo (armónico 50)
- Resolución mínima de 16 bits
- Monitoreo de 3 canales de voltaje y 3 de corriente
- Almacenamiento de datos

# Sistema eléctrico hospitalario

---

- Hospital Universitario de Río Hortega



# Sistema eléctrico hospitalario

---

## Características de la instalación

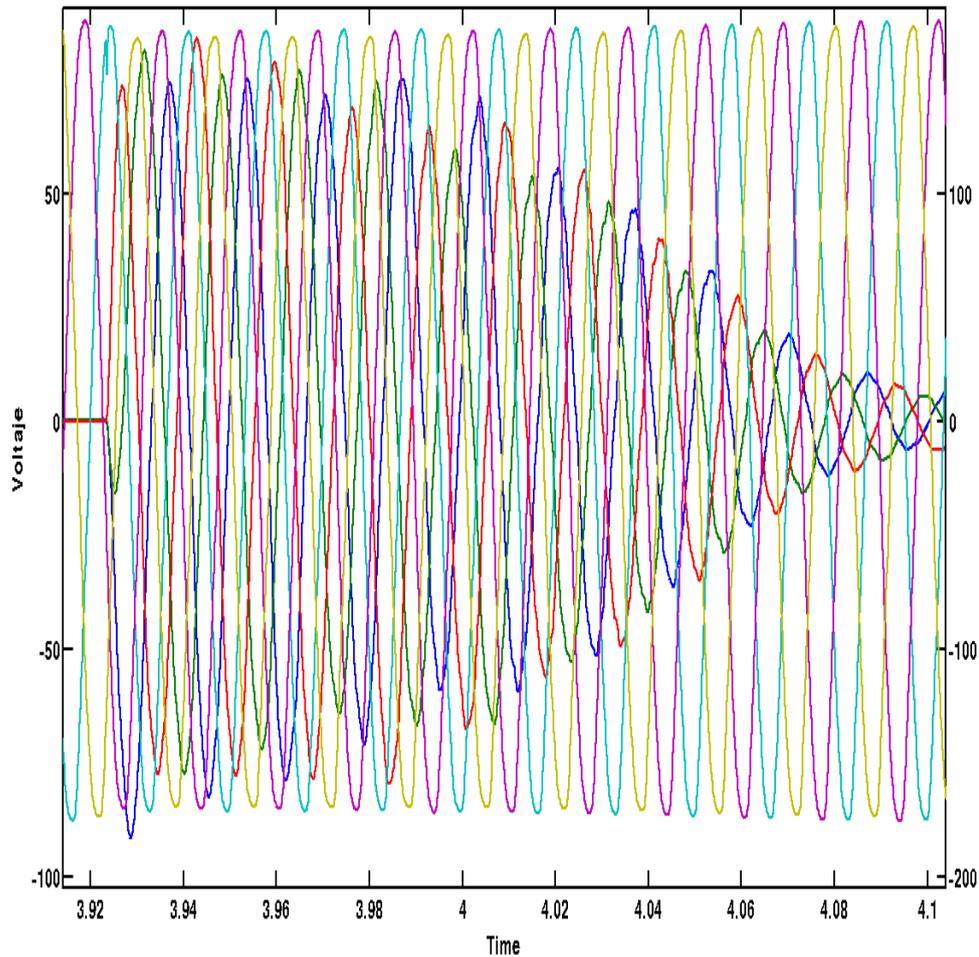
- Voltaje trifásico de 220V
- Corrientes promedio de 150A
- Altas corrientes en terminales de tierras (30A~50A)
- 6 ramales secundarios distribuidos
- Se detectan fallas al encender algunos equipos como bombas de alta presión.

# Equipos de medición de calidad de la energía

---

- Características
- Frecuencia de muestreo de 8000 sps.
- 3 Voltajes pico máximos 720 Vpp.
- 4 Corrientes de hasta 200A o 400A (depende de la pinza amperimétrica).
- Aislamiento galvánico de 4250Vpp.
- Almacenamiento en memoria SD hasta 64GB.
- Alimentación a 5Vdc.

# Equipos de medición de calidad de la energía



# Equipos de medición de calidad de la energía

---

## Arquitectura del sistema

- Basado en FPGA
- IPcores: ADC, SD, Timers, UART, uP, etc.
- Sistema embebido propietario
- Formato de archivos propio
- Cantidad de datos estimada 11GB por día

# ¡Gracias!

---

¿Preguntas?

Contacto: [Imorales@hspdigital.org](mailto:Imorales@hspdigital.org)



Universidad de Valladolid  
**Centro «Tordesillas»**  
de Relaciones con Iberoamérica



**Universidad**  
de **Guanajuato**

**M.I. Paulo Antonio Delgado Arredondo, Universidad de Guanajuato**

*“Monitoreo de calidad de la energía en sistemas de generación alternativa”*



Introducción

- Los motores eléctricos tienen gran importancia en el mundo moderno
  - Ampliamente usados en la industria
  - Usados en medios de transporte (trenes, autos, etc.)
- Las técnicas de descomposición tiempo-frecuencia son muy eficientes para la localización de componentes espectrales.

Paulo Antonio Delgado Arredondo UG-UVa 30/Septiembre/2015 4 / 19

# Localización de fallas incipientes en motores de inducción alimentados por inversor

M.I. Paulo Antonio Delgado Arredondo

[pa.delgadoarredondo@ugto.mx](mailto:pa.delgadoarredondo@ugto.mx) - [pauloantonio.delgado@alumnos.uva.es](mailto:pauloantonio.delgado@alumnos.uva.es)



Universidad de Guanajuato  
Campus Irapuato-Salamanca



Universidad de Valladolid  
Escuela de Ingenierías Industriales

30/Septiembre/2015

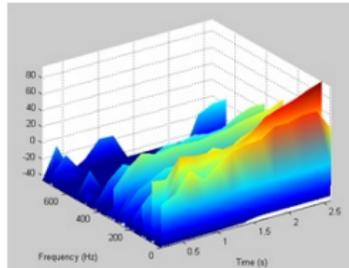
- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores
- 6 Avances
- 7 Referencias

# Índice

- 1 **Introducción**
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores
- 6 Avances
- 7 Referencias

# Introducción

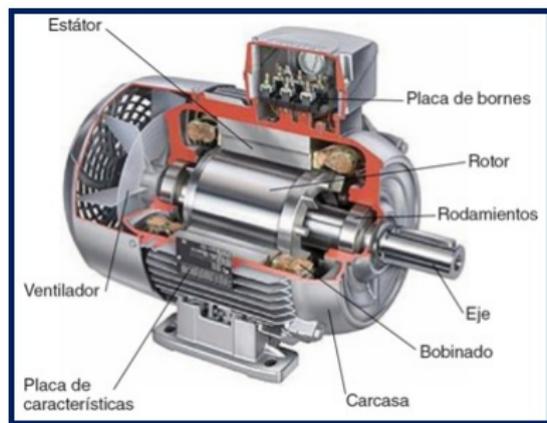
- Los motores eléctricos tienen gran importancia en el mundo moderno
  - Ampliamente usados en la industria
  - Usados en medios de transporte (trenes, autos, etc.)
- Las técnicas de descomposición tiempo-frecuencia son muy eficientes para la localización de componentes espectrales.



# Índice

- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos**
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores
- 6 Avances
- 7 Referencias

# Motores eléctricos

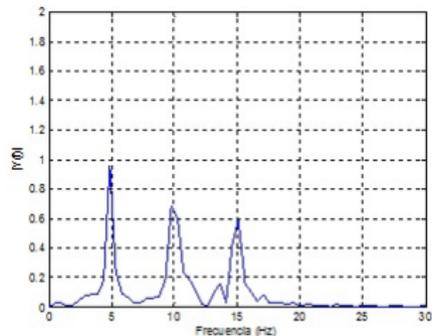
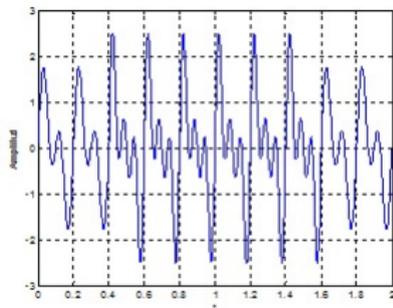
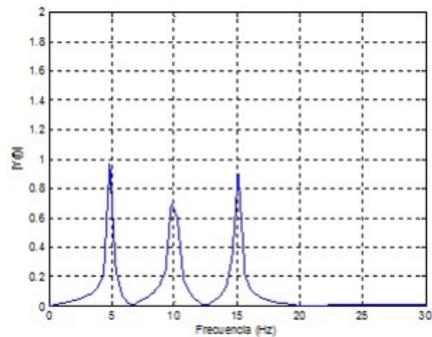
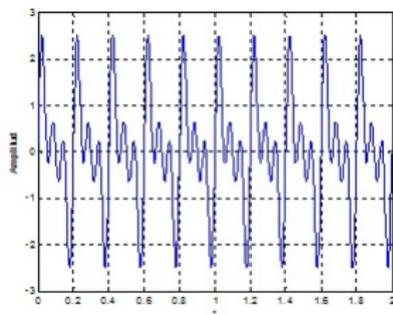


- Fallas en el estátor 38% de los casos.
- Fallas en el rotor 10%.
- Fallas mecánicas en el rotor 40% (rodamientos, excentricidad, eje doblado y desalineamiento).
- Otras averías, que representan el 12% restante [1].

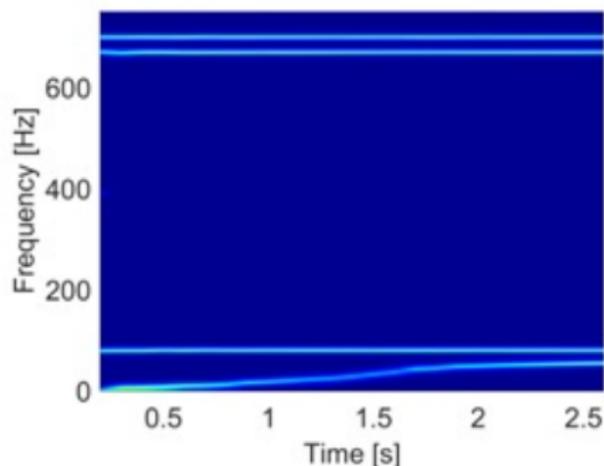
# Índice

- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral**
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores
- 6 Avances
- 7 Referencias

## ■ Señal no estacionaria



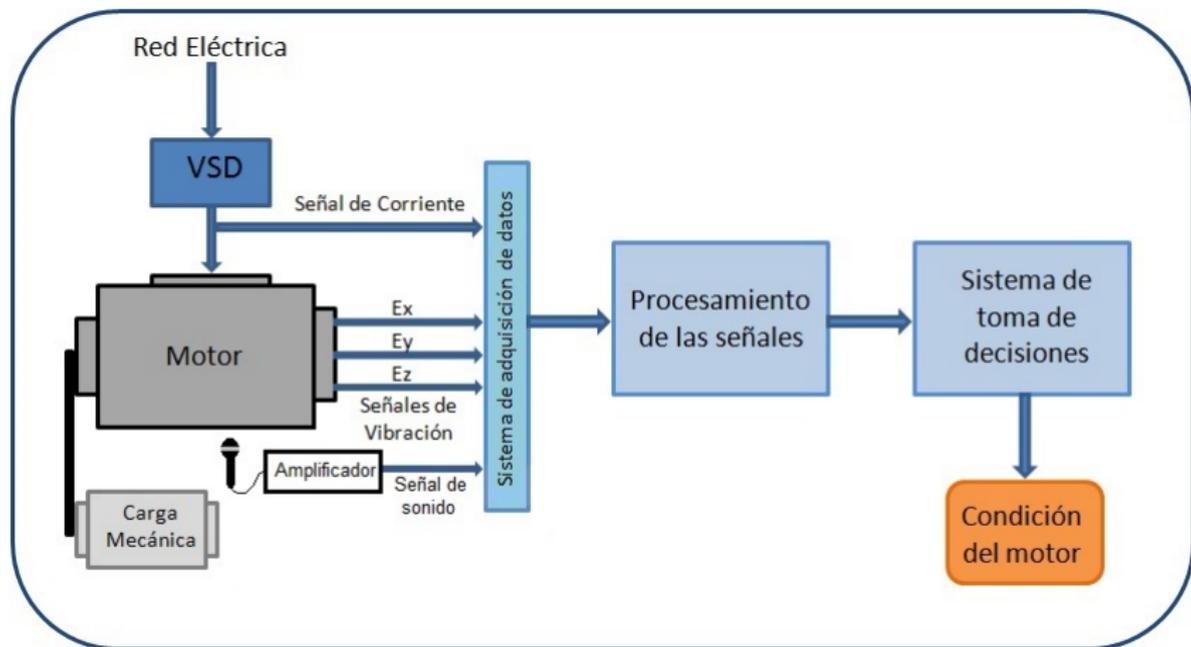
- **Distribuciones de Energía:** el propósito de la distribuciones de energía es la de distribuir la energía de la señal en las dos variables de descripción, tiempo y frecuencia en otras palabras muestran la evolución de las componentes frecuenciales de una señal a lo largo del tiempo [2].



