

# 8<sup>è</sup> Workshop TC2

## Indústria 4.0

17 de gener de 2019 - 10h  
Sala d'actes de l'EPSEM, Manresa

*Presentació dels treballs realitzats pels alumnes del Grau en Enginyeria de Sistemes TIC, en el marc de l'assignatura de Tecnologies Complementaries*



### Comitè Tècnic

Jordi Albiol, EMIT, UPC  
Victor Barcons, EMIT, UPC  
Jordi Bonet, EMIT, UPC  
Edgar Costa, NSG, ETH  
Margarita Domenech, MAT, UPC  
Teresa Escobet, EMIT, UPC  
Jordi Fortuny, OE, UPC  
Rosa Giralt, EMIT, UPC  
Inmaculada Martínez, EMIT, UPC  
Xavier Moncunill, EMIT, UPC  
Pere Palà, EMIT, UPC  
Marc Antoni Soler, EMIT, UPC  
Marta Tarrès, EMIT, UPC  
Jesús Vicente, EMIT, UPC

### Organització

Joan Martínez, EMIT, UPC

### Treballs Realitzats

#### Logística de la Smart Factory

O.Arrabal, F.Arrufí, J.Cortada, A.Prieto, J.Salguero

#### Reptes del Big Data a la Smart Factory

D.Fornell, E.García, X.Lasso, D.Márquez, P.Vilà

#### Programació del Manteniment de les Smart Machines

P.Beringues, M.Espejo, A.Martínez, A.Mellado, M.A.Román

#### La Seguretat en les Comunicacions

L.Brosa, S.Figols, O.Fort, J.Solé

#### Interfícies d'usuari pel Smart Worker: Realitat Virtual

G.Franco, L.Massanés, A.Molino, D.Ramón, D.Salvans

#### Una Plantilla per Prevenir Lesions en l'Àmbit Laboral

J.Brunet, C.Martínez, J.Merino, P.Parera, A.Soriano

#### Optimització del Consum Energètic en la Indústria 4.0

G.Cura, J.Girabal, J.Malo, I.Mollet, Q.Notario



Enginyeria de  
Sistemes TIC



# Logística de la Smart Factory

Oscar Arrabal, Francesc Arruffi, Josep Cortada, Alejandro Prieto, Jordi Salguero

<sup>#</sup>Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC

*«Logística: Conjunt de processos que permet assegurar el flux eficient de les matèries primeres, dels productes en procés d'elaboració i dels productes acabats des del punt d'origen fins als centres de consum, passant pels centres d'emmagatzematge i de distribució.» Dicc*

**La logística de la Smart Factory, així com tots els elements que la conformen, és un dels pilars de la Indústria 4.0, o Indústria Intel·ligent, en la qual es vol assolir la posada en marxa d'un gran nombre de fàbriques intel·ligents, amb capacitat d'adaptar-se a les necessitats del mercat, com també als processos de producció. Així, en aquest article es parla sobre la «Logística de la Smart Factory», en què consisteix i la seva evolució. Entre altres coses, veurem alguns dels elements que en formen part, com la robotització i els processos intel·ligents que han passat, cada vegada més, a formar part de la idiosincràsia de la indústria, dels seus avantatges i inconvenients i de les seves possibilitats i reptes.**

## I. INTRODUCCIÓ

La logística de la Smart Factory, és l'ús de les noves tecnologies, com per exemple la utilització del Internet of Things (IoT), per potenciar la logística de la indústria. S'aplica directament per millorar molt considerablement la productivitat de les empreses. El terme Smart Factory ve associat a la Indústria 4.0.

Amb aquesta implementació de la automatització de la logística en els processos industrials, és possible realitzar càlculs de subministraments a temps real, millorant l'eficiència degut a l'agilització que comporta aquesta millora tecnològica. A partir d'aquest mètode es pot realitzar, també, una estimació de la possible disponibilitat, o no, de material a cada lloc de treball, que deriva en una millora de la organització del material actual i per demanar.

## II. HISTÒRIA

No es pot parlar de logística sense fer un breu resum de la seva història, dels fets que l'han anat marcant fins a arribar avui dia i, sense anomenar els invents que l'han fet evolucionar. Així, es pot dir que hi ha tres grans fets en la història que marquen un abans i un després i que conformen la indústria actual tal i com la coneixem: la màquina de vapor, la mecanització i l'automatització<sup>[1]</sup>. La primera va permetre recórrer, per primera vegada, grans distàncies a una elevada velocitat, motiu pel qual la producció i les relacions comercials, entre altres, es van veure enormement augmentades. La segona, amb la producció en cadena com a exemple, va permetre reduir costos. Els productes fabricats cada vegada esdevingueren més barats i assequibles pel gran públic. L'últim gran avenç, l'automatització, permet a la indústria ésser abanderada en la innovació tecnològica i científica. Tot i la gran evolució, es troba un inconvenient vers al treballador físic, on aquest es veu substituït per una màquina o un ordinador, el qual és més car d'implementar però més barat de mantenir. Un

exemple d'això seria el què, actualment, està vivint «la Caixa», la qual, tot i què per al setembre de l'any 2018 tenia uns beneficis superiors en un 18%, vol executar un ERE i acomiadar uns 2000 treballadors<sup>[2][3]</sup>.

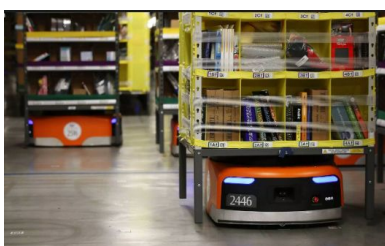
Actualment, a arrel d'aquesta automatització en la indústria, hi sorgeixen nous elements: la robotització, la intel·ligència artificial (IA) i la digitalització. La primera es pot dir que neix el 1961, amb el robot «Unimate», fabricat per «Unimation» i instal·lat per General Motors<sup>[4]</sup>, que ha permès augmentar la productivitat de les fàbriques, disminuint el temps de fabricació i augmentant la precisió amb la qual es treballa. La segona, nascuda a la dècada dels 50 amb Allan Turing i el seu article: «Computing Machinery and Intelligence», en el que teoritzava sobre si les màquines poden, o no, ser intel·ligents amb el què es coneix com a «Prova de Turing». Aquesta AI s'empra per resoldre problemes difícils i delegar feines, amb l'objectiu d'augmentar encara més la productivitat i l'eficiència mitjançant mètodes estadístics, computacionals i autònoms. Per últim, la digitalització, que es podria definir com l'emmagatzemament massiu de dades i informació, pot ésser trobada i emprada en qualsevol part del món i neix amb l'ús massiu de targetes perforades, les quals van estar inventades per l'americà Herman Hollerith<sup>[5][6]</sup>. Tot i això, aquesta recopilació de dades personals i informació, vulnera un dels principals drets que ha de tenir la humanitat com és la privacitat.

Aquest breu resum servirà per entendre amb més profunditat els canvis produïts a la logística aplicada a la indústria, gràcies a l'anomenat procés d'Indústria 4.0

## III. ROBOTITZACIÓ EN LA LOGÍSTICA

La logística és un tema de gran abast i el procés de fabricació és un important pilar d'aquesta. Com ja s'ha explicat en l'apartat anterior, la robotització està cada vegada més unida a la fabricació. Braços mecànics dedicats exclusivament a moure i tractar peces, cadenes de muntatge dedicades a moure les peces per a posteriorment unir-les i avenços en general, dedicats a optimitzar al màxim els diferents processos de fabricació que hi puguin haver en la indústria. En aquest sentit, les grans empreses i multinacionals dediquen gran part dels seus recursos a l'automatització, ja que a llarg termini obtindran grans beneficis gràcies a aquestes innovacions. És el cas, per exemple, de PSA, que en comptes de contractar personal dedicat a dur a terme processos tant senzills com el del muntatge de peces o el procés de pintura dels vehicles, són robots els que fan les tasques, i, a més, d'una forma molt més eficient i precisa que qualsevol humà<sup>[7]</sup>.

Altres empreses, dedicades a la venda online, basen la seva logística a una robotització constant, amb un procés que anomenen «Long tail»<sup>[8]</sup>, o «Llarga cua» en català. L'objectiu del qual és obtenir un gran estoc de productes diferents i d'inventari, amb poques quantitats de cada producte. D'aquesta forma, l'empresa proposa al consumidor diferents opcions de compra, fent que el consumidor agafi la opció més adient a les seves necessitats. Aquest procés es duu a terme, en gran part, amb la robotització dels seus magatzems, amb varis robots autònoms i semiautònoms dedicats a recórrer les enormes estanteries dels seus immensos magatzems<sup>[9]</sup>. Així, i gràcies a no necessitar treballadors que facin aquesta feina - amb el consegüent estalvi de sous que això comporta - l'empresa pot reduir els seus costos, tot i que, per a que això sigui possible, s'ha de tenir la quantitat òptima de demanda, ja que sinó els beneficis es converteixen en pèrdues pel gran estoc guardat i immobilitzat.



Imatge I: robots d'Amazon en plena acció.

A tall d'exemple d'algun dels problemes generats per aquesta robotització, recau en la pròpia substitució del treball humà pel robotitzat es genera un gran conflicte social, ja que el futur de treballadors, de famílies i dels centres urbans que han anat naixent des de la Revolució Industrial es poden veure afectats per aquests avenços imparables.

Actualment, tot està lligat, la indústria, la logística, la industrialització, i tot i que qualsevol avenç implica un gran problema, la humanitat ha acabat resolent, amb més o menys problema, tot el que se l'hi ha plantejat, i aquesta no serà una excepció<sup>[10]</sup>.

#### IV. INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL

No es pot parlar d'Smart Factory sense aturar-se a parlar d'un gran punt com és la intel·ligència artificial (IA). La logística i transport associat a aquest tipus d'indústria està cada vegada més automatitzada<sup>[11]</sup>, amb uns processos de distribució que, mitjançant la resolució de problemes amb IA poden indicar les millors rutes comercials, resolent en gran mesura els difícils problemes associats a la distribució de material en, per exemple, gran superfícies.

