

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Departamento:
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Programa de acreditación:
 CyTMA2

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:
C2-ING-113
Título del proyecto
Desarrollo de un sensor inteligente
para certificación de origen del hidrógeno
PI Dependencia Compartida:
 Elija un elemento.

PI Interdepartamental:
 Elija un elemento.

Informe Final

Director:
JAIMES SORIA, Leandro
Director externo:

Codirector:
ZARADNIK, Ignacio José

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en las transferencias producidas a los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, este es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A. Resumen del proyecto² (Desarrolle en no más de dos páginas.)

La problemática plantada se enfocó en los estrictos requisitos de certificación que debe cumplir el hidrogeno para poder ser empleado con el objetivo de reducir la contaminación. Para esto se planteó, en base las normativas vigentes, el desarrollo de un sistema experimental para medir el flujo de hidrógeno generado a través de fuentes de energía renovables y hacer su trazabilidad. Esto implicó el uso de sensores que reporten datos en tiempo real y su almacenamiento en un sistema seguro que asegure la transparencia en su manipulación, como, por ejemplo, mediante tecnología Blockchain.

Para llevar a cabo el desarrollo previsto se planteó como metodología comenzar con un estudio bibliográfico del estado del arte de los sistemas de certificación de origen de hidrógeno, las normas y estándares vigentes que tengan en cuenta la certificación de la generación distribuida de hidrógeno y el estudio de los medios y protocolos de comunicación para implementar en el sistema (lo que se definió como parte cualitativa en el protocolo). A continuación, se propuso la simulación de un sistema de generación de hidrógeno, junto con la implementación de un sistema experimental para medir el flujo generado, en concordancia con los tres primeros puntos de la parte cuantitativa descrita en el protocolo. En relación a la implementación del sistema, se definieron tres tareas que convergerían en el mismo: Desarrollo de un banco de pruebas y medición de parámetros, Implementación de un sistema seguro de comunicación e Integración de un nodo de Blockchain.

En el transcurso del primer año de investigación, se alcanzaron exitosamente la mayoría de los objetivos establecidos en el cronograma de Gantt. En lo que respecta a “Estudiar estado del arte de la certificación de hidrógeno” y “Estudiar software de simulación de sistemas de hidrógeno”, fueron detallados en forma individual en el informe de avance. Mientras lo que respecta a “Proponer electrónica para medición de flujo de gas hidrógeno”, “Determinar protocolo de comunicación y servidor para la transmisión de datos” y “Plantear la comunicación entre el servidor local y el sistema de bloques”. se explicaron en forma más general en el informe de avance. Finalmente, las tareas de “Armado de un banco de prueba para aire”, “Comunicar los datos medidos con el servidor local” y “Escribir los datos en la cadena de bloques de certificación”, se encontraban en desarrollo al finalizar el primer año.

En el segundo año de investigación se comenzó con las tareas que estaban en desarrollo y se fue avanzando con las previstas para el mismo. En lo que respecta al “Armado de un banco de prueba para aire”, el mismo se finalizó exitosamente. El banco de prueba quedó conformado por un extractor de aire como fuente de generación de flujo, una llave esférica, un sensor de flujo, un sensor de temperatura y los circuitos de alimentación, acondicionamiento de señal, procesamiento y transmisión de información. Cabe destacar que, para completar esta tarea, fue necesario avanzar en la evaluación de posibles riesgos asociados al uso de hidrógeno, dado que estos determinan las características específicas que deben cumplir los elementos del banco. En lo que respecta al sensor de flujo, se empleó el sensor ESRF-HF de la marca “ES Systems”, el cual tiene un rango de 15 a 1500 litros estándar por minuto (SLPM) y soporta presiones de hasta 11 bar. En lo que respecta al sensor de temperatura se utilizó el ETP21H2 de la firma “Variohm”, el cual tiene un rango de -40 a 125°C. El subsistema de alimentación está

² Actualizar todos los ítems en el **Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM** (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “**Antecedentes y Producciones y Servicios**”. Ver:  www.youtube.com/@cvtunlam 

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

constituido por una fuente AC/DC de 24V y circuitos que reducen la tensión a niveles adecuados para los sensores y el resto de los circuitos. El acondicionamiento de se llevó a cabo mediante circuitos constituidos por amplificadores operacionales. En lo que respecta a la transmisión de información se realizó por medio de Wifi, para lo cual empleado un módulo ESP32 de la firma Espresif. Mismo modulo que se empleó para el procesamiento.