# Índice

- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto**
- 5 Colaboradores
- 6 Avances
- 7 Referencias

# Descripción del proyecto



# Índice

- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores**
- 6 Avances
- 7 Referencias

Participantes:		
IES	CA	PTC
Universidad de Guanajuato (UGto)  México	Telemática:  Dr. René de J. Romero Troncoso  Dr. Juan G. Aviña Cervantes  Dr. Mario A. Ibarra Manzano	3
	Procesamiento Digital de Señales:  Dr. Arturo García Pérez	1
Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ)  México	Mecatrónica:  Dr. Roque A. Osornio Ríos  Dr. Juan P. Benítez Rangel  Dr. Luis Morales Velázquez	3
Universidad de Valladolid (UVa)  España	Dr. Daniel Moríñigo Sotelo  Dr. Oscar Duque Pérez	2

**IES:** Institución de educación superior **CA:** Cuerpo académico **PTC:** Profesores de tiempo completo

# Índice

- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores
- 6 Avances**
- 7 Referencias

## Publicación de artículos

Hasta el momento se ha verificado la validez de algunas técnicas de análisis espectral para la localización de fallas en señales de vibración obtenidas de un motor, de este trabajo se obtuvo como resultado la publicación de un artículo [3]. Este artículo fue publicado en el journal Shock and Vibration el cual está indexado al JCR.

## Actividades a realizar

Dentro del programa de doble titulación se plantea la realización de una estancia en la Universidad de Valladolid, la cual está contemplada durante el periodo de Septiembre 2015-Septiembre de 2016. Durante la cual, se hará la implementación del banco de pruebas para la captura de señales de corriente, vibración y sonido de motores sanos y motores con algún tipo de avería. Además se realizará el procesamiento de dichas señales y se plantea la publicación de un artículo en journal indexado al JCR.

# Índice

- 1 Introducción
- 2 Motores eléctricos
  - Partes principales
- 3 Análisis espectral
- 4 Descripción del proyecto
- 5 Colaboradores
- 6 Avances
- 7 Referencias**

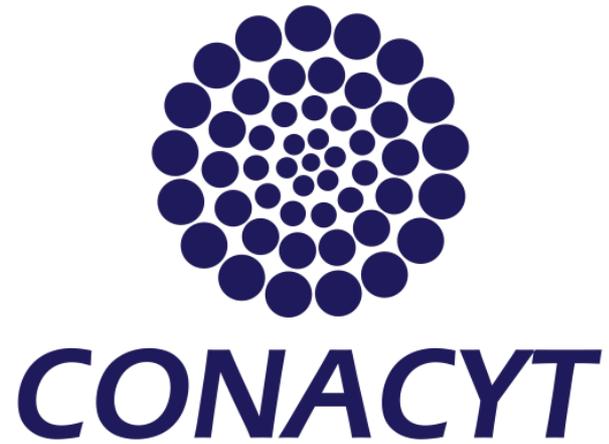
# Referencias

[1] M. E. H. Benbouzid, A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 47, no. 5, pp. 984-993, 2000.

[2] F. Auger, P. Flandrin, P. Goncalves, and O. Lemoine, Time-Frequency Toolbox For Use with MATLAB, CNRS, Paris, France; Rice University, Houston, Tex, USA, 1996.

[3] Delgado-Arredondo, P.A.; Garcia-Perez, A.; Moriñigo-Sotelo, D.; Osornio-Rios, R.A.; Avina-Cervantes, J.G.; Rostro-Gonzalez, H.; and Romero-Troncoso, R.J. Comparative study of time-frequency decomposition techniques for fault detection in induction motors using vibration analysis during startup transient. *Shock and Vibration*, vol. 2015, pp. 1-14, 2015.

Gracias por su atención!

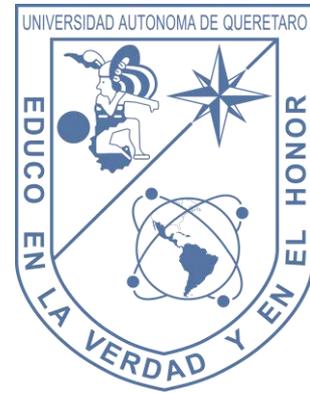


**Este trabajo ha sido cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACY) del Gobierno de México.**



Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



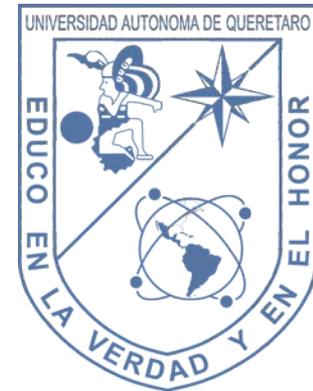
**M.I. Emmanuel Guillén García, Universidad Autónoma de Querétaro**

*“Modelos de diagnóstico de sistemas eléctricos basados en los índices de la calidad de la energía”*



Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica





Universidad de Valladolid  
Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



Universidad  
de Guanajuato

# Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria México-España

Universidad de Valladolid, España, Universidad Autónoma de Querétaro,  
México y Universidad de Guanajuato, México

---

CENTRO TORDESILLAS DE RELACIONES CON IBEROAMÉRICA, VALLADOLID,  
ESPAÑA

30 DE SEPTIEMBRE DE 2015

# Presentación

---

Modelos de diagnóstico de sistemas eléctricos basados en los índices de la calidad de la energía

Emmanuel Guillen García

Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Querétaro

# Presentación

---

Metodología

Avances

Colaboración con Universidad de Valladolid, España

# Facultad de Ingeniería UAQ

Campus San Juan del Río

Doctorado en Mecatrónica

Calidad de la energía

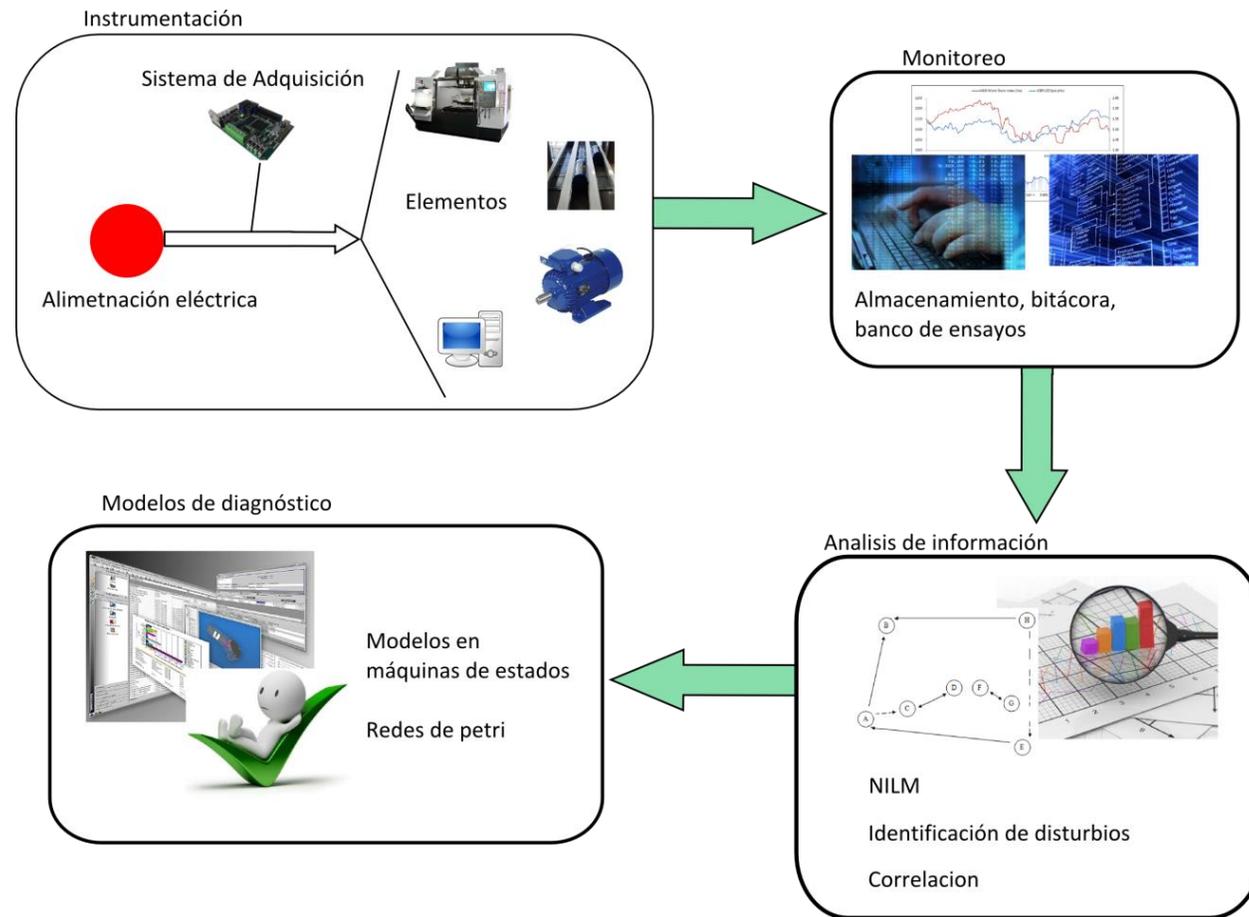


# Objetivo

---

Desarrollar modelos de diagnóstico basados en los índices de la calidad de la energía que permitan relacionar disturbios eléctricos con eventos de fallas en equipos industriales e instalaciones de hospitales conectados a la red eléctrica.

# Metodología



# Avances

---

## Tarjetas de adquisición

- Revisión y corrección de prototipos
- Pruebas de funcionamiento en los nuevos equipos