D'aquesta forma, cada vegada més empreses relacionades amb l'automoció, com Tesla, o amb el transport, com és el cas d'Uber, o d'altres molt allunyades d'aquests àmbits, com són Google o Facebook, estan fent els seus propis prototips de cotxes autònoms, els quals funcionen amb una IA dissenyada per aquestes mateixes empreses. És el futur de l'automòbil, però també ho és de l'aviació, ja que segons el catedràtic Miquel Àngel Piera, hi haurà avions completament autònoms i sense tripulació

en un període inferior a uns 20 anys, fet que afectarà d'una forma especial a tots aquells treballadors implicats en el transport. Això, entre altres coses, permet reduir costos substituint les dues tripulacions que hi ha en aquests tipus d'avions - necessàries actualment per a la seguretat de l'avió, al realitzar aquests trajectes molt llargs - però també en augmentar la seguretat, ja que, segons aquest catedràtic, el principal motiu d'accidents en qualsevol mena de transport és a causa d'errors humans. Així mateix, en paraules de Miquel Sureda, coordinador de la UPC, «Seria interessant que tinguessin (els avions) incorporada una IA que aprengués de com reaccionen els pilots en cas d'emergència» tot i que en el mateix article s'aclareix «estem molt al principi i encara no hi ha molt desenvolupament»<sup>[12]</sup>.



Imatge II: tot i actualment els avions ja duen ordinadors i sistemes que controlen i monitoritzen el vol, aquests bots encara poden ser molt més intel·ligents i efectius amb una IA suficientment avançada

A més a més dels sistemes d'aviació i transport, la IA es troba en múltiples àrees de la logística, desde la compra de materials, la gestió del transport - amb problemes propis de la teoria de grafs, com la millor ruta per anar d'un lloc a un altre o la millor forma de gestionar la distribució entre els diferents punts de treball de l'empresa - , la producció, així com de l'inventari i el magatzem, entre d'altres. Encara no s'ha arribat a analitzar quina forma i tècniques associades a la IA formen part d'aquests processos, però sí que és possible determinar que tots aquests es basen en la recollida de dades, per tal de descobrir patrons i punts clau de cada activitat associada a la distribució, i, per inclusió, a la logística<sup>[13]</sup>.

En especial, i tornant a l'exemple d'Amazon de l'apartat anterior, aquesta empresa dedica bona part dels seus recursos a la IA, de forma que gairebé tot el seu procés, des del seu inventari i fins a l'entrega del producte, està influenciada per aquesta tecnologia<sup>[14]</sup>. D'aquesta forma, tot el seu catàleg està caracteritzat per l'estacionalitat, la qual està controlada per IA; els costos d'enviament també són calculats per mitjà de la localització actual del client i, fins i tot, aquesta és capaç de determinar el grau de treball, d'eficiència i de disponibilitat dels seus magatzems, ubicats a diferents parts del món.

Però, per a que la IA funcioni i sigui productiva, necessita tenir accés a la privacitat dels usuaris, des de les dades personals i fins i tot els gustos. Des d'un punt de vista productiu, pot arribar a ser lògic, necessari i fins i tot ètic aquesta violació als drets fonamentals, però des d'un punt de vista més humà costa d'entendre aquesta necessitat per accedir a les dades, un control absolut del que s'està fent. I encara costa més d'entendre com l'humà, sabent el que això pot arribar a comportar, li dóna permís. És lògic, però no se sap si és legítim. El temps dirà.

## V. EL PROCÉS DE DIGITALITZACIÓ

La digitalització, definida com l'operació en la qual una operació analògica esdevé digital, està íntimament lligada a la Smart Factory<sup>[15]</sup> i, conseqüentment, a la logística implicada en ella. D'aquesta forma, es poden crear, gràcies a aquest fet, una millor interacció entre màquina i humanitat, així com un intercanvi constant d'informació, necessari moltes vegades perquè la logística sigui funcional i eficient. Així mateix, noves tecnologies, com el «Big Data», o el «Cloud», o núvol en català, permeten tenir registrat en tot moment, i en còpies de seguretat constants, tota la informació rellevant, tant sigui aquesta la d'un govern o la de qualsevol empresa.

D'aquesta forma, i gràcies al procés digital, es pot obtenir un augment de la productivitat, una major flexibilitat i eficiència, a partir de sacrificar costos i a disposar d'una indústria més sostenible, amb una cadena de valor més integrada i complexa<sup>[16]</sup>. Aquesta millora és deguda al fet que totes les màquines, tots els robots i, òbviament, els treballadors, estan completament vigilats durant tota la seva jornada laboral, amb programes que es dediquen a controlar qualsevol moviment executat en la producció de material. Degut a la mínima distància entre la digitalització i la connexió entre les diferents peces que conformen la indústria i la logística, és viable la creació de productes i/o processos intel·ligents, connectats i integrats amb aquells serveis associats amb un alt valor agregat i potenciat en tota la cadena de valor.

Així, alguns dels avantatges que pot suposar la digitalització en les grans empreses són: una capacitat constant d'adaptació a la demanda, un servei més personalitzat per al client, un servei post-venda més integrat i adequat per cada tipus de client, un menor cost de temps en tots els elements del procés, afegir serveis digitals a productes físics o unes sèries de producció més curtes i rendibles. A part d'això, aquesta digitalització constant de la informació i de les cadenes de producció també suposa que tota la informació captada sigui analitzada perquè les grans empreses puguin prendre decisions en temps real. El següent gràfic exemplifica els guanys d'incorporar la digitalització a la indústria<sup>[17]</sup>.



Imatge III: guany en eficiència en plantes de producció digitalitzades<sup>[11]</sup>.

## VI. IMPACTE I APLICACIONS

Encara que la producció s'hagi basat des dels seus inicis en la fabricació de grans volums de productes, en l'actualitat les empreses estan veient com, incorporant línies de producció intel·ligents, és possible, no només produir de forma

personalitzada, sinó que també ho és gestionar un gran volum d'estoc d'una forma econòmica. I això és una realitat gràcies al Big Data, a l'anàlisi d'informació continua i en temps real. La Indústria 4.0 és capaç de fabricar els productes necessaris, personalitzats per cada client; així com gestionar les comandes de matèries primeres i les línies de distribució d'una forma prou més eficient, en funció de les necessitats de cada moment i les previsions que s'hagin fet en l'anàlisi de dades anterior. L'estoc, doncs, queda reduït a l'estrictament necessari, amb molt poc material immobilitzat. A part, també és possible controlar, mitjançant l'etiquetatge, l'ubicació en tot moment de qualsevol producte, així com les seves característiques. Per una altra banda, cada operari genera informació en temps real, d'aquesta forma s'actualitza la informació del procés logístic. L'optimització de rutes, la reducció de riscos i el control de la mercaderia són alguns d'aquests processos que queden optimitzats.

Però aquesta implementació també té impactes en la indústria actual ja que prescindir dels sistemes d'informació tradicionals - Internet front el telèfon o el fax - o la implementació de noves tecnologies, com els sistemes RFID - identificació per radiofreqüència -, entre d'altres innovacions<sup>[18]</sup>, poden suposar un cost excessiu per a la petita i mitjana indústria, la qual, normalment, té tendència a romandre antiquada.

Així mateix, la gestió d'estoc amb sistemes RFID<sup>[19]</sup>, amb el qual es pot saber tota la informació necessària del producte com podria ser: la seva quantitat, model, localització exacta d'emmagatzematge (estanteria, nau, passadís...), permet tenir controlat l'estoc de forma totalment intel·ligent i actualitzada. A més, aquests chips son introduïts sense necessitat de disposar d'un sistema central de gestió, ja que únicament són una pegatina que pot ser pegada en qualsevol lloc.

Econòmicament, l'aplicació d'aquestes noves tecnologies es separaria en dues situacions diferents:

En un primer lloc, les famoses PYME's tenen un gran problema d'adaptació, ja que pel capital que tenen no els permet fer grans inversions. D'altra banda, aquests tipus d'empreses solen disposar de instal·lacions petites, amb recursos insuficients per a una instal·lació tecnològica potent. Així doncs, que una PYME apliqui uns recursos i un espai que no té per tal de fomentar una innovació que per economia i espai esdevé quasi utòpica, és un despropòsit, tot i que existeixen alternatives, com la subcontractació<sup>[20]</sup>. També és normal que qualsevol empresa, sigui gran o petita, destini cada vegada més recursos a la innovació a mesura que va creixent.

L'altra posició es troba en grans multinacionals, on la inversió en noves tecnologies, la invenció de patents i la quantitat de recursos que poden mobilitzar supera el PIB d'alguns països - com en el cas d'Apple, el valor borsari de la qual supera el PIB de països tan avançats com Noruega o Suïssa<sup>[21]</sup>.



Imatge IV: actualment hi han diverses fires destinades als processos de producció i fabricació. En aquests llocs, les empreses poden estar al dia dels nous avenços del sector, així com es gestionen contractes de subcontractació entre les diferents empreses que en formen part.

## VII. REPTE A ASSOLIR

La logística 4.0 encara ha d'afrontar un nombre important de reptes que seran els que marcaran un punt d'inflexió entre la logística que avui en dia coneixem i la nova logística per a la indústria 4.0.

El canvi de mentalitat de la indústria, enfocada cada vegada més a una producció sota demanda enfront de la tradicional producció per estoc, en la qual l'empresa ha de gestionar grans quantitats de material en grans magatzems, fet que suposa un cost extra en tenir una gran quantitat de productes immobilitzats - exemple d'això és Dell<sup>[22]</sup> -, implica que la logística ha d'assolir nous reptes per tal d'oferir temps de resposta més curts i adequats a aquest nou sistema.

Això serà possible gràcies a l'automatització del procés mitjançant mètodes nous de codificació de la informació, ja que permetrà un major nombre d'informació amb un temps de procés molt inferior. També es podrà aprofitar tota aquesta informació per tal d'anticipar les necessitats de la indústria<sup>[23]</sup>.

Per això hi ha d'haver una innovació constant en absolutament tots els factors que intervenen en la indústria. I aquesta innovació constant ha d'anar acompanyada d'una logística que permeti interconnectar processos, mètodes i eines per tal que actuïn com un únic sistema, d'igual forma que els engranatges d'un rellotge estan perfectament equilibrats, la logística ha de ser el pont que uneixi procés, màquina, gestió, inventari i treballador.

