

# DESARROLLO DE PLATAFORMAS IIOT COMO HERRAMIENTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES. LA INNOVACIÓN ABIERTA COMO FACILITADORA.

Walas Mateo Federico - Cayuqueo Ayelen Elisabet - Marcó Federico

*Universidad Nacional Arturo Jauretche, UNAJ.  
fedewalas@gmail.com*

## RESUMEN

En este trabajo describimos la experiencia de digitalización industrial en una empresa de la industria alimenticia. El objetivo de esta disertación es mostrar la importancia y la forma en que las empresas pueden potenciar su capacidad innovadora aprovechando el conocimiento interno y externo, trabajando de forma colaborativa entre el personal propio de la empresa y agentes capacitados en industria 4.0 y metodologías ágiles. La propuesta técnica contiene tanto hardware, software y servicios digitales habilitados para IoT (Internet of Things) que siguen los principios clave de diseño de interoperabilidad, flexibilidad, apertura y as-a-service (SaaS). Para llevar a cabo el proyecto utilizamos una plataforma low code de Siemens basada en la nube, y para la conexión hardware se instaló una puerta de enlace industrial IoT. La plataforma Insight Hub de Siemens (previamente Mindsphere) se puede conectar a herramientas periféricas, como Telegram y Grafana para ampliar los servicios ofrecidos según los requerimientos del cliente, por ejemplo, el envío de alertas a través de Telegram. Actualmente, el caso está en la etapa de evolución de la analítica descriptiva, hacia una analítica prescriptiva con resultados favorables orientados a los objetivos de la empresa. Entre los cuales se destacan los tableros (dashboards) que permiten la gestión visual de la producción en tiempo real. Por último, la aceptación de esta transformación digital fue acompañada con la implementación de la metodología de la co-creación donde las personas involucradas son vinculadas de manera activa al diseño de la solución.

**Palabras Claves:** Industria 4.0, Lean 4.0, IIoT, Innovación Abierta, Digitalización industrial

## ABSTRACT

This work describes the experience of industrial digitalization in a food industry. The objective of this paper is to show the importance, and the way in which companies can enhance their innovative capacity by taking advantage of internal and external knowledge, working collaboratively between the company's own personnel and agents trained in industry 4.0 and agile methodologies. The technical proposal contains both hardware, software and digital services enabled for IoT (Internet of Things) that follow the key design principles of interoperability, flexibility, openness and as-a-service (SaaS). To carry out the project we used a cloud-based Siemens low code platform, and an industrial IoT gateway was installed for the hardware connection. The platform Insight Hub from Siemens (previously Mindsphere) can be connected to peripheral tools, such as Telegram and Grafana, to expand the services offered according to customer requirements, for example, sending alerts via Telegram. Currently, the case is in the stage of evolution from descriptive analytics, towards prescriptive analytics with favorable results oriented to the company's objectives. Among which are the dashboards that allow visual management of production in real time. Finally, the acceptance of this digital transformation was accompanied by the implementation of the co-creation methodology where people involved are actively linked in the design of the solution.

**Keywords:** Industry 4.0, Lean 4.0, IIoT, Open Innovation, Industrial digitalization

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta a continuación hace referencia a una experiencia práctica sobre la adopción de una plataforma IIoT en una empresa del sector alimentos en Argentina. La adopción de la arquitectura de hardware y software se realiza con el objetivo de visibilizar oportunidades de optimización de procesos industriales. El caso que se desarrolla busca mostrar cómo la adopción de la nueva infraestructura genera las bases para poder avanzar hacia modelos analíticos más complejos para avanzar en la analítica prescriptiva. Por último, la empresa donde se desarrolla la experiencia se encuentra en un proceso de evolución hacia el modelo Industria 4.0 (I4.0).

Trabajos previos de los autores del artículo [1,2], desarrollan conceptos sobre IIoT, y el rol de esta arquitectura para generar datos que facilitan la gestión de los procesos operativos alineados a la planificación de la empresa. Además, se visibiliza a este paradigma tecnológico como facilitador de la optimización de procesos a partir de una analítica descriptiva, y se considera como el punto de partida para evolucionar hacia una analítica prescriptiva [3].

La penetración en el mercado de dispositivos en arquitecturas IIoT, equipados con capacidades de detección y comunicación ha permitido a las empresas conectar dispositivos en planta, desarrollando sistemas ciberfísicos capaces de generar y recolectar datos en todo el espacio industrial [4]. Eso también ha contribuido a un renovado interés en el tema de convergencia de la Tecnología de Operaciones/Tecnología de Información (OT/IT), identificado por Gartner [5] entre las principales áreas de inversión a corto plazo.

Por otro lado, genera interés la vinculación entre Lean Management (LM) e I4.0, con el objetivo de eliminar los desperdicios de los procesos de negocio para mejorar su eficiencia, así como su competitividad [6]. Facilitar la visibilidad de los datos de la operación impacta en la posibilidad de eliminar tareas que no agregan valor e identificar oportunidades de mejora.

La estructura de este documento comienza con una descripción de los conceptos relacionados y los enfoques actuales en la literatura con respecto a la recopilación de datos, la infraestructura de OT/IT, y la integración de datos en entornos industriales. El artículo continúa con la presentación del caso estudiado y los resultados alcanzados, para finalizar con las conclusiones correspondientes.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

El término innovación abierta se ha hecho popular a partir de los trabajos de Chesbrough [7]. Aunque también podemos citar trabajos previos de von Hippel [8,9], un investigador del MIT que sin mencionar explícitamente el término innovación abierta, ha desarrollado el concepto de la innovación desde distintas fuentes en su trabajo [8]. Más tarde profundizó la importancia de las comunidades de innovación y su interacción en el trabajo [9]

La innovación abierta es un modelo de innovación que no posee una definición exacta, pero podemos afirmar que se trata de innovar a partir de inputs del mercado, compartir estándares de fabricación, interfaces y modelos de gestión con otras empresas (incluso competidoras en el mismo sector) puede permitir una mayor velocidad para la innovación por la reducción de costos y riesgos asociados a los procesos de I+D+i. Como existen economías de plataforma, tal como mencionamos en el apartado anterior, cuanto mayor sea el número de participantes mejor será la funcionalidad de la plataforma. Basco, Beliz, Coatz y Garnero [10] citan en su artículo el ejemplo de Nova Paint Club en la empresa Sinteplast en Argentina.

Un emergente de la innovación abierta es el surgimiento de opciones de software y hardware libre. La modalidad “open source”, genera una enorme oportunidad para la difusión de la tecnología y como titula Chesbrough [7], haciendo posible la “Democratización” de la innovación.

El motivo por el cual se introduce este concepto, está relacionado con la complejidad de las herramientas tecnológicas, su integración y la necesidad de interacción entre actores de distinta naturaleza durante el proceso de adopción de la herramienta en la empresa industrial, es decir la concreción de la innovación. En este sentido podemos citar la posibilidad de integrar soluciones de software o hardware libre con herramientas corporativas. Otro caso de aplicación de innovación abierta es la posibilidad que brindan las plataformas open source, como el caso del software de gestión ODOO [11]. Este es una plataforma de clase mundial que está accesible a empresas de distintas características y segmentos, y facilita la adopción de una plataforma que permita integrar todos los procesos de la empresa sin incurrir en una gran inversión. Un último caso podría ser el de una gran

empresa tecnológica que se asocia a un equipo de desarrollo de una universidad para adaptar una solución tecnológica global a las necesidades de una empresa local.

Casalet [12] en su trabajo sobre la digitalización industrial indica que el trabajo colaborativo y multidisciplinario es una condición del proceso para lograr diseños efectivos y viables, así como también la necesidad de generar normas y protocolos en las interfaces entre componentes.

Finalmente, la Innovación Abierta se nutre de un ecosistema de innovación donde es muy importante la especialización y la conectividad. Minin, De Marco, Marullo, Piccaluga, Casprini, Mahdad y Paraboschi [13], expresa que el lugar de la innovación ya no está en las grandes empresas individuales, sino en las redes de innovación, que involucran distintos socios: universidades, laboratorios, Startups, PYME, multinacionales y gobiernos. Las relaciones entre estos jugadores determinan en gran medida el rendimiento general de un ecosistema de innovación. La innovación abierta es esencial para el correcto funcionamiento de estos ecosistemas, ya que se basa en el intercambio de ideas y la explotación de recursos dentro y fuera de las organizaciones.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL CASO

#### 3.1. Descripción del sector y la empresa

La industria frigorífica en Argentina es un sector crucial debido a la importancia histórica y económica de la producción de carne en el país. Argentina es conocida por ser uno de los principales productores y exportadores de carne de res a nivel mundial, abarcando etapas desde la cría, el procesamiento y la distribución de la carne, tanto para consumo interno como para exportación. La industria del sebo animal es significativa debido a su uso en diversos sectores como la producción de alimentos para animales, la fabricación de productos industriales y la producción de biodiesel. El sebo animal es una grasa obtenida de tejidos animales y se ha utilizado tradicionalmente en la fabricación de jabones, velas y lubricantes. Sin embargo, esta industria ha enfrentado críticas y desafíos en términos de sostenibilidad y ética, ya que la obtención de sebo animal puede estar asociada con preocupaciones ambientales y de bienestar animal. A medida que aumenta la conciencia sobre estas cuestiones, es necesario que la industria evolucione hacia prácticas más sostenibles y alternativas.

Dentro de los lineamientos gubernamentales vigentes dentro del "Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico: Argentina Productiva 2030" (Documento integrador, Marzo 2023) se procura transformar el entramado productivo del país con vistas a mejorar los indicadores sociales, económicos y ambientales enfocándose en la modernización e innovación en diversos sectores. En consonancia con la misión n°9 del plan "Fomentar la innovación y la creación de empleo de calidad en los sectores industriales tradicionales", este trabajo presenta el proyecto de digitalización industrial en una planta industrial dedicada a la elaboración de grasas bovinas comestibles, cebos líquidos industriales, molienda de derivados sólidos, y trasvasamientos de sebo de grasa derretida en camión, situada en Valentín Alsina, Buenos Aires. Este proyecto busca contribuir activamente a la mencionada misión al aprovechar las tecnologías digitales para mejorar la eficiencia, la competitividad y la calidad en la industria, y así impulsar el crecimiento económico sostenible. También está alineado con los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas y se pretende alcanzarlos para 2030. Específicamente con el objetivo n°9 "Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación" y n°12 "Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles".

#### 3.2 Objetivos planteados

- Crecer de manera madura con mejores prácticas.
- Agregar valor a las tareas que realizan las personas.
- Transparencia de la gestión ante la indisponibilidad.
- Implementar prácticas y tecnologías que reduzcan el desperdicio de energía, aumenten la productividad y minimicen el impacto ambiental.

#### 3.3 Problemas abordados

En el diagnóstico realizado en la empresa, se identificaron una serie de problemas en diversas áreas que estaban afectando su funcionamiento eficiente. Se encontró que se utilizan varias herramientas de software en todas las disciplinas y fases, lo que generaba una falta de estandarización en los procesos.

Además, se observaba una tendencia a copiar datos de proyectos anteriores para crear documentación de ventas o proyectos, lo que llevaba a la propagación de errores de manera imperceptible. Los procesos manuales para sincronizar datos interdisciplinarios también eran una fuente de ineficiencia, ya que la información debía ser ingresada manualmente varias veces a lo largo de la cadena de valor, especialmente durante cambios en el proyecto. Lo cual generaba retrasos para la toma de decisiones y trabajo extra para los trabajadores que tenían que realizar la carga y análisis de datos, sumado a sus tareas diarias. Se identificó una falta de comunicación e información entre los sistemas de automatización, lo que dificulta la integración de los procesos. Además, faltaba un repositorio de automatización central y estructurado que facilitara el acceso a la información relevante.

En cuanto a las operaciones, se descubrió que el procedimiento actual no cumplía con los requisitos de planificación, lo que obligaba a basarse en hojas de cálculo para planificar sus actividades. Planificar y volver a planificar sobre lo actual generaba pérdida de tiempo. Además, faltaba un monitoreo efectivo de los KPIs de eficiencia del equipo (OEE), lo que dificulta la mejora continua. El traspaso de turno y el registro diario se realizaban de manera ineficaz, y había una falta de visibilidad general del proceso y la producción. Los KPI se generan en base a distintas bases de datos, lo que no permitía una gestión ágil de la información.

Sobre la producción, uno de los principales inconvenientes es la falta de uniformidad de los productos finales, ya que no se siguen parámetros de producción (por ejemplo: temperatura específica de cocción) que aseguren lotes con características idénticas de calidad. Frente a la pretensión de procesar los subproductos de manera rápida y obtener así materias primas más económicas, no se realizan diseños adecuados del proceso productivo. Por esto, se producen harinas de diversas clasificaciones sin realizar la separación mediante la cual se obtendrían mayores beneficios tanto en la calidad de las harinas como en el rendimiento económico. Lo mismo ocurre con el sebo, que recurrentemente se quema debido a las altas temperaturas de cocción (los reportes de alarmas lo comprueban) lo cual influye en la calidad. Esto viene aparejado a procesos anteriores con déficit de control, como el ingreso de los camiones de materia prima.

Con respecto a los recursos humanos, uno de los problemas que tuvimos que afrontar fue el choque con la cultura organizacional de la empresa. En un comienzo, hemos observado cierto grado de escepticismo en relación a la implementación de la plataforma de datos en la nube. Esta actitud puede deberse a diversos factores, como la falta de confianza, o la resistencia al cambio. Lo que puede generar preocupaciones sobre el impacto de la nueva implementación en las tareas cotidianas o la percepción de que el cambio puede afectar negativamente sus roles o responsabilidades. Para superar esta resistencia y el desconocimiento de los beneficios de la solución, se establecieron reuniones periódicas semanales con distintos miembros de la empresa, aplicando metodologías ágiles lo que permitió una comunicación asertiva para aportar comprensión sobre la correspondencia de los objetivos del proyecto con los objetivos de la empresa y los de cada área.

Durante la implementación, otra de las condiciones de borde que tuvimos que superar fue la latencia de la electricidad, que se relaciona con el tiempo de respuesta de los equipos y la demora en la carga de datos. La empresa posee equipo adicional para poder cumplir con sus funciones a pesar de los cortes de luz, estos equipos no abarcan los sistemas de comunicación para la carga de datos (Data points), por ellos hemos tenido pérdida de datos debido a microcortes de luz, generalmente los fines de semana. Como solución, los datos recopilados en tiempo real se almacenan en buffers de memoria. Estos funcionan como zonas de almacenamiento de corto plazo donde se retienen los datos antes de ser procesados y transferidos a sistemas de almacenamiento a largo plazo. Cada dato que ingresa al buffer se marca con un "timestamp" que indica cuándo se obtuvo. El timestamp es esencial para garantizar que los datos se almacenen y recuperen en el orden cronológico correcto, lo que es crucial para el análisis histórico y la trazabilidad. Una vez que los datos se almacenan en sistemas de almacenamiento a largo plazo, están disponibles para su procesamiento y análisis.

#### 4. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La digitalización industrial es una estrategia transformadora que permite a las organizaciones mejorar su competitividad en un entorno empresarial en constante cambio. Algunos de los beneficios de esta adopción son:

- Optimización de procesos: La digitalización permite automatizar procesos repetitivos y mejorar la eficiencia en la producción, lo que conlleva una reducción de costos y mejora en la productividad.

- Toma de decisiones informada: Mediante la recopilación y el análisis de datos en tiempo real, se pueden tomar decisiones basadas en información actualizada y precisa.
- Mejora de la calidad: Garantiza la consistencia y la calidad en la producción, lo que a su vez puede mejorar la satisfacción del cliente.
- Acceso a nuevos mercados: Por ejemplo, nuevos modelos de negocio utilizando plataformas en línea.
- Innovación y diferenciación: A través del producto mínimo viable (PMV) se puede reducir el tiempo de lanzamiento de productos e innovaciones con un bajo riesgo gracias a una retroalimentación temprana de los usuarios.
- Reducción de errores: La automatización de procesos puede reducir la probabilidad de errores humanos.
- Colaboración y comunicación: Mejora la comunicación interna y externa, facilitando la colaboración entre equipos y con socios comerciales.
- Formación y capacitación: Al adoptar tecnologías digitales, las empresas pueden ofrecer a sus empleados oportunidades de formación y capacitación en habilidades digitales, lo que a su vez mejora la adaptación a los cambios tecnológicos.
- Eficiencia energética: Ayuda a controlar el consumo de energía y reducir los costos operativos asociados.
- Sostenibilidad: Contribuye a prácticas más sostenibles al identificar los desperdicios y optimizar los recursos.

#### 4.2 Diagnóstico de madurez

En un principio, a través de un cuestionario completado en entrevistas se realizó un diagnóstico para conocer a la empresa, la evaluación de madurez digital. Este diagnóstico analiza cómo la empresa utiliza la tecnología en sus operaciones y procesos, así como su capacidad para aprovechar las oportunidades digitales y enfrentar los desafíos que surgen en el entorno actual. Esta evaluación se realizó en base a los siguientes aspectos:

- Tecnología: Cómo es la infraestructura tecnológica, la utilización de sistemas digitales, herramientas de software y plataformas de análisis de datos.
- Procesos: Cómo la organización integra la tecnología en sus operaciones diarias, optimiza los flujos de trabajo y automatiza procesos clave.
- Cultura organizacional: Se considera la disposición de los empleados para adoptar nuevas tecnologías, aprender habilidades digitales y fomentar una mentalidad orientada a la innovación.
- Estrategia: Se analiza la alineación de las iniciativas digitales con los objetivos estratégicos de la empresa y su capacidad para aprovechar las oportunidades digitales en el mercado.
- Experiencia del cliente: Se evalúa cómo la tecnología mejora la interacción y la satisfacción del cliente, así como su experiencia general con los productos y servicios de la organización.
- Seguridad cibernética: Se considera cómo se gestionan los riesgos de seguridad y privacidad de los datos en un entorno digital.

Esta herramienta proporciona una base para comprender en qué áreas se necesita mejorar, y cómo implementar soluciones digitales de manera efectiva. Basándonos en esta evaluación de la empresa en cuestión, se determinó un nivel de madurez digital "incipiente".

#### 4.3 Relevamiento

Seguidamente, se realizó una evaluación sistemática y detallada de los activos utilizados en la operación industrial (Asset Assessment) para determinar el estado, el valor y la eficiencia de los activos industriales, como maquinaria, equipos, instalaciones y otros recursos, para tomar decisiones informadas sobre su mantenimiento, reemplazo, actualización o determinar nuevos requerimientos. El procedimiento continuó con la recolección de datos provenientes de sensores y dispositivos. Estos sensores monitorean una variedad de variables, como temperatura, caudal, presión, velocidad, y potencia. Estos datos (data points) extraídos del sistema SCADA (con sus respectivos TAGS) que utiliza la empresa son transportados por la puerta de enlace (gateway) IOT2050, y a través del protocolo de comunicación OP UA son enviados a la plataforma Insights Hub de Siemens. De esta forma, los datos de producción son enviados en tiempo real a la nube pudiendo visualizarlos desde cualquier dispositivo con acceso a internet, con los debidos permisos de usuario. Una vez que estos datos son

analizados, se generan conocimientos profundos y significativos valiosos (insights) que brindan una visión profunda de los procesos operativos. Esto permite a la empresa identificar áreas de mejora y oportunidades para aumentar la eficiencia, reducir los tiempos de inactividad y optimizar la producción. Con base en estos insights, se pueden implementar ajustes en tiempo real para mejorar el rendimiento y garantizar la calidad.

En primera instancia, se visualizaron los datos en crudo de la planta en la plataforma virtual (fig. 1) a través de los cuales se pudieron observar tendencias y correlaciones entre los mismos. De esta forma pudimos obtener datos históricos del proceso y realizar una formalización del mismo. Esto se realizó con un análisis detallado de cada etapa del proceso, identificando los estados de planta para ver puntos críticos, los flujos de trabajo, los recursos involucrados y las posibles ineficiencias.