## Sistema embebido

- Descripciones de hardware
- Librerías de software

# UVa

---

## Instrumentación.

- Laboratorios Uva
- Hospital

## Generación de banco de pruebas

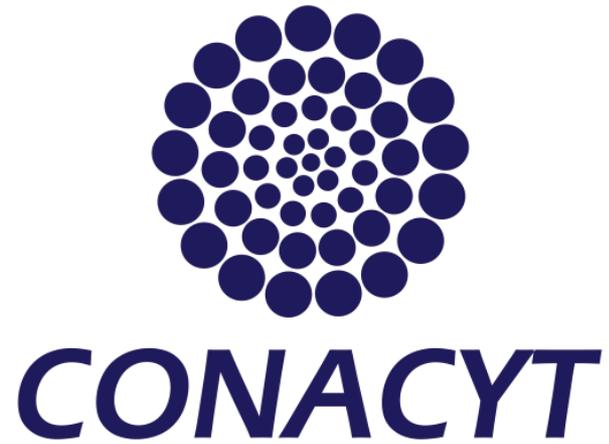
- Laboratorios
- Hospitales

## Aprendizaje de Técnicas

- Generación de modelos

# Gracias

---

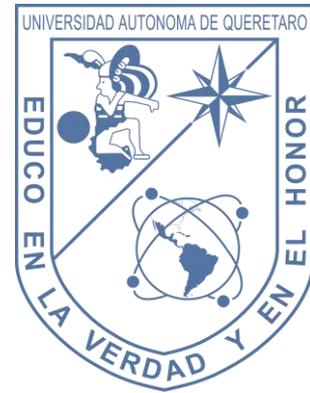


**Este trabajo ha sido cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACY) del Gobierno de México.**



Universidad de Valladolid

**Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica**



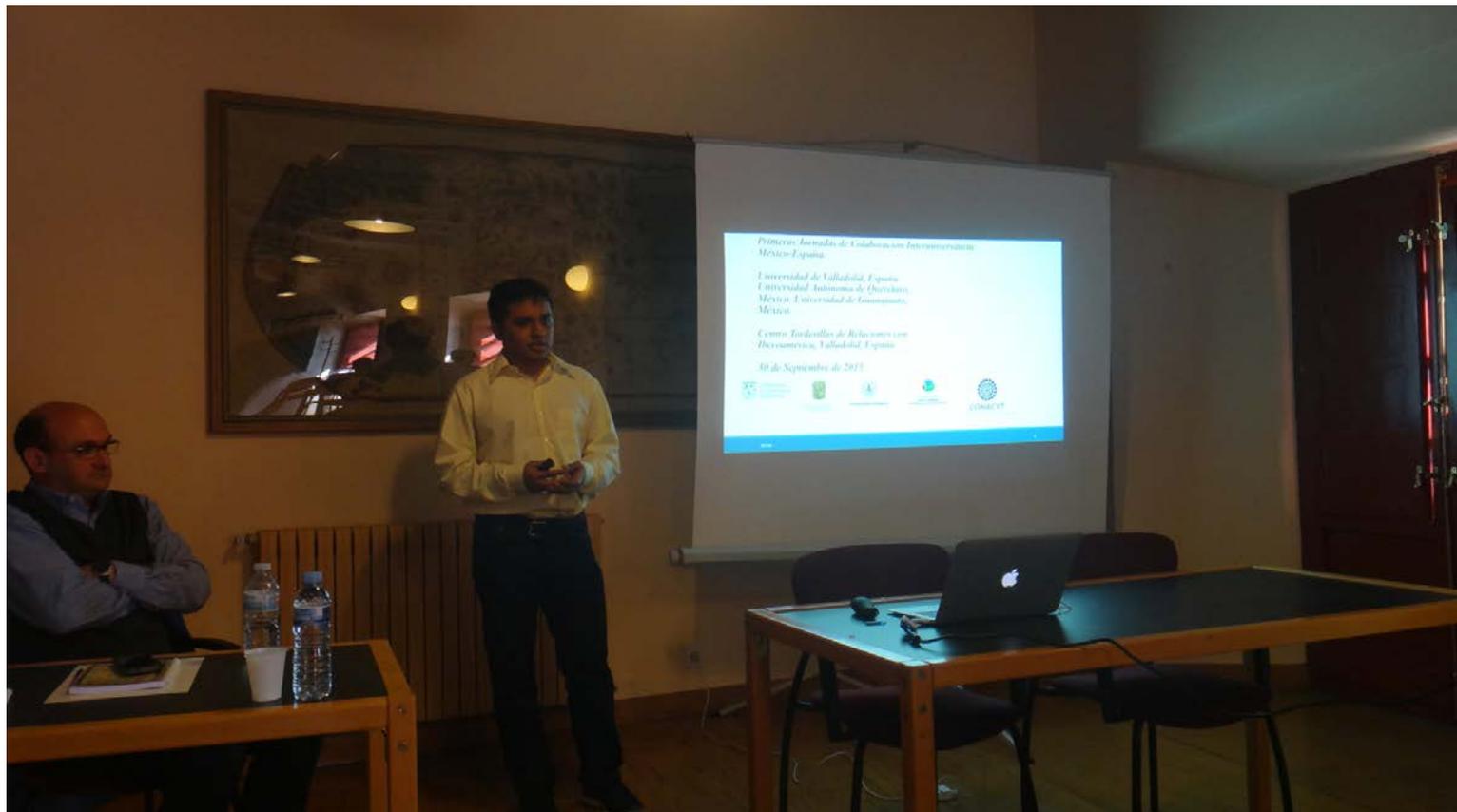
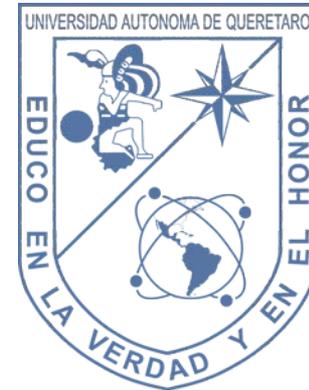
**Ing. Pablo Cesar Ramírez Echeverría, Universidad Autónoma de Querétaro**

*“Aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android enfocado al monitoreo eléctrico de campo”*



Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



***Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitaria  
México-España.***

***Universidad de Valladolid, España.  
Universidad Autónoma de Querétaro,  
México. Universidad de Guanajuato,  
México.***

***Centro Tordesillas de Relaciones con  
Iberoamérica, Valladolid, España.***

***30 de Septiembre de 2015.***



**Titulo de Tesis**

**Aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android enfocado al monitoreo eléctrico de campo**

**Autoría**

**Ing. Pablo Cesar Ramírez Echeverría.**

**Director de Tesis**

**Dr. René de J. Romero Troncoso**

**Co-Director**

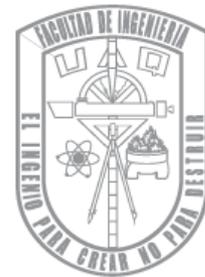
**Dr. Daniel Moriñigo Sotelo**

**Universidad Autonoma de Queretaro.**

**Facultad de Ingenieria.**

**Campus San Juan del rio.**

**Maestria en Ciencias de la Mecatronica.**



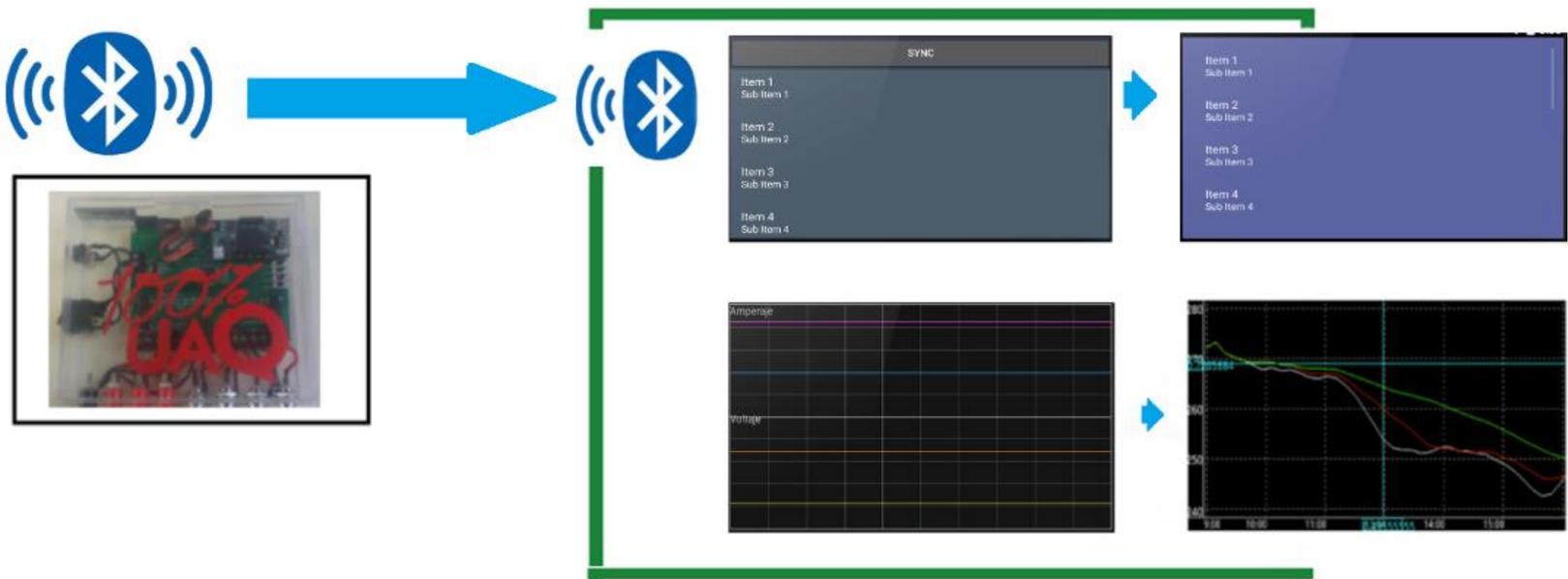
# **Presentación.**

- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Avances del proyecto**
- **Uva**

# Objetivos

- Objetivo Principal: Desarrollar una aplicación basada en el sistema operativo Android para dispositivos móviles, con la finalidad de realizar el monitoreo eléctrico en campo utilizando el equipo PQ-UAQ.
- Objetivos Particulares:
  - Programar la aplicación de software basada en las herramientas heurísticas para el diseño de la interfaz de monitoreo eléctrico.
  - Desarrollar los módulos de Comunicación inalámbrica, Visualización y procesamiento en línea. Basados en Android.
  - Realizar las pruebas a la aplicación mediante las reglas de diseño heurística para su validación.
  - Monitorear parámetros relacionados a la calidad de energía en equipos basados en PQ-UAQ y la aplicación desarrollada.

# Metodología



# Avances del Proyecto

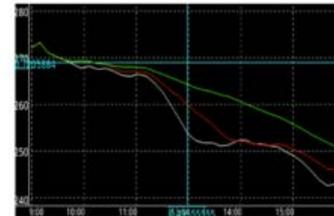
**Bluetooth**



**Bitácora**

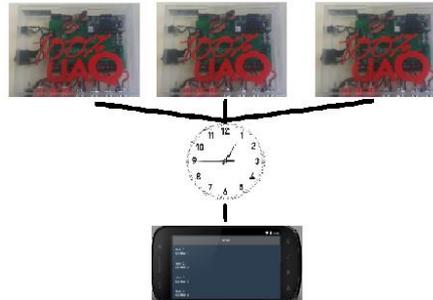
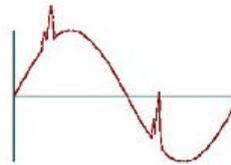


**Graficación**



# Uva

- Instrumentación.
- Sincronización.
- Identificación de eventos y notificación.
- Funciones Graficas.
- Mejoras de la GUI.



Gracias por su atención.

# Referencias\_1:

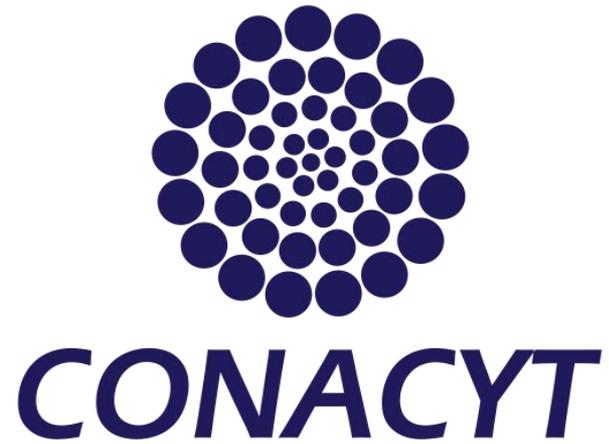
- Annuzzi, J., Darcey, L., & Conder, S. (2010). *Advanced Android Application Development* (p. 611). Michigan, USA: Addison-Wesley.
- Cabal-Yepez, E., Garcia-Ramirez, A. G., Romero-Troncoso, R. J., Garcia-Perez, A., & Osornio-Rios, R. a. (2013). Reconfigurable monitoring system for timefrequency analysis on industrial equipment through STFT and DWT. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 9(2), 760–771.
- <http://doi.org/10.1109/TII.2012.2221131>
- Callejas, I., Piñeros, J., Rocha, J., Hernández, F., & Delgado, F. (2013). Implementación de una red neuronal artificial tipo SOM en una FPGA para la resolución de trayectorias tipo laberinto. *2013 2nd International Congress of Engineering Mechatronics and Automation, CIIMA 2013 - Conference Proceedings*. <http://doi.org/10.1109/CIIMA.2013.6682790>
- Chen, C., & Mukhopadhyay, S. C. (2015). Efficient Coverage and Connectivity Preservation With Load Balance for Wireless Sensor Networks, *15(1)*, 48–62.

# Referencias\_2:

- Cisneros-Magaña, R., Medina, A., & Segundo-Ramírez, J. (2014). Efficient time domain power quality state estimation using the enhanced numerical differentiation Newton type method. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 63, 414–422. <http://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.05.076>
- Dehghani, H., Vahidi, B., Naghizadeh, R. a., & Hosseinian, S. H. (2013). Power quality disturbance classification using a statistical and wavelet-based Hidden Markov Model with Dempster-Shafer algorithm. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 47, 368–377. <http://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.11.005>
- Deokar, S. a., & Waghmare, L. M. (2014). Integrated DWT–FFT approach for detection and classification of power quality disturbances. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 61, 594–605. <http://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.04.015>
- Erişti, H., Yıldırım, Ö., Erişti, B., & Demir, Y. (2014). Automatic recognition system of underlying causes of power quality disturbances based on S-Transform and Extreme Learning Machine. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 61, 553–562. <http://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.04.010>
- Evans, M. J., Clemens, G., Casey, C., & Baker, M. J. (2014). Developing a mobile app for remote access to and data analysis of spectra. *Vibrational Spectroscopy*,

# Referencias\_3:

- 72, 37–43. <http://doi.org/10.1016/j.vibspec.2014.02.008>
- Ferreira, D. D., De Seixas, J. M., Cerqueira, A. S., & Duque, C. a. (2013). Exploiting principal curves for power quality monitoring. *Electric Power Systems Research*, 100, 1–6. <http://doi.org/10.1016/j.epsr.2013.02.006>
- Funk, J. L. (2006). The future of mobile phone-based Intranet applications: A view from Japan. *Technovation*, 26, 1337–1346.
- <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.08.009>
- Funk, J. L. (2009). The emerging value network in the mobile phone industry: The case of Japan and its implications for the rest of the world. *Telecommunications Policy*, 33, 4–18. <http://doi.org/10.1016/j.telpol.2008.09.002>
- García, E. G., & Velázquez, L. M. (2014). *Implementación de protocolo Modbus RS485 en sistema embebido basado en FPGA para red de sensores inerciales*. Universidad Autónoma de Querétaro.

