

Nº REFERENCIA:
ENE2007-68032-C04-01



MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMAS Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

PROYECTOS I+D, ACCIONES ESTRATÉGICAS Y ERANETS

INFORME DE SEGUIMIENTO ANUAL

Investigador Principal: Pérez Donsión, Manuel
Título del Proyecto: "CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN. MEDIDA Y ANÁLISIS DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS. FILTROS Y OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS"
Organismo: Universidad de Vigo
Centro: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Departamento: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Fecha de inicio del proyecto: 01/10/2007
Fecha de finalización del proyecto: 30/09/2010

Fecha: 25 de marzo, 2009

SR. SUBDIRECTOR GENERAL DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
C/ Albacete 5, 28071 MADRID

A. ACTIVIDADES REALIZADAS Y GRADO DE CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS

1. Describa brevemente las actividades realizadas en el pasado año de desarrollo del proyecto. Indique si existe algún resultado a que haya dado lugar el proyecto durante ese periodo.

En el marco de la Tarea 0A, se ha procedido a la búsqueda de una buena cantidad de información, seleccionada de acuerdo con las necesidades del PI, la cual se ha estructurado convenientemente y se ha procedido a su difusión a través de la web: <http://www.donsion.org>, la cual se ha creado a propósito para cubrir este y otros aspectos.

Dentro de la Tarea 1 A, se han realizado diferentes medidas de las perturbaciones en el laboratorio de CEM. Además, de las medidas realizadas en laboratorio, se procedió a una campaña de medidas en una planta de fabricación de vidrio "Gallo Vidro", la cual se encuentra situada en la ciudad portuguesa de Marinha Grande, y desde el año 2003 pertenece al grupo español Vidrala. La factoría produce virio de envase, fundamentalmente botellas. A pesar de que la fuente principal de energía para los hornos es el gas natural, hay dos sobrecalentadores eléctricos.

El periodo de medición se inició el 20 de marzo a las 13:00 y finalizó el 3 de abril a la misma hora. Se procedió a la colocación de los aparatos de medida en tres puntos distintos de la instalación eléctrica interior: un cuadro general, un cuadro parcial de alimentación de un electrofiltro (carga bifásica) y de un variador de frecuencia del ventilador; y en el cuadro del citado electrofiltro situado aguas abajo del anterior punto de medida. Se destaca, además, el hecho de que toda la instalación eléctrica de la planta ha sido totalmente renovada en el año 2005.

Para las medidas del cuadro general se analizó la calidad de onda de tensión según la norma UNE-EN50160, emitiéndose el correspondiente informe técnico para la empresa. Se analizó igualmente la forma de onda de la corriente y correspondiente distorsión armónica. Las medidas en los restantes puntos tenían como objetivo principal conocer su comportamiento y las posibles perturbaciones por ellas introducidas.

En lo que se refiere a la Tarea 3 A, se ha trabajado y se continúa trabajando en base a la utilización de dos prototipos:

1. Prototipo para medición del par dinámico y control del conjunto motor-carga.

Este prototipo, figura 1, se diseñó, dimensionó y se realizó en colaboración con Schneider Electric (EPO del PI). Consta de un variador electrónico de velocidad de potencia y características adecuadas, un motor de inducción de 1,1 kW, un freno electromagnético de 20 Nm (Hysteresis FHY 210 E/ R1) y un sensor torquímetro de elevada precisión con capacidad para medición de par dinámico sin contactos. El sistema está también equipado con un amplificador de instrumentación para incrementar y redefinir el rango de la señal del torquímetro, y un *encoder* rotativo para medida de la velocidad de rotación, que está conectado al variador posibilitando control de velocidad de la rotación en bucle cerrado.

Tras el montaje del prototipo, se realizaron las primeras pruebas, en las que se detectaron fallos importantes en el funcionamiento del mismo. Se detectó que las medidas de par no eran correctas, lo que se comprobó por cálculos teóricos y por observación del comportamiento asimétrico del par de frenado (distinto según la dirección de giro del motor). Realizando un número significativo de pruebas, algunos en la presencia de representantes de Schneider Electric, y se concluyó que el campo magnético generado por el freno afectaba a la medida de par, y que el cableado y el sistema de acondicionamiento de señal eran inadecuados.

Se rehizo el prototipo, implementando las modificaciones necesarias. En definitiva, el prototipo fue parcialmente alterado y reconstruido. Ya con la nueva versión, se volvieron a realizar los correspondientes ensayos, resultando que, aparte detalles menores, el prototipo presenta las características adecuadas. Naturalmente, todo este proceso ha provocado un considerable retraso en el calendario de ensayos de laboratorio previstos.

Se realizaron ensayos del motor alimentado por el variador electrónico de velocidad, en distintos regímenes de carga y velocidad, y con distintos tipos de bucle de control. El freno electromagnético permite simular una variedad de cargas mecánicas, por ajuste del potenciómetro que controla el par de frenado. Las medidas fueron adquiridas por la tarjeta de adquisición de datos de elevada resolución, y guardadas en ordenador para análisis.

Con el control en modo de tensión/frecuencia en bucle abierto, la velocidad es inversamente proporcional al par de frenado producido por el freno. Con el sistema controlado en bucle cerrado, y dentro de los límites térmicos del motor, el motor puede funcionar en modo de par constante o de velocidad constante. En estos modos de control el variador ajusta la frecuencia y amplitud de la onda de tensión al motor para permitir realizar este tipo de control.

