

### **Proyecto *Energía Industrial 4.0 – EIA.0***

Integración de tecnologías avanzadas para mejorar la Eficiencia energética y de procesos en empresas con procesos Industriales homogéneos

Participantes: ITE y AIDIMME

Nº Expediente: IMDEEA/2018/63



### **Entregable *E5.1 Diseño del proyecto piloto***

Participantes: ITE y AIDIMME



## Índice de contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Descripción del proyecto piloto</b>	<b>5</b>
2.1 Alcance .....	5
2.2 Metodología .....	5
2.3 Métricas .....	6
<b>3. Experiencia piloto orientada al funcionamiento de la herramienta</b>	<b>7</b>
<b>4. Experiencia piloto orientada al uso real de la herramienta</b>	<b>11</b>
4.1 Pruebas de usabilidad.....	12
4.2 Valoración de resultados.....	13

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Relación módulos de sistema C-L-R a testear. ....</i>	<b>8</b>
<i>Figura 2. Metodología de testeo de áreas de eficiencia. Fuente ITE.....</i>	<b>9</b>
<i>Figura 3. Ejemplo testeo de salida de Resultados. Fuente ITE .....</i>	<b>10</b>
<i>Figura 3. Diagrama de clasificación para eficiencia de procesos. Fuente AIDIMME .....</i>	<b>11</b>

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Paquete de Trabajo 5. Fuente: propuesta EI4.0.....</i>	<b>4</b>
<i>Tabla 2. Métricas consideradas.....</i>	<b>7</b>
<i>Tabla 3. Tipo de empresas según aplicación. Fuente: ITE.....</i>	<b>10</b>

## 1. Introducción

El entregable E5.1 cubre parte de las tareas del paquete de trabajo 5:

Paquete de trabajo Nº	5	Fecha de comienzo: M14	Fecha de fin: M21
Acrónimo participante responsable de este paquete de trabajo:	AIDIMME		
Acrónimos otros participantes en este paquete de trabajo:	ITE		
Título del paquete de trabajo	PT5 – Testeo y ajuste de herramienta de diagnóstico. Piloto		
<b>Objetivos:</b>			
<p>El objetivo principal de este paquete es diseñar, planificar y ejecutar un Proyecto Piloto que contemple la validación y ajuste de HAO EnergíaIndustrial4.0 y del sistema de captura de datos sobre eficiencia energética y de proceso.</p> <p>Los resultados del paquete tendrán una función técnica de validación, aunque también se utilizarán para la difusión del proyecto entre las empresas del sector metalmeccánico en general.</p>			
<b>Descripción del trabajo (tareas):</b>			
<b>T5.1. Diseño del Proyecto Piloto (M14-M17) – (AIDIMME, ITE)</b>			
<p>Se definirá el alcance y diseño del plan de trabajo para llevar a cabo las actividades de validación de los resultados de los paquetes de trabajo previos. En concreto, se diseñará teniendo en cuenta los procesos existentes en la empresa piloto, estableciéndose:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de control y valoración de resultados.</li> <li>• Periodo de duración de las pruebas.</li> <li>• Sistemas de captura de datos requeridos.</li> <li>• Formación del personal implicado.</li> <li>• Protocolos de seguridad y confidencialidad.</li> <li>• Y cualquier otro factor que en su momento se considere necesario.</li> </ul>			
<b>T5.2. Despliegue y validación de HAO en la empresa piloto (M17-M20) – (AIDIMME, ITE)</b>			
<p>Tarea que incluirá las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de campo: aplicación de herramientas y sistemas de adquisición de información.</li> <li>• Instalación de la herramienta de análisis. Pruebas del sistema y verificación de resultados.</li> <li>• Revisión de protocolos y desarrollo de modificaciones necesarias.</li> </ul>			
<b>T5.3. Análisis de los resultados del Proyecto Piloto (M20-M21) – (AIDIMME, ITE)</b>			
<p>Tarea destinada a analizar los resultados de la ejecución del Proyecto Piloto para la generación de acciones correctivas que permitan la mejora y validación de los resultados del proyecto. Presentación de resultados a las empresas.</p>			
<b>Entregables:</b>			
E5.1. Diseño del Proyecto Piloto			
E5.2. Resultados del Proyecto Piloto			
<b>Hitos:</b>			
H5.1. Proyecto piloto diseñado			
H5.2. Proyecto piloto finalizado			
<b>Reuniones:</b> Reuniones mensuales de coordinación entre los participantes.			
Reuniones con la empresa piloto para coordinación de actividades en la fábrica y seguimiento del plan de trabajo (periodicidad quincenal).			