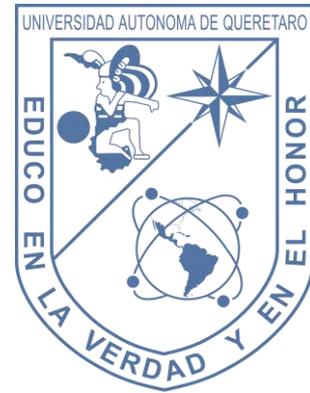


**Este trabajo ha sido cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACY) del Gobierno de México.**



Universidad de Valladolid

**Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica**



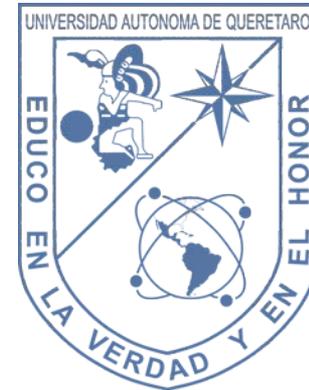
**Ing. Walter Alexander Dzul Ayala, Universidad Autónoma de Querétaro**

*“Software de procesamiento de señales eléctricas trifásicas”*



Universidad de Valladolid

Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica





Universidad de Valladolid  
Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



Universidad  
de Guanajuato



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

# Primeras Jornadas de Colaboración Interuniversitarias México-España

# Tesis

## Software de procesamiento de señales eléctricas trifásicas

Ing. Walter Alexander Dzul Ayala  
Estudiante de Maestría en Ciencias (Mecatrónica)  
Universidad Autónoma de Querétaro - México

# Objetivos generales y particulares

## ○Objetivos generales

○Desarrollar una herramienta de software libre para la visualización y manipulación de datos provenientes de señales eléctricas trifásicas.

## ○Objetivos particulares

○Determinar los requerimientos de la aplicación que deberán ser tomados en cuenta para el diseño basado en software libre.

○Desarrollar los elementos de software, básicos para la visualización e señales sintéticas a través de software libre.

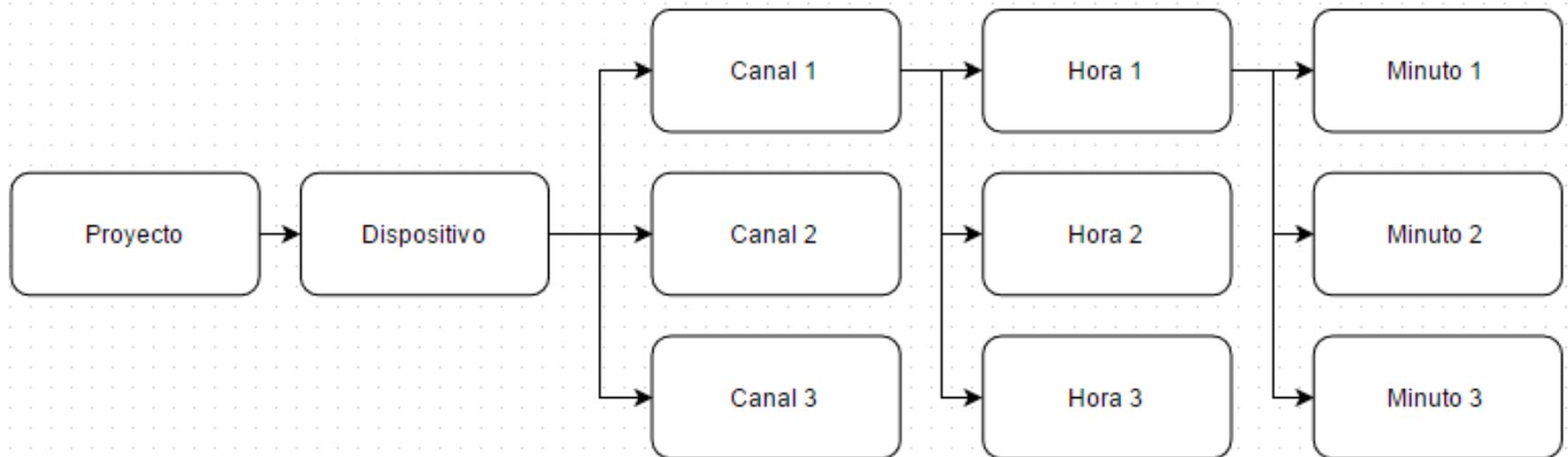
○Generar al menos tres modos diferentes de visualización. Gráficas de señales en el tiempo, herramientas estadísticas y gráficas polares para el despliegue de información de las señales eléctricas.

○Generar el código de la interfaz gráfica que haga uso de al menos tres metodologías para el análisis de señales eléctricas a través de la herramienta de software libre Qt.

# Lecturas de Información



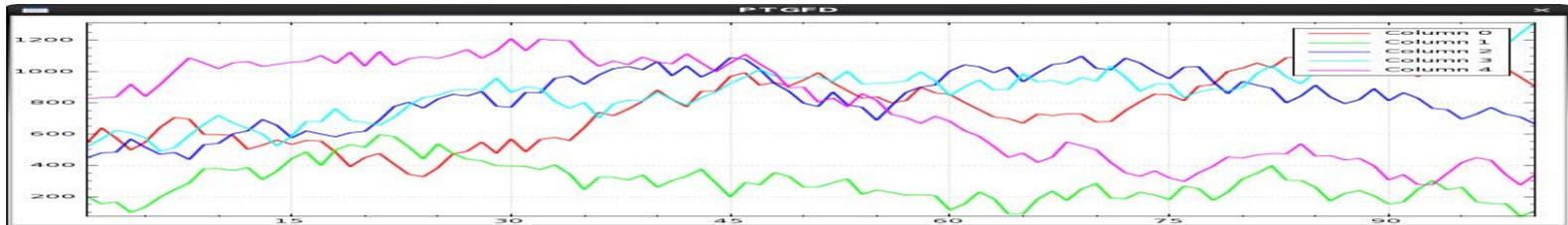
# Fragmentación de información



# Plataforma



# Graficación



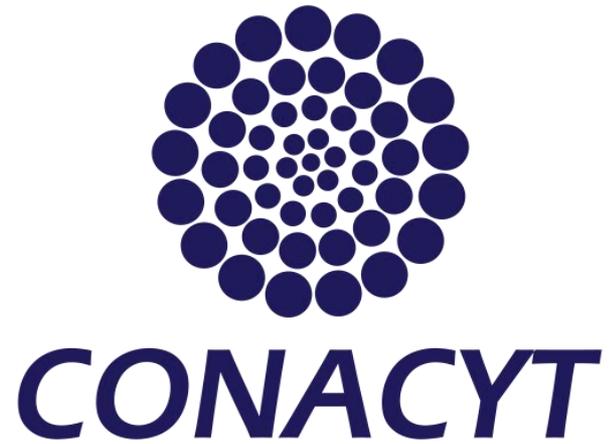
# Procesamiento

- Índices de calidad de la energía
- Filtro FIR
- Transformada rápida de Fourier
- Transformada Wavelet

# Objetivos de la estancia

- Lectura y procesamiento de datos en el hospital
- Lectura y procesamiento en el laboratorio de la UVa
- Apoyo en instrumentación de los equipos en el hospital
- Apoyo en instrumentación de los equipos en el laboratorio de la Uva
- Adaptar el software de procesamiento a las exigencias que se presenten durante las pruebas

Gracias



**Este trabajo ha sido cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACY) del Gobierno de México.**



Universidad de Valladolid  
**Centro «Tordesillas»**  
de Relaciones con Iberoamérica



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

**UVa**

**Dr. Daniel Moríñigo Sotelo**, Universidad de Valladolid

*“Líneas de investigación del Departamento de Ing. Eléctrica de la Universidad de Valladolid ”*



Universidad de Valladolid  
Centro «Tordesillas»  
de Relaciones con Iberoamérica



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UVa





*Líneas de investigación del Departamento de Ing.  
Eléctrica de la Universidad de Valladolid*

*Dr. Daniel Moríñigo Sotelo  
Departamento de Ingeniería Eléctrica*

Universidad de Valladolid

Departamento de  
Ingeniería Eléctrica

Grupo de Investigación  
sobre Mantenimiento  
Predictivo y Ensayo de  
Máquinas Eléctricas

UGto:

- 2 investigadores visitates
- 2 Cotutelas con la UGto

UAQ:

- 2 investigadores visitantes
- 1 alumno visitante de doctorado
- 2 alumnos visitantes de Máster

**COLABORACIONES**



**Detección y Diagnóstico de Fallos  
en Motores de Inducción**

**Calidad de la Energía Eléctrica**

## EL MOTOR DE INDUCCIÓN

El motor de inducción es un elemento esencial dentro del sistema productivo industrial moderno por varias razones:

- Construcción robusta.
- Mantenimiento sencillo.

Podemos clasificar los fallos de acuerdo con la zona en que se producen:

- ✓ Fallos en el estator (cortocircuito)
- ✓ Fallos sobre el rotor
- ✓ Fallos en rodamientos
- ✓ Otros fallos mecánicos



# EL MOTOR DE INDUCCIÓN

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

RED

INVERSOR  
CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

Velocidad fija  
No es necesario control de velocidad o par  
Elevado par de arranque  
Sobreintensidad elevada en el arranque:

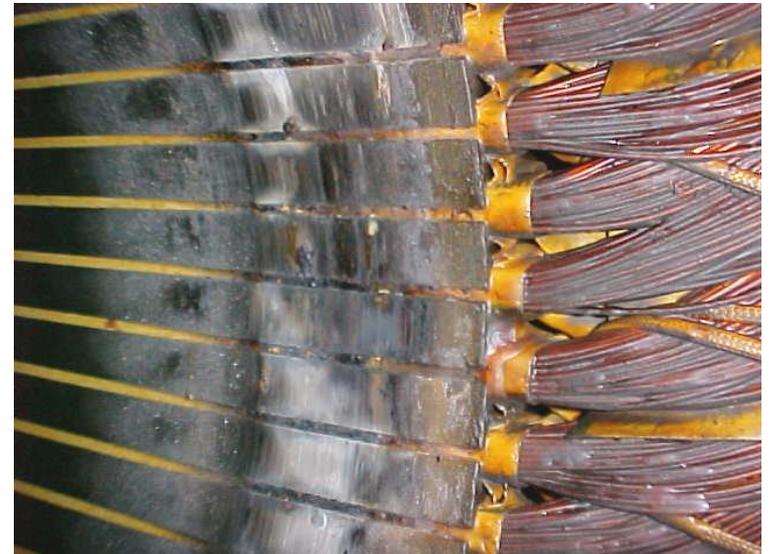
- Arranque Estrella-Triángulo
- Arrancador Suave

Velocidad ajustable  
Aplicaciones donde es necesario control de velocidad o par  
Eficiente desde el punto de vista energético  
Control de corriente en el arranque

# FALLOS EN EL ROTOR

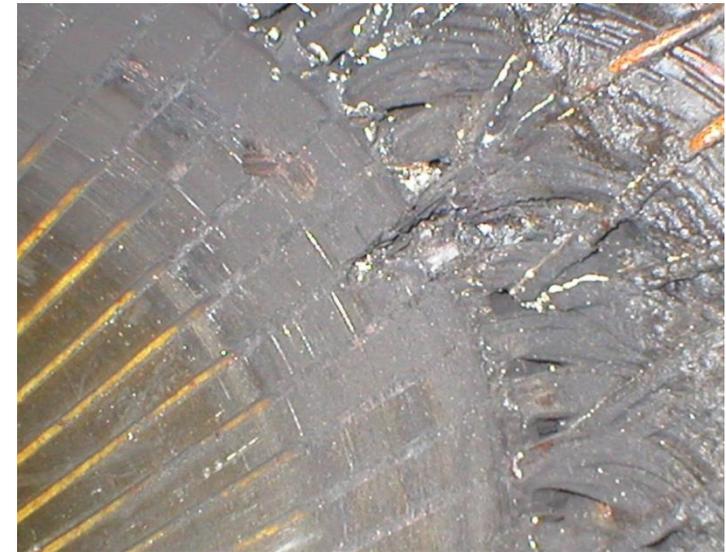


## FALLOS EN RODAMIENTOS



# FALLOS EN EL MOTOR DE INDUCCIÓN

## FALLOS EN RODAMIENTOS

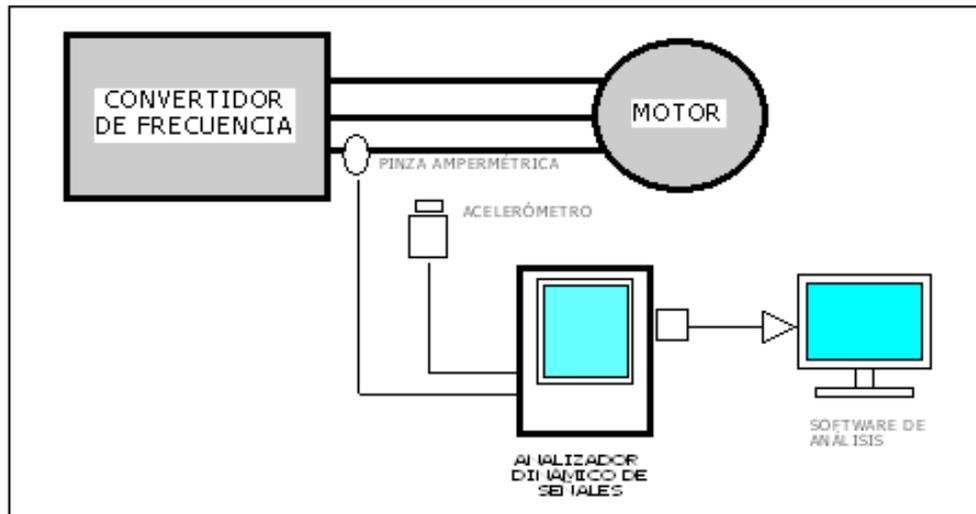


## **EXCENTRICIDAD**



# ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA CORRIENTE

- Mediante el análisis armónico de la corriente de alimentación se pueden detectar:
- Asimetrías en la jaula: barras rotas, grietas en las barras o anillo de cortocircuito, fisuras en la jaula (especialmente en la unión barras-anillo de cortocircuito).
  - Excentricidades.
  - Desequilibrios.
  - Faltas en rodamientos.
  - Problemas en transmisiones accionadas.