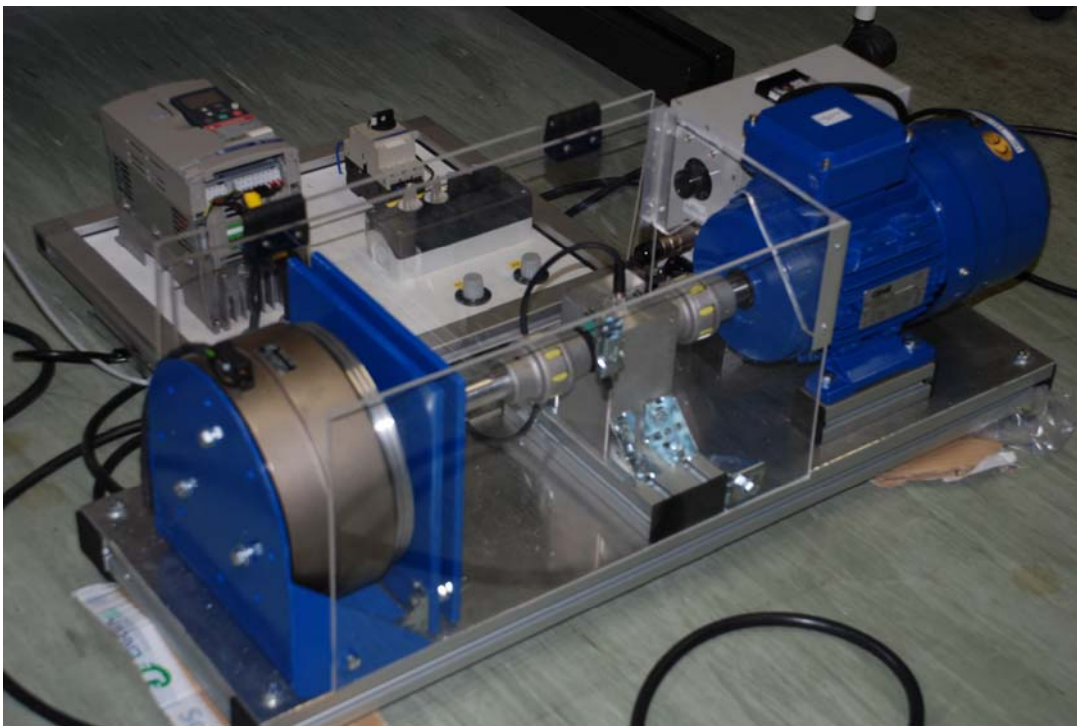


Figura 1. Prototipo realizado en colaboración con Schneider Electric (EPO)

Se midió y analizó igualmente, para distintos casos, la forma de onda de tensión y corriente, a la entrada del variador y del motor, utilizando los equipos de medida disponibles. La forma de onda de salida al motor es una onda modulada por ancho de pulso senoidal (PWM senoidal), por lo que la onda de corriente producida es una senoide aproximada con ruido de alta frecuencia. La corriente consumida por el variador tiene una forma de onda de elevada distorsión armónica.

Uno de los objetivos del proyecto es la observación y medida de los efectos de los armónicos en los motores y sus sistemas de control. En este tema, se están analizando las ondas de tensión y corriente a la entrada del motor y, también, a la entrada del variador. Las medidas de velocidad de rotación del eje y del par dinámico realizadas permiten concluir que, a pesar de las múltiples posibilidades de control proporcionadas por los variadores para accionamiento de motores, la velocidad de rotación no es estable, como sucede con alimentación trifásica sinusoidal convencional. Esto sucede, incluso, con control en bucle cerrado.

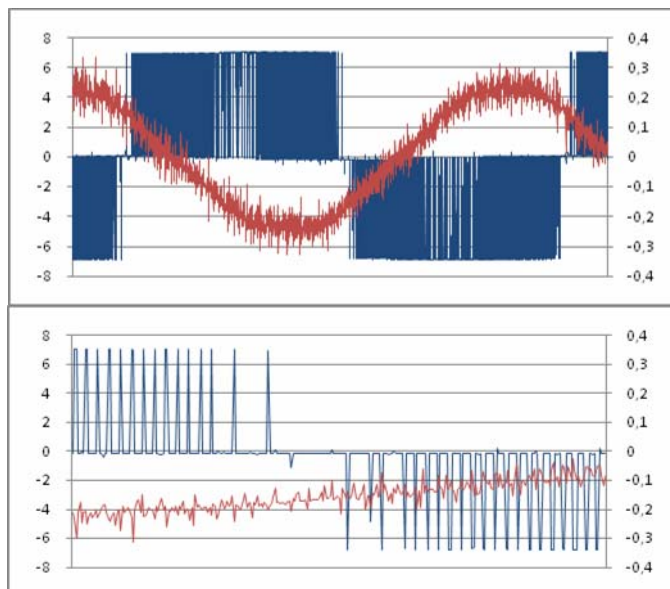


Figura 2. Formas de onda de tensión y corriente a la entrada del motor. Ampliación.

Se seguirán estudiando los efectos de los armónicos en los motores y sistemas mecánicos asociados, con especial énfasis en estudio de los efectos térmicos. La aplicación de la termografía con la TermaCAM, prevista en el PI y adquirida a FLIR a través de su distribuidor en España Alava Ingenieros, posibilita la pronta determinación y monitorización de los puntos termocríticos del sistema (figura 3).

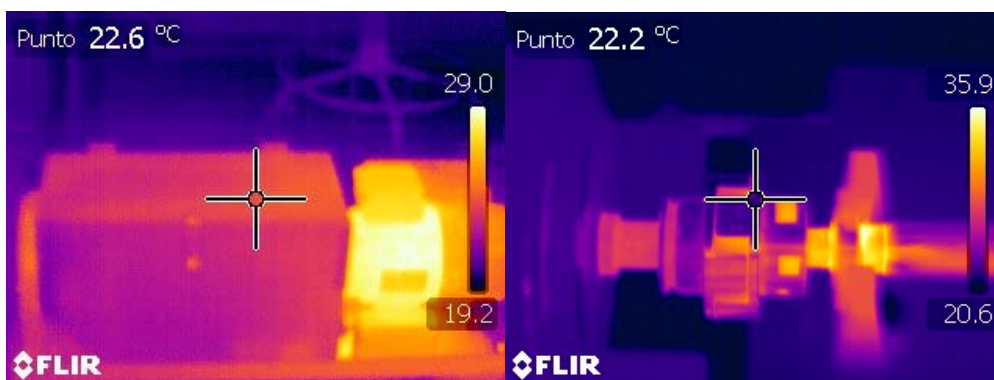


Figura3. Imagen termográfica del prototipo de la figura1. Detalle del cojinete.

2. Prototipo de rotor flexible con una carga mecánica

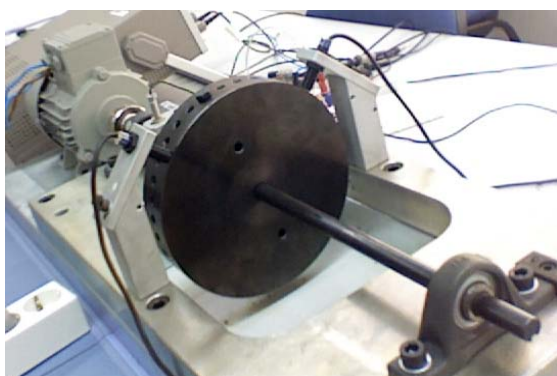


Figura 4. Prototipo de rotor flexible OSIFRO

Con la finalidad de estudiar la influencia de un driver eléctrico sobre el comportamiento global de una carga mecánica, se ha diseñado, dimensionado y construido el rotor flexible con una carga inercia (OSIFRO) que aparece en la figura 4. Esto proporciona un modelo dinámico con una carga mecánica

Este prototipo fue construido en colaboración con la empresa mecánica UME (no EPO), ubicada en el Parque Tecnológico y Logístico de Vigo.

El prototipo de la figura 4, está constituido por un pequeño motor de inducción, un eje flexible y una carga mecánica ligeramente desequilibrada. En la carga se pueden añadir, en distintos puntos, pequeñas masas con el objetivo de equilibrar el sistema eje-carga.

