

CERTIFICACIÓN CONFORME UNE 166001:2006 INFORME TÉCNICO de CONTENIDO

De conformidad con las definiciones de I+D+i recogidas en la Norma UNE 166000:2006

Expedido a: ⁽¹⁾	Razón social:	GUAMAR S.A						
	NIF:	A29155421						
	CNAE 2009:	Málaga						
	Domicilio social:	CALLE PUERTO, 14						
	Localidad:	Málaga						
	Código postal:	29016	Provincia:	Málaga				
Título del Proyecto:	APLICACIÓN DE UN MODELO TÉRMICO PARA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FANGOS ACTIVOS						ACRÓNIMO	IDI-0500-AMT
Duración:	Fecha de inicio:	DD	MM	AAAA	Fecha de finalización:	DD	MM	AAAA
		01	01	2023		30	09	2024
Códigos UNESCO: (4 dígitos)	Código	Definición						
	3308	Ingeniería y Tecnología del Medio Ambiente: Tecnología de Aguas Residuales						

CALIFICACIÓN DE I+D+i ⁽¹⁾	SI	NO
	X	

(1) Marcar con una x lo que corresponda.

Este informe técnico no tendrá validez sin la presentación del correspondiente certificado

1. CONSIDERACIONES GENERALES.

Objeto del informe

Se trata de un informe sobre el contenido del proyecto y la coherencia del presupuesto asociado al mismo según los puntos recogidos en la Norma UNE 166001. No se informa sobre la evidencia de ejecución ni sobre los gastos que la organización manifieste haber ejecutado.

Entidad delegada gestora de la Certificación	NIF (1)	Nº de proyecto de certificación
--	---------	---------------------------------

(1) Se utilizarán exclusivamente caracteres alfanuméricos (letras mayúsculas y números) sin espacios.

2. REQUISITOS NORMA UNE 166001:2006.

2.1. RESPONSABILIDADES.

El evaluador indicará el responsable del proyecto y las funciones asignadas.

Como responsable general del proyecto se ha establecido a Mirian López Rueda, responsable del departamento I+D+i de la empresa Guamar S.A. Las funciones adjudicadas al responsable se recogen en los apartados correspondientes al control de la documentación y seguimiento del proyecto en los que se establece que el responsable final de estas tareas es el responsable del proyecto.

En la descripción de la planificación de las distintas tareas, la responsable Mirian López (ML) figura en la fase final de "Conclusiones y redacción del informe", mientras que los responsables directos que se recogen para el control del resto de fases son el resto de integrantes del equipo: Manuel Ríos Montes (MR colaborador del proyecto y miembro de la Unidad de Gestión I+D+i de Guamar) y Jorge Ignacio Pérez Pérez (JIP) y Miguel Ángel Gómez Nieto (MAG) (Responsables de Investigación, por parte de la Universidad de Granada (Grupo TEP-239)). En concreto: etapa/Investigador principal

- Implantación del sistema de control: JIP/MAG
- Calibración del nuevo modelo térmico JIP
- Valoración de causas de oscilación térmica MAG
- Valoración de consecuencias sobre el proceso y sobre consumo energético: JIP, MAG
- Aplicación del modelo térmico: JIP/MAG
- Conclusiones y redacción de informes: ML (responsable general del proyecto), MR, JIP, MAG

2.2. MEMORIA.

2.2.1. Objetivos y planteamiento para alcanzarlos

El evaluador describirá brevemente qué objetivo persigue el proyecto evaluado, así como la estrategia que propone la organización para alcanzarlo, indicando si estos objetivos son de I+D+i, los impactos y oportunidades que ofrecen en los aspectos técnico, económico, sociales, etc..

El objetivo principal de proyecto es optimizar la estación depuradora de aguas residuales EDAR de Huétor Tájar-Villanueva Mesía (Granada), de aireación prolongada, a nivel de proceso y consumo energético.

La estrategia que propone la empresa para alcanzarlo consiste en la aplicación de un modelo térmico simplificado, que propone desarrollar en cuatro objetivos parciales: (1) Calibrar un modelo térmico teórico en la EDAR; (2) Valorar las causas que generan las oscilaciones térmicas del fango activo; (3) Valorar las consecuencias tanto a nivel de proceso como de consumo energético que tienen dichas oscilaciones térmicas; (4) Aplicar el modelo térmico simplificado desarrollado en el proyecto para la optimización energética y de proceso, mediante aireación prolongada.

Se considera que los objetivos propuestos encajan con el concepto de I+D+i definido en la norma UNE 1666000:2006, dado que persiguen: (I) ampliar conocimiento y su comprensión; (D) aplicar los resultados de la investigación; (i) mejorar un proceso/tecnología existente. Estos puntos serán revisados con mayor detalle en el apartado 2.2.2. sobre “estado del arte”.

El impacto real del proyecto sobre la EDAR será disponer de un criterio sólido para poder adaptar la instalación de modo que se asegure la estabilidad del proceso (especialmente biológico) y se minimicen los consumos energéticos asociados a las oscilaciones térmicas. Este aspecto es clave para contribuir al desarrollo de soluciones sostenibles y eficaces en las EDAR, en línea con las prioridades marcadas por la legislación, siendo la neutralidad energética un aspecto clave. En este sentido, este proyecto es una oportunidad que persigue la sostenibilidad ambiental (cumplimiento del límite de vertido), técnica (viable), económica (menores costes operacionales) y social (menor demanda energética, menor huella de C, menor coste imputable al tratamiento). Dichas oportunidades se entienden dentro de los trabajos presentados, centrándose la memoria implícitamente en los beneficios del proyecto para facilitar la toma de decisiones sobre aspectos operacionales de la EDAR, y su futura aplicabilidad a otras instalaciones.

El proyecto parte de una investigación anterior “Desarrollo de un modelo térmico del proceso de fangos activos “IDI-0200-MTF” suscrita entre el grupo de investigación Tecnologías para la Gestión y el Tratamiento de Agua de la Universidad de Granada (TEP-239) y la entidad peticionaria.

2.2.2. Innovación y novedad del proyecto

Estudio del estado del arte.

El evaluador indicará si el proyecto puede ser considerado de I+D+i y la justificación de esta calificación según el estado del arte, haciendo hincapié en la novedad objetiva/subjetiva de la propuesta y el riesgo tecnológico asociado. En el caso de que la novedad sea subjetiva (sólo para el solicitante) deberá compararse con lo que tenían previamente para justificar que para ello es novedoso.

En primer lugar, se considera que el planteamiento y objetivo del proyecto están alineados con el concepto de I+D+i, dado que persiguen: (I) ampliar el conocimiento científico en cuanto a la comprensión de las oscilaciones térmicas en EDAR, sus causas y sus consecuencias; (D) busca relacionar el conocimiento que se genere con su implicación tanto en rendimiento del proceso como en el consumo energético (económico) de la EDAR; (i)

Pretende generar un modelo que permita optimizar la EDAR objeto de estudio y extrapolar el conocimiento adquirido a otras instalaciones, para conseguir EDARs más eficientes.

Con respecto a la novedad del proyecto, en la revisión de los antecedentes del proyecto la memoria se centra en la justificación del interés del estudio desde un punto de vista científico, y recoge una serie de referencias bibliográficas en esa línea. Se describe y justifica, por ejemplo, la sensibilidad de los microorganismos responsables del proceso biológico a la temperatura del agua, así como la influencia de la temperatura del aire en el consumo de los compresores. Ambos aspectos son evidentemente clave por su influencia directa tanto en el rendimiento de eliminación de materia orgánica, de producción de fangos, y de consumo energético, y el evaluador está de acuerdo en que el conocimiento de los mismos facilita la decisión sobre la operación óptima, o la implementación de medidas para optimizar la EDAR, que son el objetivo último del proyecto.

Sería interesante adicionalmente realizar una revisión de la aplicación de modelos térmicos a la optimización de las EDAR, dado que además, en la memoria (página 78) se menciona que “el modelado térmico de las EDARs se ha desarrollado desde los años 70 en la literatura científica”.

Para poder destacar las principales aportaciones de la comunidad científica en esta temática se ha realizado una rápida revisión por el evaluador, que permite identificar algunos artículos, como por ejemplo: “Modeling and Evaluating Temperature Dynamics in Wastewater Treatment Plants” ([https://doi.org/10.1061/40792\(173\)137](https://doi.org/10.1061/40792(173)137)) ¹, “Modelling temperature dynamics in sewer systems – comparing mechanistic and conceptual modelling approaches” (<https://doi.org/10.2166/wst.2021.425>) ², “Plant-wide modelling and analysis of WWTP temperature dynamics for sustainable heat recovery from wastewater” (<https://doi.org/10.2166/wst.2021.277>) ³, “A heat transfer model for biological wastewater treatment system” (<https://doi.org/10.1007/s002310050127>) ⁴, “Impact of wastewater treatment plant effluent on the winter thermal regime of two urban Colorado South Platte tributaries” (<https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1120412>) ⁵, “A Review of Computational Modeling in Wastewater Treatment Processes” (<https://doi.org/10.1021/acsestwater.3c00117>) ⁶, entre otras referencias.

En la memoria presentada, en la discusión de resultados, sí se encuentran referencias específicas de estudios previos, bien para justificar la metodología empleada o para apoyar los resultados, como por ejemplo: ⁷Scherfig et al., 1996; ⁸Sedory and Stenstrom; 1995, ⁹Arévalo et al, 2014; ¹⁰Argaman and Adams, 1977; ¹¹Bharadwaj and Bansal, 1981; ¹²Gillot and Vanrolleghem, 2003; ¹³Hahnel and Kübler, 1994; ¹⁴Krzeminski et al., 2017; ¹⁵Li et al., 2024, ¹⁶Lippi et al., 2020; ¹⁷Ruiz et al., 2023. Todas las demás referencias recogidas en la memoria son más generalistas o relativas a metodologías de cálculo energético o de aplicación de modelos para la simulación de procesos biológicos. Por todo ello, se considera que la discusión de resultados está referenciada, lo que pone de manifiesto la voluntad del equipo de investigación en contrastar, justificar y validar los resultados obtenidos.

Finalmente, no se identifica elevado riesgo tecnológico en la propuesta, ya que la metodología se apoya en la operación ya robusta del proceso objeto de estudio, y en unos elementos de instrumentación, control y modelado, con contrastado recorrido y aplicabilidad en las EDAR. No obstante, cabe indicar que el trabajo presentado se

realiza en el campo objeto para conseguir herramientas de mejora y avances tecnológicos, ya que es un área actual y punto de propuestas para seguir investigando e innovando como se pone de manifiesto en el resto del informe.