## Asimetría Rotórica

$$f_{bb} = f_1 \times (k \pm 2 \times n \times s)$$

## Excentricidad Mixta

$$f_{ecc,mixta} = f_1 \times \left( k \pm n \times \frac{1-s}{p} \right)$$

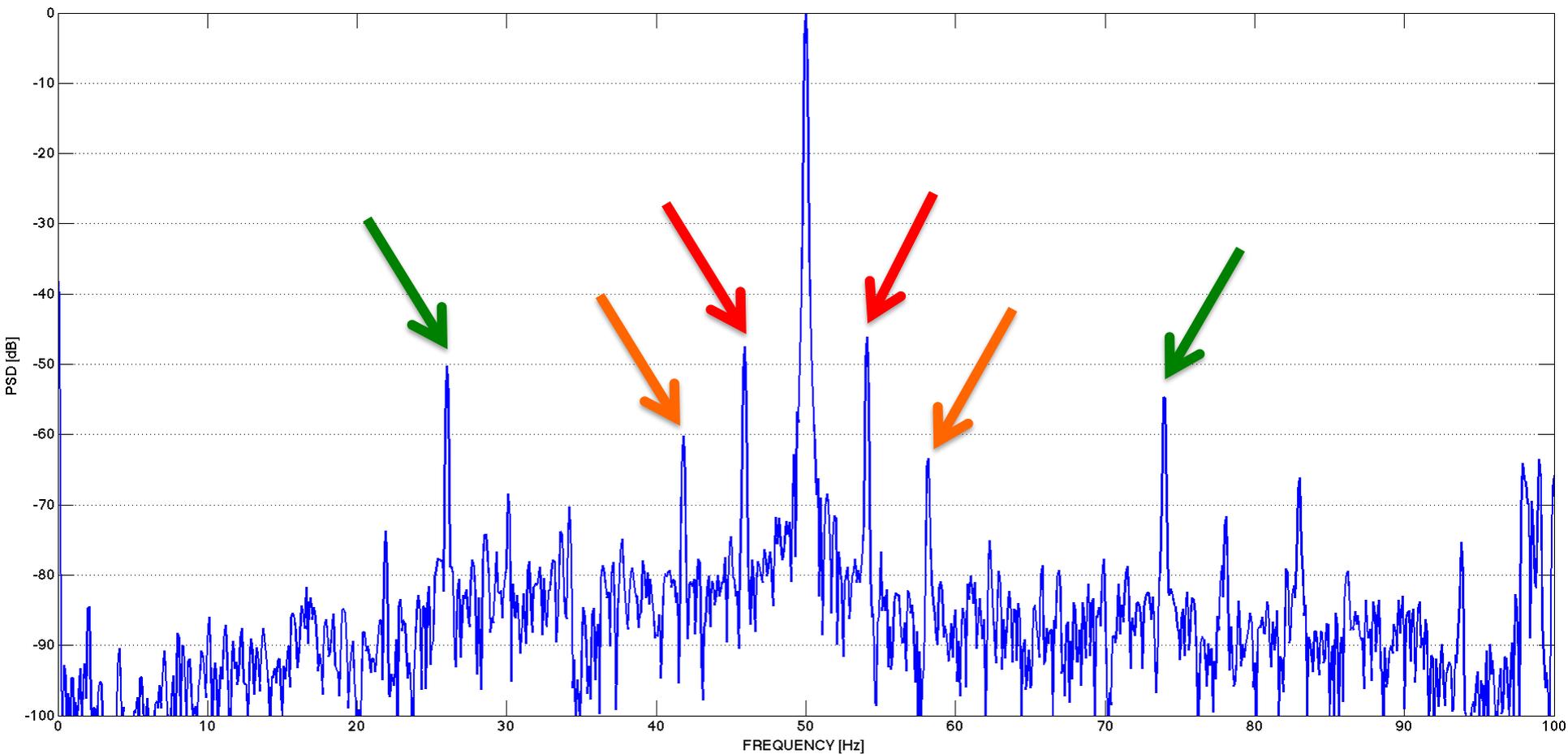
## Rodamientos

$$f_{bearing} = f_1 \times \left| k \pm n \times \frac{1-s}{p} \times q \right|$$

$$q = \text{BFPI, BFPO, TFT, BSF}$$

$$f_r = \frac{1-s}{p} f_1$$

# RED



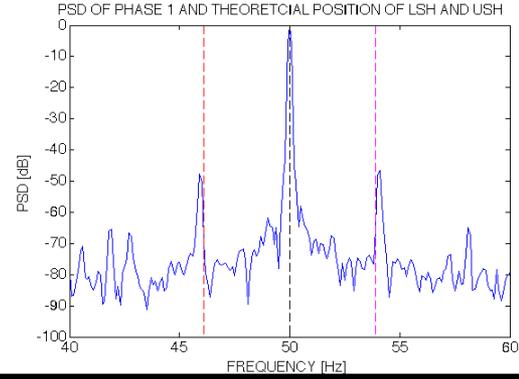
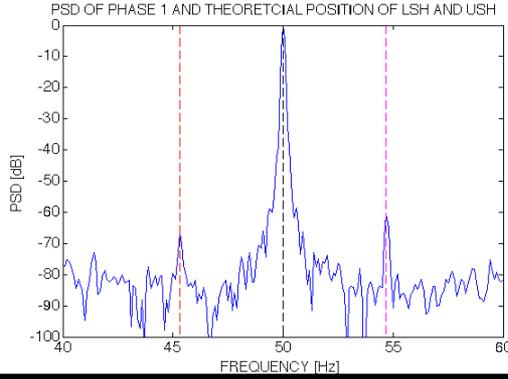
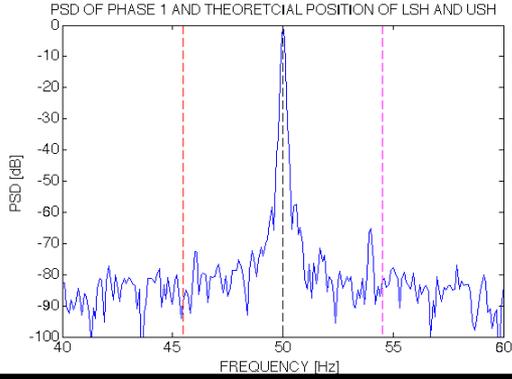
# Detección de fallo de barras y excentricidad en estado estacionario

Sano

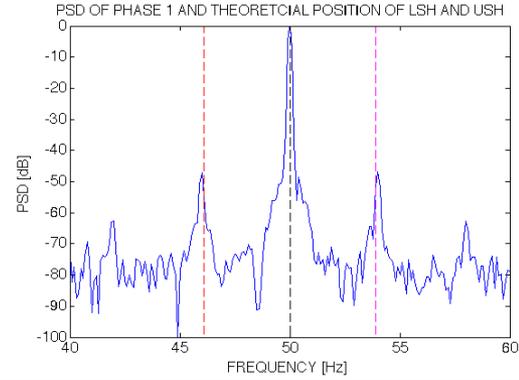
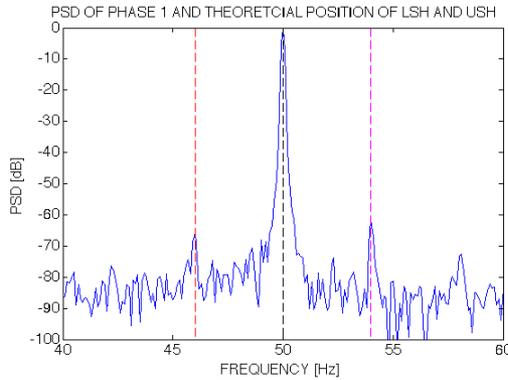
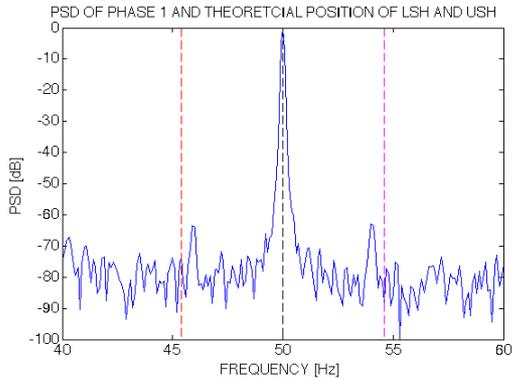
Fallo Intermedio

1 barra rota

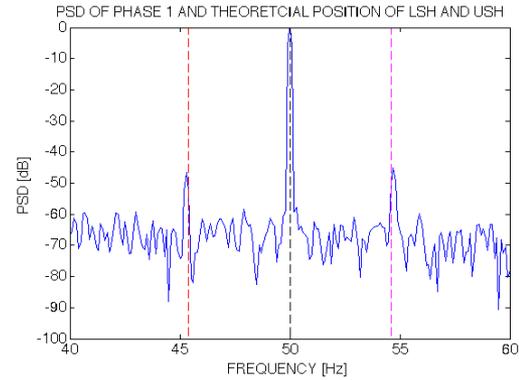
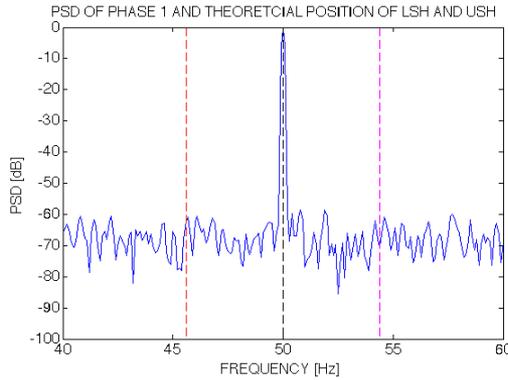
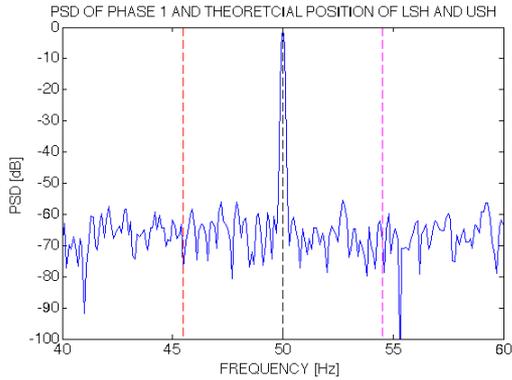
RED