Algunos aspectos relevantes que surgieron de “Evaluar posibles riesgos con el uso de hidrógeno” fueron: el hidrogeno puede considerarse un gas explosivo y dependiendo del material del sensor se puede producir difusión del hidrógeno y la fragilización de la estructura atómica del metal del sensor. Por lo tanto, contemplando los riesgos de trabajar con sensores en un ambiente explosivo es que se seleccionaron sensores que tengan una salida 4-20mA, y contemplando las dificultades de la difusión y fragilización es que los sensores seleccionados están constituidos por acero inoxidable 316.

Finalizado el banco, se realizó la tarea de “Evaluar la electrónica en diferentes condiciones de flujo de gas”, la cual permitió obtener, para cada sensor, una fórmula polinómica característica a implementar en el firmware del procesador. Lamentablemente no se llegó a realizar la tarea “Evaluar fuentes de errores en la comunicación de los datos”, la principal causa de esto se debió a la baja de uno de los miembros del equipo y su imposibilidad de reemplazarlo. Dicha baja ocasionó una reorganización de los recursos y un cambio en las prioridades.

En lo que respecta a la tarea de “Comunicar los datos medidos con el servidor local”, la misma se realizó a través de Wifi por medio del módulo ESP32 antes mencionado a un servidor local montado sobre una Raspberri Pi 4. Dicho servidor gestiona la recepción y almacenamiento de la información en una base de datos MySQL. El mismo se desarrolló en Python 3.12 y permite la consulta y el análisis de los datos en tiempo real, facilitando la supervisión del sistema de producción de hidrógeno. Se destaca que el protocolo empleado para la comunicación entre el nodo de medición y el servidor local fue COAP, el cual surgió de los resultados de la tarea “Determinar protocolo de comunicación y servidor para la transmisión de datos”, realizada el año anterior.

Asociado a la tarea “Escribir los datos en la cadena de bloques de certificación”, si bien se configuró y validó un nodo Blockchain, acompañado de contratos inteligentes que automatizan la certificación de la información generada, no se logró la integración final al sistema, es decir, los datos reportados al servidor local no llegaron a subirse a la Blockchain Esto se debió a la falta de experiencia por parte del grupo en lo asociado trabajar con servidores y aplicaciones basadas en Linux. Dicha dificultad fue minimizada por la asistencia de docentes del departamento de Ingeniería en Informática, no sin tener como consecuencia un fuerte retaso. Independiente de esto, los resultados obtenidos evidenciaron la viabilidad de la tecnología Blockchain como un mecanismo clave para garantizar la transparencia en el registro de datos asociados al hidrógeno y su aplicación en otros proyectos energéticos.

Finalmente, en lo que respecta a la tarea de “Robustez del sistema de certificación”, lo cual consistía en encriptar la comunicación entre el nodo de medición y el servidor local, no se logró finalizar. Si bien se implementó tanto del nodo como en el servidor local el protocolo DTLS (protocolo de seguridad para una comunicación UDP en la cual se basa el protocolo COAP), no se llegó a integrar ambas partes. Esto significa que las rutinas fueron desarrolladas y probadas en forma independiente pero no se llegó a ser una prueba en conjunto.

Como conclusión podemos decir que el proyecto se logró llevar adelante en un gran porcentaje, permitiendo la formación de recursos humanos y la transferencia de lo aprendido por medio de publicaciones y presentaciones

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

en congresos (ver sección B). Si bien la baja sufrida tuvo sus consecuencias, el equipo de trabajo se pudo acomodar y cumplir con la mayoría de las tareas programadas. Como continuación del presente proyecto se pretende avanzar con el robustecimiento del sistema para ambientes explosivos, uno de los aspectos que surgió al evaluar posibles riesgos con el uso de hidrógeno.