En altres paraules, l'objectiu de la logística ha de ser aconseguir integrar-los tots, fer-los interactuar entre si, obligar-los que aprenguin els uns dels altres i que cooperin, per tal que tota innovació, tota tecnologia i tot mètode implicat actuïn com un de sol.

## VIII. AVANTATGES I INCONVENIENTS

Tota innovació comporta riscos, problemes i inconvenients que fan necessari el debat i l'obligació moral de trobar una solució que satisfaci tant a la indústria com al veritable afectat, el treballador. Així, abans d'implementar qualsevol tecnologia o mètode, es fa necessària una revisió d'aquest, veient ja no solament com pot afectar a la producció, als canals de

distribució o al mateix consumidor, sinó que també s'ha de preveure el nombre de treballadors que en última instància patiran les conseqüències amb els seus propis llocs de treball i sous.

Dins aquesta mateixa línia es troba el "Fòrum Econòmic Mundial", el qual pensa que amb aquests processos d'industrialització es veuran afectats aproximadament uns 7 milions de llocs de treball que ja no seran necessaris en el procés de producció. Aquest aspecte només significa que les fàbriques cada vegada esdevindran més independents dels treballadors, i que aquests cada vegada seran menys, els justos i necessaris. Però no és tot, ja que el transport autònom comença ja a ser una realitat quan les empreses destinen grans quantitats de capital i d'innovació en aquest sector. El futur exigeix reduir plantilles, ja siguin aquestes de fabricació, com de distribució o fins i tot les destinades de cara al públic. Tot i això, hi ha discrepàncies sobre aquest fet, ja que altres organitzacions, com l'«Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic», és més pessimista en les seves prediccions, ja que eleva aquesta xifra a 66 milions de treballs en, almenys, deu anys<sup>[24]</sup>.

Així mateix, països típicament avançats i altament industrialitzats, com els EUA, Alemanya o Anglaterra, perdran un 14% dels actuals llocs de treball - segons l'OCDE -, mentre que el 32% dels seus mercats patiran canvis importants. A banda, potències emergents com la Xina, ho estan donant tot per incentivar aquesta nova indústria amb plans com «Made in Xina 2025», el qual té l'objectiu de promoure la indústria xinesa i fomentar nous llocs de treball seguint la seva pròpia experiència<sup>[25]</sup>.

Una altra conseqüència deriva en la necessitat d'oficis més exigents, amb una elevada formació, adaptació i reeducació. En altres paraules, no només es perdran molts llocs de treball, sinó que els que quedin, necessitaran un elevat grau de responsabilitat i d'exigència formativa<sup>[26]</sup>. Així doncs, un 54% de les empreses consultades està formant digitalment els seus treballadors, mentre que d'altres, un 44%, necessiten joves talents, enginyers i especialistes per donar forma als seus nous objectius<sup>[27]</sup>.

Es troben situacions en totes direccions, ja que segons Cap Cargemini S.A.<sup>[28][29]</sup> les empreses que han invertit en digitalització veuran augmentada la seva productivitat un 27%. Això es tradueix en uns 500.000 milions de dòlars aportats a l'economia mundial, gràcies a una producció i distribució intel·ligents, i a uns costos cada vegada més reduïts. D'altra banda, les empreses consultades en aquest estudi preveuen que el 2022, el 21% de les seves plantes seran intel·ligents. I no només això, els avenços tecnològics també implicaran una millora en la flexibilitat, ja que permeten produir d'una forma més adaptable i econòmica. Amb la mateixa idea, la meitat de les fàbriques consultades als EUA, França, Alemanya i Regne Unit ja treballen amb aquests processos de producció i de distribució, enfront del 25% xinès o 28% indi. És obvi, doncs, que les principals potències estan més avançades en aquest sentit que els països emergents.

D'aquesta forma, i com podem observar, la Indústria 4.0 és un clar exemple d'inversió: només en 5 anys, una mica més de la meitat de les empreses consultades ha invertit almenys 100 milions de dòlars en aquesta revolució, mentre que un 20% ha invertit no menys de mig bilió de dòlars. No obstant tots aquests números, el

cert és que només un 6% de les empreses consultades presenta un grau avançat de digitalització, mentre que només el 14% reconeix l'èxit d'aquests plans.

## IX. FUTUR

Per tal de fomentar els nous models de robotització, IA i digitalització de la indústria, el futur de la logística ha de passar pels següents punts:

- Logística col·laborativa: per aconseguir una bona logística s'ha d'aconseguir, primer, que tots els integrants de qualsevol empresa - entenent aquesta com un conjunt de pràctiques amb la finalitat d'arribar a algun lloc - vagin de la mà. Per aconseguir-ho, s'han d'integrar sistemes informàtics, equips humans, models i protocols de forma que possibilitin una relació més entre tots els integrants i processos<sup>[30]</sup>.
- Adaptació a les necessitats del «e-commerce»: la immediatesa dels processos, escurçant cada vegada més els temps entre processos<sup>[31]</sup>.
- Sostenibilitat: La logística terrestre i aèria està en el punt de mira per la seva emissió de gasos contaminants. Per això és necessari crear flotes i rutes més eficients per tal de reduir l'impacte mediambiental. La següent referència recull empreses que dediquen recursos a la logística sostenible<sup>[32]</sup>.

## X. CONCLUSIONS

Es pot parlar dels avenços en la logística que han permès dur a terme aquesta automatització passant, per la robòtica o la intel·ligència artificial (IA). És probable que aquest article no englobi tots els mètodes de logística 4.0, però en definitiva es pot treure com a conclusió, que cada cop s'està encaminant cap a un procés automàtic, que la màquina sap quan s'ha d'avisar al transportista i el client sap amb precisió quan necessita els materials abans de que s'acabin, per càlculs estadístics i sistemes de gestió. Per tant es pot afirmar que es faran les unitats que es calcula que es vendran i, conseqüentment, es suprimirà considerablement el stock i l'emmagatzematge de productes.

Una gran conclusió que es pot extreure d'aquest tema a tractar és que l'aplicació de l'automatització en els sistemes de logística ja és una realitat i l'inici d'un camí a una indústria molt més còmode i adaptada a tot tipus de necessitats, augmentant els nivells d'eficiència. Això, però, no descarta també la complicació vers els treballadors actuals, ja que, està comprovat que aquest món ple de tecnologia avançada és el present i futur i, per tant, es perdran gran part dels llocs de treball o, en el millor dels casos, s'adaptaran a unes altres tipus de feines (manteniment de la maquinària i control rutinari entre d'altres).

## REFERÈNCIES

1. E.M. Transporte Europeo. (2018). Industria 4.0. Conectada al

mundo logístico ». Available from: <https://emte.es/industria-4-0-conectada-al-mundo-logistico/>

2. Cortadellas J. (2019). CaixaBank y sindicatos iniciarán la negociación del ERE el 10 de enero. *elperiodico* [online]. <https://www.elperiodico.com/es/economia/20190104/caixabank-y-sindicatos-iniciaran-la-negociacion-ere-10-enero-7229339>

3. Cordero D (2019). CaixaBank gana 1.768 millones hasta septiembre, un 18,8% más. *EL PAÍS* [online]. [https://elpais.com/economia/2018/10/26/actualidad/1540531690\\_622376.html](https://elpais.com/economia/2018/10/26/actualidad/1540531690_622376.html)

4. ProQuest. (2018). Los equipos de fichas perforadas como instrumento de administración. *Search.proquest.com* [online].

5. García Vázquez JM, Lampón Caride JF, Vázquez XH, (2019), *Mincotur.gob.es* [online]. [https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/358/1Pag\\_s.%20131%20a%20la%20138\\_%20E\\_INDUST-358.pdf](https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/358/1Pag_s.%20131%20a%20la%20138_%20E_INDUST-358.pdf)

6. Albarracín Maldonado, A (2018). Análisis del sistema de inventario que aplica la empresa virtual «Amazon» para reducir sus costos. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12039/1/ECUACE-2018-AE-CD00267.pdf>

7. Moya, NJ. La robótica en el servicio hotelero. Futuro incierto de las sociedades turísticas deshumanizadas. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. 2017 May;309:7.

8. Molins Renter, A. La aviación toma un nuevo rumbo con la inteligencia artificial. *La Vanguardia*. 2018 Jun. Available from <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20180620/45277495033/inteligencia-artificial-aviones-vuelos-sin-piloto.html>

9. Yepes Piqueras V and Medina Folgado J. Optimización económica de redes de transporte del tipo VRPTW. *Trid.trb.org* [online]. <https://trid.trb.org/view/965182>

10. Icarte Ahumada G. Aplicaciones de inteligencia artificial en procesos de cadenas de suministros: una revisión sistemática. *Ingeniare Revista chilena de ingeniería*. 2016; 24 (4) : 663-679

11. Mcfarlant, M, . Amazon: así funciona la inteligencia artificial al comprar un par de calcetines. *CNN* [online]. <https://cnnespanol.cnn.com/2018/10/09/amazon-comprar-inteligencia-artificial-como-funciona/>