ABB

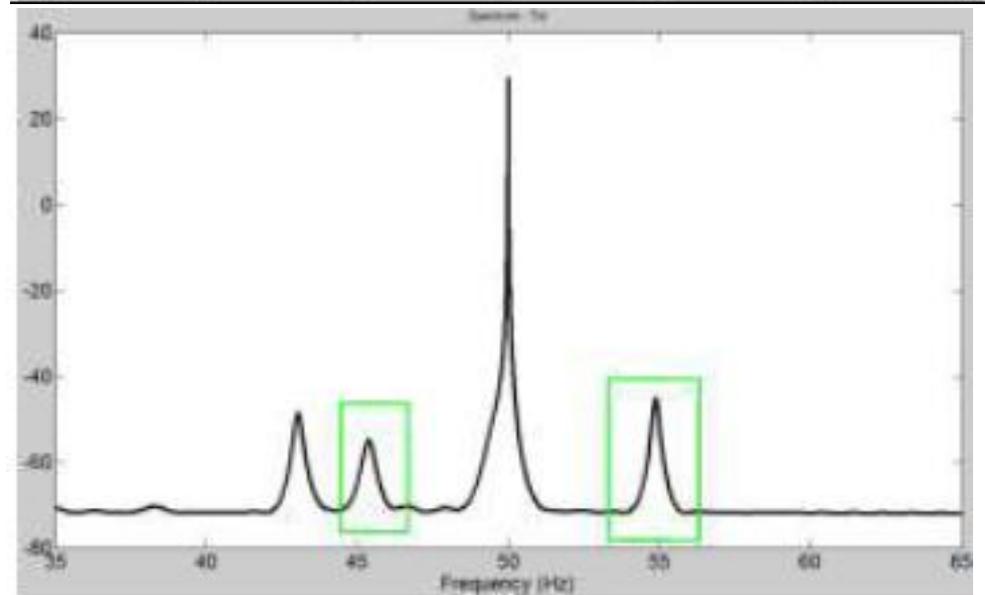
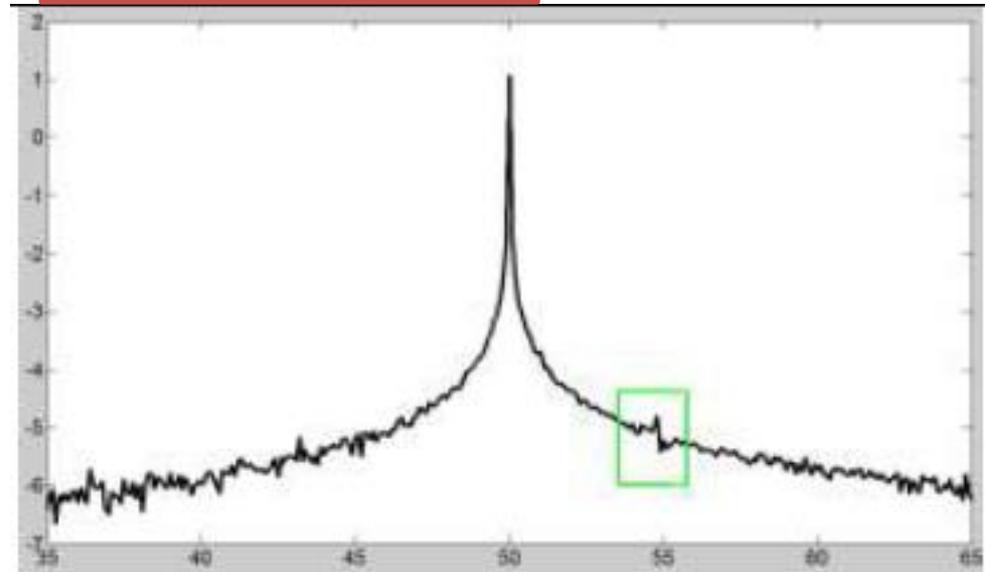
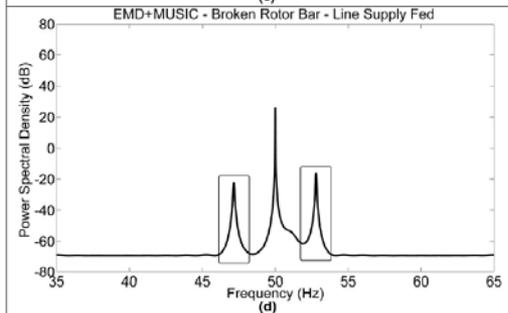
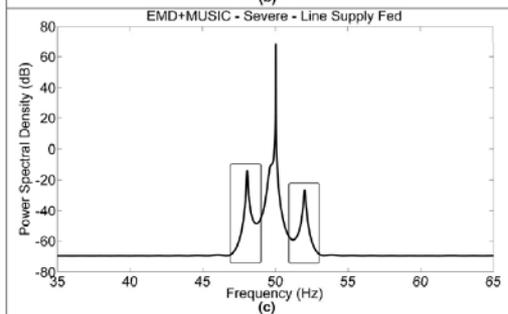
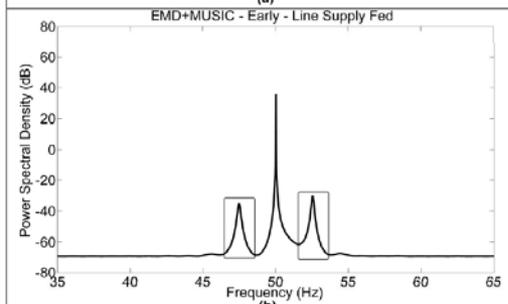
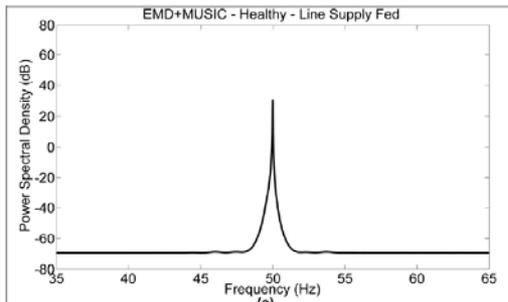


Telemecánica



# Detección de fallo de barras y excentricidad en estado estacionario

## MUSIC, EMD

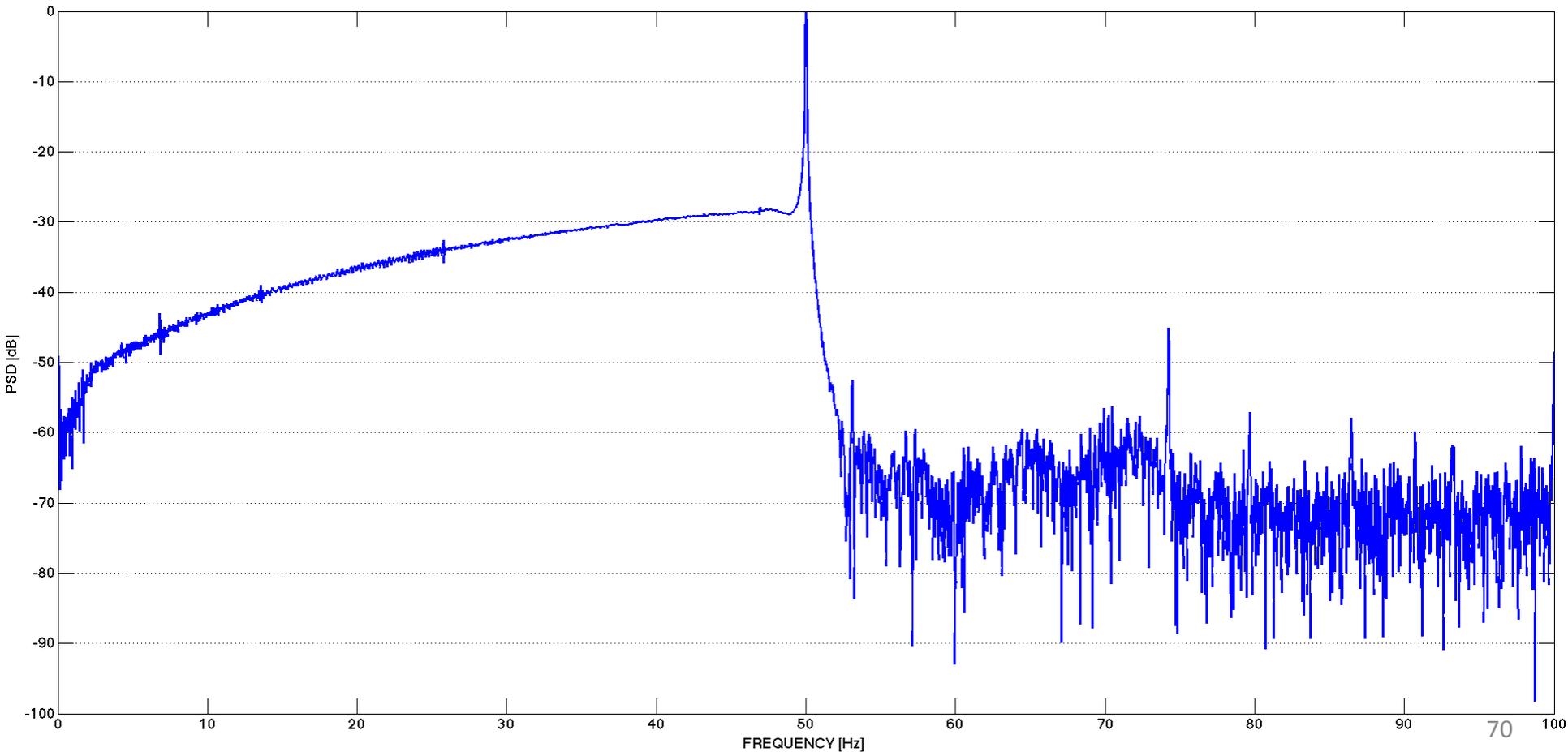


## Funcionamiento de motores en estado transitorio

Hay motores que no trabajan en estado estacionario:

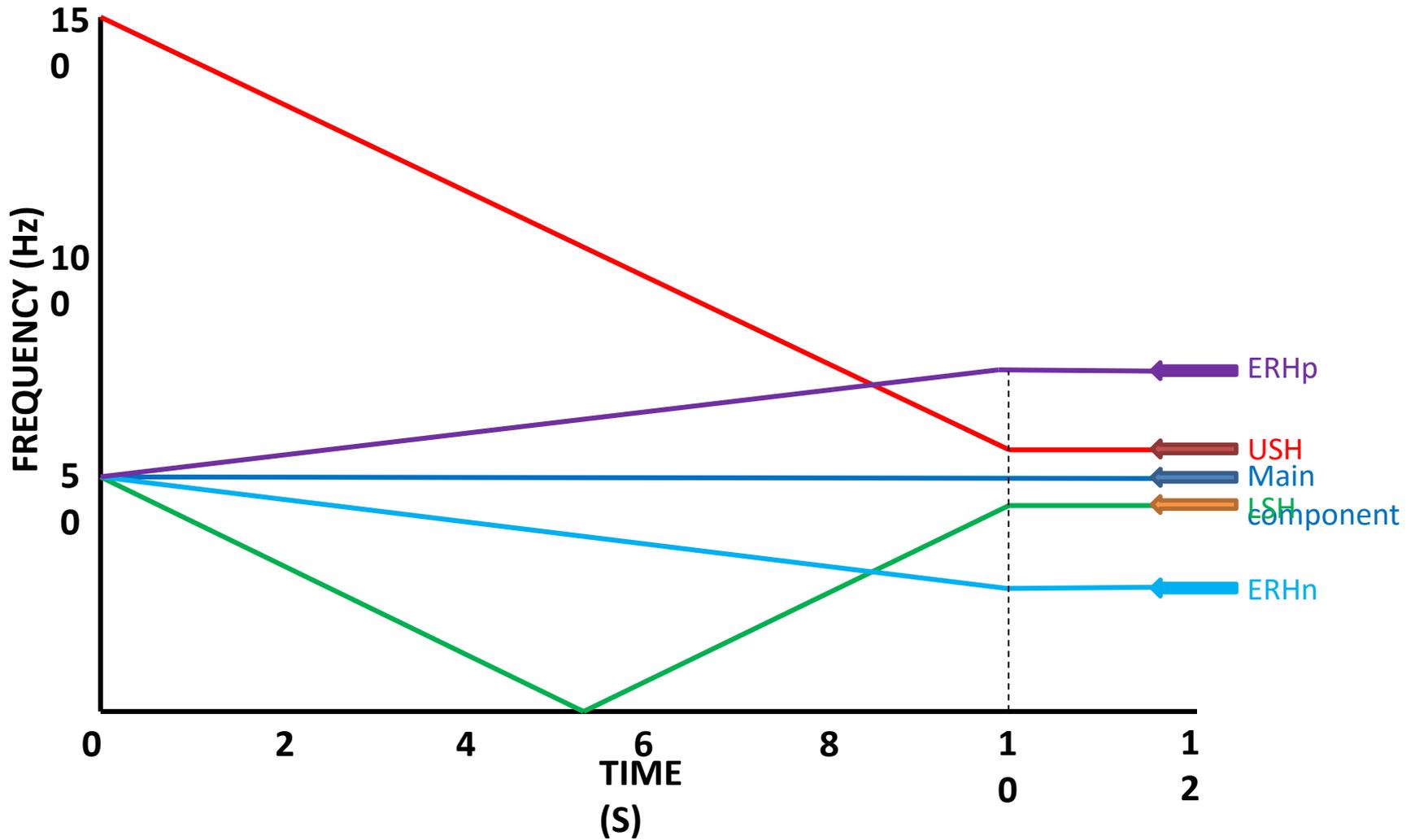
- Arranques frecuentes.
- Carga variable.
- Control de par y/o velocidad.

No se pueden analizar con las técnicas anteriores.