Tabla 1. Paquete de Trabajo 5. Fuente: propuesta EI4.0

## 2. Descripción del proyecto piloto

En este contexto, un proyecto piloto comprende una prueba para valorar la viabilidad, la facilidad de uso, los resultados, las estrategias a seguir y, en general, una validación conceptual de un producto nuevo previo a la fase de explotación de resultados.

En los objetivos del PT5 se contempla la ejecución de un proyecto piloto para la validación y ajuste de la herramienta de autodiagnóstico sobre eficiencia energética y de proceso Energía Industrial 4.0.

### 2.1 Alcance

Dado que el objetivo del proyecto es el desarrollo de la herramienta HAO de autodiagnóstico de eficiencia energética y productiva en empresas de recubrimientos galvánicos, el alcance del piloto debe considerar los siguientes aspectos:

- Funcionamiento de la herramienta desde el punto de vista técnico: detección de errores conceptuales, errores sintácticos y errores en la generación de conclusiones (detección de problemas cuando no los hay, y no detección cuando los hay).
- Funcionamiento en uso real, desde el punto de vista funcional y técnico: facilidad de comprensión y uso, acceso a la información requerida (sistema de captura de datos) y alineamiento de los resultados con la realidad de la empresa.

### 2.2 Metodología

La metodología explica los pasos a seguir en el estudio de validación de la herramienta, aportando los detalles necesarios para su comprensión.



Figura 1. Fases de metodología de validación.

Se pueden definir cuatro fases:

1. **Análisis preliminar:** incluye todas las tareas relativas a conocer el estado actual de la herramienta, así como reuniones con los implicados para presentar y ajustar el alcance de la experiencia piloto.

2. **Implementación:** involucra a todas las actividades que impliquen la puesta en marcha de las experiencias piloto, incluyendo especialmente la interface de captura de datos.
3. **Resultados:** contempla la ejecución de la prueba piloto para la obtención de métricas y resultados que permitan validar su correcto funcionamiento.
4. **Conclusiones:** análisis de los resultados obtenidos con los responsables del desarrollo de los pilotos para obtener conclusiones que validen los supuestos previos.

### 2.3 Métricas

La ejecución de un piloto debe contemplar el seguimiento de los resultados obtenidos pero de forma que se pueda comparar con unos supuestos previos, que parten de alguna forma de las especificaciones que debía cumplir la herramienta desarrollada. Para ello se pueden definir un conjunto de indicadores que, a priori, marquen los objetivos a conseguir. Tras realizar el piloto se comparan los resultados a partir de las métricas reales obtenidas, evaluando las desviaciones y extrayendo las conclusiones pertinentes.

Indicador	Definición
Nº de errores críticos	Errores de funcionamiento del software no relacionados con los resultados ni su formato. Se consideran aquí errores que impidan cargar la información o fallos críticos del software que obliguen a reiniciarlo.
Nº de errores no críticos	Errores asociados a distintos aspectos parciales del programa, ya sean de contenido o formato, como pueden ser la composición de resultados, las variables mostradas o similares.
Tiempo de respuesta	Tiempo que emplea el programa en procesar respuestas y mostrar resultados
Cantidad de usuarios conectados simultáneamente	Cantidad de usuarios que pueden emplear el programa de manera simultánea, interactuando con él y obteniendo resultados de la base de datos de manera correcta y sin incidencias.
Cantidad de preguntas finalmente implementadas correctamente	Se considera la cantidad de preguntas que finalmente se ha logrado implementar de manera operativa en el software.

