

## CAPÍTULO XXI. GESTIÓN CON ERP SAP: MANTENIMIENTO 4.0

*Manuel Avellaneda*

*Decorando de la Universidad Politécnica de Cartagena*

### 1. INTRODUCCIÓN

La industria ha evolucionado en los últimos 12 años hacia un paradigma de descentralización, en el cual, todas las funciones de las empresas u organizaciones han cobrado protagonismo con respecto al paradigma anterior. Esta situación ha beneficiado sobremanera al mantenimiento, pues en el panorama anterior era una de las parcelas industriales más relegadas, visto por muchos como una carga económica innecesaria y poco rentable, con los años, ha ido tomando protagonismo y las empresas se han dado cuenta de su gran potencial en materia ahorrativa (Li et al. 2014), (Li, Eric y Ling, 2018), (De Groot, 1995) y (Bo et.al. 2018). Se está empezando a hablar del mantenimiento 4.0, como una disciplina derivada del mantenimiento en la que han irrumpido tecnologías como la sensórica, el cloud computing, monitorización, ERPs, comunicaciones móviles, simulaciones, realidad virtual, etc. (Berenice et.al. 2017), (Hermann, Pentek y Otto, 2016), (Mosconi, 2018), (Wagner, Herrmann y Thiede, 2017), (Weyer, et.al. 2015), (Ślusarczyk, 2018), (Tjahjono, 2017), (Santos et.al. 2017), (Mantravadi y Moller, 2019) y (Paba y Solinas, 2018) que han facilitado mucho la realización de esta tarea, en otras palabras, todo puede hacerse:

Mejor, porque existe un mayor conocimiento de las averías y su origen al poder ver la causa, proceso, entorno, posibles consecuencias...

Más rápido, por el control y vigilancia constante de las instalaciones y maquinarias y sus relacionadas.

De una manera más económica, ya que al detectar las averías con el tiempo suficiente para evitar que desencadenen desastres mayores, se evitan muchas pérdidas económicas.

De forma más segura, en entornos industriales, máquinas conviven con usuarios y el mantenimiento tiene como máxima garantizar la seguridad de los mismos ante todo.

En el antiguo panorama industrial todo era muy jerarquizado y aislado, cada aspecto de las industrias tenía su parcela particular y éstas a su vez se organizaban prioritariamente, siendo generalmente la producción el timón que guiaba a las industrias.

Todo cambió en la feria de Hannover, en 2011, (Naya, 2018), (Li, Eric y Ling, 2018) y (Zakaria, Nasir y Akhtar, 2019), donde se acuñó por primera vez el término industria 4.0 para definir el nuevo panorama que se avecinaba: una industria descentralizada, donde las diferentes parcelas ya no estarían relegadas unas a otras, sino que cada una tendría un papel fundamental en términos gananciales. En la siguiente figura se ejemplifica este cambio:

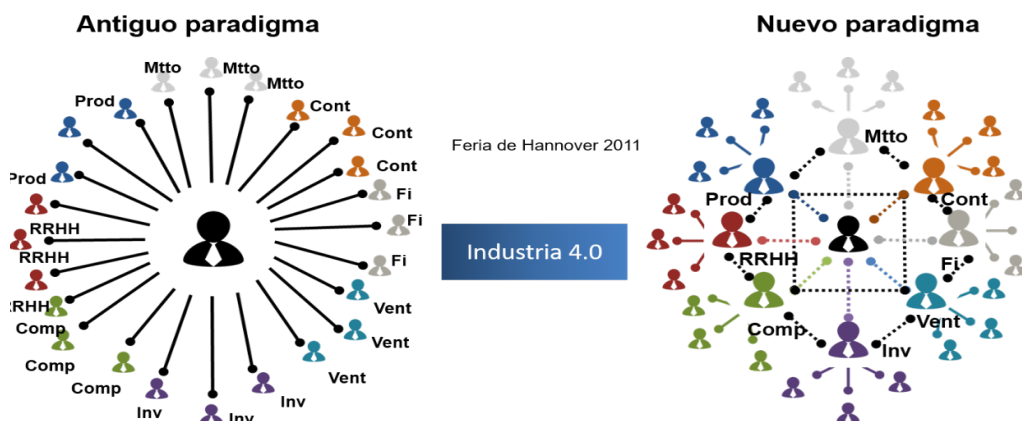


Figura 1: Comparación de paradigmas empresariales tras la aparición de la Industria 4.0. Fuente: Elaboración propia

Este nuevo panorama requiere también de la participación de los usuarios ejecutores y beneficiarios, y aquí posiblemente esta 4RI es donde ha encontrado su piedra angular: el usuario (Al-Fawaz, Al-Salti y Eldabi, 2008), (Esteves, Pastor y Casanovas, 2003) (Zhang et.al. 2003), (Barki y Hartwick, 1994), (Aloini, Dulmin y Mininno, 2007), (Amoako-Gyampah, 1999). (Gable y Stewart, 1999) y (Alshawi, Themistocleous y Almadani, 2004).

A pesar de todas las bondades de la industria 4.0 y sus tecnologías, muchos usuarios se muestran reacios a su uso, pues piensan que son complicadas y que no están enfocadas a usuarios diversos si no que las ubican con perfiles más informáticos. Este hecho sucedió, sucede y sucederá ante cualquier cambio, pues el ser humano normalmente no responde a los cambios con diligencia y esto con la edad se incrementa, según un informe elaborado por CCOO (2017). Existe el riesgo de acentuar aún más la brecha digital generacional, porque las tecnologías han penetrado hasta cualquier recóndito social, académico, profesional, económico, etc.

La industria 4.0, como conductora de la 4RI ha llegado para quedarse en el panorama empresarial de la actualidad, y como tal, los usuarios tienen que trabajar con las tecnologías 4.0 (White, 2018) y (Brynjolfsson, 2014). El no trabajar con ellas supondría una obsolescencia en cuanto a su trabajo que daría lugar a una desventaja competitiva con respecto al resto de competidores del mismo campo. En una industria no productora, como es la sanitaria, los trabajadores y directivos no sienten la misma presión económica que las privadas, cuyo beneficio económico depende íntegramente del trabajo que produzcan.

Esta es una de las primeras barreras que encuentran las tecnologías 4.0 para su uso en la industria sanitaria española. La segunda barrera es síntoma de la primera, el personal de dirección, es a menudo sanitario de profesión, conque, no tiene amplios conocimientos en materia de mantenimiento, por lo que es tarea del ingeniero (William, 1966), así, si el personal encargado de tomar las decisiones relativas a la implantación de estas tecnologías para el mantenimiento no está de acuerdo, su implantación se hace harto difícil (Pizzini, 2006) y (Escobar-Rodrigueza y Bartual-Sopena, 2015).

El objetivo general de esta investigación es comprobar la versatilidad y las posibilidades que las tecnologías 4.0 ofrecen a todos los agentes intervinientes en distintos entornos

industriales, centrándose en el área del mantenimiento. Para alcanzar dicho objetivo, se han planteado las siguientes hipótesis:

H1: La implantación del PV en ERP SAP supondrá la reducción en el tiempo en detección de las averías visibles y ocultas del entorno.

H2: A través del PV en ERP SAP el personal implicado que se incorpore, tardará menos tiempo en conocer las ubicaciones técnicas (UTs) y equipos.

H3: Con el PV, se reducirá el tiempo de adquisición del conocimiento sobre las ubicaciones físicas (UFs) y el sistema SAP por parte del personal implicado.

H4: La implantación del PV supondrá una reducción del 50% en las averías.

## 2. INDUSTRIA 4.0

La industria 4.0 está compuesta de una serie de tecnologías que la hacen posible, pero su implantación en las empresas no es inmediata, necesita una serie de pasos a seguir, que se representan en esta Figura 2:

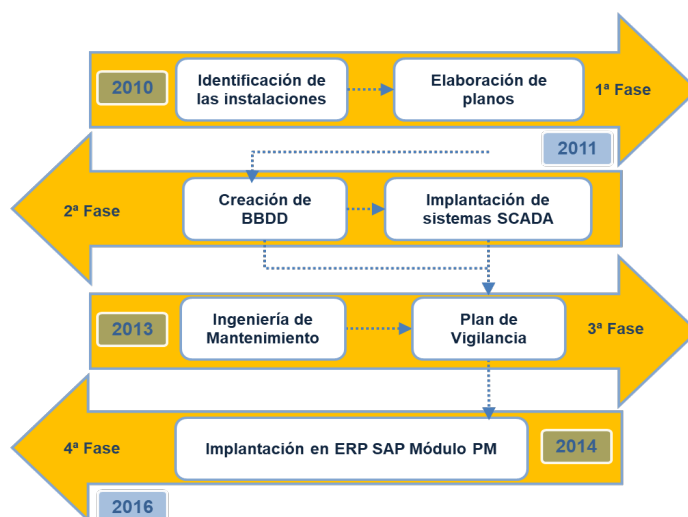


Figura 1: Diagrama del proceso de implantación del plan de Vigilancia con ERP SAP. Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Esquema piramidal de implantación de las tecnologías 4.0. Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en ella, los pasos de la implantación de las tecnologías 4.0 se disponen de forma piramidal, ya que sin las bases no se puede llegar a la cima. En la base de la pirámide se sitúan los sensores y los actuadores, colocados en las máquinas y en las instalaciones, interaccionan entre sí y con los ordenadores a los que envían información sobre la situación del entorno. Estos aparatos se encuentran separados unos de otros, pero simula a una persona constantemente vigilando y trabajando con la máquina o área en cuestión, cosa, que sin ellos sería tan complicado como costoso en términos de sueldo.

En el siguiente escalafón de la pirámide se encuentran los PLC y los PID, que son los encargados de ejecutar funciones programadas en las máquinas, los primeros de forma directa y los segundos de manera progresiva.

Avanzando en la figura se disponen los sistemas SCADA y los HMI o también llamados interfaz hombre-máquina, por sus siglas en inglés Human-machine interface. Estos sistemas son los encargados de recoger todos los datos y acciones realizadas por los dispositivos anteriores, son básicamente ordenadores donde van a parar todos los datos y que supervisan los valores, ejecutando funciones cuando es necesario, como lo haría un supervisor.

Subiendo de nivel, se encuentran los sistemas MES y EMS, estos sistemas se encargan de realizar un resumen con todos los valores recogidos por los SCADA y HMIs indicando las tendencias de la información que extraiga. El MES se encarga de los datos relativos a la gestión de la maquinaria (compras, recambios, usos, averías...), pero presenta la información al usuario que la demanda, en otras palabras, divide la información en ramas y cuando el usuario accede al sistema, solo le muestra la información que el usuario desea ver; y el EMS se encarga del consumo energético (paradas, arranques, picos...) y su gestión (lo que se está consumiendo, el historial de consumos y las tendencias futuras). Esta presentación de datos estadísticos ayuda en cuanto a la toma de decisiones, o, en su caso, ayuda a ver las áreas que presentan fallos y localizar el posible problema.

En el último escalafón ya figura el ERP como tal, el sistema que contiene todos los nombrados anteriormente. En este caso, se presenta toda la información de todas las áreas y máquinas, sin discriminación por estatus de usuario. En este caso, el ERP, es usado directamente por los directivos de las empresas/organizaciones para la toma de decisiones global, ya que el sistema te ofrece una visión panorámica de todo lo que sucede, lo que ayuda a mejorar la competitividad y efectividad de estas, ya que todo se ve más claro, en tiempo real y con una precisión que jamás había sido conseguida anteriormente en tan poco tiempo.

### **3. INDUSTRIA 4.0 EN LA SANIDAD**

Con todas estas tecnologías, una organización, si las posee, puede considerarse como industria 4.0. Una de las industrias en las que se ha implantado este modelo ha sido en la sanitaria, concretamente en un hospital, como edificio de referencia de esta industria. La implantación se llevó a cabo durante los años 2010 y 2016 y se compuso de una serie de pasos que se pueden ver en la siguiente Figura 3:

*Figura 3: Diagrama de fases de la implantación de las tecnologías 4.0 en la industria sanitaria, enmarcado en un plan de vigilancia de las instalaciones. Fuente: Elaboración propia*

En la primera fase fue necesario un conocimiento profundo de las instalaciones mediante su identificación y elaboración de planos, en este caso, para después digitalizarlos en el sistema.

La segunda fase consistió en la creación de la BBDD y la implantación de los sistemas SCADAs. Una vez reconocidas las instalaciones, etiquetadas, e instalados en ellas todos los sensores y accionadores; se instalaron estos sistemas para activar esos sensores y que comenzasen el envío de datos.

En la tercera fase, mediante ingeniería de mantenimiento (porque en este caso se centró en el servicio de mantenimiento), se elaboró un plan de vigilancia, en otras palabras, se dió un objetivo a alcanzar para todos estos datos.

En la cuarta y última fase, se implantó el ERP, en este caso SAP en el módulo PM. En este último paso, el sistema ya recibía todos los datos correspondientes a los equipos y era capaz de presentar la información ordenada y clasificada para los directivos y mejorar su visión en términos competitivos.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación se ha procedido a realizar una búsqueda bibliográfica para especificar cómo y cuáles eran exactamente las tecnologías que componían el 4.0 para determinar el orden que debían llevar y los pasos a seguir en la implantación.

En el momento de inicio fue algo complejo, porque eran tecnologías que no estaban normalizadas, o al menos no como 4.0, pero en cualquier caso, las corrientes industriales tendían hacia ellas y la nueva forma de trabajar y lograr rentabilidad, al final empujó a su implantación. Este proceso se enmarca en un plan de vigilancia de las instalaciones (PV), en el cuál se da el salto de mantenimiento primitivo a mantenimiento 4.0. A medida que iban implantándose estas tecnologías, fueron surgiendo problemas en relación a la forma de trabajar con ellas y a su “irrupción” en el día a día laboral de muchos usuarios, pero afortunadamente arrojaron resultados muy pronto.

#### 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la investigación y las medidas tomadas han revelado que, respecto de las hipótesis planteadas al principio se han alcanzado como se expone:

Para la “H1: La implantación de las tecnologías 4.0 dará lugar a una reducción en el tiempo empleado en la detección de las averías visibles y ocultas del entorno”, tal como se muestra en el Gráfico 1 se advierte que el tiempo de respuesta ante una avería se ha reducido cuantas más fases se avanza de la implantación del PV.

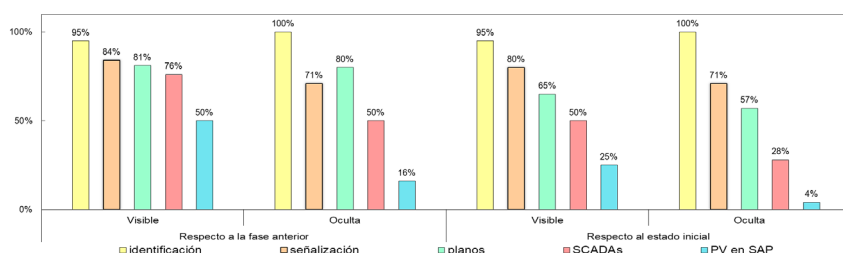


Gráfico 1: “Reducción del tiempo de respuesta ante una avería en función del estado de la implantación”.  
Fuente: Elaboración propia.

En estos datos se han clasificado las averías en dos tipos principales, las “visibles”<sup>1</sup> y las “ocultas”<sup>2</sup> atendiendo a los tiempos medios entre producción y localización de cada una de ellas. Como se puede ver, las averías visibles son más rápidas de advertir que las ocultas, ya que con una simple inspección visual se detectan, pero las ocultas tienen que manifestarse dando algún fallo observable que las delate.

1 Averías visibles: Son las averías que tienen efectos inmediatos o no, directos o indirectos sobre los equipos e instalaciones y/o son perceptibles de forma inmediata.

2 Averías ocultas: Son las que no tienen efectos inmediatos sobre las instalaciones en el momento en el que se producen y no son perceptibles.

En el Gráfico 1 se muestra la *comparativa entre el tiempo de respuesta ante una avería, tanto oculta como visible*, en relación con la implantación sucesiva de las fases del PV. Los valores son expresados en % de empleo de tiempo de respuesta. Se comparan los % con respecto de la fase anterior (RFA) y respecto al estado inicial (REI) en el que no había implantación. En el caso de las averías visibles, el tiempo medio de detección era de 20 minutos en el estado de “no implantación”. En las averías ocultas se ha obtenido un tiempo medio de 7 días.

Como se puede observar, la reducción más significativa se encuentra en los % ante una avería oculta REI. Esto es así porque este tipo de averías, al no existir un PV que determine la revisión de los distintos puntos de una instalación, pueden pasar sin detectarse durante un tiempo indefinido hasta que se manifiesten.

En aspectos generales, se observa que en la fase de “señalización” los valores de las instalaciones ocultas han alcanzado el empleo del 71% del tiempo, lo cual indica una reducción importante ya que en la fase anterior los valores están a 100. Así pues en la fase de “planos” han destacado los % con REI entre el 65% en visibles y el 67% en ocultas. Se encuentra un punto de inflexión a raíz de las fases de implantación “SCADAs” y “PV en SAP” la reducción de los % es muy significativo en ambos tipos de avería REI con más de la mitad de tiempo reducido en los dos tipos. Con RFA con un 50 y 16% en las averías ocultas respectivamente y con unos valores más discretos de 76 y 50% en el caso de las visibles.

Estas fases al ser consecutivas, se tiene en cuenta la contribución de la anterior y no se pueden analizar de forma aislada. Se han desarrollado para implantar todo el plan de MP (mantenimiento preventivo) y en este caso se ha analizado su contribución en la detección de averías en las instalaciones contempladas en el PV. La fase de “identificación”, ha sido una parte fundamental para el desarrollo del preventivo en otros objetivos específicos planteados como el conocimiento de las instalaciones por parte del personal de mantenimiento, de las ubicaciones físicas, técnicas y equipos por parte del personal sanitario y de conocimiento del interfaz para el uso diario del sistema de gestión (ERP SAP) por todos los miembros del personal administrativo, sanitario y técnico. Tras esto se puede concluir con el “R1: La implantación ha supuesto una reducción de tiempo en la detección de las averías visibles del 75% y las ocultas un 96% con respecto al inicio.”

En el Gráfico 2 se ha observado la *tendencia del tiempo* que tarda el trabajador del personal técnico en *conocer las instalaciones* a medida que las fases del PV se encuentran implantadas hasta el final. Para esto se han obtenido valores medios de 5 grupos de trabajadores que se incorporaron al trabajo en cada una de las fases del PV, el primer grupo, cuando no se encontraba implantado y de manera sucesiva hasta el último que se incorporó cuando todo el PV se encontraba en funcionamiento. En el estado de “no implantación” los tiempos medios eran de 7 días en el caso de la “localización”, 30 días en el “funcionamiento” y 7 días en “realizar el PV”. Se divide el conocimiento en las áreas descritas y figuran a través de las fases de implantación anteriormente mencionadas. Por último, se compara la reducción del tiempo con RFA y REI.

Como se pueden observar en el Gráfico 2, las fases de “implantación” y “señalización” han sido decisivas para el desarrollo del PV, sobre todo la última de ellas en la que se emplea un 66% del tiempo en el conocimiento del funcionamiento de las instalaciones

del PV.

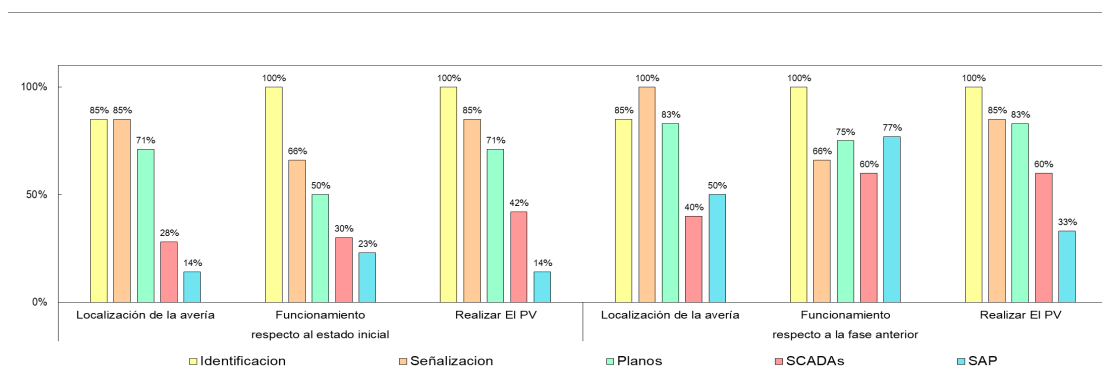


Gráfico 2: “Reducción del tiempo de adquisición del conocimiento de las UT y equipos del PV. Fuente: Elaboración propia.

La misma situación se advierte en la fase de “planos”, en la que ha destacado el empleo del 75% de tiempo de la adquisición de conocimiento en relación al “funcionamiento” con RFA y habiendo alcanzado un 50% REI.

Y como ha ocurrido en el Gráfico 1, se ha encontrado un punto de inflexión en los valores de las últimas fases, con una reducción del tiempo de más del 50% en casi todos, exceptuando los correspondientes al “funcionamiento” y la “realización del PV” con RFA en el caso de “SCADAs”. En el caso de “SAP” el único valor que no ha experimentado una gran reducción es el de “funcionamiento con RFA”. En cuanto a los valores con REI se puede observar su drástica disminución habiendo llegado a emplear el 14% del tiempo en el caso de la “localización” y la “realización del PV”. Estos resultados han revelado cómo afecta al tiempo de adquisición del conocimiento de las instalaciones en relación al personal técnico que se incorpora a la plantilla. Sin la existencia del PV el personal tardaba más tiempo en conocer el entorno y las funciones que éste requería que con el plan vigente, lo que suponía una incorporación más rápida y sencilla.

En el caso del *sistema SAP*, es necesario que lo conozcan todos los participantes que se dividen en 3 tipos dependiendo de sus funciones; personal técnico, que debe conocer todas las instalaciones sanitarias y sus equipos en el sistema; administrativo, que al pertenecer al mismo servicio debe tener los mismos conocimientos que los técnicos sobre las instalaciones en el sistema y por último el personal sanitario, al contrario que los demás, solo debe conocer su sección. De este modo para la “H2: A través de ellas el personal implicado que se incorpore, tardará menos tiempo en conocer las ubicaciones técnicas (UTs) y equipos”; se arroja el “R2: El conocimiento de las ubicaciones técnicas (UTs) y equipos es adquirido de forma más rápida por el personal nuevo, con reducciones del 77 y el 86%.”

En el Gráfico 3 se presentan los datos sobre *el conocimiento del sistema por parte de los distintos tipos de personal* medido en los parámetros de “localización” del equipo y “funcionamiento” a lo largo de las fases de implantación del sistema. Se establecen los porcentajes con respecto a los tiempos de empleo correspondientes al estado de “no implantación”: En el caso del personal sanitario, los valores de tiempo van desde 7 días en localización y 14 en funcionamiento; el personal técnico y el administrativo se corresponden con 30 y 60 respectivamente.

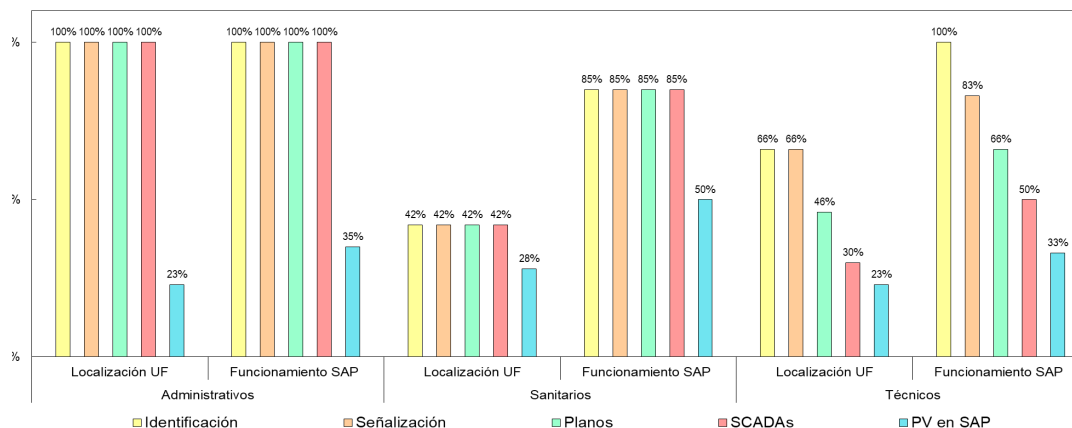


Gráfico 3: “Reducción del tiempo de adquisición del conocimiento de ubicaciones físicas y SAP. Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 3 muestra el porcentaje de tiempo empleado en aprendizaje y conocimiento, se aprecia que en “identificación” los valores destacados han sido los relativos al conocimiento en “localización” del personal sanitario con 42% y técnico con 66%. También ha revelado valores del conocimiento del “funcionamiento” por parte del personal sanitario 85%. En las siguientes fases se ve que se han reducido los tiempos en todos los tipos de personal exceptuando al administrativo, cuyos valores de reducción se han disparado con la fase de “SAP” junto con todos los demás con más del 50%. En esta fase se ha llegado al empleo del 33% del tiempo en el conocimiento de “localización” por técnicos y de “funcionamiento” por administrativos. Esto se debe a que el personal administrativo especialmente no tiene como función la identificación y visualización de las instalaciones y planos, ni tampoco el manejo del SCADA. Como es el caso del técnico, el administrativo trabaja directamente con el sistema SAP y por eso la reducción de su tiempo de aprendizaje se ha visto directamente afectada con el conocimiento que tengan sobre el programa. El personal técnico ha tenido una reducción de los tiempos exponencial a lo largo de todas las fases, esto se debe a que se trabaja con todas las fases de manera directa. Siendo así, con la “H3: Con ellas, se reducirá el tiempo de adquisición del conocimiento sobre las ubicaciones físicas (UFs) y el sistema por parte del personal implicado”; se arroja el “R3: El tiempo de adquisición del conocimiento sobre las ubicaciones físicas (UFs) y el sistema se ha reducido drásticamente en la última fase.”

Otra de las hipótesis planteadas al inicio de la investigación es la “H4: La implantación supondrá una reducción del 50% en las averías”. Al implantar el PV se ha reducido el número de incidencias porque el personal del centro ya no advierte las averías, y se evidencia en el “R4: La implantación ha supuesto una reducción de más del 50% en las averías e incidencias”. Esto es porque el sistema avisa a los técnicos de mantenimiento de su existencia de forma inmediata, de modo que, aunque se producen, se detectan a tiempo y no se emiten incidencias. Estos datos se reflejan en el Gráfico 4:



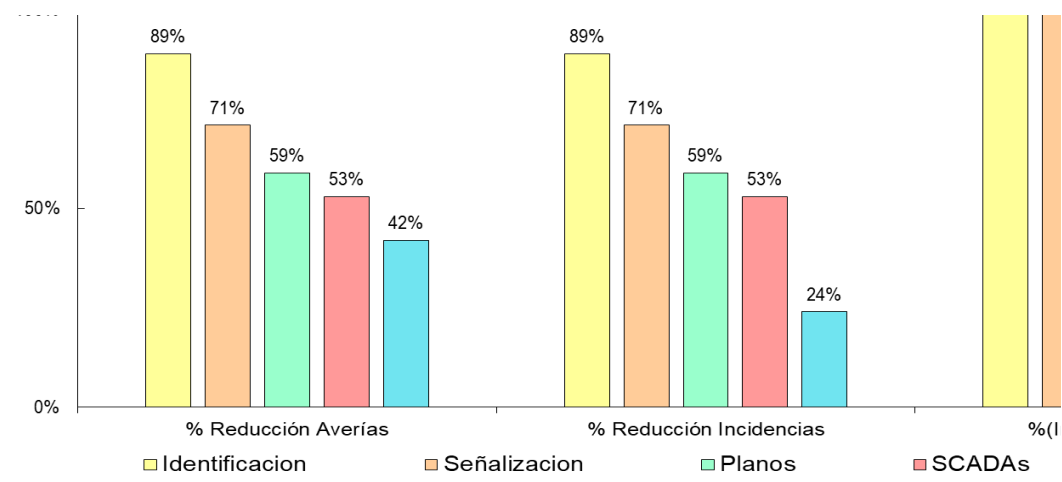


Gráfico 4: “Reducción de incidencias y averías en función de la fase de la implantación. Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en el Gráfico 4, las averías han ido reduciendo desde un consumo del 89% sólo con la “identificación” hasta alcanzar el 42% con SAP. Por su parte las incidencias mantienen los mismos valores que las averías excepto en la fase de SAP que se han reducido al 24%. Se ofrece la comparativa de reducción entre averías e incidencias, entendiéndose que no puede haber incidencia sin avería, y en esos datos se demuestra lo anteriormente propuesto, que al implantar el PV, el usuario final no percibe las averías porque muchas de ellas se reparan antes de que se adviertan. De esa forma se garantiza la seguridad en las instalaciones al reducirse las averías a más de la mitad y alcanzando el funcionamiento de todos los elementos antes de que afecte al trabajo diario.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que ha arrojado esta investigación son las siguientes:

- Por la implantación de estas tecnologías, *el personal implicado tiene un conocimiento completo de las instalaciones y su estado en tiempo real*, lo que da lugar a su respuesta inmediata.
- El que cada usuario acceda al sistema a través de un entorno personalizado, le da *control sobre su labor* y una visión holística sobre todos los datos necesarios para ejercer su función.
- Se obtiene la *seguridad* al disponer de toda la información en tiempo real, evitando errores en la gestión de averías y situaciones críticas.
- La *sensorica*, en colaboración con los sistemas de gestión, *garantizan el ahorro energético* y un consumo estable de energía al prevenir situaciones de avería que, en ocasiones, dan lugar a pérdidas irre recuperables.
- *Reducción de avisos de avería y órdenes de mantenimiento correctivo*, supone un ahorro económico por paradas de la producción en equipos de sustitución y en tiempo de personal.

En resumen, el estudio concluye que los usuarios se han adaptado bien a las tecnologías cuando han tenido un solo papel que desempeñar, es decir, cada usuario accede al sistema en su entorno particular y realiza su función determinada, y es el sistema debidamente parametrizado por el ingeniero, SAP en este caso, el que con toda la información de averías, consumos, tiempo, unidades, recursos, etc. avisa y dispone al personal encargado a realizar las tareas.

El estudio evidencia por tanto que la industria 4.0 trae consigo tecnologías que permiten al usuario y a las empresas que su labor sea más fácil en términos de tiempo y practicidad, aunque al principio, como cualquier nuevo entorno, requiera de una adaptación inicial más o menos costosa, que a la larga, proporcionará rapidez, confort y competitividad industrial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Al-Fawaz K, Al-Salti Z, Eldabi T. "Critical Success Factors in ERP Implementation: A Review." *European and Mediterranean Conference on Information Systems (EMCIS2008)*. May 25-26. Al Bustan Rotana Hotel, Dubai. (2008). Extraído de Matende S, Ogao P. "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation." *Procedia Technology*. 9 (2013), pp. 518 – 526. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.058
- Aloini D, Dulmin R, Mininno V. "Risk management in ERP project introduction: Review of the literature." *Information & Management*. 44 (2007), pp. 547–567
- Alshawi S, Themistocleous M, Almadani R. "Integrating diverse ERP Systems: a case study." *The Journal of Enterprise Information Management*. 17(6) (2004), pp. 454-462. Extraído de Escobar-Rodríguez T, Bartual-Sopena L. "Impact of cultural factors on attitude toward using ERP systems in public hospitals." *Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review*. 18(2) (2015), pp. 127–137
- Amoako-Gyampah K. "User involvement, Ease of Use, Perceived Usefulness, and Behavioral Intention: A test of the enhanced TAM in ERP implementation environment." *30th DSI Proceedings*. (20-23 November), (1999), pp. 805-807. Extraído de Matende S, Ogao P. "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation." *Procedia Technology*. 9 (2013), pp. 518 – 526. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.058
- Barki H, Hartwick J. "Measuring User Participation, User Involvement, and User Attitude." *MIS Quarterly*. 13(1) (1994), pp. 59 – 82. Extraído de Matende S, Ogao P. "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation." *Procedia Technology*. 9 (2013), pp. 518 – 526. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.058
- Berenice C, Izar-Landeta J.M, Bocarando-Chacón J.G, Aguilar-Pereyra F, Larios-Osorio M. "El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras: Implications and Perspectives of Industry 4.0." *CONCIENCIA TECNOLÓGICA*. 54 (2017), pp. 33-45
- Bo S, Shengkui Z, Rui K, Pecht M.G. "Benefits and challenges of system prognostics." 61(2). (2012), pp. 323–335. doi: 10.1109/TR.2012.2194173. Extraído de Schmidt B, Lihui W. "Cloud-enhanced predictive maintenance." *International Journal of Advance Manufacturing Technology*. 99 (2018), pp. 5–13. DOI 10.1007/s00170-016-8983-8
- Brynjolfsson E. "The Second Machine Age. Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies." Ed. W.W. Norton & Company. Nueva York. (2014). Extraído de Blanco R, Fontrodona J, Poveda C. "LA INDUSTRIA 4.0: EL ESTADO DE LA CUESTIÓN."

- De Groote, (1995). Extraído de Herrera M, Martínez E.A. "A Review of Maintenance Management Models: Application for the Clinic and Hospital Environment." *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 7(9) (2018), pp. 01-17. ISSN (e): 2319 – 1813 ISSN (p): 23-19 – 1805
- Esteves J, Pastor J, Casanovas J. "A goal/question/metric research proposal to monitor user involvement and participation ERP implementation projects." *Information Resources Management Association Conference (IRMA)*. Philadelphia (USA) (2003), pp. 325-327. Extraído de Matende S, Ogao P. "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation." *Procedia Technology*. 9 (2013), pp. 518 – 526. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.058
- Escobar-Rodríguez T, Bartual-Sopena L. "Impact of cultural factors on attitude toward using ERP systems in public hospitals." *Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review*. 18(2) (2015), pp. 127–137
- Gable G, Stewart G. "SAP R/3 implementation issues for small to medium enterprises." 30th DSI Proceedings. (20-23 November), (1999), pp. 805-807. Extraído de Matende S, Ogao P. "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation." *Procedia Technology*. 9 (2013), pp. 518 – 526. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.058
- Hermann M, Pentek T, Otto B. "Design principles for Industrie 4.0 scenarios." *Paper presented at the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Kohala Coast, HI, USA. January 5–8 (2016), pp. 3928–37. Extraído de Maskuriy R, Selamat A, Maresova P, Krejcar O, Oladipo D. "Industry 4.0 for the Construction Industry: Review of Management Perspective". (2019). DOI: 10.3390/economies7030068
- Li D, Zhang Z, Zhong Q, Zhai Y. "Performance deterioration modeling and optimal preventive maintenance strategy under scheduled servicing subject to mission time." *Chinese Journal of Aeronautics*. 27 (4). (2014), pp. 821–828
- Li D. X, Eric L. X, Ling, L. "Industry 4.0: state of the art and future trends." *International Journal of Production Research*. 56(8) (2018), pp. 2941-2962, DOI: 10.1080/00207543.2018.1444806
- Mantravadi S, Moller C. "An overview of next-generation manufacturing execution systems: How important is MES for industry 4.0?." *Procedia Manufacturing*. 30 (2019), pp. 588-595
- Mosconi M. "The New European Industrial Policy"; *Routledge*: London, UK. (2015). ISBN 9781315761756. Extraído de Piccarozzi M, Aquilani B, Gatti C. "Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review". *Sustainability*. 10, (2018), pp. 3821- 3845.
- Naya S. "Nuevo paradigma de Big Data en la era de la industria 4.0." *TOG (A Coruña)* [revista en Internet]. 15(27). (2018), pp. 4-9. Disponible en: <http://www.revistatog.com/num27/pdfs/editorial2.pdf>
- Paba S, Solinas G. "In Favour of Machines (But Not Forgetting the Workers): Some Considerations on the Fourth Industrial Revolution Working in Digital and Smart Organizations." *Springer*. (2018), pp. 39-63. Extraído de Zakaria N, Nasir A, Akhtar A. "Are the Leaders Ready to Embrace Industry 4.0?" *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*. 11(5) (2019).
- Pizzini M. J. "The relation between cost-systems design, managers' evaluations of the

- relevance: An empirical study of US hospitals." *Accounting Organizations and Society*. 31 (2006)pp. 179–210. Extraído de Escobar-Rodríguez T, Bartual-Sopena L. "Impact of cultural factors on attitude toward using ERP systems in public hospitals." *Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review*. 18(2) (2015), pp. 127–137
- Santos C, Mehraei A, Barros A.C, Araújo M, Ares E. "Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps." *Procedia Manufacturing*. 13 (2017), pp. 972-979.
- Secretaría de Estrategias Industriales. "La Digitalización y la Industria 4.0: Impacto industrial y laboral." *CCOO, Madrid*. (2017).
- Ślusarczyk B. "Industry 4.0 – Are We Ready?" *Polish Journal Of Management Studies*. 17(1) (2018). DOI: 10.17512/pjms.2018.17.1.19
- Tjahjono B, Esplugues C, Ares E, Pelaez G. "What does Industry 4.0 mean to supply chain?." *Procedia Manufacturing*. 13 (2017), pp. 1175-1182
- Wagner T, Herrmann C, Thiede S. "Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems." *Procedia CIRP*. 63 (2017), pp.125–131. DOI: 10.1016/j.procir.2017.02.041. Extraído de Alcácer V, Cruz-Machado V. "Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems." *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 22 (2019), pp. 899–919.
- Weyer S, Schmitt M, Ohmer M, Gorecky D. "Towards Industry 4.0 – Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems." *IFAC-Papers On Line*. 48(3) (2015), pp. 579-584, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.143>. Extraído de Alcácer V, Cruz-Machado V. "Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems." *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 22 (2019), pp. 899–919.
- White N. "Industria 4.0 -> Logística 4.0." *Gestión de Información Logística*. (2018).
- William J. H. "The Systems Approach to the National Health Problem." *Management Science*. 12(10) (1966), pp. 391-395. Extraído de Sweis G.J, Sweis R, Hussein R.R, Hiyasat M, Suifan T.S. "Priority Setting for Healthcare Facilities Maintenance." *Life Science Journal*. 11(2s) (2014), pp. 54-65
- Zakaria N, Nasir A, Akhtar A. "Are the Leaders Ready to Embrace Industry 4.0?" *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*. 11(5). (2019).
- Zhang L, Lee M. K. O, Zhang Z, Banerjee P. "Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning Systems Implementation Success in China." *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '03)*. (2003). Extraído de Matende S, Ogao P. "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation." *Procedia Technology*. 9 (2013), pp. 518 – 526. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.058