Referencias:

- 1 Scott A. Wells et al. Modeling and Evaluating Temperature Dynamics in Wastewater Treatment Plants. Impacts of Global Climate Change Chapter Apr 26, 2012, pag 1-11,
- 2 SAAGI, R., et al. Modelling temperature dynamics in sewer systems—comparing mechanistic and conceptual modelling approaches. Water Science and Technology, 2021, vol. 84, no 9, p. 2335-2352.
- 3 ARNELL, Magnus, et al. Plant-wide modelling and analysis of WWTP temperature dynamics for sustainable heat recovery from wastewater. Water Science and Technology, 2021, vol. 84, no 4, p. 1023-1036.
- 4 Lin, S. A heat transfer model for biological wastewater treatment system. Heat and Mass Transfer 32, 313–316 (1997).
- 5 Adams CM, Winkelman DL and Fitzpatrick RM (2023) Impact of wastewater treatment plant effluent on the winter thermal regime of two urban Colorado South Platte tributaries. Front. Environ. Sci. 11:1120412.
- 6 Duarte, M. S.; Martins, G.; Oliveira, P.; Fernandes, B.; Ferreira, E. C.; Alves, M. M.; Lopes, F.; Pereira, M. A.; Novais, P. A Review of Computational Modeling in Wastewater Treatment Processes. ACS ES&T Water 2023,
- 7 Sedory, P.E. Stenstrom, M.K. (1995) Dynamic prediction of wastewater aeration basin temperature. Journal of Environmental Engineering. 121: 609-618
- 8 Scherfig, J., Schleisner, L., Brond, S., Kilde, N. (1996) Dynamic temperature changes in wastewater treatment plants. Water Environment Research. 68 (2): 143-151
- 9 Arévalo, J., Ruiz, L.M., Pérez, J., Gómez, M.A. (2014) Effect of temperature on membrane bioreactor performance working with high hydraulic and sludge retention time. Biochemical Engineering Journal. 88: 42-49
- 10 Argaman, Y. and Adams C.E. (1977) Comprehensive temperature model for aerated biological systems. Progress in Water Research. 9(2): 397-409
- 11 Bharadwaj, S.S., Bansal, N.K. (1981) Temperature distribution inside ground for various surface conditions. Build Environment. 16: 183-192.
- 12 Gillot, S. and Vanrolleghem, P.A. (2003) Equilibrium temperature in aerated basins-Comparison of two prediction models. Water Research, 37: 3742-3748.
- 13 Hahnel, E. and Kübler, R. (1994) Monitoring and simulation of the thermal performance of solar heated outdoor swimming pools. Solar Energy. 53(1): 9-19.
- 14 Krzeminski, P., Leverette, L., Malamis, S., Katsou, E. 2017. Membrane bioreactors-a review on recent developments in energy reduction, fouling control, novel configurations, LCA and market prospects. Journal of Membrane Science. 527: 207-227.
- 15 Li, Z.H., Yang, J.W., Zhang, H. (2024) Increase metabolic heat to compensate for low temperature in activated sludge systems. Water Research. 250: 121068
- 16 Lippi, S., Rosso, D., Lubello, C., Canziani, R., Stenstrom, M.K. (2020) Temperature modelling and prediction for activated sludge systems. Water Science and Technology. 59(1): 125-131.
- 17 Ruiz, L.M., Pérez, J.I., Gómez, M.A. (2023) Practical review of modelling and simulation applications at full-scale wastewater treatment

plants. Journal of Water Process Engineering. 56: 104477.

Avances científicos/técnicos que propone el proyecto.

El evaluador reflejará, de forma escueta pero precisa, cuál es el objetivo científico/tecnológico del proyecto, dónde se encuentra la novedad que le permite ser considerado un proyecto de I+D+i.

El objetivo científico / tecnológico del proyecto es el desarrollo y mejora tecnológica con la optimización de la operación de una EDAR concreta, si bien el estudio (tanto la metodología como la estructura de trabajo) son aplicables a otras EDARs.

Se considera proyecto de I+D+i por tener un enfoque absolutamente planificado para la generación de conocimiento a partir de la recogida de datos, la evaluación de los mismos, y la posterior aplicación de dicha evaluación a la optimización y modelización que permita su extrapolación o aplicabilidad a otras instalaciones, englobando por tanto los tres aspectos principales que recoge la I+D+i. Aunque la revisión bibliográfica presentada en la memoria y la propia realizada por el evaluador apuntan a la existencia de estudios previos en esta línea, no se identifica un estudio tan exhaustivo y completo, lo que representa una novedad en el sector de aplicación.

El avance tecnológico propuesto se centra en la aplicación de un modelo térmico simplificado para optimizar una estación depuradora de aguas residuales urbanas a nivel de proceso y de consumo energético. En concreto el demostrador de trabajo se trata de una instalación (EDAR Huétor Tájar-Villanueva Mesía) de aireación prolongada mediante canales de oxidación, en la cual se han instalado un total de 20 sensores de temperatura (IyC. Modelo PT100) asociados a transmisores de temperatura registrado los datos en un sistema SCADA. Los autores cuentan también con una estación meteorológica y la obtención de datos de humedad relativa, velocidad del viento, irradiación solar y evapotranspiración (Estación Meteorológica de Loja). Una vez validado y comprobado el modelo térmico desarrollado para la EDAR Huétor Tájar-Villanueva Mesía, se han analizado dos casos extremos de temperatura (clima desértico y de alta montaña) y se han recogido todos los resultados y conclusiones. Tal y como los autores indican, se trata de un buen demostrador para el desarrollo y aplicación de un modelo térmico para estudiar las mejoras del proceso y la toma de decisiones a la hora de aplicar diferentes elementos, que mediante su influencia en la temperatura del agua o del aire de aspiración de los equipos soplantes, permita una mejora energética de las instalaciones.