Cantidad de medidas finalmente implementadas correctamente	Nº de medidas correctamente implementadas y que se muestran correctamente en el software.
Nº de enlaces rotos o caídos	Cantidad de enlaces a webs o imágenes que no se muestran correctamente o no enlazan de manera apropiada a la fuente.
Horas de programación empleadas	Horas de programación dedicadas al desarrollo del software.
Tolerancia a fallos	Capacidad del sistema de seguir funcionando ante fallos de funcionamiento.
Capacidad de funcionamiento en distintos sistemas y navegadores	Se trata de analizar la capacidad del sistema de funcionar sin problemas en distintos sistemas y navegadores, así como su rendimiento en ellos.
Índice de productividad	Líneas de código generadas respecto a las horas trabajadas
Facilidad de manejo por el usuario (usabilidad)	Reacciones del usuario y sugerencias recogidas cuando se hace manejar la aplicación a un usuario inexperto
Comprensión de las cuestiones planteadas	Aclaraciones que ha sido necesario realizar para que el usuario comprenda bien determinadas preguntas
Ajuste de los resultados a la realidad	Opinión subjetiva de los usuarios sobre la calidad y ajuste de las propuestas realizadas

*Tabla 2. Métricas consideradas*

Como se puede apreciar, las métricas e indicadores planteados cubren tanto aspectos del rendimiento y fiabilidad del software como de su usabilidad, así como ciertos aspectos ligados puramente al diseño y desarrollo del software. Para el planteamiento de estos indicadores se han consultado varias fuentes como el estándar ISO/IEC 25000 SQuaRE.

### **3. Experiencia piloto orientada al funcionamiento de la herramienta**

A continuación se resume el procedimiento de testeo que se ha desarrollado y empleado para ajustar y probar el sistema completo: (C) Cuestionarios, (L) Lógica y (R) Resultados.

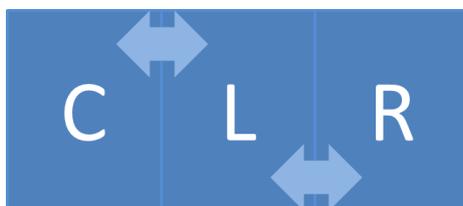


Figura 2. Relación módulos de sistema C-L-R a testear.

a) Testeo de cuestionarios

Para la verificación de la idoneidad y corrección de los cuestionarios, todas las preguntas que los componen se analizan según la lógica establecida y se trabajan para:

- 1) Detectar duplicidades, así como preguntas no empleadas tanto en la Lógica como en los Resultados.
- 2) Detectar errores de concepto o asignación de tipos de variables.

b) Testeo de lógica

Se desarrolla y aplica un método de pruebas mediante el que se analiza al detalle cada uno de los estados de los flujogramas, su operatividad y correcto funcionamiento. Cada elemento a testear tiene una forma de ser evaluado según el cálculo, y distintas reglas y condiciones que aporta al conjunto del sistema.

c) Ajuste de flujogramas

Se revisa el flujo de programa de cada área para detectar posibles correcciones a realizar. En concreto, se analiza el proceso lógico de evaluación de estados para verificar que la evaluación y activación de éstos se realiza correctamente, eliminando o añadiendo ramas según se detecte la necesidad de ello.

d) Ajuste de procedimientos de cálculos

En algunos casos, además de reglas lógicas, el sistema ejecuta cálculos y procedimientos de cálculos. En estos casos se testean offline mediante herramientas como hojas y programas de cálculo, y online con la herramienta.

e) Análisis por estado

La primera de las pruebas que se lleva a cabo enteramente con la herramienta es el análisis y verificación de activación de estados. Así, se realiza un análisis elemento a

elemento con el fin de verificar que las activaciones de estado se realizan correctamente. Para ello, se empleará la siguiente tabla tipificada, que permite estandarizar la evaluación de cada estado

Estado evaluado	Condiciones C0	Condiciones particulares	Resultado deseado	Resultado obtenido	OK/ERROR	Posible origen del error	Incidencia detectada por	Pendiente	Solucionado

De esta manera, para cada una de las áreas se procede individualmente comprobando que, en efecto, las casillas “Resultado deseado” y “Resultado obtenido” coinciden, indicando OK o ERROR según dicha coincidencia, y anotando el posible origen del error o información adicional que ayude al programador a corregirlo rápidamente.

#### f) Análisis por áreas

Complementariamente al anterior, y desde un punto de vista de análisis global de funcionamiento por área, se desarrolla y aplica un método de pruebas mediante el que se analiza al detalle cada una de las áreas de eficiencia energética que componen la aplicación.

Se emplea un enfoque basado en cajas negras, introduciendo el perfil generado de una empresa con ciertas respuestas como caso de uso y se obtienen resultados que verifican su correcta operatividad.

El método seguido es el siguiente:

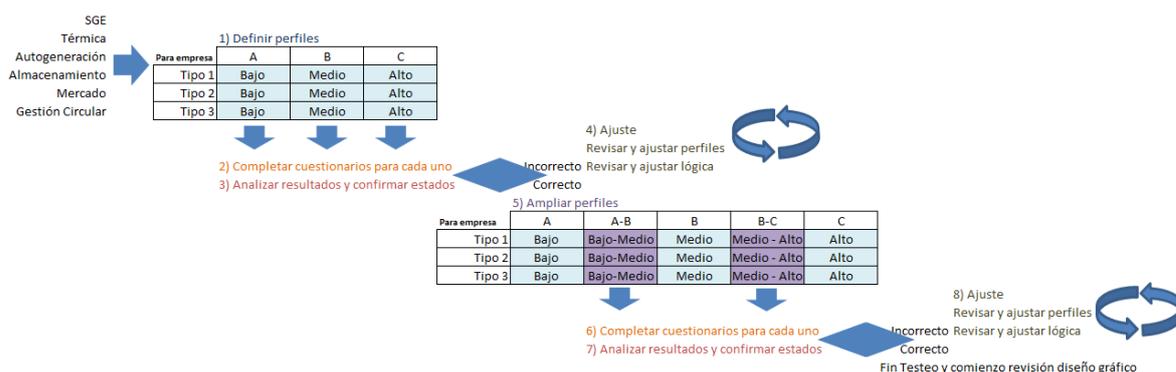


Figura 3. Metodología de testeo de áreas de eficiencia. Fuente ITE

#### g) Análisis por resultados

Los resultados de las empresas se dividen en Resultados de energía y Resultados de procesos, en cada uno de ellos se identifican el Tipo de Empresa, los resultados por área y por estado. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la interfaz WEB donde se identifican estos resultados de manera general.

1. TIPO DE EMPRESA

Empresa tipo 3



Figura 4. Ejemplo testeo de salida de Resultados. Fuente ITE

Tipo de empresa

Según los datos que introduzca el usuario, se establecerá una clasificación de la empresa en tres niveles: tipo 1, tipo 2 y tipo 3. Desde el punto de vista energético, la lógica se define en la siguiente tabla.

Tamaño de la empresa	Micro empresa	Pequeña empresa	Mediana empresa	Gran empresa
Energía total anual				
≤ 30000	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2
> 30000 & < 200000	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
> 200000 & ≤ 1000000	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 3
> 1000000	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3

Tabla 3. Tipo de empresas según aplicación. Fuente: ITE

Desde el punto de vista de procesos, la lógica es la mostrada en la figura siguiente

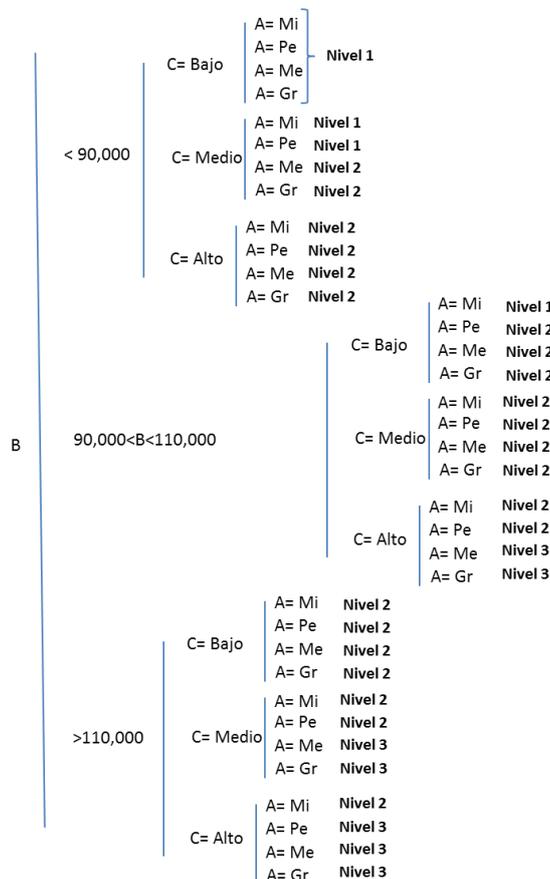


Figura 5. Diagrama de clasificación para eficiencia de procesos. Fuente AIDIMME

Siendo B la facturación por empleado, C el nivel de digitalización y A el tamaño de la empresa. Se responderá a todas las preguntas de las que depende la lógica de estos resultados para verificar que se obtienen los resultados deseados.