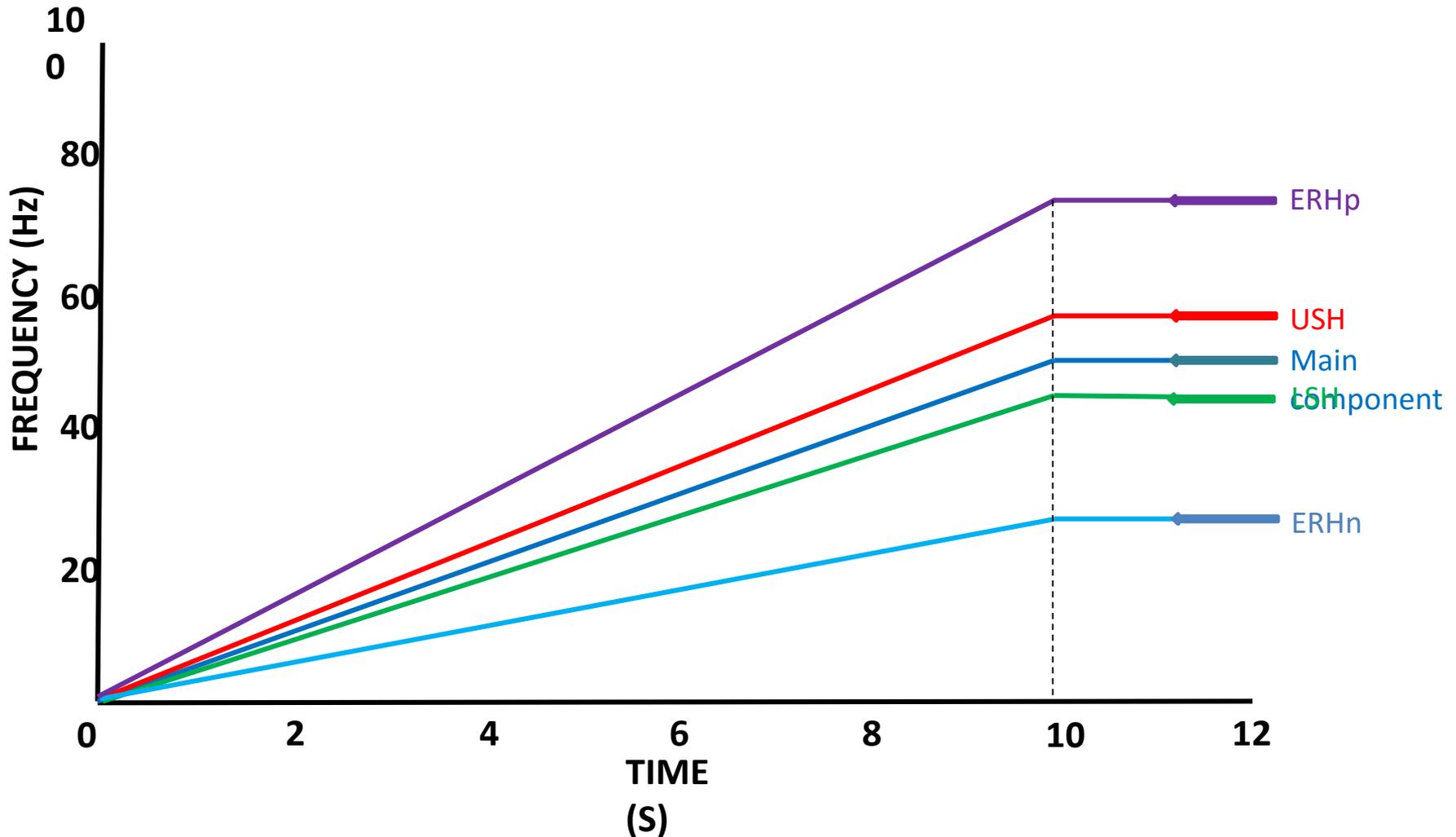


- Para subsanar estos inconvenientes, en los últimos tiempos se han desarrollado técnicas que permiten analizar la corriente de la máquina en régimen dinámico de funcionamiento.
- Estas técnicas se basan en la detección de patrones característicos, normalmente en el plano tiempo-frecuencia, provocados por la evolución temporal de las componentes frecuenciales asociadas a la avería.
- Algunas de estas técnicas son:
  - Transformada corta de Fourier (STFT).
  - Transformada Wavelet Discreta (DWT).
  - Transformada Wavelet Continua (CWT).
  - Distribución de Wigner-Ville (WVD).
  - Correlación con Átomos tiempo-frecuencia.
  - Empirical Mode Decomposition + MUSIC.