B. Informar *cada* producción con filiación UNLaM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.). Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.³

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	<i>Integración de la temática de producción de Hidrógeno mediante software de simulación</i>
Autor/es	<i>Nélida Mabel Agüero, Ignacio J. Zaradnik, Hugo R. Tantignone</i>
Editorial	<i>Universidad Nacional de la Matanza</i>
Fecha	2023-12-31
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://doi.org/10.54789/reddi.8.2.5

³ Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLaM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	<i>Evaluacion de Filtros Digitales para la Medicion del Flujo de Hidrogeno</i>
Autor/es	<i>I. Zaradnik, R. Spano, L. Soria</i>
Editorial	<i>Asociacion Civil de Sistemas Embebidos</i>
Fecha	2023-08-10
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://case.ar/wp-content/uploads/2023/11/libro2023.pdf

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	<i>El papel esencial de la certificación del Hidrógeno para posicionar a Argentina en el mercado mundial del Hidrógeno sostenible</i>
Autor/es	<i>Rodrigo Spano Leandro Jaimes Soria Arrimondi Alan</i>
Editorial	<i>Universidad Nacional de la Matanza</i>
Fecha	2024-07-31
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://doi.org/10.54789/reddi.9.1.3

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	<i>Gas Flow Measurement System for the Emerging Hydrogen Economy</i>
Autor/es	<i>I. Zaradnik, R. Spano, L. Soria</i>
Editorial	<i>IEEE</i>
Fecha	2024-06-26/28
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	<i>10.1109/TAEE59541.2024.10604960</i>

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	<i>First steps in the implementation of a COAP and Block-chain server for green hydrogen certification</i>
Autor/es	<i>Leandro Jaimes Soria Julio Cervera Nahuel O. Nieva Matias Cruzate</i>
Editorial	Facultad de Informática -UNLP
Fecha	2024-10-7/11
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	<i>http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/172755</i>

C. Vinculación⁴: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

Tal como se indicó en el resumen del proyecto, como resultado de evaluar posibles riesgos con el uso de hidrógeno se decidió plantear como futuro trabajo el robustecimiento del sistema para ambientes explosivos. Como consecuencia de llevaron a cabo reuniones con los responsables de la homologación de equipos para ambientes explosivos del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). El objetivo de dicha reunión fue conocer las capacidades del laboratorio y analizar la posibilidad de cooperación. La reunión fue llevada a cabo con la Esp. Ing. Andrea M. Méndez, Jefa de Departamento de Seguridad de Productos Electrónicos, con la Esp. Ing. Silvia Diaz Monnier, Subgerente Operativa de Electrónica y Energía en INTI, y con el Esp. Ing. Luciano Sebastian Blas, director técnico de Electrónica de la SUBGERENCIA OPERATIVA DE ELECTRÓNICA Y ENERGIA de la GERENCIA OPERATIVA DE SERVICIOS INDUSTRIALES. Luego de estas reuniones el equipo del INIT se monstruo abierto a colaborar en el nuevo proyecto que se planteara.

⁴ Entendemos por acciones de "vinculación" aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socioproductivo.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Asimismo, se estableció una vinculación con el Instituto Rearte y el Obispado de La Matanza, que en 2022 donaron un sensor de flujo clave para el proyecto. Su implementación generó interés en la municipalidad, y se prevé continuar el intercambio en el próximo proyecto.

Por otro lado, se mantuvo contacto con la Universidad Técnica de Berlín durante la organización del *Global Conference on Sustainable Manufacturing* en Buenos Aires. Se aceptaron dos publicaciones del equipo, aunque no pudieron presentarse por falta de presupuesto. No obstante, la colaboración con la universidad dejó abierta la posibilidad de futuros proyectos conjuntos.

D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.



o de 2025

JAIMES SORIA, Leandro
Firma y aclaración Director Proyecto

E. Cuerpo de anexos: