

MONITORIZACIÓN DISTRIBUIDA DE TEMPERATURA EN LINEAS DE HTF EN CENTRALES TERMOSOLARES

A.1: ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE REQUISITOS

En esta primera actividad se han definido los requisitos funcionales, técnicos y de operación de la solución de monitorización a desarrollar. Gracias a ella se ha llevado a cabo un control de las especificaciones durante todo el proyecto y su actualización periódica.

Para el desarrollo de esta actividad DIAGNÓSTICA ha contado con la colaboración de la entidad noruega SINTEF, en la definición de la especificación preliminar del sistema a desarrollar, y con la Universidad Politécnica de Madrid.

A 1.1: TUBERÍAS HTF EN CENTRALES CCP. ESTADO DEL ARTE.

En primer lugar, se han **recopilado datos e información de la planta termosolar relativos al campo solar**, y en especial de las tuberías de HTF, donde posteriormente se instalará la fibra óptica. Se trata de una planta solar estándar, cuyas características son extrapolables a otras centrales CCP, para asegurando así la replicabilidad y adaptabilidad de la solución:

- Aspectos constructivos y de diseño (diámetros, espesores, espesores de los aislantes y recubrimientos de las tuberías, disposición y distribución de los lazos y concentradores, etc.)
- Materiales de la tubería, aislante y recubrimientos.
- Trazado de la tubería con información sobre válvulas, soportado, etc.
- Características del fluido HTF y del circuito de sales de los tanques de almacenamiento.
- Condiciones de diseño y operación de los circuitos.
- Regímenes de carga.
- Histórico de condiciones ambientales (día / noche, verano / invierno, etc.)
- Datos recogidos por la instrumentación actual y de interés para el proyecto.

A 1.2: SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE TEMPERATURA EN INSTALACIONES HTF

En esta tarea se ha determinado la temperatura del metal y de las tuberías y piezas especiales (tees, injertos, reducciones etc.) teniendo en cuenta las condiciones de operación y las ambientales expuestas en el apartado anterior. Para ello **se ha utilizado un software de simulación de procesos fluido-dinámicos, SOLIDWORKS**, con objeto de conocer la transmisión de calor y la pérdida de temperatura entre ambas superficies.

A 1.3: ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA A DESARROLLAR

En base a los aspectos estudiados en la actividad 1.1 (condiciones de trabajo de la fibra óptica, los parámetros de proceso y la configuración de las tuberías de HTF en un campo solar), se han determinado los protocolos de medida de la temperatura mediante fibra óptica y las características específicas tanto de los equipos a desarrollar como de la fibra óptica para esta aplicación.

Esta especificación ha servido como documento base para la solicitud de propuestas a distintos proveedores de estas tecnologías, para su posterior análisis y comparación, y poder determinar qué equipo y fibras se adecuan mejor, tanto desde el punto de vista técnico como económico, al propósito del proyecto.

A.2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

En esta actividad se ha llevado a cabo el desarrollo del prototipo de monitorización basado en fibra óptica. Para ello, en primer lugar se han evaluado diferentes fibras ópticas y su correcta disposición a lo largo de la tubería. En base a los resultados obtenidos, se ha llevado a cabo una selección y análisis de los equipos y fibras más adecuado para formar parte del prototipo, que se ha sometido a pruebas en campo en la Actividad 3.

Por último, DIAGNÓSTIQA ha estudiado y evaluado el sistema de conexión de juntas rotativas analizando los mecanismos de fallo que presentan, con objeto de poder anticiparse a su fallo, permitiendo así reducir el número de fugas y costes de O&M.

Para el desarrollo de esta actividad DIAGNÓSTIQA ha contado con la colaboración de la entidad noruega SINTEF y de la E.T.S Ingenieros Aeronáuticos, departamento de Materiales y Producción Aeroespacial de la Universidad Politécnica de Madrid.

A 2.1: DETERMINACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA A EMPLEAR COMO MEDIDOR

Dadas las elevadas temperaturas de trabajo a las que se va a someter la fibra óptica en la aplicación para tuberías de HTF de una planta termosolar, se han evaluado diferentes recubrimientos de fibra óptica para protegerla del ambiente de trabajo agresivo, mientras se asegura una vida en servicio adecuada al menos de 15 -20 años.

A 2.2: DISPOSICIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA SOBRE LA TUBERÍA DE HTF

Dentro de esta tarea, se han realizado las siguientes actuaciones:

- **Determinación de los puntos de medida** necesarios según la configuración del campo solar y en función del número de lazos y concentradores.

- **Procedimiento para localizar la posición de la fibra óptica sobre la tubería** para disponer en el sistema de control de la medida de la temperatura en relación con su posición en la tubería.
- **Método de sujeción de la fibra a la tubería y guiado de la FO sobre la tubería**, teniendo en cuenta aspectos como la durabilidad, facilidad de realización de actuaciones de mantenimiento posteriores a la colocación de la fibra óptica, y que el método sea lo más económico posible.

A 2.3: ESPECIFICACIÓN DEL PROTOTIPO

Una vez definido el equipo en la actividad 1, y a partir de los resultados obtenidos en la actividad 2, se ha llevado a cabo una selección y análisis de los equipos y fibras más adecuados para el desarrollo del propósito del proyecto.

Se ha establecido contacto con diferentes proveedores tanto de tecnología RAMAN-DTS, como FBG y también con proveedores únicamente de fibras, para poder también valorar las diferentes opciones existentes y su coste.

A 2.4: DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Una vez seleccionados los equipos se ha desarrollado y configurado el prototipo de acuerdo a los requisitos y especificaciones definidas para la tecnología, que se someterá a las pruebas en campo.

Los objetivos de las pruebas han sido:

- Comprobación de la idoneidad de la configuración del equipo de medida.
- Comprobación tanto la resolución espacial como sensibilidad de las medidas realizadas.
- Evaluación de los métodos de colocación de la FO sobre la tubería según los estudios de la tarea 2.2.
- Evaluación de las diferentes fibras ópticas (recubrimiento) instaladas.

A 2.5: MODELIACIÓN DE NUEVAS JUNTAS ROTARIVAS (BALL JOINTS)

Además del sistema de medición de temperatura de fluido HFT, **DIAGNÓSTICA ha analizado la problemática de las juntas rotativas**, elementos que se encargan de conectar componentes fijos (por ejemplo las tuberías de HTF) con elementos móviles (como por ejemplo los tubos absorbedores de los concentradores parabólicos que siguen la posición del sol con el objetivo de focalizarlo en el tubo absorbedor). Para ello se ha tratado **de analizar la causa raíz de las averías actuales que se presentan**, con objeto de **proponer un plan de acción** (plan de fiabilidad), para minimizar su frecuencia y sus consecuencias.

A.3: PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE LOS DESARROLLOS

Una vez desarrollado el prototipo en la actividad anterior se ha validado en un campo termosolar seleccionado, verificándose parámetros como la sensibilidad y precisión de la medida, la resolución espacial, los aspectos económicos de la instalación y los costes de operación y mantenimiento.

Para el desarrollo de esta actividad DIAGNÓSTICA ha contado con la colaboración de la entidad noruega SINTEF y de la E.T.S Ingenieros Aeronáuticos, departamento de Materiales y Producción Aeroespacial.

A 3.1: INSTALACIÓN Y PRUEBAS EN CAMPO

Se han realizado **pruebas de campo con el prototipo desarrollado en una planta solar de una compañía energética.**

Durante el periodo de pruebas se ha registrado la temperatura del campo solar para diferentes condiciones de carga y teniendo en cuenta el mayor número de escenarios de condiciones ambientales (día / noche, arranques y paradas en caliente).

A 3.2: ANÁLISIS DE DATOS

Tras la recogida de los datos generados en campo se han analizado los siguientes aspectos:

- a) Sensibilidad y precisión de la medida.
- b) Resolución espacial.
- c) Aspectos económicos de la instalación.
- d) Mantenimiento necesario.

A 3.3: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEFINITIVA Y VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Por último, una vez validado el funcionamiento del prototipo desarrollado en campo, se han revisado las especificaciones preliminares del sistema desarrolladas en la tarea 1.3, con objeto de validarlas a partir de los resultados obtenidos y definiendo así las especificaciones técnicas definitivas para un sistema de medida de temperatura distribuida para el campo solar de una planta termosolar.

HTF PIPE TEMPERATURE DISTRIBUTED MONITORING SYSTEM IN SOLAR THERMAL POWER PLANTS

A.1: ANALYSIS AND DEFINITION OF REQUIREMENTS

In this first activity defined the functional, technical and operation monitoring solution requirements have been developed. With it has been carried out a control of the specifications throughout the project and regular updating.

For the development of this activity, DIAGNÓSTIQA has had the cooperation of the Norwegian organization SINTEF, in the definition of the preliminary system specification to develop, and the Polytechnic University of Madrid.

A 1.1: HTF PIPES IN CENTRAL CCP. STATE OF THE ART.

In the first place, data and information of the solar power plant solar relating to the solar field have been collected, especially about HTF piping where the optical fiber is then installed. This is a standard solar plant, whose characteristics are extrapolated to other CCP centrals in order to ensure the replicability and scalability of the solution.

- Construction and design parameters (diameters, thickness, thickness of insulation and coatings of pipelines, provision and distribution of loops and concentrators, etc.)
- Piping materials, insulation and coatings.
- Drawing of the lines with information about valves, supported, etc.
- Features of the HTF fluid circuit and salts storage tanks.
- Design conditions and operation of the circuits.
- Load schemes.
- Historical of environmental conditions (day / night, summer / winter, etc.)
- Data collected by current instrumentation and relevant to the project implementation.

A 1.2: SIMULATION AND ANALYSIS OF TEMPERATURE IN HTF FACILITIES

In this task has been determined the temperature of the metal, pipes and special pieces (tees, grafts, reductions etc.) taking into account the operating and environmental conditions outlined in the previous section.

For this, simulation software for fluid dynamic, SOLIDWORKS, has been used in order to know the heat transfer and temperature loss between both surfaces processes.

A 1.3: SPECIFICATION OF THE SYSTEM TO BE DEVELOPED

Based on the aspects analyzed in activity 1.1 (working conditions of the optical fiber, the process parameters and configuration of pipes HTF in a solar field) protocols temperature for measuring have been determined, using optical fiber and the specific characteristics of both equipment to be developed and the optical fiber for this application.

This specification has served as a base document for the request for proposals from different suppliers of these technologies, for further analysis and comparison, and to determine what equipment and fibers are more suitable, both technically and economically, to the purpose of the project.

A.2: DEVELOPMENT OF THE SOLUTION

In this section prototype development based monitoring optical fiber has been carried out. To do this, first different optical fibers and their correct attachment along the pipe have been evaluated. Based on these results, it has carried out a selection and analysis of equipment and fibers more suitable to be part of the prototype, which it has been tested in field in Activity 3.

Finally, DIAGNÓSTIQA has studied and evaluated the connection system of rotary joints, analyzing failure mechanisms presented in order to be able to anticipate to its failure, allowing reducing the number of leaks and O&M costs.

For the development of this activity DIAGNÓSTIQA has had the cooperation of the Norwegian organization SINTEF and E.T.S Aeronautical Engineering, Department of Materials and Aerospace Production of the Polytechnic University of Madrid.

A 2.1. DETERMINATION OF OPTICAL FIBER TO BE USED AS A SENSOR

Because of the high operating temperatures to which it will be submitted the optical fiber in the application for HTF pipes of solar thermal plants, different coatings of optical fiber have been evaluated in order to protect the fiber from the aggressive environment of work, while ensuring an adequate service life at least 15 -20 years.

A 2.2: LAYOUT OF FIBER ON HTF PIPELINE

Within this task, the following actions have been performed:

- Determination of the measuring points required depending on the configuration of the solar field and depending on the number of loops and concentrators.
- Procedure to locate the position of the optical fiber on the pipe to provide the temperature measurement control system in relation to its position in the pipe.

- Method of attachment of the fiber to the pipe and guiding the FO on the pipe, taking into account aspects such as durability, workability of maintenance performances after installation of the optical fiber, and that the method is as economical as possible.

A 2.3: SPECIFICATION OF PROTOTYPE

Once the equipment has been defined in Activity 1, and from the results obtained in Activity 2, a selection and analysis of equipment and most suitable fibers for the development of the project purpose have been carried out.

Contact has been established with different suppliers both RAMAN-DTS technology, such as FBG and also with fiber suppliers, to evaluate the different options and their cost.

A 2.4: PROTOTYPE DEVELOPMENT

Once selected the equipment, the prototype has been developed and set up according to the requirements and defined specifications for the technology. This prototype will be tested on field.

The test objectives were:

- Check the suitability of the configuration of the measuring equipment.
- Check both the spatial resolution and sensitivity of the measurements.
- Evaluation of methods of laying the FO on the pipe according to the alternatives studied in the task 2.2.
- Evaluation of different optical fibers (coating) installed.

A 2.5: MODELING OF NEW ROTARY JOINTS (BALL JOINTS)

Besides the measurement system of HTF fluid temperature, DIAGNÓSTIQA has analyzed the problem of rotary joints, elements which are responsible for connecting fixed components (eg HTF pipes HTF) with mobile elements (such as the absorber tubes of the parabolic concentrators that follow the sun's position in order to focus it on the absorber tube).

For this, the root causes of the current faults that occur have been tried to be analyzed, in order to propose an action plan (reliability plan), to minimize their frequency and consequences.

A.3: TESTING AND VALIDATION OF DEVELOPMENTS

Once developed the prototype in the previous activity, it has been validated in a solar thermal field selected, verifying parameters such as sensitivity and measurement accuracy, spatial resolution, economic aspects of installation and operation and maintenance costs.

For the development of this diagnostic activity has enjoyed the cooperation of the Norwegian organization SINTEF and E.T.S Aeronautical Engineering, Department of Materials and Aerospace Production.

A 3.1: INSTALLATION AND FIELD TESTING

Field tests with the prototype developed have been carried out in a solar plant of an energy company.

During the test period, it has been registered the temperature of the solar field for different load conditions and taking into account the increasing number of scenarios of environmental conditions (day / night, starts and hot stoppages).

A 3.2: DATA ANALYSIS

After collecting the generated data in the testing field, the following aspects has been analysed:

- a) Sensitivity and measurement accuracy.
- b) Spatial resolution.
- c) Economic aspects of installation.
- d) Maintenance required.

A 3.3: TECHNICAL SPECIFICATIONS AND VALIDATION OF THE FINAL SOLUTION

Finally, once validated the operation of the prototype developed and tested in field, preliminary system specifications developed in task 1.3 have been revised, in order to validate them with the results and thus defining the final technical specifications for a temperature distributed monitoring system for the solar field of a solar thermal plant.