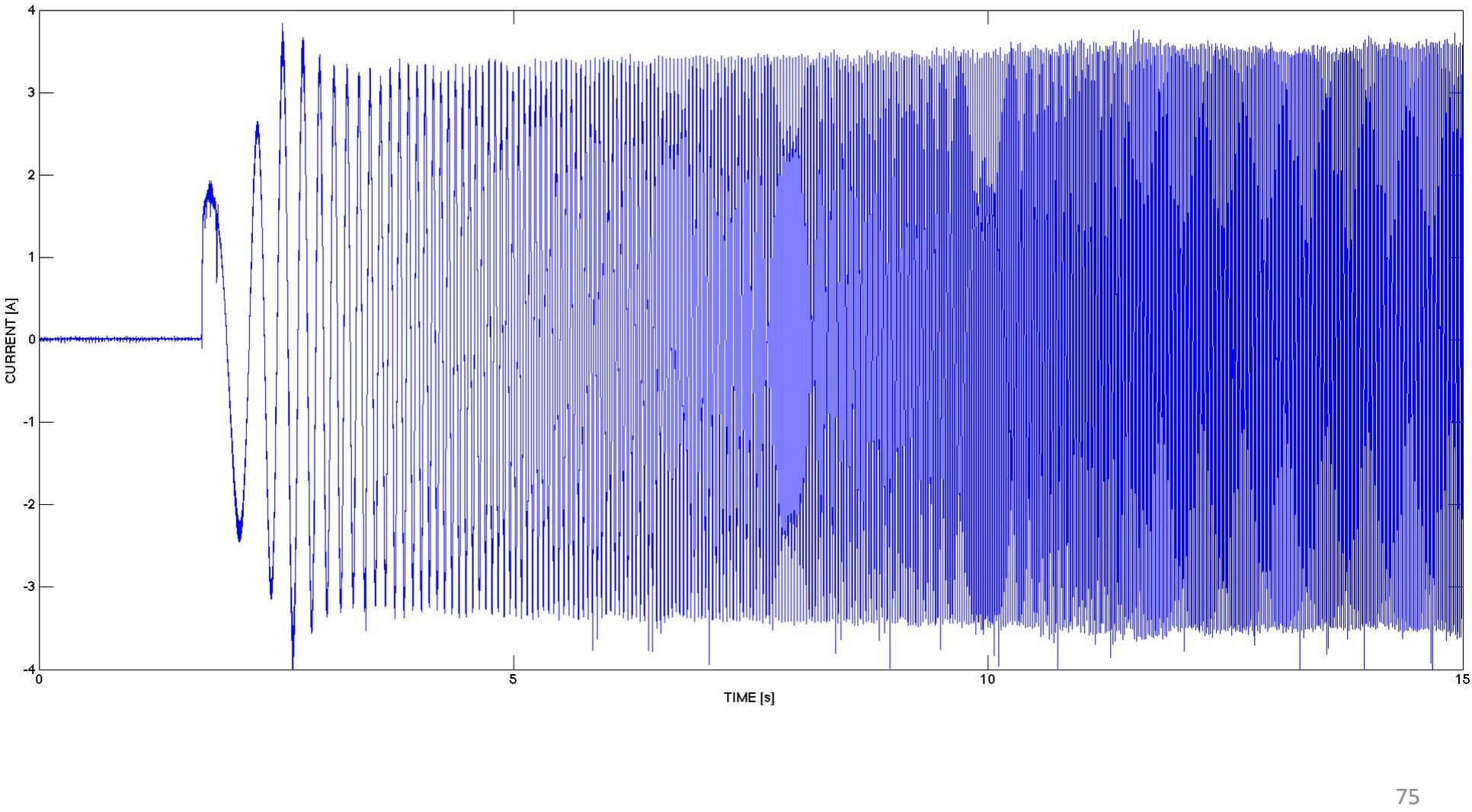
# TEMPORAL EVOLUTION OF FAULT HARMONICS LINE-FED INDUCTION MOTOR



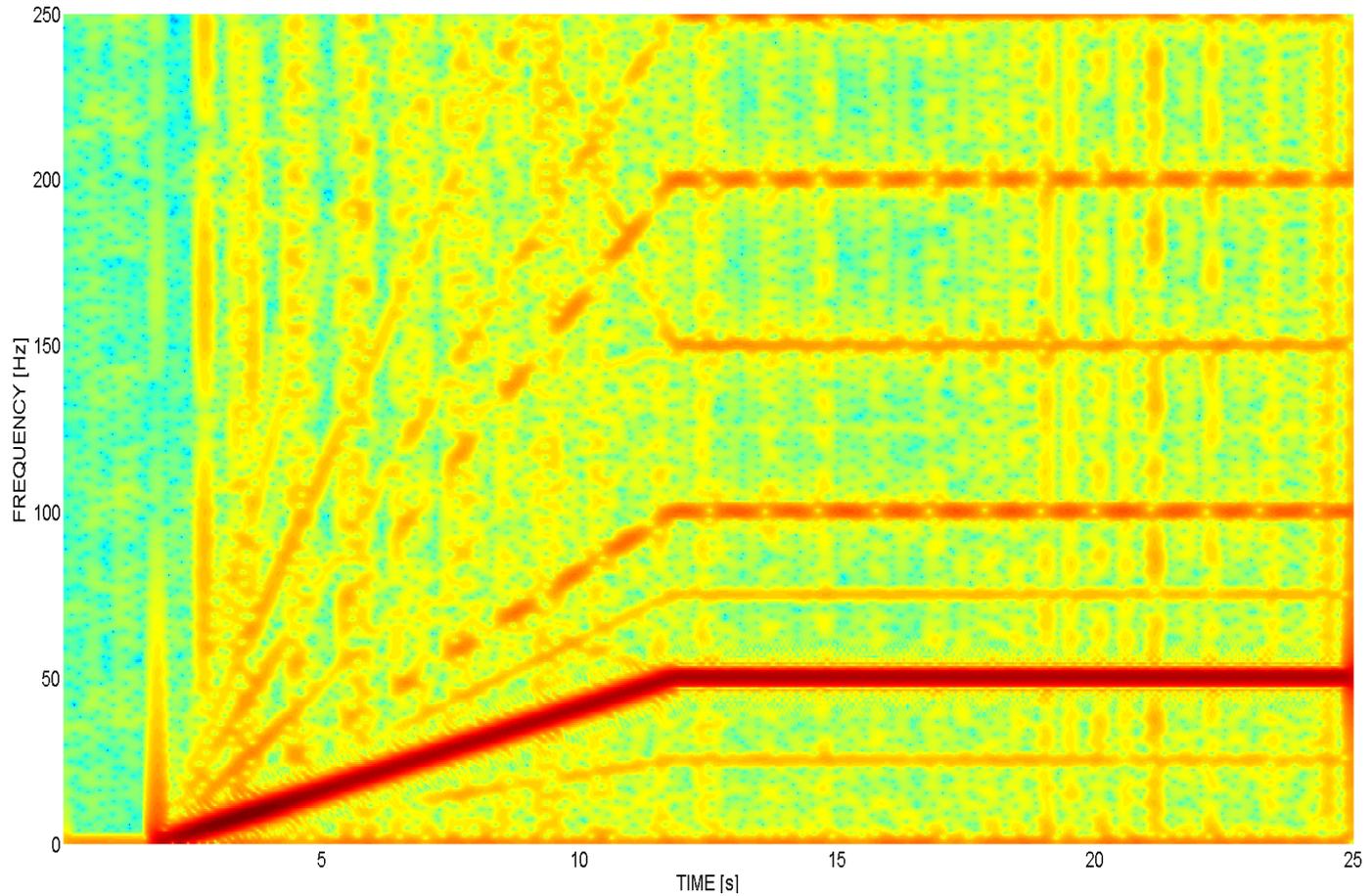
## TEMPORAL EVOLUTION OF FAULT HARMONICS INVERTER-FED INDUCTION MOTOR



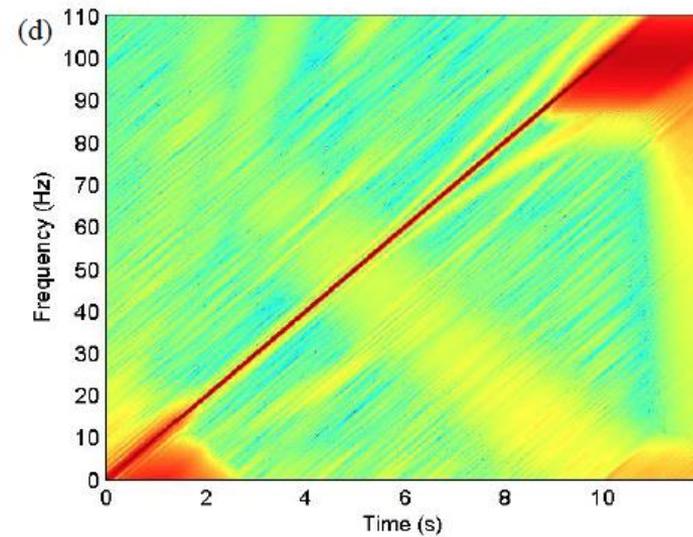
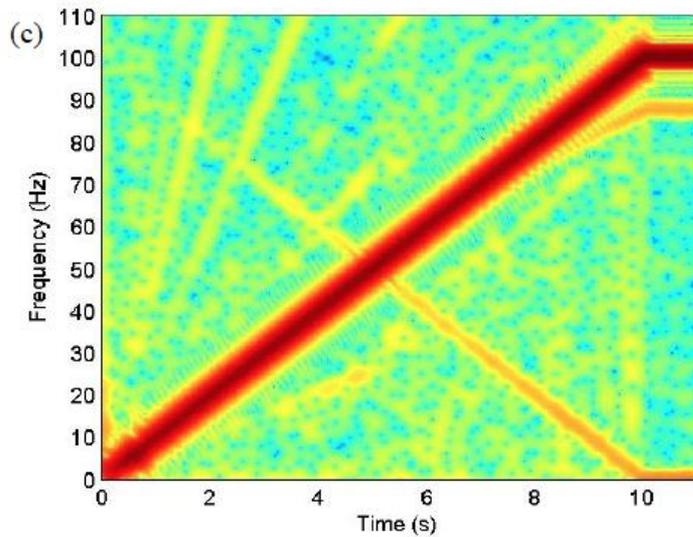
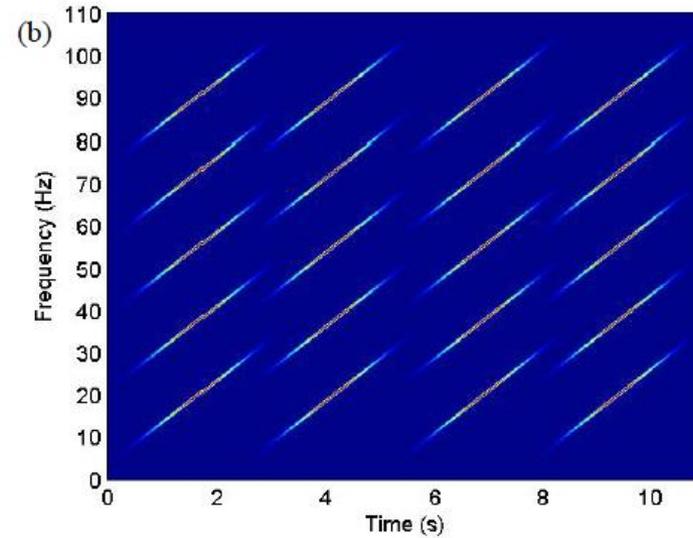
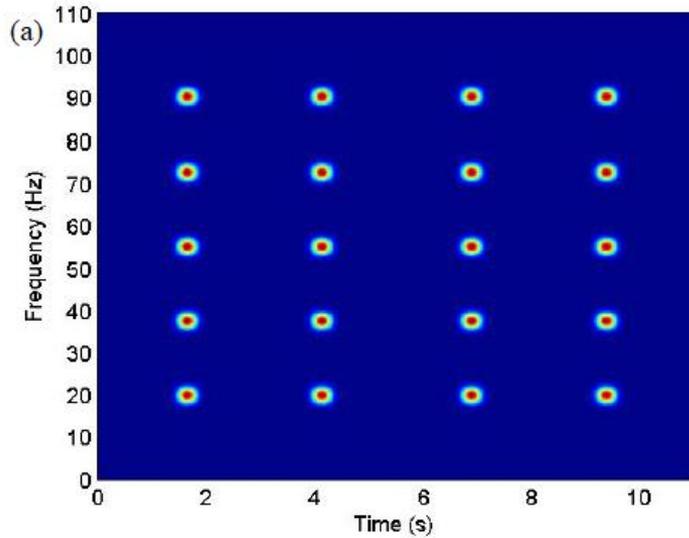
# Transformada Corta de Fourier (STFT)



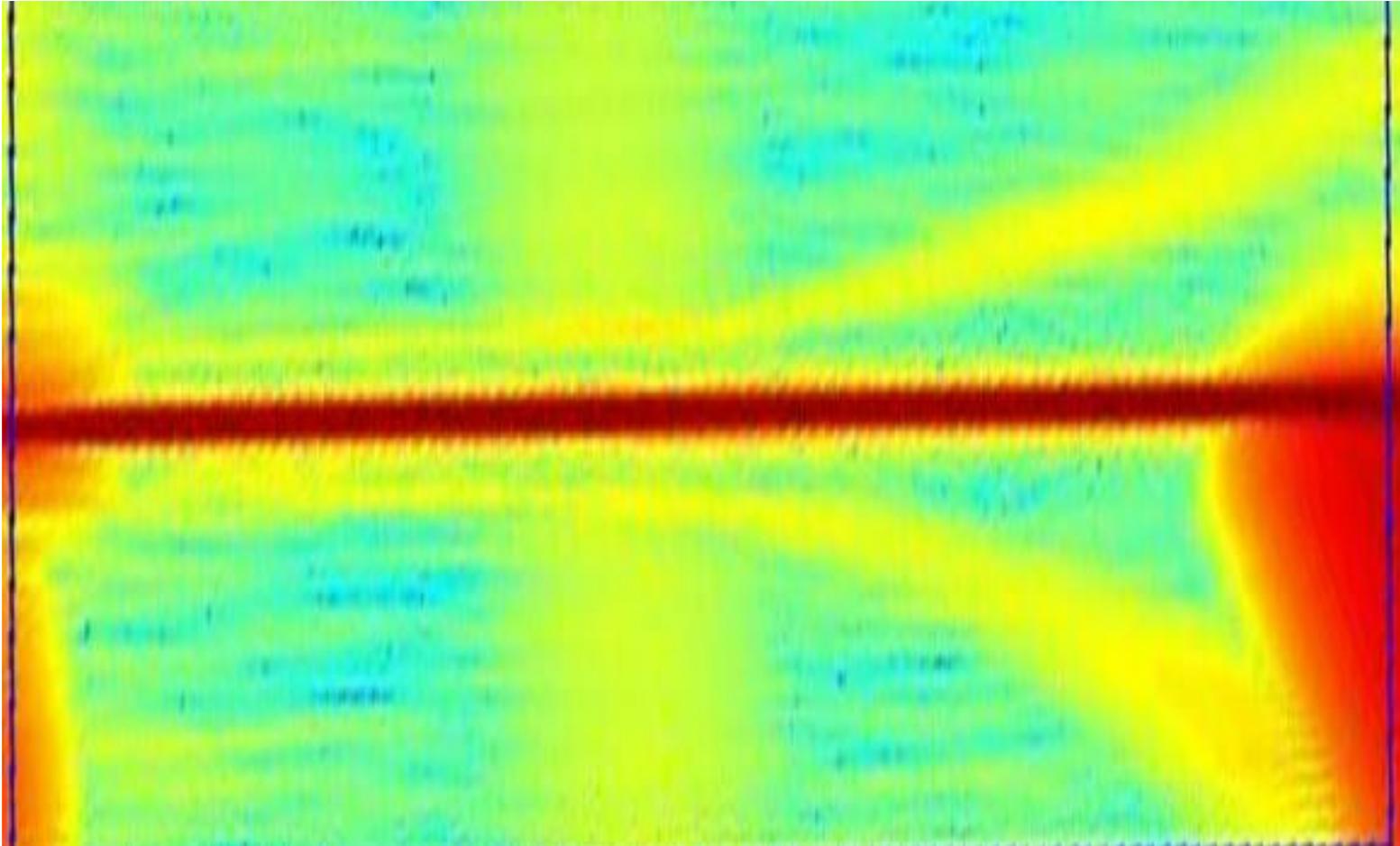
# Transformada Corta de Fourier (STFT)



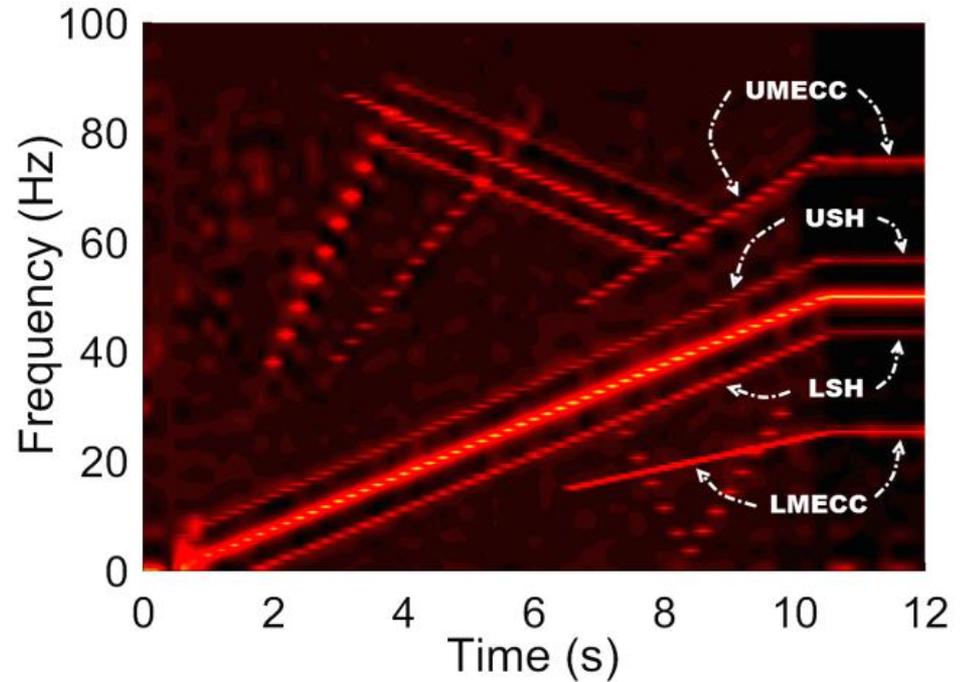
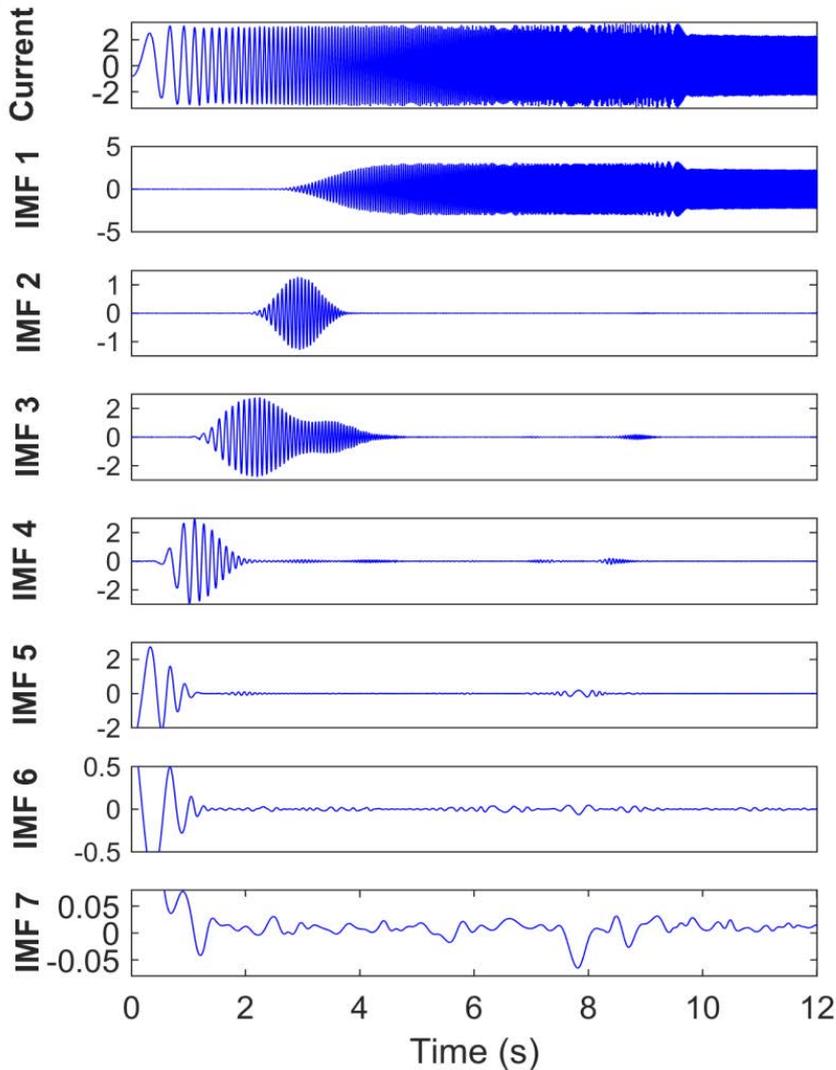
# Correlación con Átomos Tiempo-Frecuencia (TFA)



## Correlación con Átomos Tiempo-Frecuencia (TFA)



# Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition (CEEMD) + MUSIC





## ***CENTRO TORDESILLAS DE RELACIONES CON IBEROAMÉRICA***

Tordesillas, Valladolid, España

22 de Junio de 2016