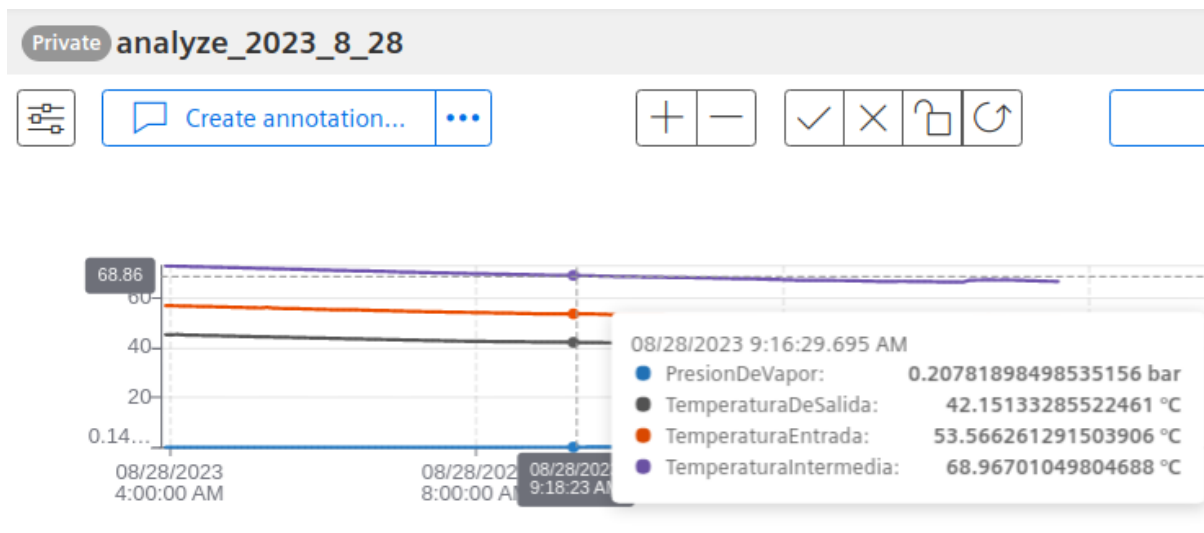


Fig. 1 - Visualización de datos en crudo en la plataforma de Siemens

Para la definición de los estados de planta se trabajó en conjunto con miembros de la empresa para formalizar en un documento los intervalos de funcionamiento de los activos industriales. Por ejemplo aquí mostramos los Estados definidos del Sector de Molienda para los Molinos 1 y 2 son:

- Dentro de Condiciones de Producción
- Tolva vacía: Falta de materia Prima
- Apagado
- Set up de arranque

La siguiente figura (Fig. 2) corresponde a un fragmento del documento de estado del Sector Molienda donde se relevaron variables importantes de los Molinos 1 y 2, como por ejemplo: Velocidad del variador de alimentación (en unidades RPM) y consumo del motor (en porcentaje)

**SECTOR: Molienda**

**Estas columnas se corresponden**

**Set up arranque** [Columnas AB-AC] con otro documento

**Observaciones:** Se puede dar más de un setup por día. Un indicador por molino. Ver qué pasa si se prende y se apaga el motor.

LÍNEA	DESCRIPTIVO	TAG		U.M.	VALORES INICIO	VALORES FIN
Molino N°1	CONSUMO MOTOR MOLINO 1	M05	01A	%	X>0	X>0
Molino N°1	VELOCIDAD	M05	23A	rpm	No definido	X>0

Fig. 2 - Extracto del documento “Estados de Planta” del sector Molienda

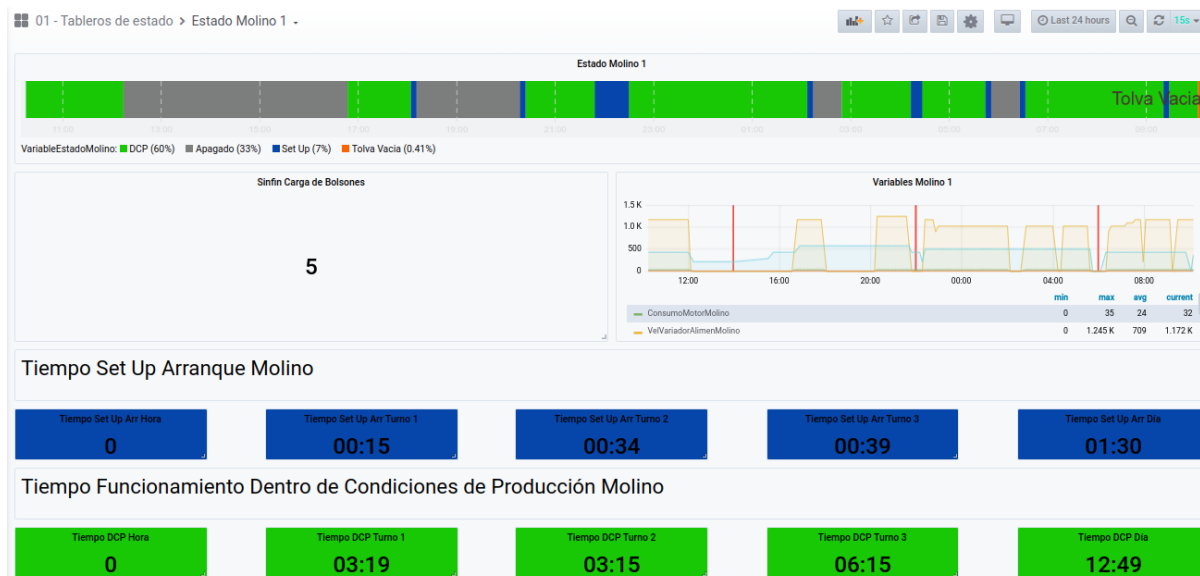


Fig. 3 - Visualización del estado del Molino 1 del sector Molienda en la plataforma de Siemens