Los resultados esperados podrían permitir disponer de un modelo térmico que anticipe los cambios de temperatura en el proceso, permitiría un mayor conocimiento del comportamiento de la instalación y pueden facilitar la toma de decisiones para paliar posibles efectos negativos. Con ello se podría facilitar la toma de decisiones sobre aspectos de operaciones como:

- el tiempo de retención celular (SRT) en función de la temperatura del fango activo,
- poder disponer de elementos que moderen la temperatura del aire aspirado por los equipos soplantes,
- poder intervenir sobre el tiempo de retención hidráulico (HRT) mediante la disposición de tanques de regulación o puesta en funcionamiento de varias líneas de tratamiento,

- tomar decisiones, como introducir fuentes de energía renovables o disponer de elementos de cubrición de los reactores biológicos u otros elementos de la EDAR.

El desarrollo y la aplicación de este tipo de herramientas es adecuada para cualquier tipo de instalación, dada su influencia en el consumo energético de una EDAR, tratándose de una herramienta que puede ser imprescindible para instalaciones que trabajan en condiciones de temperaturas extremas.

Protección de la propiedad de los resultados

En este apartado el evaluador indicará si la organización tiene previsto o no proteger los resultados del proyecto. En caso de tener prevista la protección de los resultados deberá indicarse el medio de protección seleccionado.

El mecanismo que define Guamar para la protección de los resultados de un proyecto como éste, de I+D+i es el secreto empresarial, que define en la memoria como “protege información confidencial y conocimientos técnicos que confieren una ventaja competitiva a una empresa. Los secretos comerciales pueden incluir procesos, métodos, datos empresariales y otra información confidencial que no se conoce públicamente y se mantiene en secreto”.

Durante la realización del proyecto investigación se firmó el contrato “Aplicación de un modelo térmico para la optimización del proceso de fangos activos” (IDI-0500-AMT), suscrito entre el grupo de investigación Tecnologías para la Gestión y el Tratamiento del Agua de la Universidad de Granada (TEP-239) y la empresa GUAMAR S.A. Las cláusulas 7ª, 8ª y 9ª del contrato establecen los aspectos referentes a la confidencialidad de la información, derechos sobre resultados de investigación y confidencialidad y publicación de resultados, respectivamente.

Por tanto, el mecanismo para la protección de los resultados de la investigación queda reflejado tanto en el secreto empresarial como con el compromiso firmado sobre la confidencialidad de la información, y los derechos sobre los resultados de la investigación y la publicación o difusión de los mismos.

Legislación y otras regulaciones

En este apartado el evaluador indicará, en caso de aplicación, la legislación, normas relevantes que afecten al proyecto y/o organización, así como todas las autorizaciones, acuerdos de cooperación, o contratos necesarios para el arranque, la ejecución del proyecto y la explotación de los resultados, cuando aplique.

La memoria recoge este apartado en su punto 2.3.4. Dado que el proyecto desarrollado se enmarca en la depuración de las aguas residuales urbanas, le es de aplicación toda la normativa marco. Se considera muy relevante una corrección a futuro (en el momento de la redacción de la memoria no estaba aún en vigor) correspondiente a la DIRECTIVA (UE) 2024/3019 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de noviembre de 2024 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, que sustituye a la versión de 1991.

Dado que se trata de un proyecto ya realizado, no aplica la necesidad de otras autorizaciones, acuerdos o contratos para llevarlo a cabo, más allá de los indicados. Como se mencionó en el apartado anterior, para el desarrollo del proyecto, la empresa Guamar S.A. y la Universidad de Granada (profesores Miguel Ángel Gómez Nieto y Jorge Ignacio Pérez Pérez) firmaron un contrato, el 22 de noviembre de 2022 (referencia IDI-0500-AMT).

2.3. PLANIFICACIÓN.

2.3.1. Generalidades: exclusivamente enumerar todas las actividades de las que está compuesto el proyecto⁽³⁾

Enumerar todas las actividades, de las que está compuesto o estructurado el proyecto, indicando a su lado el periodo de ejecución previsto para cada una.

Dichas actividades podrán estar incluidas dentro de fases, etapas, líneas de actuación, etc. No obstante, se debe estructurar la planificación del proyecto compaginando aquellas y estos/as de una forma comprensible y clarificadora.

Actividad Nº	Título	Periodo de ejecución						
		MM	/	AA	-	MM	/	AA
1	Implantación del sistema de control (pág. 5-Objetivos científicos-tecnológicos y pág. 14)	01	/	23	-	03	/	23
2	Calibración del modelo térmico (pág. 7 descripción y pág. 85)	04	/	23	-	06	/	23
3	Valoración de causas de oscilación térmica (pág. 24)	05	/	23	-	09	/	23
4	Valoración de consecuencias sobre proceso y sobre consumo energético (pág. 51)	01	/	23	-	10	/	23
5	Aplicación del modelo térmico (pág. 94)	08	/	23	-	07	/	24
6	Conclusiones y redacción de informe (pág. 100)	11	/	23	-	09	/	24

(3) Añadir tantas filas como sean necesarias.