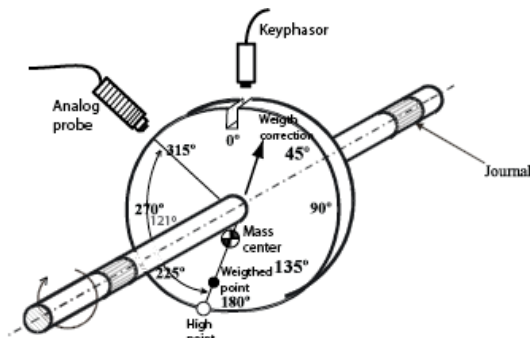


Figura 5. Esquema del prototipo de la figura 4 donde se puede ver el eje, la inercia y las sondas de proximidad

El prototipo se encuentra dotado de sensores inductivos de proximidad, figura 5, que posibilitan la medida del desplazamiento radial del eje ante distintos regímenes de funcionamiento.

El modelado del sistema mecánico había sido parcialmente realizado anteriormente, por modelado clásico y por simulación en programas de elementos finitos, por lo se conocían los modos de vibración y las frecuencias de resonancia del sistema.

Aceptada la importancia de la calidad de respuesta dinámica de la maquinaria rotativa, no es sorprendente que una cantidad considerable de investigación y desarrollo en ambos campos eléctrico y mecánico, se halla focalizado en la mejora de las prestaciones dinámicas de ésta, aunque lo ha sido mayoritariamente de forma independiente entre ambos campos. La estimación de la calidad de esta respuesta dinámica se apoya, desde luego entre otras, en la medida de la vibración mecánica del rotor.

Por estos argumentos se decidió en el marco de este proyecto que vincula ambos ámbitos eléctrico y mecánico, diseñar y construir una máquina rotativa experimental, asequible en su coste, pero representativa de un gran grupo de máquinas rotativas. Como buen prototipo, la máquina proyectada debía cumplir los siguientes criterios:

- Debía ser una máquina relativamente simple y cuyas prestaciones dinámicas estuviesen limitadas por la flexibilidad general del rotor en su conjunto incluyendo los acoplamientos elásticos.
- El modelo dinámico del rotor debía ser bien conocido cualitativamente, incluyendo las soluciones de sus ecuaciones diferenciales asociadas, resolubles con herramientas estandar como Matlab.
- El sistema mecánico debía tener un coste asequible y fácil de construir, bien diseñado para la instalación de todos los dos tipos de sondas analógicas y digitales (claves de fases) necesarias para la medida de la vibración mecánica en al menos dos planos de medida.
- Los resultados de las medidas debían ser tan próximos como fuese posible a los valores teóricos anticipados por el modelo analítico de Jeffcott y/o el modelado por elementos finitos del rotor.
- La máquina debía ser parcialmente desmontable mediante bandejas que facilitasen el cambio del motor asíncrono vinculado al sistema mecánico.
- Para analizar la influencia en la respuesta dinámica, un conjunto de tres tipos de drivers eléctricos serían utilizados:
 - o Una fase de entrada, tres fases de salida con modulación de ancho de pulso cuadrada (PWM).
 - o Tres fases de entrada y tres fases de salida con modulación senoidal.

- Una fuente trifásica programable de California Inst, capaz de suministrar tensiones y frecuencias pre-programables.
- Se realiza un procesamiento digital de señal basado en la tecnología fpga para las señales suministradas por las sondas analógicas y digitales correspondientes a la vibración mecánica.

Una vez disponible la máquina y configurada mecánicamente con una sola etapa inercial, se resolvió la interfaz con el computador del sistema de medida de la vibración mecánica descrito, el análisis dinámico experimental arroja los siguientes resultados iniciales:

- La disponibilidad de una señal clave de fases sincrona asociada de modo unívoco a la velocidad de giro del rotor está vinculada al tipo de driver eléctrico seleccionado. De hecho, para el caso de un simple driver de una fase de entrada y tres fases de salida con modulación PWM convencional la velocidad de rotación del rotor no se mantiene constante durante una revolución completa. Esto conlleva que la señal clave de fases sea aperiódica. Antes al contrario, con drivers de entrada trifásica-salida trifásica y modulación senoidal S-PWM, si se obtiene sincronismo en la velocidad del rotor, manteniéndose esta constante durante cada revolución de aquel, la clave de fases es un señal periódica en este segundo caso. Nótese que la disponibilidad de esta señal periódica y síncrona es imprescindible para realizar el equilibrado de campo del rotor, ya que permite la localización de la fase del desequilibrio de masa. Este hecho evidencia que el tipo de driver eléctrico condicionaría la posibilidad de realizar un equilibrado de campo en una maquina rotativa.
- Bajo idénticas condiciones de desequilibrio mecánico, la órbita del rotor es menos dispersa según mejora la calidad del driver eléctrico instalado, aunque la amplitud de la vibración media sea del mismo orden, se producen picos más severos según se degrada la calidad del driver. Se profundizará en este análisis para ponderar y formalizar los resultados.
- Un arranque suave del rotor por filtrado de retraso temporal, evitando introducir energía en el sistema mecánico en frecuencias naturales sub resonantes –caso de un rotor ranurado- mejora la respuesta dinámica relajando la severidad de la vibración cuando atraviesa esas frecuencias para alcanzar su velocidad nominal de trabajo.

Se realizaron distintos conjuntos de ensayos, pretendiendo determinar el efecto de cada factor en el comportamiento del sistema. Se estudió la vibración del eje y la velocidad de revolución accionando el motor con diferentes sistemas, incluyendo dos variadores electrónicos de velocidad y una fuente de forma de onda programable, con distintas formas de onda, frecuencias y amplitudes.

Las pruebas realizadas apuntan algunas conclusiones básicas, que se tratarán de ampliar con estudios futuros. Se concluye desde luego que la forma de onda de alimentación en tensión y su frecuencia, tal como el equilibrado del eje, influyen considerablemente en las vibraciones mecánicas que se producen en el sistema. Se observó igualmente que la velocidad de rotación es menos estable al accionar el motor con un variador electrónico de velocidad, al compararla con la correspondiente alimentación con onda sinodal.

Tras la realización de varios ensayos utilizando masas de corrección del desequilibrado del eje, montadas en puntos previamente determinados, fue posible constatar la influencia de las masas de corrección, y de los puntos donde se añaden, en el desplazamiento del eje, validando así algunos de los resultados previstos por la aplicación de la correspondiente teoría.

Se inició también el estudio de los efectos de la presencia de armónicos sobre la vibración del eje, especialmente cuando estos se aproximan a las frecuencias mecánicas de resonancia o múltiples.