Una vez formalizado el proceso, se procedió a identificar KPIs de importancia para la empresa, cómo los estaban calculando hasta ese momento (ejemplo: Rendimiento del sebo real vs el sebo teórico) y otros indicadores necesarios para la producción. Esta toma de decisiones para la creación de nuevos indicadores y variables se realizaron en conjunto con miembros de la empresa durante las reuniones ágiles. Se debieron crear variables nuevas para algunos requerimientos específicos, como por ejemplo la división según turnos (tres turnos por día: de 6 a 14hrs, de 14 a 22hrs, y de 22 a 6hrs; comenzando el día a las 6 de la mañana). La división por turnos se puede visualizar en el tablero de estados de Molino 1 (Fig. 3) de la plataforma Insights Hub de Siemens.

El proyecto continúa en evolución, actualmente se encuentra en la etapa de capacitación de usuarios internos de la empresa. Se está trabajando en el análisis de datos para un mejor aprovechamiento de la energía, la reducción de huella de carbono, y mejora continua de los procesos.

#### 4.4. Innovación abierta en Industria 4.0

La innovación abierta se materializa a través de la colaboración externa en diversas tecnologías y plataformas. En primera instancia, para permitir la integración de diferentes sistemas y dispositivos industriales, se utilizó el protocolo de comunicación OPC UA (Open Platform Communications United Architecture) que es un protocolo de comunicación estándar en la automatización industrial. Esto facilitó la colaboración entre cliente y desarrolladores externos para mejorar la interoperabilidad.

Para la creación de variables se utilizó Node-RED. Node-RED es un entorno de programación visual basado en JavaScript que se utiliza para conectar dispositivos de forma rápida y sencilla. Esto permitió crear flujos personalizados de información para enriquecer esta solución innovadora, para la automatización y la integración de sistemas, respondiendo de forma personalizada a las demandas del cliente. Para la visualización de datos en tableros se utilizó Grafana, que es una plataforma de código abierto para crear paneles y gráficos interactivos. Por ser de código abierto, permite que la comunidad de desarrolladores contribuya con complementos, paneles y fuentes de datos personalizados, ampliando así sus capacidades y funcionalidades. En la búsqueda de un espacio comunitario para la contribución de mejoras, correcciones de errores y nuevas características en proyectos de código abierto, se llegó a GitHub. GitHub es una plataforma de desarrollo colaborativo de código abierto que permite a los desarrolladores alojar y colaborar en proyectos de software, promoviendo así la innovación conjunta.

En el avance de la solución y la detección temprana de fallas, fue necesario un sistema de alarmas. Para ello, se utilizaron nodos de bot de Telegram para Node-RED. Telegram es una aplicación de

mensajería que ofrece una API (interfaz de programación) abierta de aplicaciones que permite a los desarrolladores crear bots que pueden interactuar con usuarios y sistemas externos.

Esta provisión de herramientas, englobadas en la plataforma low code de Siemens, crea un ecosistema colaborativo que fomenta la creación conjunta de soluciones innovadoras. De esta forma, posibilita a los desarrolladores y expertos industriales colaborar eficazmente, acelerar el desarrollo de aplicaciones personalizadas y mejorar la eficiencia de la automatización industrial, lo que representa un enfoque destacado dentro del contexto de la Industria 4.0.

## 5. CONCLUSIONES.

Como primer emergente de este trabajo se destaca el hecho lograr una estructura IIoT robusta a partir de conectar diversas soluciones de manera sencilla a partir de arquitecturas abiertas, que facilitan la convergencia de los datos.

Uno de los puntos clave a gestionar en este tipo de proyectos es la convergencia IT/OT, la cual se refiere a la integración de los sistemas de tecnología de la información (IT) y los sistemas de tecnología operativa (OT) en una organización. La convergencia permite una mayor eficiencia y productividad al permitir una mejor coordinación entre los sistemas de información y los procesos operativos. También ofrece a las organizaciones la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real, acompañando la toma de decisiones de una forma más transparente, por ello minimiza los riesgos y la capacidad de responder a los cambios en el entorno de la empresa. Esto fue un concepto clave al explicar la necesidad de extrapolar los datos que se manejaban de forma manual y en múltiples plataformas, para lograr una escalabilidad operacional.

Por otro lado, se logró el empoderamiento de las personas involucradas en el proceso a partir de visualizar los datos de manera más amigable.

La plataforma IIoT genera información que dinamiza el proceso de mejora continua de los procesos industriales que lleva adelante la empresa. Visualización del estado de la producción a través de andones digitales en monitores ubicados en la zona de calderas y en la sala de control del proceso. Esto permite analizar el estado de los activos y los procesos operativos para abordar la eliminación de desperdicios que propone el enfoque Lean Manufacturing, esta mirada integrada con la estrategia I4.0, lleva a la empresa a operar dentro del modelo Lean 4.0.

Por último destacar la importancia de las plataformas abiertas para facilitar el despliegue de soluciones complejas, de manera dinámica y economizando recursos de desarrollo. Como ejemplo, se puede ver en el párrafo que menciona el estándar OPC UA en esta sección.

## 6. REFERENCIAS.

1. Walas Mateo, F., Redchuk, A. "Artificial Intelligence as a Process Optimization driver under industry 4.0 framework and the role of IIoT, a bibliometric analysis". – JIIM. Journal of Industrial Integration and Management Innovation & Entrepreneurship. ISSN (print): 2424-8622 | ISSN (online): 2424-8630. (2020)
2. Walas Mateo, F., Redchuk, A. "A review of IIoT/loT and AI/ML as Process Optimization driver under industry 4.0 model". Journal of Computer Science & Technology (JCS&T). Vol 21. ed. 2, pp 170-176. (2021).
3. Lepenioti, K., Pertselakis, M., Bousdekis, A., Fenareti Lampathaki, A. L., Apostolou, D., Mentzas, G., Anastasiou. S. "Machine Learning for Predictive and Prescriptive Analytics of Operational Data in Smart Manufacturing." Dupuy-Chessa S., Proper H. (eds) Advanced Information Systems Engineering Workshops. CAiSE 2020. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 382. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-49165-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49165-9_1)
4. Tapoglou, N.; Mehnen, J.; Butans, J. Energy Efficient Machining Through Evolutionary Real-Time Optimization of Cutting Conditions on CNC-Milling Controllers. In Experiments and Simulations in Advanced Manufacturing; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2021; pp. 1–18.
5. Gartner. When IT and Operational Technology Converge. Available online: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/when-it-and-operational-technology-converge> (accedido 3 febrero 2023).
6. Lai NYG, Wong KH, Halim D, et al. 2019. "Industry 4.0 enhanced lean manufacturing". In: 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM). IEEE, pp 206–211.



7. H.W. Chesbrough. (2003). The era of open innovation. MIT Sloan Management Review.
8. E. von Hippel. (1998). THE SOURCES OF INNOVATION. New York Oxford University Press
9. E. von Hippel. (2005). Democratizing innovation: The evolving phenomenon of user innovation. JfB 55, 63–78. <https://doi.org/10.1007/s11301-004-0002-8>.
10. A. Basco, G. Beliz, D. Coatz, P. Garnero. (2018). industria 4.0: fabricando el futuro. bid-intal-uia.
11. Sitio web de ODOO. Disponible online: <https://www.odoo.com/> (accedido el 15 de mayo de 2023).
12. M. Casalet. (2018) “La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
13. A. Di Minin, C. De Marco, C. Marullo, A. Piccaluga, E. Casprini, M. Mahdad, A. Paraboschi. (2016) ‘Case Studies on Open Innovation in ICT’; Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre. JRC Science for Policy Report

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Programa UNAJ Investiga 2020, que permitió financiar el proyecto "Metodologías de abordaje al modelo Industria 4.0 en PyMEs, el rol de la Empresas de Base Tecnológica (EBT), los recursos humanos, y el ecosistema de Innovación" en el que se encuadra este trabajo. Además, agradecer al programa Becas de Estímulo a las Vocaciones Científicas EVC 2021 del CIN, que hizo posible que Ayelen Cayuqueo pueda desarrollar su trabajo en el proyecto de investigación.