2.3.2. Fases, tareas y sus interacciones.

Todas y cada una de las actividades se describirán de manera llana e inteligible (y con el mayor detalle posible), indicándose las responsabilidades de las organizaciones participantes en cada fase, tarea e hitos, así como los resultados esperados al finalizar la actividad.

ACTIVIDAD

Nº	Título
1	Implantación del sistema de control

Descripción

Responsable: Jorge Pérez / Miguel Ángel Gómez

Tareas / hitos: No se han descrito expresamente en la memoria, pero en la lectura de la misma se van identificando las principales actividades.

Resultados: El proyecto se realiza in-situ en la EDAR Huétor Tájar-Villanueva Mesía, en la que al inicio del proyecto se instalaron un total de 20 sensores de temperatura (tipo PT-100) para tener registros de medición de temperaturas en la EDAR. También se indica en la memoria que se han dispuesto un total de 13 equipos de medida del caudal, 11 de ellos para medida de caudal de agua y dos de ellos para medida de caudal de aire. Se recoge una partida de materiales. También se contó con los datos climatológicos a la Estación Meteorológica de Loja.

ACTIVIDAD

Nº	Título
2	Calibración del modelo térmico

Descripción

Responsable: Jorge Pérez

Tareas / hitos: No se han descrito expresamente en la memoria, pero en la lectura de la misma se van identificando las principales actividades.

Resultados: Calibración de un modelo térmico teórico en base a la variación de los diferentes parámetros considerados en su desarrollo. Como datos se emplearon los valores registrados durante el periodo del 8 de noviembre de 2023 hasta el 7 de marzo de 2024. Se realizó un modelo térmico que incluía toda la EDAR (tuberías, depósitos, pretratamiento, reactores biológicos y línea de aire), se calibró y validó el mismo con datos experimentales de la EDAR.

ACTIVIDAD

Nº	Título
3	Valoración de causas de oscilación térmica

Descripción

Responsable: Miguel Ángel Gómez

Tareas / hitos: No se han descrito expresamente en la memoria, pero en la lectura de la misma se van identificando las principales actividades.

Resultados: Valoración de las causas que generan las oscilaciones térmicas del fango activo. Se realizó un estudio detallado de valores climatológicos, balance de caudales en la EDAR, aire aportado y temperaturas de ambiental y de suelo y la relación de todas ellas sobre la temperatura del agua en toda la línea de agua.

ACTIVIDAD

Nº	Título
4	Valoración de consecuencias sobre proceso y sobre consumo energético

Descripción

Responsable: Jorge Pérez / Miguel Ángel Gómez

Tareas / hitos: No se han descrito expresamente en la memoria, pero en la lectura de la misma se van identificando las principales actividades.

Resultados: *Valoración de las consecuencias que tienen las oscilaciones térmicas del fango activo a nivel de proceso, que se realizó a partir de los registros de valores experimentales de las distintas temperaturas, prestando especial interés a las consecuencias de todos los parámetros estudiados sobre el reactor biológico y sobre el desempeño del mismo. Se identificaron siete escenarios (A-G), correspondientes a distintos caudales (mínimo, máximo y medio) y concentración de contaminante (mínima, máxima y media).

*Valoración de las consecuencias que tienen las oscilaciones térmicas del fango activo a nivel de consumo

energético. Para los mismos siete escenarios que se consideraron en el análisis de las variaciones de la temperatura sobre el proceso, se analizó también el efecto directo sobre las necesidades de la aireación

ACTIVIDAD

Nº	Título
5	Aplicación del modelo térmico

Descripción

Responsable: Jorge Pérez / Miguel Ángel Gómez

Tareas / hitos: No se han descrito expresamente en la memoria, pero en la lectura de la misma se van identificando las principales actividades.

Resultados: Aplicación de un modelo térmico simplificado en la optimización energética y de proceso de la EDAR (fangos activos mediante aireación prolongada). El modelo térmico calibrado desarrollado en la actividad 2 ha sido aplicado para la simulación completa de la EDAR Huétor Tájar-Villanueva Mesía, respondiendo satisfactoriamente, y a dos casos extremos: en clima desértico y de alta montaña.

ACTIVIDAD

Nº	Título
6	Conclusiones y redacción del informe

Descripción

Responsable: Mirian López / Manuel Ríos / Jorge Pérez / Miguel Ángel Gómez

Resultados: Todo el estudio realizado se resume en la memoria que se ha presentado y se ha evaluado en este informe. La memoria recoge un apartado final con las conclusiones del estudio, que resumen, interpretan y discuten adecuadamente los resultados obtenidos en el registro de datos realizado. En las conclusiones se incluyen también algunas recomendaciones para minimizar el consumo energético en la EDAR Huétor Tájar-Villanueva Mesía.

2.3.3. Identificación y gestión de riesgos y puntos críticos

En este punto el evaluador enumerará los riesgos y puntos críticos vinculados al proyecto, indicando los procedimientos presentados por la organización para dar respuesta a los cambios necesarios surgidos de los imprevistos y riesgos identificados, y la modificación en la planificación inicial cuando sea necesario.

Los riesgos más relevantes son los identificados por el equipo investigador: (a) La posible proliferación de bacterias filamentosas debido a las oscilaciones térmicas y el consecuente empeoramiento en la sedimentabilidad del fango; (b) Problemas operacionales graves en el reactor biológico; (c) Retrasos en la obra civil y arranque de la EDAR. Las dos primeras no han tenido lugar, pero sí la última.

Sin embargo, la empresa tenía previsto un plan de contingencia para dar solución a dichos puntos críticos: (a) Con respecto a los posibles desequilibrios poblacionales de la biomasa, se ha compatibilizado el estudio con un

contrato paralelo (indicado en la documentación “Reducción de la huella energética de un sistema de aireación prolongada mediante control de la transferencia de oxígeno: Aplicación del sistema Off-gas” con el mismo grupo de la Univ. Granada) en el que se realizaba un estudio paralelo de la biomasa en microscopio; no se ha observado, sin embargo, aparición significativa de filamentosas durante el estudio; (b) Se tenía disponible una segunda línea paralela que poner en marcha ante problemas graves de operación; (c) El retraso en la puesta en marcha de la EDAR ha sido asumible en el calendario propuesto, y se firmó una ampliación de contrato para acometer la fase final del estudio.

2.3.4. Estructura organizativa y de personal

El evaluador realizará una breve descripción de la estructura organizativa, indicando la dependencia del responsable del proyecto dentro de la Organización. Tendrá que indicarse si la empresa identifica en este punto las aptitudes, en términos de formación inicial, conocimientos y experiencia, del personal que trabaja en el proyecto.

En la estructura organizativa que se ha definido en el proyecto, la Responsable general del proyecto corresponde con la Responsable del dpto de I+D+i de Guamar, Miriam López Rueda, que cuenta con un colaborador que es miembro de la Unidad de Gestión de I+D+i, Manuel Ríos Montes. Aunque participan en todas las actividades se les ha adjudicado en diagrama la responsabilidad del control de la tarea final, de redacción del informe y definición de las conclusiones y líneas futuras. Se entiende claramente que la responsabilidad del proyecto recae sobre la empresa, y se considera que el grado de responsabilidad en la empresa de ambas personas es garantía de aptitud de ambas para hacer frente a la dirección del proyecto:

- Miriam López Rueda es Licenciada en Química y cuenta con Master en Gestión de Calidad y Medio Ambiente, Responsable IDI, Guamar
- Manuel Ríos Montes es Ingeniero de Caminos Canales y Puertos y es el Jefe del Dpto de Estudios de Guamar

Con respecto a la responsabilidad en todas las tareas que componen el desarrollo de la investigación, se consideró que serían lideradas por un equipo de expertos pertenecientes al Departamento de Tecnología para la Gestión y Tratamiento del Agua de la Universidad de Granada (Jorge Ignacio Pérez Pérez y Miguel Ángel Gómez Nieto), con los que se firmó un contrato de investigación (IDI-0500-AMT). La información que se aporta de ambos apunta a un perfil idóneo, que se ve confirmado con las numerosas referencias bibliográficas en la temática que se mencionan en la discusión de los resultados, y se incluyen en el apartado correspondiente en la memoria. Sus perfiles son:

- Miguel Ángel Gómez Nieto: Doctor en Farmacia y Máster en Medio Ambiente y Gestión del Agua. Catedrático adscrito al Dpto de Ingeniería Civil (área de Tecnologías del Medio Ambiente). Investigador del Instituto del Agua de la UGR, Miembro del grupo de investigación Microbiología Ambiental (RNM-230) e investigador principal del Grupo Tecnologías para la Gestión y el Tratamiento del Agua (TEP-239)
- Jose Ignacio Pérez Pérez. Catedrático del área de Ingeniería de la Construcción. Investigador del Grupo Tecnologías para la Gestión y el Tratamiento del Agua (TEP-239)

2.3.5. Control del programa de trabajo

El evaluador indicará la frecuencia de revisiones y recogida de datos para asegurar el control adecuado de la ejecución del proyecto, citando los resultados relacionados con las mismas.

La vigilancia y control de la evolución del trabajo se ha realizado mediante sucesivas reuniones y la elaboración de actas de seguimiento durante el desarrollo del proyecto. En la memoria se recoge constancia de 4 reuniones, 3 actas de seguimiento y 3 informes (uno de ellos el informe final).

Aunque el proyecto estaba planificado para el año 2023 (marzo-diciembre 2023), se ha realizado a lo largo del año 2023 y 2024. Por las fechas que se indican en la memoria en que han tenido lugar las reuniones, se identifican reuniones en el planteamiento inicial (noviembre-2022 con la firma del contrato de colaboración) y durante la ejecución de la investigación recogiendo actas, que se presentan en la documentación (marzo-2023, abril-2023 y marzo-2024) así como se indican varias reuniones adiciones con los investigadores del grupo colaborador. En la memoria se indica que el periodo de recogida de datos tuvo lugar del 8 de noviembre de 2023 al 15 de julio de 2024. Tras la aplicación del modelo térmico se indica una reunión para la preparación del Informe final. Posteriormente se realizan durante los meses de agosto-septiembre 2024 la obtención del informe de Investigación Final. En estos meses parece que se realiza una discusión general de los resultados (entidad-grupo investigación)

2.4. PRESUPUESTO.

2.4.1. Generalidades

Se deberá indicar procedencia y asignación de los costes previstos para la planificación definida.