#### 4. Experiencia piloto orientada al uso real de la herramienta

El desarrollo de un piloto orientado al uso real de la herramienta persigue un doble objetivo:

- Por un lado se trata de evaluar la “usabilidad”, es decir la eficacia con la que el usuario interacciona con la interfaz diseñada, comprende las preguntas y es capaz de responder al cuestionario en un periodo de tiempo razonable.
- Por otro lado se debe evaluar el acierto de la herramienta al proponer las acciones de mejora de la eficiencia energética y productiva, a partir de la información introducida.

## 4.1 Pruebas de usabilidad

En términos generales las pruebas de usabilidad consisten en seleccionar a usuarios de un producto software para que utilicen dicho producto, mientras el equipo que lo ha desarrollado observa la dificultad de manejo y los errores que se producen durante el mismo.

En las pruebas a realizar se seleccionarán al menos a dos personas de la empresa piloto, mientras dos técnicos de los Centros participantes realizan las observaciones pertinentes. Para valorar el grado de usabilidad se seguirán los diez principios de la heurística de usabilidad de Nielsen, definida originalmente por Jakob Nielsen en 1994<sup>1</sup>:

- *Visibilidad del estado del sistema: El sistema siempre debe mantener a los usuarios informados acerca de lo que está pasando, a través de la retroalimentación adecuada en un tiempo razonable.*
- *Diferenciación entre el sistema y el mundo real: El vocabulario utilizado por el sistema hacia los usuarios deberá ser fácilmente comprensible para este, utilizando palabras, frases y conceptos que le resulten familiares.*
- *Libertad y control para el usuario: Si los usuarios seleccionaran alguna función por error, se les ofrecerá en todo momento una opción de “deshacer” para salir del estado no deseado sin tener que pasar a través de un diálogo ampliado.*
- *Coherencia y estándares: Los usuarios no deberían tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo. En la plataforma se deberán seguir una coherencia terminológica.*
- *Prevención de errores: Es importante cuidar el diseño para evitar futuros errores cuando interactúe el usuario con el sistema.*
- *Reconocer en lugar de memorizar: Minimizar la carga de memoria del usuario haciendo visibles los objetos, acciones y opciones. El usuario no tiene por qué recordar información de una ventana a otra.*
- *Flexibilidad y eficiencia de uso: Uso de aceleradores (no apreciables por los usuarios) para disminuir el tiempo de interacción con los usuarios expertos y permitirles personalizar las acciones más frecuentes.*
- *Diseño estético y minimalista: Los diálogos no deben contener información que sea irrelevante o innecesaria.*
- *Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y corregir errores: Los mensajes de error deben expresarse en lenguaje sencillo, indicar el problema concreto y sugerir constructivamente una solución.*

---

<sup>1</sup> "Heuristic Evaluation". Usability First. Retrieved April 9, 2013



- *Ayuda y documentación: Aunque es mejor que el sistema pueda utilizarse sin documentación, puede ser necesario ofrecer ayuda. Dicha información debe ser fácil de buscar, centrada en la tarea del usuario y no ser demasiado extensa.*

Se elaboran plantillas para recoger la valoración de los técnicos ante las reacciones de los usuarios.

## **4.2 Valoración de resultados**

Para obtener resultados desde la herramienta se debe cumplimentar en todos sus apartados en el piloto, por lo que al menos se debe completar una vez. Los resultados obtenidos tanto en el área de eficiencia energética como en el área de procesos serán contrastados con personal responsable de la empresa, valorando su idoneidad en diversos aspectos:

- Los resultados y propuestas obtenidas reflejan la situación real de la empresa
- Las propuestas son adecuadas y su desarrollo (o su plan de desarrollo futuro) es viable dada la situación de la empresa
- En caso de resultados numéricos, reflejan la realidad con aproximación suficiente

Igualmente se recogerá la opinión subjetiva de la empresa respecto a los resultados ofrecidos