12. Bayona, C (2019). ¿Qué es la Industria 4.0 y qué aporta a mi empresa?. APMEN [online]. <http://asociacionmetal.com/la-industria-4-0-aporta-mi-empresa>
13. Subcontratación 2019 ofrece a las pymes un espacio para hacer crecer su negocio, 2019. Interempresas [online], <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/229478-Subcontratacion-2019-ofrece-a-las-pymes-un-espacio-para-hacer-crecer-su-negocio.html>
14. 10 países con un PIB inferior al valor de mercado de Apple, 2019. Expansión [online], <https://expansion.mx/negocios/2015/02/10/10-paises-con-un-pib-inferior-al-valor-de-mercado-de-apple>
15. Así Revolucionó Dell la Industria de los Ordenadores | Caso Dell, 2018. YouTube[online], <https://www.youtube.com/watch?v=N6NAKeoeRDY>
16. Predicción en Big Data - IIC, 2019. Instituto de Ingeniería del Conocimiento [online], <http://www.iic.uam.es/big-data/analitica-predictiva/prediccion/>
17. «La robotización amenaza a uno de cada siete puestos de trabajo en todo el mundo». [Consulta: 14 noviembre 2018].
18. Industria 4.0 y Made in China 2015 ¿Con cual te quedas? - CF, 2019. CF [online], <https://www.ciberfabrica.com/made-in-china-2015-y-industria-4-0/>
19. «Van a desaparecer empleos mecánicos, y van a aparecer nuevas profesiones más creativas». [Consulta: 17 noviembre 2018].
20. Rossman M, Khadikar A, Le Franc P, Perea L, Buvat J, Ghosh A et al. Smart Factories and the Modern Manufacturer. Available from: <http://www.capgemini.com/resources/smart-factories-how-can-manufacturers-realize-the-potential-of-digital-industrial/>
21. Capgemini Authors. El número de grandes fortunas y la riqueza que concentran alcanzan el nivel más alto de la historia. Available from: <https://www.capgemini.com/es-es/wp-content/uploads/sites/16/2017/09/np-informe-riqueza-capgemini.pdf>
22. Logística colaborativa, un arma competitiva - Blog Transgesa, 2019. Blog y noticias de Transgesa | Transgesa [online].
23. Gómez W, 2019, Cómo el e-commerce está cambiando la industria logística. Amerisalogistics.com [online]. 2019. Available from: <https://www.amerisalogistics.com/blog/es/c%C3%B3mo-el-ecommerce-est%C3%A1-cambiando-la-industria-logistica>
24. 10 casos de logística sostenible con el medio ambiente, 2019. Revista de Logística[online].



# Reptes del Big Data a la Smart Factory

David Fornell<sup>1</sup>, Enric García<sup>2</sup>, Xavier Lasso<sup>3</sup>, David Márquez<sup>1</sup>, Pau Vilà<sup>4</sup>

<sup>#</sup>Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC

<sup>1</sup>[davidfornell99@gmail.com](mailto:davidfornell99@gmail.com)

<sup>2</sup>[enricgar999@gmail.com](mailto:enricgar999@gmail.com)

<sup>3</sup>[xalacr999@gmail.com](mailto:xalacr999@gmail.com)

<sup>4</sup>[dmarquez.estudis@gmail.com](mailto:dmarquez.estudis@gmail.com)

<sup>5</sup>[pauvila7@gmail.com](mailto:pauvila7@gmail.com)

*Resum - si bé és cert que el Big Data és un concepte molt estretament lligat a la quarta revolució industrial, aquest no tan sols ha obert portes sinó que també ha creat la necessitat d'afrontar nous reptes. Aquest article s'enfoca en donar unes pinzellades sobre el concepte de Smart Factories, tot aprofundint, sobretot, en aquests nous reptes que caldrà afrontar per fer que aquest nou concepte s'estandarditzi. Els nous sistemes de captació de dades, les noves dades desestructurades, la seva protecció i la formació del nou perfil de treballadors són, entre d'altres, els punts en els quals s'ha aprofundit. Aconseguir una solució viable per als reptes descrits serà clau per la implantació global de les Smart Factories i la seva prosperitat.*

*Paraules Clau: Big Data, Smart Factory, Indústria 4.0*

## I. INTRODUCCIÓ

Al llarg de la història, es parla de diverses revolucions industrials que han afectat directament a la societat i l'economia de l'època. En l'actualitat, es diu que s'està vivint una nova revolució que afecta de manera directa les indústries, [1]. Per primer cop l'any 2011, [2], es va començar a parlar d'una Indústria 4.0, amb la Smart Factory com a protagonista i caracteritzada per la implementació de sistemes ciber-físics, [3], IoT, [4] i el Big Data, [5], terme que va aparèixer a finals dels anys 90, [6]. El concepte Smart Factory descriu un entorn on la maquinària i l'equipament informàtic poden millorar processos utilitzant l'automatització i l'optimització automàtica amb presa de decisions a temps real, [7]. Aquestes estan especialment lligades al concepte de Big Data, que són enormes blocs d'informació altament diversificada i no estructurada, [8]. La característica principal d'aquesta revolució tecnològica i industrial és l'optimització màxima de la producció fruit de la presa de decisions i tractament de dades fetes pel mateix sistema d'autogestió. De tota manera aquest sistema també ha provocat l'aparició de nous problemes, cosa que aprofundirem en l'apartat III. Aquest article té com a objectius posar de manifest els reptes que ha comportat la implementació de Big Data a la indústria, donant alhora unes pinzellades d'altres conceptes estretament relacionats.

## II. BIG DATA A LES SMART FACTORIES

Els Big Data, com a motor de les Smart Factories, [7], han guanyat una importància enorme en la indústria moderna, [9]. La captació, interpretació i posterior utilització d'aquesta quantitat immensa de dades que la Big Data comporta és una

feina complexa que requereix una capacitat de captació i processament de dades molt important, [10]. Per aquest motiu es comença a buscar eines que facilitin aquestes adaptacions perquè les empreses puguin permetre's aquests canvis de forma eficient. Aquestes implementacions que transformen la fàbrica en Smart Factory aporten grans avantatges respecte a la gestió de la fàbrica, com ara: una millora de la qualitat del producte i zona de treball, eficiència en el procés de fabricació o reducció considerable de costos, [11]. Això és degut que el fet de produir i autogestionar informació permet donar una resposta instantània o en molt poc temps a qualsevol problema que pugui sorgir. Sovint es pot arribar a fer la previsió del problema i prevenir la seva aparició o preparar-ne la resposta abans que tingui lloc per poder solucionar-ho com més aviat millor. Això provoca un augment de la productivitat notable, [11].

En l'àmbit extern, el Big Data també permet una anàlisi de mercat molt més exhaustiu i exacte, cosa que permet modificar la producció per donar resposta a les fluctuacions de mercat. Per altra banda, i a nivell més organitzatiu, permet valorar l'entrada de l'empresa en nous mercats o el canvi de producte a produir, [12]. Lligat a això, també destaca que generalment la sensorització es pot reutilitzar en cas de canvis en la producció. Això es deu al fet que típicament els sensors són de propòsit prou general per a ser utilitzats en més d'un cas o bé ser utilitzats de la mateixa manera tan sols fent un canvi de posició.

## III. REPTES DEL BIG DATA EN LA SMART FACTORY

Tot i els clars beneficis de l'ús del Big Data i de la Smart Factory i el gran impacte que tenen en una fàbrica/empresa, s'ha de tenir present que la seva implementació no sol ser senzilla. Més aviat al contrari; el fet d'haver de moure, gestionar i entendre totes les dades generades i rebudes converteix la implementació del Big Data en la Smart Factory una tasca molt complicada i tediosa, creant la necessitat de l'aparició dels enginyers en Big Data. A continuació es detallen els principals handicaps presents en Smart Factories derivats de l'ús de Big Data. Es tractaran sobretot els àmbits de la generació, tractament i protecció de dades, formació per nou personal i programari:

### A. Adquisició de dades

El repte neix en la inconsistència de les fonts de dades, ja que aquestes (vegeu punt III-B) provenen de fonts molt heterogènies i amb disponibilitats molt diverses, cosa que complica la creació de software que les combini i integri eficientment. Un sistema per adquirir dades industrials d'automatització molt potent i utilitzat en la Indústria 4.0, [13][14][15], és el SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), [15][16]. És una arquitectura de sistema de control que utilitza ordinadors, comunicacions de dades en xarxa i interfícies gràfiques per un alt nivell de supervisió i gestió [16]. Aquest sistema presenta reptes en relació a gestió de complexitat, fiabilitat, robustesa, escalabilitat i seguretat informàtica.

### B. Fonts de dades molt distribuïdes

Les dades obtingudes en una fàbrica es generen des de diverses fonts, ja siguin sensors, vehicles, edificis, humans, aparells electrònics i altres, [9][10]. Totes aquestes, ofereixen conjuntament una quantitat enorme de dades. Tot i això, el fet que les dades vinguin de diferents operacions i aparells, fa que la seva combinació i integració en un sistema homogeni sigui bastant complexa, [13].

### C. Dades no estructurades, semiestructurades i no existents en la Smart Factory

Les fàbriques generen dades desestructurades, com informes de manteniment o canvis en els plans de producció, [13] [10]. També es pot donar el cas de mal funcionaments en sensors o amb canals de comunicació, [13]. La complicació està en poder actuar tal com ho faria un operador normal. És a dir, poder interpretar les dades desestructurades, treballar amb informació no existent, etc. L'avantatge d'aquest repte, és que si en una fàbrica s'aconsegueix implementar un sistema robust i consistent, la seva reacció a problemes d'aquests tipus serà molt més previsible que la d'un operador humà.

### D. Anàlisi de dades

L'anàlisi de dades és un punt molt delicat dins la Smart Factory. El repte més clar apareix amb el tractament de les noves tipologies de dades no estructurades o semiestructurades, [13] que són les que es generen de forma més abundant. Concretament, el conflicte apareix en els sistemes de creació i control d'esdeveniments a partir d'aquestes dades heterogènies que, a més a més de contemplar possibilitats de falta d'informació, necessiten dur a terme l'anàlisi en el mínim temps possible. Per buscar una solució a això s'estan desenvolupant complexos sistemes de Machine i Deep Learning, [13][17] que haurien de permetre l'optimització dels mencionats sistemes. També es busca una manera de poder utilitzar les dades analítiques en conjunt amb les no estructurades per crear simulacions de tipus híbrid. Aquestes simulacions híbrides, molt més complexes i completes que les tradicionals, podrien ajudar en el camp de l'optimització de la producció a qualsevol nivell.

Paral·lelament també cal desenvolupar algorismes específics per tractar eficientment el hardware encastat, sigui en productes o la maquinària. D'aquesta manera es podria fer el diagnòstic d'una màquina específica de forma remota basant-se en les lectures dels seus sensors.