Partidas	2023	2024			
Personal aplicado a actividades de I+D+i	4.333,33	2.166,67			
Amortización de inmovilizado material e intangible					
Material Fungible					
Otras colaboraciones externas	9.135,75	4.567,86			
Otros Gastos	920,43	460,21			
TOTAL	14.389,51	7.194,74			

2.4.2. Recursos asignados al proyecto

El evaluador describirá el sistema de control utilizado por la organización para justificar la dedicación de personal propio implicado en el proyecto.

Se presentan agrupados los siguientes recursos aplicados al proyecto:

- Personal propio de la entidad: corresponde con la dedicación registrada, aportada en anexo a la memoria, al proyecto de la responsable del dpto. de I+D+i de Guamar y del colaborador técnico del dpto. de estudios de Guamar, Miriam López Rueda y Manuel Ríos Montes, respectivamente. Esto ha supuesto un total entre ambos de 236 horas al proyecto.
- Colaboración con grupo de investigación de la Universidad de Granada: se trata de los honorarios de los dos investigadores del Grupo Tecnologías para la Gestión y el Tratamiento del Agua (TEP-239)., sus gastos directos

de gestión, operaciones, análisis, registros y tomas de datos así como los fungibles y equipos que se han utilizado (sondas de temperatura y transmisores, medidores de consumo energético, ...)

-Otros gastos, principalmente corresponde con los desplazamientos para reuniones o control de actividades.

Se consideran adecuados los recursos utilizados para el desarrollo del proyecto evaluado

2.4.3. Estimación y control de costes

El evaluador indicará los gastos planteados al proyecto, su distribución en el tiempo, y su conexión con la estructura de desglose de tareas.

La entidad ha presentado un control de costes por partidas

A1: 8.335,84 euros

A2: 2.428,99 euros

A3: 1.935,69 euros

A4: 4.386,64 euros

A5: 2.725,79 euros

A6: 1.771,30 euros

En la estimación de costes que se describe en la memoria se detallan los costes de cada partida (apartado 4.3.), y se incluye también tabla relativa al desglose del presupuesto (apartado 4.1) por conceptos.

El reparto del gasto entre las distintas tareas (tabla del apartado 4.3) muestra que la primera de ellas, A1- Implantación del sistema de control, recibe el casi 32% del presupuesto (8.335 euros), lo que tiene sentido entendiendo que se dotó a la planta de elementos de medida. Se entiende que parte fue asumido por la empresa ya que por conceptos se imputan por la UGR únicamente 3.421 euros.

El contrato de investigación que se ha presentado para la realización de este proyecto que firmó entre Guamar y la Universidad de Granada fue por el importe de 13.703,61 € (sin IVA); La suma de los importes que figuran en el presupuesto (tabla del apartado 4.1.) imputados a la Universidad de Granada (UGR), personal investigador UGR, gastos de ejecución y fungible/equipos informáticos, corresponde con la cantidad pactada.

2.4.4. Control de la documentación del proyecto

Se describirá si existe un mecanismo de registro de toda la documentación generada en el proyecto, y cuál es.

Según se indica en la memoria, el mecanismo de registro y control de la documentación del proyecto es el propio empleado en la empresa Guamar que forma parte del sistema integrado de gestión certificado de que dispone la empresa, en base a las normas UNE-EN ISO 9001:2015, UNE-EN ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 y UNE-EN 166002:2021.

En concreto se menciona la existencia y aplicación de dos procedimientos: POG-03 para el “CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE LOS DOCUMENTOS” y POIDI-04 para “DESARROLLO DE PROYECTOS, PROTECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS”.

Como responsable de la actualización y gestión de los datos del proyecto se considera al responsable del proyecto.

2.4.5. Seguimiento del proyecto

El evaluador describirá brevemente el grado de avance en la ejecución del proyecto, los resultados obtenidos, los gastos incurridos y las desviaciones respecto a lo inicialmente planificado.

Según se indica en la memoria, se han considerado dos indicadores denominados (a) “Desarrollo de proyectos” y (b) “Seguimiento de proyectos”, que miden el porcentaje ejecutado del proyecto (a) y el número de actas de seguimiento (b). La frecuencia de medición de los indicadores se considera semestral para el primero y anual par el segundo. El evaluador considera que al tratarse de un proyecto de un año de duración en su planteamiento inicial ampliado, finalmente de 18 meses de duración, el seguimiento, especialmente el relativo a las reuniones y actas, pueda parecer escaso. Ciertamente es que, durante la ejecución el número de actas ha sido mayor (3), y por tanto se puede afirmar que ha habido un seguimiento más estrecho de lo planificado, con las connotaciones que el evaluador ha recogido previamente en el apartado 2.3.5. del presente informe.

Con respecto a la medición del % de ejecución, no se indica si la medición se realiza sobre realización de las tareas o sobre ejecución del coste. Se puede interpretar que ambos parámetros (avance de tareas y coste asociado) van de la mano, y es posible que ambas fueran indicador durante el seguimiento.

En la memoria se menciona y se justifica un retraso que se produjo en la finalización del proyecto, prevista para diciembre 2023, debido al retraso en la finalización de la obra de construcción de la EDAR Huétor Tájar-Villanueva de Mesía y, por ello, de la puesta en marcha (julio 2023). Por tanto, la fecha de finalización pactada en el contrato principal de colaboración (diciembre de 2023) se pospuso, firmándose una ampliación de contrato para modificar el período de tiempo para la ejecución del proyecto de investigación. El calendario previsto se vio modificado en las dos actividades finales (Aplicación del modelo térmico y Realización del informe final), que se ejecutaron en el año 2024, entre los meses de abril y septiembre de 2024.

3. EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS.

Este punto solo se cumplimentará en caso de presentar la organización un plan de Explotación. En caso de ser presentado el Evaluador indicará brevemente si como consecuencia de los resultados del proyecto de I+D+i se identifica un nuevo producto o proceso, el mercado potencial (grupos, mercados, clientes) interesado en el uso de los resultados del proyecto, si existe o no la protección de los resultados identificando el medio de protección elegido (secreto industrial, patente, modelo de utilidad, etc.), la cuenta de explotación y la contribución de los beneficios previstos del proyecto a la mejora de la competitividad de la Organización.

Así mismo, en el caso de existir varias organizaciones participantes, se indicará el interés de cada una respecto a la propiedad y explotación económica de los resultados, así como su participación en esta explotación.

No aplica.

4. CONCLUSIONES.

En función de todos los puntos expuestos anteriormente el evaluador argumentará, de forma resumida, la calificación otorgada al proyecto de I+D+i, según las definiciones recogidas en la Norma UNE 166000, así como el cumplimiento de la documentación de acuerdo a todos los requisitos recogidos en la norma UNE 166001.

En base a la revisión de la documentación aportada, y contrastando la misma con lo recogido en la norma UNE 166000, se considera que el proyecto presentado responde a un proyecto de I+D+i, en concreto de investigación industrial o aplicada destinada a mejorar la operación y rendimiento energético de los sistemas de fangos activos en EDAR (en concreto en la EDAR de Huétor Tájar-Villanueva Mesía en Granada, pero extrapolable a otras instalaciones. El estudio planificado y la innovación que se propone se enmarca principalmente en el avance sobre la gestión de tecnología sobre tratamiento fangos activos con aireación.

Con respecto a la revisión de la documentación aportada, cumple íntegramente los requisitos recogidos en la norma UNE 166001, tanto en estructura como en contenido. Las consideraciones específicas a criterio del evaluador sobre el contenido de cada uno de los apartados de la memoria se han comentado en los correspondientes apartados del presente informe.

Finalmente, los responsables de la investigación reportan una serie de resultados y conclusiones derivados del estudio. El análisis detallado de valores climatológicos, balance de caudales en la EDAR, aire aportado y temperaturas de ambiental y de suelo durante el periodo de recogida de datos del estudio (08/11/2023-15/07/2024) puso de manifiesto sus valores y oscilaciones temporales, y la relación de todas ellas sobre la temperatura del agua en toda la línea de agua. Si bien la temperatura ambiente influye en la temperatura del agua, la temperatura del suelo ha demostrado ser la más influyente tanto a la entrada de la EDAR como a lo largo de la línea de agua. La diferencia entre la temperatura de entrada y salida de la EDAR apenas oscila (1°C), incrementándose levemente en el reactor biológico, y enfriándose también ligeramente en el decantador secundario. La temperatura promedio en la entrada/salida de la EDAR han sido de 15°C (mínima de 10°C y máxima de 24°C), mientras que el reactor biológico la temperatura media ha sido en torno a 18°C (mínima de 13°C y máxima de 27°C), descendiendo con la profundidad (amplitud térmica diaria de 0,5-3°C, dependiendo de la temperatura ambiente).

Con respecto al desempeño del reactor biológico, la variación en la temperatura del agua ha tenido un efecto mínimo sobre la eliminación de materia orgánica. Dicha estabilidad se justifica por el elevado SRT de operación al tratarse de un sistema de aireación prolongada. La simulación realizada para distintos escenarios de flujo y concentración ha puesto de manifiesto la sensibilidad de la nitrificación (especialmente a STR por debajo de 11 días) y de la desnitrificación (para ratio DNO/N inferior a 5), limitando la capacidad de eliminación de nitrógeno.

La temperatura del reactor biológico tiene también influencia en la generación de biomasa. Oscilaciones de temperatura entre 8°C y 32 °C pueden suponer una variación en la producción de fangos de entre un 5 y un 10 %, según escenario de operación.

La temperatura condiciona también directamente las necesidades de oxígeno y por tanto el consumo energético, debido tanto al afecto de una mayor actividad biológica como a la solubilidad del oxígeno y a la variación del

volumen de aire a comprimir. Una de las principales conclusiones del trabajo es el interés de disminuir la temperatura del aire captado por los equipos soplantes, por ejemplo mediante captación de aire a través de suelo. El empleo de estos sistemas es especialmente adecuado en los meses de elevada temperatura ambiente, y concretamente en las horas de máxima temperatura, que coinciden con las de máxima actividad y consumo. El ahorro promedio estimado en este trabajo es de un 1% (pudiendo llegar al 2,5%) con la premisa de ubicar los equipos a la mayor profundidad posible.

La aplicación del modelo térmico permitió finalmente evaluar posibles mejoras destinadas a aumentar la temperatura del agua, como puede ser la cubrición del reactor biológico con una cúpula aislada térmicamente. En el caso de la EDAR de Huétor esta modificación permitiría subir la temperatura 1°C con respecto a la operación sin techo. La aplicación del modelo desarrollado en este estudio a otros casos, como por ejemplo el de una EDAR en clima de alta montaña ha mostrado la posibilidad de aumentar la temperatura del agua en hasta 7°C combinando la cubrición del reactor con otras soluciones adicionales, como la incorporación de un intercambiador de calor en la entrada al reactor biológico.