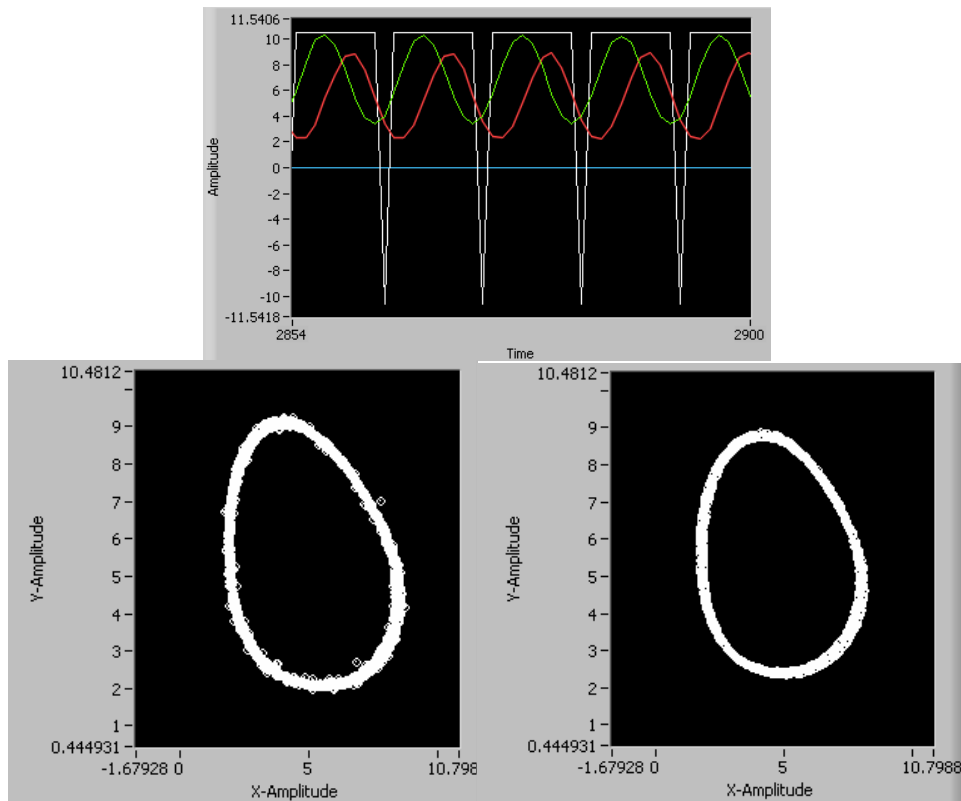


Figura 6. Velocidad de rotación del eje y desplazamiento del eje; orbitas del eje desequilibrado accionado con variador y con la fuente trifásica

El estudio, entre otros, relativo a los efectos en la vibración mecánica motivada por los armónicos eléctricos está todavía incompleto. Este proyecto prevé su análisis exhaustivo tanto para un rotor de una sola etapa como con uno de dos etapas (el cual es preciso diseñar, dimensionar y construir), con y sin desequilibrio de masa. Esto es factible dada la disponibilidad de la fuente programable de California Instrument de 15 KV, existente en el laboratorio de CEM.

En lo que se refiere a la Tarea 6 A. Se ha procedido a elaborar una página web, <http://www.donsion.org> donde en el apartado I+D, Información reservada a los miembros del proyecto de investigación “calidad de la onda de tensión. Medida y análisis de las perturbaciones electromagnéticas. Filtros y otras medias correctoras” (ENE2007-68032-C04/CON), se integra toda la información recogida, así como las actas de las reuniones de coordinación a la cual pueden acceder, mediante contraseña, todos los miembros de los cuatro sub-proyectos que configuran el proyecto de investigación coordinado.

Relativo a la Tarea 7 A “Análisis económico de la calidad de onda”, indicar que:

La metodología que se propone y se está desarrollando, se apoya en dos pilares fundamentales. Por una parte, el conocimiento de los datos o estadísticas relativas a las interrupciones o problemas en el suministro que impiden un desarrollo de la actividad económica normal. Estos datos pueden obtenerse a través de los registros que realizan las propias compañías eléctricas. No obstante habría que considerar si en esos datos están englobadas todas las situaciones que pueden afectar a una pérdida de producción real en la actividad económica. Por otra, apoyarse en la información recogida a través del INE sobre los indicadores de la actividad económica (Base de Datos TEMPUS). Estos indicadores, suelen estar disponibles de forma global y también desagregada por sector de actividad y región (incluso puede haber información por provincia. ver figura 7). La información de dicha actividad económica nos permite obtener un verdadero alcance de las pérdidas que se ocasionan por las interrupciones en el suministro, al estar todos los datos referidos en unidades económicas. La **Contabilidad Nacional**, que es la que se encarga de elaborar las cuentas de una economía,

constituye un marco metodológico y permite obtener una visión dinámica y un marco de comparación a lo largo del tiempo al poder disponer de **deflatores** que recogen la incidencia de los índices de precios. Esto es importante ya que en determinadas ocasiones el aumento de las pérdidas no se debe en sí mismo a un empeoramiento en el suministro de las compañías eléctricas, sino a la repercusión de la variación de los precios. Esto es lo que se conoce como trabajar con valores corrientes o valores constantes referidos a un año. Además, la Contabilidad también permite obtener una valoración a coste de factores o precios de mercado ($\text{Precios de Mercado} = \text{Costes de los Factores} + \text{Impuestos Indirectos} - \text{Subvenciones}$)



Figura 7. Indicadores por Comunidades Autónomas.

De forma esquemática, la actividad económica produce unos determinados bienes (outputs) a partir de unos insumos (inputs) a los que les da un valor mediante una transformación empleando para ello unos determinados factores productivos. La generación de este valor (diferencia entre los output e inputs) es lo que se conoce como el VA (Valor Añadido). El Valor añadido, generalmente, lo componen dos elementos básicos: la remuneración de los factores

Identificador serie	Desde	Año	Hasta	Año	Últimos
DPOP24529 - Población: Galicia. Ambos Sexos					
EPA3203 - Población de 16 y más años. Galicia. Ambos sexos. Total. Total. Valor absoluto					
EPA3206 - Población de 16 y más años. Galicia. Ambos sexos. Total. Parados. Valor absoluto					
EPA7034 - Tasa de actividad. Galicia. Ambos sexos. Total. Valor absoluto					
EPA7433 - Tasa de paro. Galicia. Ambos sexos. Total. Valor absoluto					
ETCL2783 - Galicia. Coste total. Total.					
IPC79328 - Galicia. General. Índice.					
IPC79330 - Galicia. General. Variación anual.					
IP4278 - Galicia. Índice general. Dato base					
IPR781 - Galicia. Índice general. Dato base					
IPR783 - Galicia. Índice general. Tasa de variación interanual					

© INE 2008 Paseo de la Castellana, 183 - 28071 - Madrid - España Tlf: (+34) 91 583 91 00 - email : www.ine.es/infoine
Ayuda | Contactar INE | Accesibilidad | Enlaces | Aviso Legal | Aviso de Seguridad

Figura 8. Indicadores para la Comunidad Autónoma de Galicia.

productivos (costes laborales) y el beneficio que se genera a través de la transformación que permite obtener unos productos finales aptos para el consumo de otros sectores, también denominado EBE (Excedente Bruto de Explotación). Cuando se producen interrupciones en el

servicio del suministro energético, lo que estamos provocando es la pérdida o no generación de un determinado VAB (Ver figura 9).

Partiendo del hecho de que, a través de la Contabilidad Nacional, podemos conocer el **VAB_{ij}** (Valor Añadido Bruto del sector/industria *i* en el período *j*) y las **HT_{ij}** (horas trabajadas por el sector/industria *i* en el período *j*. Ver figura 10). Si suponemos que las horas perdidas por problemas en el suministro (calidad de producto) son, para el sector/industria *i* en el período *j*, **HP_{ij}**, tendremos que las pérdidas en términos económicos vendrían dadas por la siguiente expresión (1):

$$\Sigma VAB_{ij} * (HP_{ij} / HT_{ij}). (1)$$



Figura 9. Datos PIB/VAB por ramas de actividad.

El considerar el VAB como elemento de medición es de gran alcance, pues en él estamos teniendo tanto lo que se pierde por producción no obtenida, lo que no utilizamos por no haber producción, el beneficio que se deja de percibir, etc. Como se comentó anteriormente, este VAB se puede expresar a precios de mercado (**pm**) o al coste de los factores (**cf**). Si, además, queremos expresar estas pérdidas referidas a un año base, para así considerar el efecto del incremento de los precios, tendríamos que introducir el deflactor del sector *i* para el período *j* en relación a un año base **t₀**. Es decir, las pérdidas que se obtendrían en valores constantes de un año base **t₀**, serían las recogidas en la siguiente expresión (2):

$$\Sigma VAB_{ij} * D_{ijt_0} * (HP_{ij} / HT_{ij}). (2)$$

Podría pensarse que, del total de las horas pérdidas, no todas tienen el mismo impacto económico al producirse en franjas horarias que no afectan de igual manera a la producción de las industrias o sectores. Este aspecto podría considerarse en el modelo a través de la introducción de unos coeficientes de ponderación asociados a unas franjas de horarias. La

dificultad estaría en determinar estos coeficientes de ponderación. En la ecuación anterior supondría introducir un término tal como: $\sum \text{cit}^i \text{Ipit}$, donde los cit representan la ponderación correspondiente al sector i en la franja t, e Ipit los índices de producción del sector/industria i en la franja t. Como es lógico, $\sum \text{cit}^i = 1$.

$$\sum \text{VAB}_{ij} * \text{Dijt}_o * (\text{HP}_{ij} / \text{HT}_{ij}) * \sum \text{cit}^i * \text{Ipit}. \quad (3)$$

Supongamos que un día lo dividimos en dos franjas horarias: de 8 horas a 20 horas y de 20 horas a 8 horas. Supongamos que dentro de la primera franja se registra un 90% de las interrupciones y en la segunda el 10% restante. Si el impacto de la pérdida de producción en el período correspondiente a la primera franja es del 100% y en la segunda franja es del 50%, entonces tendríamos que considerar en las ecuaciones (1) y (2): $[0,90*1+0,1*0,5]$. En el caso de que todas las horas del día tuvieran la misma incidencia y que la pérdida de producción fuera del 100, el término anterior sería igual a la unidad.

Series	Descripción	Tiempo	Horas
ETCL2128	Nacional. Industria. Tiempo completo. Horas no trabajadas.	Completo	No trabajadas
ETCL2132	Nacional. Construcción. Tiempo completo. Horas pactadas.	Completo	Pactadas
ETCL2134	Nacional. Construcción. Tiempo completo. Horas efectivas.	Completo	Efectivas
ETCL2135	Nacional. Construcción. Tiempo completo. Horas no trabajadas.	Completo	No trabajadas
ETCL2139	Nacional. Servicios. Tiempo completo. Horas pactadas.	Completo	Pactadas
ETCL2141	Nacional. Servicios. Tiempo completo. Horas efectivas.	Completo	Efectivas
ETCL2142	Nacional. Servicios. Tiempo completo. Horas no trabajadas.	Completo	No trabajadas
ETCL2146	Nacional. Todas las divisiones. Tiempo parcial. Horas pactadas.	Parcial	Pactadas
ETCL2148	Nacional. Todas las divisiones. Tiempo parcial. Horas efectivas.	Parcial	Efectivas
ETCL2149	Nacional. Todas las divisiones. Tiempo parcial. Horas no trabajadas.	Parcial	No trabajadas
ETCL2153	Nacional. Industria. Tiempo parcial. Horas pactadas.	Parcial	Pactadas
ETCL2155	Nacional. Industria. Tiempo parcial. Horas efectivas.	Parcial	Efectivas
ETCL2156	Nacional. Industria. Tiempo parcial. Horas no trabajadas.	Parcial	No trabajadas
ETCL2160	Nacional. Construcción. Tiempo parcial. Horas pactadas.	Parcial	Pactadas
ETCL2162	Nacional. Construcción. Tiempo parcial. Horas efectivas.	Parcial	Efectivas
ETCL2163	Nacional. Construcción. Tiempo parcial. Horas no trabajadas.	Parcial	No trabajadas
ETCL2167	Nacional. Servicios. Tiempo parcial. Horas pactadas.	Parcial	Pactadas
ETCL2169	Nacional. Servicios. Tiempo parcial. Horas efectivas.	Parcial	Efectivas
ETCL2170	Nacional. Servicios. Tiempo parcial. Horas no trabajadas.	Parcial	No trabajadas

Figura 10. Datos de horas de trabajo efectivas, etc.

Por último, en este modelo también se propone considerar el coste que tiene para el conjunto de las industrias/sectores económicos, las inversiones realizadas en atenuar los efectos de los problemas derivados de la falta de suministro o en la calidad de onda. Para ello habría que estimar que cantidad de recursos se destinan a los medios de protección. Podría pensarse en dos vías: Intentar obtener las ventas de dispositivos destinados a este fin para los diferentes sectores i en el período j: $\sum \text{VEP}_{ij}$ (Ventas de equipos de protección del sector i en el período j). Otra vía podría ser la propia contabilidad nacional a través de las magnitudes correspondientes a las inversiones que hacen los sectores económicos/industrias, lo que se conoce como FBCF (formación bruta del capital fijo), e introduciendo un factor de indique el porcentaje de este concepto que se destina a esta clase de activos o elementos. De esta manera podríamos pensar en un término como: $\sum \text{FBC}_{lij} * \text{P}_{ij}$, donde FBC_{lij} representa la inversión total del sector i en el período j y P_{ij} representa el porcentaje que dicho sector i destina a elementos de protección en el período j.

$$(\sum \text{VAB}_{ij} * \text{Dijt}_o * (\text{HP}_{ij} / \text{HT}_{ij}) * \sum \text{cit}^i * \text{Ipit}) + \sum \text{FBC}_{lij} * \text{P}_{ij}. \quad (4)$$

Las ventajas de utilizar esta metodología, residen en el enorme potencial que ofrece la contabilidad nacional a través de las cuentas nacionales. Muchos métodos se apoyan en estimaciones de un determinado tipología de industria o se centran en industria de un determinado tamaño. Utilizando la información de la contabilidad nacional estamos considerando el conjunto de todos los sectores de la actividad económica. Además, tenemos la posibilidad de saber no solo lo que se pierde en términos económicos, sino que además

podemos determinar cual es la evolución **real** de este concepto al poder introducir los **deflatores** y eliminar el efectos del incremento de los precios. Otro aspecto, es poder obtener una valoración tanto a precios de factores como a valores finales o de mercado.



Figura 11. Divisiones de la actividad económica en sectores.

Como las cuentas nacionales se establecen según una determinada metodología, se tiene la certeza de que evolución que se obtiene por las comparativas entre diferentes años es significativa, por basarse siempre en el mismo esquema y la homogeneidad del criterio en los datos de partida. La dificultad del modelo está en que no es fácil trabajar con una gran cantidad de datos de esta naturaleza. Además, la dificultad añadida de la descomposición de la actividad económica en sectores/industrias. En la medida de que la desagregación se haga mayor, la información a manejar se puede volver compleja.

Otra de las ventajas es que, bajo este planteamiento, también se está valorando las pérdidas económicas a las que se ve sometido el propio sector eléctrico al dejar de suministrar una determinada cantidad de energía, al igual que las bonificaciones e indemnizaciones que el sector eléctrico destina a estas incidencias. Esto es así, dado que en la contabilidad nacional también se recogen las cuentas del sector eléctrico con su correspondiente valor añadido. En este sector se supone que las horas reales de suministro deberían ser 365*24Horas.

Al igual que hay indicadores de desempleo, de productividad, etc. se podría pensar en obtener un indicador que relacione que parte del VAB se pierde en relación al PIB por este tipo de problemas. Dicho indicador podría ser utilizado como magnitud para concienciar la importancia que tienen este tipo de problemas en las sociedades modernas. Además, como el esquema de la contabilidad nacional es utilizado por el entorno de los países de la zona euro, sería un indicador que podría utilizarse de forma general para determinar estos efectos en estos países y tener así un marco de referencia global mucho mayor, pudiendo determinar la posición de cada país en este aspecto. Por último, también señalar que se podrían utilizar las predicciones económicas que manejan los países para proyectar el efecto de estas cuestiones en el futuro.

$$IPPerdida = (3) \text{ o } (4) / \text{PIB} \quad (5)$$

Finalmente, y en lo que se refiere a la Tarea 9 A, "Difusión de los resultados del proyecto", indicar que, como estaba previsto en la memoria inicial, se ha actuado en dos campos:

1. En colaboración con el Grupo de la Universidad de Cantabria, el Grupo de la Universidad de Vigo, ha organizado la conferencia internacional: *“International Conference on Renewable Energies and, Power Quality (ICREPQ´08)”* y la *“XVIII Reunión de Grupos de Investigación de Ingeniería Eléctrica”*. Para la cual el International Program Committee, ha seleccionado 208 ponencias de entre 314 propuestas y, finalmente, se han presentado durante la conferencia 182; de las cuales 44 se han presentado en sesiones orales y 138 en sesiones de póster. El número de participantes fue de 193 de un total de 44 países diferentes.

2. Publicaciones. Durante el año 2008 y finales de 2007 (no incluidas en el primer informe), se han realizado las siguientes publicaciones:

1. F. Oliveira, A. Madureira y Manuel Pérez Donsión

“Sampling frequency and time window influence on flicker measurements significance. A case study”. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ´08), CD ISBN: 978-84-611-9290-8, Santander 12 a 14 de marzo, 2008

2. A. Jan Iwaszkiewicz, B. Jacek Perz y Manuel Pérez Donsión

“Generalized fourier series – a useful mathematical tool in power electronics”

International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ´08), CD ISBN: 978-84-611-9290-8, Santander 12 a 14 de marzo, 2008

3. F. Rajskey y Manuel Pérez Donsión

“Comparison of transmission and distribution systems in Czech Republic and Spain”.

International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ´08), CD ISBN: 978-84-611-9290-8 Santander 12 a 14 de marzo, 2008

4. Jiri Rais y Manuel Pérez Donsión

“Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSM). Parameters influence on the synchronization Process of a PMSM”.

International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ´08), CD ISBN: 978-84-611-9290-8, Santander 12 a 14 de marzo, 2008

5. M. P. Donsión, J. Rais, J.A. Güemes

“Parameters influence on the synchronization process of a PMSM controlled by a Voltage Source Inverter (VSI)”

International Conference on Electrical Machines” (ICEM´08), CD ISBN:978-1-4244-1736-0, Vilamoura (Portugal) 6 a 9 de Septiembre, 2008

6. Tomas Skocil y Manuel Pérez Donsión

“Mathematical Modelling and Simulation of Photovoltaic Array”.

International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ´08), Santander 12 a 14 de marzo, 2008

7. J. A. Güemes, A. M. Iraolagoitia, M. P. Donsión, J. I. Del Hoyo

“Analysis of Torque in Permanent Magnet Synchronous Motors with Fractional Slot Windings”.

International Conference on Electrical Machines” (ICEM´08), CD ISBN:978-1-4244-1736-0, Vilamoura (Portugal) 6 a 9 de Septiembre, 2008

8. Manuel Pérez Donsión

“Power Quality Measurements at an Automobile Factory. Conclusions”

“9th international Conference. Electrical Power Quality and Utilisation”, Barcelona 9 a 11 de octubre de 2007

9. Manuel Pérez Donsión

“Parameters Influence on the Control of a PMSM”

“13th international Symposium Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering (ISEF2007)”, Praga (República Checa), 13 a 15 de septiembre de 2007

10. Manuel Pérez Donsión

“Parameters Influence on the Synchronization Process of a PMSM”

“13th internacional Symposium Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering (ISEF2007)”, Praga (República Checa), 13 a 15 de septiembre de 2007

2. Si ha encontrado problemas en el desarrollo del proyecto, coméntelos, especificando su naturaleza (de carácter científico, de gestión, etc).

Como se ha indicado en el apartado 1, se han tenido que solucionar diferentes problemas surgidos durante la comprobación del Prototipo 1, realizado en colaboración con Schneider Electric (EPO del PI), para la medición del par dinámico y control del conjunto motor-carga (freno), los cuales finalmente se han solucionado y el resultado fue el conseguir un prototipo perfeccionado totalmente adaptado a los requerimientos del PI.

B. PERSONAL ACTIVO EN EL PROYECTO DURANTE EL PERÍODO QUE SE JUSTIFICA.

En el cuadro siguiente debe recogerse la situación de todo el personal del o de los Organismos participantes que haya prestado servicio en el proyecto en la anualidad que se justifica, o que no haya sido declarado anteriormente, y cuyos costes (salariales, dietas, desplazamientos, etc.), se imputen al mismo.

Si la persona estaba incluida en la solicitud original, marque “S” en la casilla correspondiente y no rellene el resto de casillas a la derecha.

Indique en la casilla “Categoría Profesional” el puesto de trabajo ocupado, el tipo de contratación: indefinida, temporal, becarios (con indicación del tipo de beca: FPI, FPU, etc.), etc.

En el campo “Función en el proyecto” indique el tipo de función/actividad realizada en el proyecto, (p.ej., investigador, técnico de apoyo,...).

Recuerde que:

- En este capítulo sólo debe incluir al personal vinculado a los Organismos participantes en el proyecto. Los gastos de personal externo (colaboradores científicos, autónomos...) que haya realizado tareas para el proyecto debe ser incluido en el capítulo de “Varios”.

- Las “Altas” y “Bajas” deben tramitarse de acuerdo con las “Instrucciones para el desarrollo de los proyectos de I+D” expuestas en la página web del MICINN.

Apellido 1	Apellido 2	Nombre	NIF/NIE	Catgª Profesional	Si no incluido en solicitud original:			
					Incluido en solicitud original	Función en el proyecto	Fecha de Alta	Observaciones
Pérez	Donsión	Manuel	76800854J	Catedrático Univ. Indefinido	S	Investigador Principal		
Pardo	Frojan	Juan E.	36057481J	Titular Univ. Indefinido	S	Investigador		
Pelaez	Lourido	Gerardo	36055625C	Tititular Univ. Indefinido	S	Investigador		
Rodríguez	Iglesias	José M.	76617328G	Asoc. Tiempo Parcial. Temporal	S	Investigador		
Coll	Mayor	Debora	38108729Y	Asoc. T.Completo.Temporal	S	Investigador		
Soares	Oliveira	Filipe T.	11705648	Asoc. T.Completo. Temporal	S	Investigador		

C. PROYECTOS COORDINADOS (*Cumplimentar sólo por el coordinador si se trata de un proyecto coordinado*)

Describe el desarrollo de la coordinación entre subproyectos en este año, y los resultados de dicha coordinación con relación a los objetivos globales del proyecto.

1c. En lo que se refiere a las reuniones de coordinación, después de una primera reunión celebrada en Gijón el 23 de noviembre de 2007, se ha procedido a convocar una nueva reunión de coordinación que se ha celebrado en Santander el día 14 de marzo de 2008, coincidiendo con la celebración del ICREPQ'08 y cuya acta de la reunión se transcribe a continuación:

ACTA DE LA REUNIÓN:

1. Bienvenida

El Coordinador del Proyecto da la bienvenida a los participantes en la reunión, que se celebra coincidiendo con la participación de los asistentes la ICREPQ'08 (International Conference on Renewable Energies and Power Quality) celebrado en el Real Sitio del Palacio de la Magdalena de Santander. Este congreso internacional ha sido precisamente organizado por parte de los integrantes en el proyecto, siendo el Coordinador del Proyecto el Presidente del Comité Directivo y el responsable del subproyecto de la Universidad de Santander el Presidente del Comité Organizador Local.

2.- Estado actual de los trabajos de investigación realizados

El Grupo de la Universidad de Sevilla, ausente de la reunión, ha remitido por correo electrónico un informe en el que detalla el progreso de sus trabajos en el marco del Proyecto, que se encuentra a disposición de los asistentes.

Los miembros del Grupo de la Universidad de Oviedo describen los trabajos desarrollados en los meses anteriores en colaboración con la empresa Hidrocantábrico en relación con la mejora de la continuidad en los suministros de BT, mediante la detección temprana de la fusión de fusibles en el lado de BT de los Centros de Transformación. Se comenta también el hecho de que en los próximos meses un Ayudante será incorporado al Grupo de Investigación, y que por tanto se prevé la incorporación de un nuevo miembro al proyecto.

Los miembros del Grupo de la Universidad de Vigo (entre los que se encuentra presente Débora Coll Mayor, perteneciente a la Universidad de las Islas Baleares) describen los trabajos desarrollados en el campo de la medida de vibraciones en máquinas eléctricas, así como en el terreno de la evaluación de los costes relacionados con la calidad de la energía eléctrica.

El Grupo de la Universidad de Cantabria describe la campaña de medidas que se está realizando en el primer parque eólico inaugurado recientemente en Cantabria.

3.- Estado actual de la adquisición de las infraestructuras necesarias para la consecución de los objetivos previstos en el Proyecto de Investigación

El Grupo de la Universidad de Oviedo explican los trámites llevados a cabo para la ampliación de la fuente de tensión programable de la marca ELGAR con que cuentan en sus instalaciones, y que pasará de 10,50 a 15,75 kVA. Esta adquisición se está llevando a cabo por el procedimiento negociado sin publicidad, habiendo sido ya aprobada por el Consejo Social de la Universidad de Oviedo, y estando ya siendo tramitado el expediente por la Sección de Compras y Equipamiento de esta Universidad. El precio base de licitación asciende a 23.500,00 €.

El Grupo de la Universidad de Vigo comenta las gestiones realizadas para la adquisición de una cámara termográfica y un analizador dinámico de vibraciones. Así mismo se muestran interesados en sistemas para la medida de par dinámico, de los que se encuentran valorando distintas tecnologías.

El Grupo de la Universidad de Cantabria ha comenzado los trámites para la adquisición de una fuente de tensión programable con tecnología lineal. Este tipo de fuentes es de un

precio bastante superior a las conmutadas, pero resulta necesaria para el estudio del *flicker*, debido a la baja distorsión requerida en este tipo de aplicaciones.

4.- Actuaciones a llevar a cabo para reforzar la cooperación entre todos los miembros del Proyecto de Investigación

Se concreta la idea surgida ya en la reunión anterior, respecto a la posibilidad de que los participantes en el proyecto puedan organizar e impartir conjuntamente, un Curso de Verano sobre el tema de la Calidad de Onda. Este curso será propuesto a la Universidad de Oviedo y a la Universidad de Cantabria, con el fin de que pueda celebrarse al menos en una de las dos ubicaciones durante el verano del año 2009.

5.- Fijación de lugar y fecha para la próxima Reunión de Coordinación

Se propone que la próxima reunión de Coordinación tenga lugar durante el mes de julio por videoconferencia. Este medio, que no ha sido empleado hasta ahora puede ser útil para evitar gastos y ahorrar tiempo a los investigadores, y por tanto se propone que todos los grupos exploren la posibilidad real de asistir por este medio a la reunión en alguna sala habilitada a este efecto por sus Universidades respectivas.

6.- Ruegos y preguntas

No se produce en este apartado ninguna intervención de los asistentes.

Sin ningún asunto más que tratar el presidente de la reunión levanta la sesión a las 18:00 horas del día 14 de marzo de 2008.

Con la finalidad de dar cumplimiento al acuerdo adoptado en el punto 4 del orden del día, se han realizado toda una serie de llamadas telefónicas y comunicaciones a través de Internet, con la finalidad de proceder a elaborar la documentación necesaria para presentar a la Universidad de Oviedo, con el objetivo de celebrar la segunda semana de julio del presente año un Curso de Verano en Gijón sobre el tema de calidad de potencia (temática del PI), en el cual de ser aprobado por la Universidad de Oviedo participarían diferentes miembros de los grupos de investigación de los cuatro subproyectos.

En lo que se refiere al punto 5, por diferentes razones técnicas y de agenda, no ha sido posible celebrar la videoconferencia prevista para el mes de julio y será convocada una nueva reunión de coordinación para el presente año.

2c. Para la organización de la conferencia internacional: *"International Conference on Renewable Energies and, Power Quality (ICREPQ'08)"* y la *"XVIII Reunión de Grupos de Investigación de Ingeniería Eléctrica"*, el Grupo de la Universidad de Cantabria y el Grupo de la Universidad de Vigo, han tenido diferentes reuniones, llamadas de teléfono y comunicaciones por Internet que, finalmente han conducido a la consecución de un gran éxito para los eventos mencionados.

D. RELACIONES O COLABORACIONES CON DIVERSOS SECTORES

1. En caso de que estuviera prevista la participación o respaldo activo por parte de alguna Empresa o Agente socio-económico con interés en el proyecto, indique cómo se está realizando dicha participación.

- Se ha colaborado directamente con la empresa Schneider Electric, EPO del PI, en el diseño, dimensionado y montaje del prototipo de la figura 1, el cual consiste de un sistema compuesto por un motor, variador y freno. Este prototipo con el freno, sustituye y mejora el planteamiento inicial para el cual se había solicitado la adquisición de un freno de polvo magnético, que

suponía un desembolso considerable y que a la postre resultaba menos flexible y adaptado a las necesidades del proyecto. El sistema permite, además, la medida del par dinámico y, aparte de poder utilizar el variador, permite la utilización de la fuente de potencia programable.

2.Si el proyecto ha dado lugar a otras colaboraciones o transferencias con entidades no académicas, descríbalas brevemente.

- Se ha colaborado, con personal técnico del “The Electrotechnical Institute, Gdansk Branch”, de Polonia, en la aplicación de las series de Fourier a los sistemas electrónicos de potencia. Fruto de esta colaboración es la publicación nº 2, que figura en la relación anterior de publicaciones.

3.Si el proyecto ha dado lugar a colaboraciones con otros grupos de investigación, coméntelas brevemente.

- Se ha colaborado con personas de la “Faculty of Electrical Engineering, University of West Bohemia” en Pilsen, República Checa, en diferentes temas de ingeniería eléctrica. Esta colaboración ha propiciado las publicaciones 3,4,5 y 6.

- Se ha colaborado con personas de la Unidad de Sistemas de Potencia del INECS, Porto, Portugal, en temas relacionados con el flicker. Fruto de esta colaboración es la publicación que figura con el número 1.

- Se ha colaborado en temas vinculados con la investigación, con personas del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del País Vasco. Fruto de esta colaboración son las publicaciones referenciadas con los números 5 y 7.

4.Si ha iniciado la participación en proyectos del Programa Marco de I+D de la UE y/o en otros programas internacionales en temáticas relacionadas con la de este proyecto, indique programa, tipo de participación y beneficios para el proyecto.

E. GASTOS REALIZADOS

Nota: Debe cumplimentarse este apartado independientemente de la justificación económica enviada por el organismo.

1. Indique el total de gasto realizado en el proyecto hasta este momento:

	Total gasto de la anualidad (€)
Personal	0,00
Otros costes de ejecución	49.399,64
TOTAL GASTO REALIZADO	49.399,64

2. Comente brevemente si ha habido algún tipo de incidencia en este apartado.

No ha habido incidencias dignas de mención

F. GASTOS DE EJECUCIÓN: MODIFICACIONES DE CONCEPTOS DE GASTO CON RESPECTO A LA SOLICITUD ORIGINAL.

Recuerde que los trasvases entre gastos de personal y gastos de ejecución deben tramitarse de acuerdo con las “Instrucciones para el desarrollo de los proyectos de I+D” expuestas en la página web del MICINN.

a) Equipamiento:

En el cuadro adjunto, rellene una línea por **cada equipo adquirido no previsto en la solicitud inicial** que dio lugar a la concesión de la ayuda para el proyecto y justifique brevemente su adquisición. Si se ha adquirido un equipo en sustitución de otro que figuraba en la solicitud de ayuda inicial (por mejorar sus prestaciones, por obsolescencia del anterior...), indicarlo también en la casilla correspondiente.

Identificación del equipo	Importe	Justificación adquisición	Sustituye a ...(en su caso).
Prototipo motor-variador-freno	10.856,35	Resulta mucho más flexible para las necesidades específicas del proyecto y a la postre más económico	Dinamómetro de polvo magnético
Tarjeta de adquisición de datos	2.451,94	Permite a través de las correspondientes sondas y transductores adquirir datos tanto del prototipo 1 como del 2, que luego se tratan mediante software específico	Analizador dinámico de vibraciones
Tres ordenadores portátiles Toshiba	3.139,42	Complementan a la tarjeta de adquisición de datos y sustituyen en el tratamiento de la medida a otros portátiles obsoletos	Analizador dinámico de vibraciones

b) Viajes/Dietas:

En el cuadro adjunto se justificará la imputación de gasto en viajes y dietas sólo en el caso de que este **tipo de gasto no estuviera previsto en la solicitud inicial.**

--

c) Material fungible:

Se describirá y razonará en el siguiente cuadro la adquisición del material fungible incluido en la justificación, sólo cuando **este tipo de gasto no estuviera previsto en la solicitud original**.

--

d) Varios:

Se describirán en el siguiente cuadro los gastos varios más relevantes incluidos en la justificación y **no previstos en la solicitud original**, justificando brevemente su inclusión. En este apartado se incluirá, entre otros, al personal externo y, en el caso de que el gasto justificado se refiera a colaboraciones científicas, se identificará al colaborador.

--