### E. Protecció de Dades i Reptes de Seguretat

El fet que tota la informació d'una empresa o fàbrica estigui en ordinadors, fa que aquestes siguin molt vulnerables a atacs cibernètics, [18], i pèrdua de dades, ja que els aparells electrònics tenen una vida útil limitada i al final s'acaben espantant. Això genera la necessitat de la presa de mesures de seguretat i prevenció de pèrdua de dades (com còpies de seguretat). Per tant apareixen diversos reptes:

1) *Privacitat de la informació:* Sobretot la dels treballadors i decidint la millor solució per guardar-la (en el núvol o en la mateixa fàbrica/oficines), [19].

2) *Protecció contra atacs cibernètics:* Amb l'ús constant de connexions de xarxa (sigui amb IoT, [4][20], o altres), la protecció contra ciberatacs és molt important, [13][18], ja que no només posa en perill informació confidencial de la fàbrica (ja sigui nombre de productes manufacturats, vendes, clients, treballadors o qualsevol altra dada sensible) sinó que exposa la fàbrica a un atac que pot parar línies de producció, modificar o robar dades, i moltes altres pràctiques indesitjades que poden causar un gran dany tant econòmic com logístic a l'empresa.

3) *Selecció de la privacitat de dades:* Cal triar a consciència les dades que es decideixin encriptar/anonimitzar, ja que afecta el rendiment del processament de dades i afegeix un nivell extra de complexitat i per tant cal valorar què és més important, [13]. Per exemple, cal prioritzar l'encriptació o anonimat dels treballadors, productes manufacturats o qualsevol dada sensible que l'empresa manipuli o posseeixi, a més a més de tota la propietat intel·lectual.

### F. Visualització de dades

Poder visualitzar les dades és fonamental en una Smart Factory o qualsevol empresa que utilitza Big Data, [13]. Cal que les visualitzacions siguin intuïtives i fàcils d'entendre per poder facilitar al màxim als Smart Connected Workers (a partir d'ara treballadors), [21], entendre el que han de fer i com, [18]. A més a més, les dades han d'estar mostrades d'una manera o una altra depenent del context del moment, ja que normalment es necessiten solucions en un context concret, [13].

Els possibles mal funcionaments o alertes s'han de comunicar als treballadors de forma immediata i clara per tal de facilitar al màxim una resposta ràpida i vàlida d'aquests. També és important que els treballadors coneguin tots els processos que han de realitzar, tant treballant com en cas de falla o emergència, i que puguin treballar amb aquestes noves tecnologies sense problema. Tot això afegeix un nivell de complexitat extra al disseny de les interfícies, ja que s'ha de

fer un disseny correcte per a totes les possibles visualitzacions de dades per facilitar el seu enteniment i a més a més s'han de fer servir dades contextuais, [13].

#### G. Formació de personal

Contràriament a la postura presa a l'última revolució industrial, que pretenia eliminar la presència de persones a les fàbriques mitjançant la màxima automatització, el nou paradigma apunta cap a la re inclusió de personal a les plantes de producció. Amb el nou plantejament i l'escalada en complexitat de tots els processos es planteja la inclusió de personal molt més preparat i connectat, [10], anomenat Smart Worker, [21]. En aquesta línia, els empleats encarregats de control i programació de la producció (A partir d'ara PPC per les seves sigles en anglès) es trobaran tasques d'anàlisis i tractament de quantitats d'informació molt majors que en cap altre moment en la història. A més a més, cal pensar que moltes tasques que antigament havien estat totalment separades ara estaran relacionades, augmentant així la complexitat general dels conflictes que els PPC hauran d'afrontar. Per altra banda, els operaris de planta passaran a tenir un rol completament diferent. Lluny d'operar les màquines com havien fet temps endarrere, ara caldrà que la seva tasca principal sigui la de resolució de problemes amb la maquinària, que també ha escalat en complexitat. És per aquest motiu que el paper de treballador en una de les noves Smart Factories passa a tenir un paper molt més especialitzat, que requerirà competències molt més avançades en els àmbits professional, social, metòdic i personal, [22]. Es preveu que les següents competències passin a ser un requisit bàsic per a treballar en una Smart Factory:

- Facilitat per treballar amb grans quantitats d'informació
- Facilitat per l'ús de noves tecnologies
- Comoditat per adaptar-se a noves estructures organitzatives
- Comoditat amb el nou rol de les persones al procés de producció.

Per altra banda, i per respondre a aquestes noves necessitats, cal destacar que hi ha institucions que estan començant a preparar formació especialitzada. Arran d'això ha començat a sortir el concepte de Learning Factory, [22][23]. Aquestes fàbriques per a l'aprenentatge estan equipades com una petita i mitjana empresa i es dediquen a la formació de personal per a la feina i el ritme de treball d'una empresa real.

#### H. Programari especialitzat

La necessitat de processar els nous enormes volums d'informació ha portat al desenvolupament d'eines especialitzades per dur-ho a terme. Tot i existir un nombre considerable d'eines, la majoria són software creat amb programació basada en flux de dades (data flow based programming a partir d'ara), [24], ja que és la millor manera d'enfocar el tractament d'un volum tan gran de dades. Això es deu al fet que el data flow based programming permet

entendre els programes com caixes negres que reben i envien dades, [24]. Amb aquest model estandarditzat els programadors no han de conèixer els detalls interns de cada bloc de programa per poder crear-ne un de nou. D'aquesta manera poden treballar amb un nivell d'abstracció més elevat i còmode, [25].

#### IV. CONCLUSIONS

Tal com s'ha expressat durant l'article, el Big Data representa un canvi enorme en el panorama industrial. Però la inclusió del Big Data en les activitats industrials presenta seriosos reptes que caldrà resoldre abans no s'estableixi com un estàndard. En primera instància caldria gestionar la problemàtica de la complexitat derivada de les molt diverses fonts de dades i del sistema que les recull. Aquest sistema també requeriria major fiabilitat i robustesa. Per altra banda cal trobar maneres d'aplicar eficientment Deep Learning i Machine Learning (vegeu apartat III-D), [17], per optimitzar l'anàlisi de les noves tipologies de dades. Igualment, res d'això tindrà sentit si no s'aconsegueix que les interfícies comuniquin les dades a uns empleats capacitats per actuar en cada nova situació que presenten les Smart Factories. Tot i que s'està preparant la formació per a noves generacions d'empleats, els treballadors de les fàbriques tradicionals poden tenir problemes per adaptar-se a la feina en noves i més modernes Smart Factories. I paral·lelament també cal vigilar de prop el tractament de dades que du a terme cada empresa, ja que qualsevol problema en la gestió d'aquests volums d'informació que porti a filtracions de dades al públic, sobretot si són personals o d'empresa. Malgrat els reptes abans mencionats, el futur passarà per la substitució de la fàbrica actual per les Smart Factory. De tota manera cal tenir molt clar que cal molta feina i temps fins que el sistema resulti òptim.

#### V. REFERÈNCIES

- [1] «INFORME: Industria 4.0 la revolució industrial actual» (en es), 08-12-2015. Disponible a: <<http://www.industrial-union.org/es/informe-industria-4-0-la-revolucion-industrial-actual>> [Consulta: 22 desembre 2018].
- [2] Gil Press. «A Very Short History of Big Data». Forbes.com. Disponible a: <<https://www.forbes.com/sites/gilpress/2013/05/09/a-very-short-history-of-big-data/#5db944eb65a1>>. [Consulta: 24 abril 2018].
- [3] «Cyber-Physical Systems (CPS)». National Science Foundation, 2011. Disponible a: <<https://www.nsf.gov/pubs/2011/nsf11516/nsf11516.htm>>. [Consulta: 13 gener 2019].
- [4] Brown, Eric (13 September 2016). "Who Needs the Internet of Things?". Linux.com. Disponible a: <<https://www.linux.com/news/who-needs-internet-things>>. [Consulta: 12 gener 2019].
- [5] «La Industria 4.0 será el final de la industria» (en es-es), 18-11-2016. Futurizable. Disponible a:

- <<https://futurizable.com/industria/>> [Consulta: 13 gener 2019].
- [6] «Industria 4.0 en la Feria de Hannover»(en es), 02-04-2014. Disponible a: <<https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>>. [Consulta: 14 gener 2019].
- [7] Rick Burke, Adam Mussomeli, Stephen Laaper. «The smart factory» (en en). Deloitte Insights, 2017 Disponible a: <<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>> [Consulta: 13 gener 2019].
- [8] Nagorny, Kevin; Lima-Monteiro, Pedro; Barata, Jose; Colombo, Armando Walter «Big Data Analysis in Smart Manufacturing: A Review» (en en). International Journal of Communications, Network and System Sciences, 10, 31-03-2017. DOI: 10.4236/ijcns.2017.103003. Diponible a: <<https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=75656&#abstract>>
- [9] Wang, Junping; Zhang, WenSheng; Shi, YouKang; Duan, ShiHui; Liu, Jin (2018-07-03). Industrial Big Data Analytics: Challenges, Methodologies, and Applications. Disponible a: <[https://www.researchgate.net/publication/326171566\\_Industrial\\_Big\\_Data\\_Analytics\\_Challenges\\_Methodologies\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/326171566_Industrial_Big_Data_Analytics_Challenges_Methodologies_and_Applications)>
- [10] Hilbert, Martin. Big Data for Development: A Review of Promises and Challenges (Tesi) (en anglès). David: University of California, p. 41. Disponible a: <[https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://www.martinhilbert.net/wp-content/uploads/2015/01/BigData4Dev\\_Hilbert2014.pdf&hl=en\\_US](https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://www.martinhilbert.net/wp-content/uploads/2015/01/BigData4Dev_Hilbert2014.pdf&hl=en_US)>
- [11] Clearpath Team. «What is the Smart Factory and its Impact on Manufacturing?» (en en-us), 17-11-2018. Disponible a: <<https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing>>. [Consulta: 22 novembre 2018].
- [12] Erevelles, Sunil. Big Data consumer analytics and the transformation of marketing (Tesi) (en anglès), 2016. University of North Carolina at Charlotte, 2016. Disponible a: <<https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/science/article/pii/S0148296315002842?via%3Dihub>>
- [13] Sergio Gusmeroli, Davide Dalle, Anibal Reñones. 2018. Big Data Challenges in Smart Manufacturing [fitxer PDF]. BDV www.bdva.eu. Disponible a: <[http://www.bdva.eu/sites/default/files/BDVA\\_SMI\\_Discussion\\_Paper\\_Web\\_Version.pdf](http://www.bdva.eu/sites/default/files/BDVA_SMI_Discussion_Paper_Web_Version.pdf)>
- [14] Khan, Maqbool; Wu, Xiaotong; Xu, Xiaolong; Dou, Wanchun (2017-05-23). "Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0". doi:10.1109/ICC.2017.7996801. Disponible a: <[https://www.researchgate.net/publication/317180734\\_Big\\_Data\\_Challenges\\_and\\_Opportunities\\_in\\_the\\_Hype\\_of\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/317180734_Big_Data_Challenges_and_Opportunities_in_the_Hype_of_Industry_40)>
- [15] Sam Walton, "SCADA Systems in Manufacturing's Industry 4.0 Iconics". www.iconics-uk.com. Retrieved 2018-12-17. Disponible a: <<https://www.iconics-uk.com/scada-vs-iiot-role-scada-systems-manufacturings-industry-40>>
- [16] "SCADA", Wikipedia. Disponible a: <<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SCADA&oldid=869995322>>
- [17] Copel, Michael. «The Difference Between AI, Machine Learning, and Deep Learning? | NVIDIA Blog» (en en-us), 29-07-2016. Disponible a: <<https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>>. [Consulta: 12 gener 2019].
- [18] «Security Architecture for Smart Factories» (en en-us), 09-01-2019. Disponible a: <<https://iiot-world.com/cybersecurity/security-architecture-for-smart-factories/>>. [Consulta: 12 gener 2019].
- [19] Li, X., Li, D., Wan, J. «A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0». Wireless Netw (2017). Disponible a: <<https://doi-org.recursos.biblioteca.upc.edu/10.1007/s11276-015-1133-7>>.
- [20] Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, Marimuthu Palaniswami «Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions» (en en). Future Generation Computer Systems, 29, 7, 01-09-2013, pàg. 1645–1660. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010. ISSN: 0167-739X. Disponible a: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>>
- [21] Dr. Sanjoy Pau. «Wearables and Connected Workers: How Manufacturing Will Change Forever (Part 2) - Wipro» (en en). Disponible a: <<https://www.wipro.com/digital/wearables-connected-workers-manufacturing-will-change-forever-part-2/>> [Consulta: 13 gener 2019].
- [22] Christopher Prinz, Friedrich Morlock, Sebastian Freith. «Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0» (en en). Procedia CIRP, 54, 01-01-2016, pàg. 113–118. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.105. ISSN: 2212-8271. Disponible a: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308812>>.
- [23] Felipe Baena, Alvaro Guarín, Julian Mora. «Learning Factory: The Path to Industry 4.0» (en en). Procedia Manufacturing, 9, 01-01-2017, pàg. 73–80. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.022. ISSN: 2351-9789. Disponible a: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301403>>

- [24] J. Paul Morrison, Flow-Based Programming, 2nd Edition: A New Approach to Application Development, CreateSpace, 2010, ISBN 1-4515-4232-1. Disponible a: <<http://www.amazon.com/Flow-Based-Programming-2nd-Application-Development/dp/145154232>>
- [25] Mert Onuralp, Kerem Kayabay, Mehmet Ali Akyol.«Big Data for Industry 4.0: A Conceptual Framework» [pdf](en en). Disponible a: <[https://www.researchgate.net/publication/315472746\\_Big\\_Data\\_for\\_Industry\\_4.0\\_A\\_Conceptual\\_Framework](https://www.researchgate.net/publication/315472746_Big_Data_for_Industry_4.0_A_Conceptual_Framework)> [Consulta: 17 desembre 2018].



# Programació del manteniment de les *smart machines*

Pol Beringues <sup>1</sup>, Marta Espejo <sup>2</sup>, Àlex Martínez <sup>3</sup>, Álvaro Mellado <sup>4</sup>, Manuel Ángel Román <sup>5</sup>

#Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC

1. [pberingues@gmail.com](mailto:pberingues@gmail.com)
2. [instimarta@gmail.com](mailto:instimarta@gmail.com)
3. [lionmartinez24@gmail.com](mailto:lionmartinez24@gmail.com)
4. [alvaromellado8@gmail.com](mailto:alvaromellado8@gmail.com)
5. [manurroman9818@gmail.com](mailto:manurroman9818@gmail.com)

**Abstract—** Des de fa cert temps les empreses han vist la necessitat d'optimitzar els recursos utilitzats, en un procés de producció o en un de venda. En aquest article veurem com s'utilitza diferents tipus de sistemes i algoritmes en el manteniment, s'explicaran diferents tipus d'algorismes deterministes i més tard d'aplicació d'aquests al manteniment d'una indústria.

## I. INTRODUCCIÓ

Empreses automatitzades, fàbriques intel·ligents, treballadors i treballadores que només supervisen i més producció amb una gran qualitat. La generació de les *smart machines* i la indústria 4.0 ha comportat un gran nombre d'avenços per a la indústria i per als treballadors i treballadores, així com una simplificació dels processos executats pels empleats d'aquest sector. Però també ha comportat la creació d'un nou sector dins de la indústria: el del manteniment de la *smart machine*. Aquest es basa en la recopilació de les dades obtingudes per tots els dispositius utilitzats per sensoritzar i analitzar l'estat de la *smart machine* per poder preveure quan serà necessari un manteniment o bé per prevenir futures incidències basades en l'estat dels components i un seguit de càlculs estadístics. Per poder fer aquesta anàlisi de les dades obtingudes, és necessari un programa informàtic que ajudi a interpretar-les. Aquest és el concepte de manteniment intel·ligent o manteniment de la *smart machine* i tot programa que es dediqui a aquesta funció ha de tenir unes funcions bàsiques: sistemes de control DCS (*Distributed Control System*)<sup>[1]</sup> i SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)<sup>[2]</sup>, una arquitectura concurrent concreta i un apartat per poder gestionar els sistemes en temps real.

Aquests sistemes de supervisió són, bàsicament, sistemes de control que s'utilitzen per supervisar processos industrials de forma remota i, cada un, ho gestiona de formes diferents.

Quan es parla de sistemes concurrents, es refereix als sistemes de software industrial, els CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), que es basen en

processos simultanis que permeten funcionar a la màquina amb la velocitat que l'empresa requereix.

Si es parla de sistemes en temps real, es parla de sistemes que permeten gestionar inventaris tal com entren i surten els productes<sup>[3]</sup>, així com la gestió de clients<sup>[4]</sup>, dependent del tipus d'empresa que controli el sistema.

## II. SISTEMES DE CONTROL I SUPERVISIÓ INDUSTRIAL

### a) Sistemes DCS i SCADA

Un sistema DCS o sistema de control distribuït és un sistema de control aplicat a les grans indústries i a grans processos de producció. Aquest sistema es caracteritza per treballar únicament amb una única base de dades per a tots els senyals. Aquesta plataforma de programació és multiusuari, per tant, diversos programadors poden treballar simultàniament al sistema sense tenir cap problema. El sistema DCS divideix els processos industrials en 4 nivells, el primer de tots és el nivell d'operació, que és el nivell d'interacció del sistema amb els operaris i on es troben els sistemes informàtics pel monitoratge del procés a temps real, el segon nivell és el de control, on es controlen diverses parts del procés, en aquest nivell se centralitzen aquestes funcions en un sol punt, això es realitza mitjançant controladors connectats entre ells i amb l'estació d'operacions, el tercer nivell consisteix en els mòduls d'entrada i sortida, que consisteix en senyals cablejats que connecten els elements de control amb el següent nivell, els elements de camp, aquests equips permeten funcionalitats addicionals com gestionar el manteniment o configurar paràmetres de comportament de forma remota.<sup>[1]</sup>

El sistema SCADA o supervisió de control i adquisició de dades és un concepte que s'utilitza per realitzar un software per ordinadors que permet controlar i supervisar processos industrials a distància, aquest software incorpora una interfície d'home-màquina per tal que l'operador tingui

accés a les dades per poder controlar el procés. Els sistemes SCADA estan formats per una terminal remota que es connecta a un equip i llegeix diferents paràmetres de les màquines, a part d'això també es pot canviar l'estat d'aquestes, el sistema SCADA també consta amb una estació mestra, que consisteix en els servidors i el software responsable per comunicar-se amb la unitat de control remota, a més a més et permet definir l'entorn de treball del SCADA, proporciona a l'operador funcions de control i supervisió, executar accions programades, emmagatzematge i processament de les dades i transferència d'informació entre la planta i l'arquitectura hardware del SCADA. La transmissió d'aquestes dades es realitza radio senyals i senyals serials directes, en alguns casos aquesta transferència de senyals pot arribar a ser *wireless* i així no és necessari l'ús de cables.<sup>[2]</sup>

### III. CONCURRENCIA

En el software dels sistemes automàtics de manteniment industrial (*CMMs*<sup>[5]</sup>), els processos d'un còmput es fan simultàniament i es pot interactuar entre ells gràcies a múltiples operacions de càlcul en processadors o virtualment en diferents fils d'execució. Tot i presentar una menor latència dintre de la xarxa, la necessitat d'intercanviar informació o sincronitzar-se genera interbloqueigs (*deadlocks*) i condicions de competència (*race condition*). En aquests sistemes intel·ligents es produeixen moltes accions de manera simultània que el software ha de tractar en temps real. És per això que s'utilitzen sistemes recreatius que responen a successos generats externament que poden produir-se en moments aleatoris. Tot i així, la realització de tasques en paral·lel pot augmentar la velocitat del sistema si existeixen diferents processadors. El disseny de sistemes concurrents implica la cerca de tècniques fiables per a coordinar la seva execució, intercanviar informació, l'assignació de memòria i per a minimitzar la resposta de temps garantint el màxim rendiment. Per tal d'implementar-ho es necessita el suport d'un S.O. capaç de proporcionar un entorn per a l'execució d'un programa i de llenguatges de programació que tolerin la concurrència com Ada, C++, Java, Erlang o Haskell, entre altres. Els llenguatges utilitzats han de suportar accés a dades compartides i tenir molta variabilitat, a més, han de permetre treballar amb col·leccions d'objectes arbitraris a un gran nivell d'abstracció i oferir possibilitats de baixar el nivell de hardware (útil pels sistemes encastats). L'aspecte més important en el disseny de sistemes concurrents és evitar els intents d'accés simultani a la mateixa informació quan una part del sistema ha de realitzar funcions depenent d'un estat particular per garantir que no es modifiqui mentre alhora s'estan realitzant altres operacions.

### IV. SISTEMES EN TEMPS REAL

Un algorisme determinista és definit de forma simple, una màquina que executa la mateixa seqüència de dades per una entrada coneguda.

Hi ha diferents exemples d'aplicació d'un algorisme determinista, un d'ells seria la gestió d'inventari Lot per Lot.<sup>[3]</sup> Consisteix a obtenir justament el que necessites és a dir, Falta X producte el qual t'han demanat la màquina detecta la falta d'aquest i envia directament la comanda, així tens, l'stock just i necessari. També és conegut com a FCFS (*First Come First Served*).<sup>[6]</sup>

Depèn del tipus d'indústria en la qual pertany, potser t'és més útil utilitzar algorismes que separen en prioritats, per exemple: un hospital utilitzarà prioritats d'urgència clínica (Abans un atropellament que un mal de cap), una botiga d'informàtica, que repara ordinadors, hauria d'utilitzar un algorisme en el qual les incidències que es puguin preveure que ocupen menys temps, vagin primer (En informàtica es coneix com a SJF (*Shortest Job First*)).<sup>[6]</sup>

<sup>[7]</sup>Tots aquests algorismes han d'estar automatitzats en el manteniment per una màquina pels motius següents:

- En els equips d'atenció al client hi ha molta mutabilitat i l'experiència es perd.
- Sense automatització només pots arribar a guardar manualment el procés de resolució i individualment l'equip o la màquina que han tingut aquest problema.

L'aplicació Mantis seria un exemple d'un algorisme determinista aplicat a la vida real. Com hem pogut veure a "*MANTIS - Manual d'administrador*"<sup>[4]</sup> les incidències creades en aquesta aplicació passen per diferents etapes. Duran aquest cicle de vida de cada incidència passa per unes etapes predeterminades començant per la seva creació. Un cop creada pot ser que faltin dades perquè la incidència pugui a ser resolta, i per tant, s'obre una fitxa per "Sol·licitar més informació sobre la incidència". Un cop tens totes les dades necessàries d'incidència passa a ser acceptada on s'assigna a un responsable per ser solucionada o és confirmada per més tard ser assignada. Quan una incidència està assignada significa que hi ha un encarregat del problema treballant activament a resoldre. Un cop resolt la incidència passa a estar resolta. Una incidència pot ser resolta de diferents formes. Algunes opcions predeterminades de Mantis són: oberta, corregida, no és corregible, duplicada, no és una incidència, suspesa o no s'arreglarà. I d'aquí la incidència pot passar a estar tancada, un cop resolta la incidència o, a comentar en cas que es reobri. A la *fig.1* es pot veure el cicle de vida de les incidències de forma més clara.



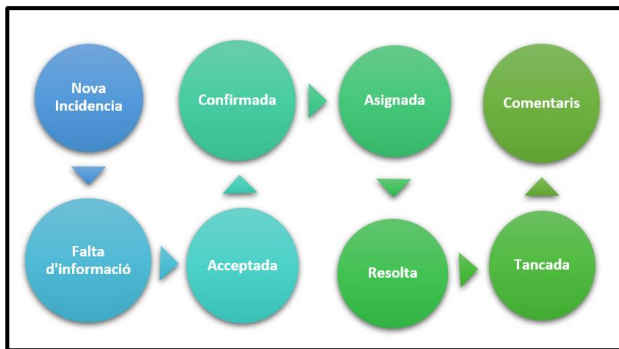


Fig 1. Cicle de vida de les incidències a Mantis

El pla del manteniment predictiu de Remaplast aplica la següent metodologia per solucionar les seves incidències:

- Planifica les activitats en el pla de manteniment, totes les activitats necessàries per procedir amb el manteniment les activitats són il·limitades.
- Calendari i possible modificació del pla de manteniment.
- Coneixement de variables que ajuden a obtenir l'estat d'operativitat.

Tot aquest pla es fa regularment de forma que sempre es pugui prevenir una avaria.

## V. CONCLUSIONS

Com a resultat de la nostra investigació presentada, podem concloure que la tecnologia ens canvia cada vegada que aquesta va avançant, degut especialment a la seva capacitat d'interconnexió a través de la xarxa i dels avenços en les operacions de càlcul que permeten incorporar nous algorismes.

La necessitat d'incorporar nous algorismes és cada dia més vigent, un algorisme capaç de gestionar, guardar i recordar incidències pot solucionar molts problemes. O fent estadístiques de les incidències passades es poden arribar a prevenir algunes futures incidències i fer el manteniment de les *smart machines* més eficaç. Òbviament com tot a la vida hi ha més d'un algorisme i aplicació d'aquest diferent. Obrint així un ampli mercat amb diferents possibilitats d'ampliació i sortides de mercat.

## VI. REFERENCIES

- [1] Es.wikipedia.org. (2019). Sistema de control distribuido. [online] Available at: <<[https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_control\\_distribuido](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control_distribuido)>>. [Accessed 12 Jan. 2019].
- [2] Ca.wikipedia.org. (2019). SCADA. [online] Available at: <<<https://ca.wikipedia.org/wiki/SCADA>>> [Accessed 12 Jan. 2019].

[3] <<<https://bites.futureSPACE.es/2017/11/17/gestion-de-incidencias-el-valor-de-la-experiencia-compartida/>>>

[4] Aplicateca. Mantis - Manual de administrador. Disponible:<<<https://www.aplicateca.es/Resources/d675a2e3-de5a-4fbf-95a3-2a6ece46e7d3/Mantis%20-%20Manual%20de%20administrador.pdf>>>

[5] Software para Mantenimiento. [Online]. Available: <<<https://www.visualk.com/software/mantenimiento-eam.htm>>>. [Accessed 01 Jan. 2019].

[7] <<<https://ingenioempresa.com/modelos-deterministicos-de-inventario/>>>

[6] Escuela Universitaria de Informática (Segovia). Unidad 2 Gestión de procesos - Tema 5. Available: <<<https://www2.infor.uva.es/~fjgonzalez/apuntes/Tema5.pdf>>>

[8] Sistema de gestión de incidencias Available: <<<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/18966/8/prieraqTFC0113memoria.pdf>>>



# La seguretat en les comunicacions

Lluís Brosa<sup>1</sup>, Sergi Figols<sup>2</sup>, Òscar Fort<sup>3</sup>, Jordi Solé<sup>4</sup>

<sup>#</sup>*Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

<sup>1</sup>lluisbh@protonmail.com

<sup>2</sup>sfigols17@gmail.com

<sup>3</sup>oscar999fove@gmail.com

<sup>4</sup>jtbitw3@gmail.com

**Resum**— Les comunicacions entre màquines són una part fonamental de la indústria 4.0. Aquest article parla sobre el camí que han recorregut i el seu estat actual, el qual inclou quines aplicacions se'ls hi dona. També s'explica la ciberseguretat en les empreses: com s'han de protegir i de quines maneres es poden atacar les comunicacions.

## I. INTRODUCCIÓ

La indústria 4.0 és un terme per definir totes aquelles tecnologies que treballen les unes amb les altres en forma de cadena. Sistemes ciberfísics (Cyber-Physical Systems, CPS) monitoritzen la feina que es realitza físicament i creen virtualment una còpia del món real per fer decisions descentralitzades. La comunicació entre dispositius és tan important que Kagermann considera que la implementació de la Internet de les Coses (Internet of Things, IoT) i la Internet dels Serveis (Internet of Services, IoS) en el món de la indústria ha suposat el començament de la 4<sup>a</sup> revolució industrial [1]. Les comunicacions en la indústria han existit des de tan aviat com els anys 80, però han anat evolucionant fins el dia d'avui. Amb aquesta evolució, han sorgit diferents usos i facilitats dins de la pròpia indústria, però també el perill de poder tenir informació privada compromesa per atacs a les pròpies comunicacions.

## II. HISTÒRIA DE LES COMUNICACIONS EN LA INDÚSTRIA

Les comunicacions han evolucionat ràpidament des de la seva aparició. Remuntant-nos a la dècada dels 80 amb l'aparició de la producció en massa, trobem les primeres proves de la comunicació a l'indústria. Tot i que moltes de les innovacions tecnològiques d'aquell temps no estaven destinades a l'aplicació en l'àmbit de la indústria 4.0, han sigut molt útils per al seu desenvolupament. Alguns dels exemples podrien ser les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), l'Ethernet, les xarxes sense fils o les tecnologies web. Tot i no ser creades per a les comunicacions, han facilitat molt l'evolució d'aquest camp així com la seva complexitat.

En els últims temps han aparegut noves tecnologies com l'Ethernet Time-Sensitive Networking (TSN), la IoT o les xarxes 5G. Aplicant aquestes idees a la indústria ha sorgit la definició d'Indústria 4.0. El concepte de 4.0 porta a l'aparició d'una quarta "revolució" industrial marcada per les tecnologies d'Internet destinades a productes intel·ligents, serveis intel·ligents i produccions intel·ligents [15].

### A. Mirant el passat cap al present

En els inicis de les comunicacions industrials, les xarxes d'automatització dedicades s'anomenaven *fieldbus Systems*. Van ser desenvolupats per cobrir les limitacions del cablejat dels sensors, actuadors i controladors, i per acostar les comunicacions a nivells més propers a l'automatització [16]. Això incloïa busos de sistemes com les *controller area networks (CAN)*, les *PROFIBUS* o les *INTERBUS*.

Al entrar l'any 2000, les coses van canviar amb la popularització de les tecnologies d'Internet i amb la utilització de les Tecnologies de la Informació (IT) en la vida quotidiana. En l'àmbit de les comunicacions, això va generar una nova forma de xarxes basades en Ethernet que van agafar part de les tecnologies bàsiques de les IT. La capacitat de poder treballar en temps real seguia sent un problema en l'Ethernet estàndard [17]. El desenvolupament de solucions per aquest problema va aportar nous enfocaments que xocaven amb l'Ethernet estàndard, com serien, *PROFINET-isochronous real-time (IRT)* o *EthernetCAT*, sistemes més sofisticats i destinats a suplir una demanda molt particularitzada. Tot i això l'Ethernet en temps real segueix sent una àrea d'investigació per explotar[18].

La següent fase evolutiva va sorgir amb les xarxes sense fils. El principal avantatge d'utilitzar-les és que les màquines i els dispositius es poden moure fàcilment i no tenen cap restricció de fils. En aquest moment es van adoptar les TIC més bàsiques, sobretot del protocol IEEE 802 i la seva família, que estandarditza i actua sobre xarxes locals (LAN) i xarxes metropolitanes (MAN). Pràcticament, totes les xarxes sense fils actuals estan fetes a través del protocol IEEE 802, com podrien ser les xarxes d'ordinadors o les àrees sense fils personals (WPAN). Actualment podem considerar les capes més altes de la comunicació cobertes tecnològicament, tot i això, encara hi ha un important repte pel que fa a les capacitats en temps real.

Normalment, les xarxes sense fils s'utilitzen per sistemes secundaris i les xarxes amb fils per als sistemes generals [19]. L'automatització industrial sol tenir un domini conservatiu, el qual fa que les xarxes amb fils siguin millors que les sense. Per altra banda, les xarxes sense fils resulten millors a l'hora d'aplicar-se a sensors o controladors [20].

Les comunicacions en la indústria 4.0 en els últims anys han adoptat una part de totes les opcions, sistemes de bus de

camp, solucions d'Ethernet i algunes solucions sense fils, tot sota l'empara de quatre dècades d'història que han fet que les comunicacions en la indústria adoptin un caire molt variat.

### III. CONCEPTES

Per parlar sobre les comunicacions, s'han de tenir en compte alguns conceptes. En aquest context, són fonamentals a la indústria 4.0 ja que la següent revolució industrial serà permesa per la utilització d'internet, el qual permet comunicacions màquina-màquina i persona-màquina [5]:

#### A. *Industrial Internet of Things (IIoT)*

La internet de les coses és una col·lecció de tecnologies resultants de la unió de sistemes industrials amb computació avançada, sensors i sistemes de comunicacions comuns. Es un fet transformatiu en el qual dispositius industrials, nous i vells, comencen a utilitzar tecnologies de comunicació que usen el protocol d'Internet (IP).

La Internet de les coses industrial (IIoT) és un subconjunt de la IoT que representa una tendència que va començar quan es va iniciar a integrar la computació i la tecnologia de comunicacions en moltes de les "coses" que s'utilitzen a casa. Va començar amb el seguiment de productes mitjançant sensors de radiofreqüència. Més endavant, el mercat va començar a introduir tecnologies "low-cost" basades amb la comunicació per Internet. Avui en dia la IoT inclou tot tipus de dispositius, com rellotges, robots de cuina, simples bombetes, o inclús els vehicles com cotxes, tractors i camions.

La IoT industrial segueix la mateixa definició principal de la IoT, amb la diferència que els objectius i les "coses" solen ser diferents, centrades en l'àmbit industrial [6].

La tecnologia operacional (OT) es refereix al programari tradicional i sistemes de programari a l'entorn industrial. Alguns exemples inclouen els Controladors Lògics Programables (PLC), i les interfícies home-màquina (HMI). Aquests sistemes també es coneixen com sistemes de control industrial (ICS), ja que controlen els processos que passen en un entorn industrial. Aquests sistemes tradicionals de control de sistemes estan basats en la internet de manera que poden estar integrades a organitzacions de manufactura. Aquesta integració entre OT i IT està passant a llarga escala en múltiples indústries [7].

#### B. *Aplicacions de la IIoT*

Les possibilitats per millorar la productivitat gràcies a la internet industrial en diferents sectors com la sanitat, generació d'energia, transport i la logística són enormes, i pot generar grans beneficis. Per poder aprofitar aquests beneficis, la indústria s'ha d'adaptar a la IIoT.

De totes maneres, no és senzill identificar les oportunitats que la IIoT pot oferir. És important crear casos d'ús que siguin apropiats. Per exemple, els requeriments de la logística difereixen dels de la sanitat.

Els següents casos d'ús il·lustren els potencials beneficis en diferents sectors de la indústria [8].

##### 1) *Indústries automatitzades*

Les indústries automatitzades necessiten treballar amb comunicacions de velocitats grans i d'alta eficiència, ja que es podrien produir problemes tals com perdre equipament, producció o fins i tot causar perill a treballadors. Les necessitats vindran quan es necessiti control i anàlisi en temps real dels sensors i del rendiment de diferents components, contacte amb les generacions pròximes de robots, i la introducció de dispositius mòbils per treballar. Es proposa treballar amb tecnologies noves com 5G per assolir aquestes necessitats. Aparells com sensors necessiten treballar amb temps molt menors i, encara que la tecnologia actual pot cobrir aquestes necessitats, la tecnologia 5G podrà agrupar gran quantitat de comunicacions necessàries en la fàbrica, reduint despeses i augmentant la flexibilitat [10]. La utilització de mètodes de comunicació més eficients encara obra dubtes de l'existència de comunicacions amb diferents protocols i sistemes. S'han de crear nous protocols que determinin la cooperació entre senyals, ja siguin en la mateixa freqüència o diferents. L'objectiu que es vol assolir és preparar l'equipament per a situacions en el qual es necessiti molta capacitat d'acció de les comunicacions sense fils [9]. Un dels problemes més importants en l'actualitat és l'absència d'estàndards. Sense aquests, és difícil obrir una relació entre dos dispositius [11].

##### 2) *Logística*

La logística ha estat sempre al capdavant de la IIoT. S'ha estat utilitzant la tecnologia de codi de barres en contenidors durant molts anys per monitoritzar els productes que entren i surten dels magatzems. Aquest va suposar un gran avanç comparat amb el mètode anterior en el que un operari havia de comprovar les notes dels paquets i el seu contingut manualment. De totes maneres, l'ús del codi de barres manual encara requeria força mà d'obra i no tots els productes acabaven ben classificats. Per adreçar aquests processos de control d'inventari, es va buscar una solució automatitzada, fent servir la IIoT i tecnologies sense fil.

La solució és l'ús de targetes RFID i els lectors RFID, que permeten escanejar piles senceres de paquets de forma simultània. Això resulta un gran avanç respecte el codi de barres, ja que aquest havia de ser escanejat de forma individual. Resulta en una millora de velocitat i precisió ja que cada targeta RFD dins del rang, sigui aquesta visible o no és llegida pel sistema. El lector RFID extreu la informació de la targeta RFID de forma automàtica, com ara la seva identificació, model, quantitat, pes i inclús la condició del producte [12].

##### 3) *Sanitat*

En el cas de la sanitat, no fa gaires anys que els doctors havien d'anar a casa d'aquelles persones que estaven massa malalts o que estaven incapacitats. Això era molt costós econòmicament. Un exemple d'ús de la IIoT és un projecte que s'utilitza avui en l'entorn de sanitat que proporciona supervisió, automatització i comunicació remota amb els pacients. Són diferents models de robots, coneguts com a "Giraff", que s'utilitzen a casa dels pacients, en particular

aquells que viuen sols i tenen demència permetent que continuïn vivint de forma independent. El robot consta d'un monitor mòbil sobre rodes i una càmera d'alta resolució que permet a la infermera comunicar-se amb el pacient i desplaçar-se per la casa sense ser-hi present de manera que pot controlar el seu estat de salut a milers de quilòmetres de distància [13].

#### 4) Smart Office

Els edificis consumeixen un 41% de l'electricitat a la Unió Europea [14]. Per controlar aquest consum, es pot millorar l'aïllament tèrmic dels edificis. Això no resulta una opció pels edificis ja construïts, ja que s'han d'invertir molts diners.

Una segona estratègia infrautilitzada és la de passar a usar llums LED per reduir el consum. Una tercera forma interessant que utilitza l'IIoT és la utilització de sistemes de control automatitzats per millorar l'eficiència energètica. Malauradament, aquesta opció, com la de millorar l'aïllament tèrmic, és molt costosa. Fa un temps, la instal·lació de sensors en radiadors, il·luminació i en aire condicionat era una tasca que requeria molts canvis en l'estructura. Avui en dia, gràcies als canvis recents en la tecnologia i IIoT en particular, els sensors han passat a ser "intel·ligents" i ara utilitzen comunicacions sense fil, de manera que el cost d'una instal·lació s'ha reduït substancialment [8].

#### 5) Serveis d'emmagatzematge al núvol

En la indústria hi ha una gran quantitat de dades que s'han de processar, però poques empreses es poden permetre una gran quantitat d'emmagatzematge. Els proveïdors d'emmagatzematge al núvol poden oferir a les empreses un espai privat per poder guardar i accedir a les dades [8]. L'empresa també pot decidir qui té accés a aquestes, oferint un núvol públic amb només la informació que es vulgui compartir a altres empreses o a clients [9].

## IV. CIBERSEGURETAT

### A. Recursos

Degut al creixement dels elements interconnectats i la indústria 4.0, cada vegada les empreses tenen més possibilitats de patir ciberatacs. Cada empresa ha de tenir uns recursos per tal de defensar-se davant de cada tipus de ciberatac, respectant els objectius de dita empresa. [2].

- Eines que analitzen el tràfic de dades: Després d'analitzar l'entorn de l'empresa, com per exemple els competidors, s'ha d'analitzar el tràfic de dades. Amb aquest anàlisi veiem el comportament de l'entorn de manera que s'hi pugui plantejar la integració de mecanismes de seguretat.
- Eines que protegeixen els sistemes: Tot i que no ho sembli, la seguretat física és tant important com les altres. Per controlar xarxes sense fils, existeixen un conjunt d'eines que fan proves de seguretat diverses, com per exemple la descodificació de tràfic i la identificació de dispositius.

- Arquitectura mestre/esclau: Permeten simular dispositius esclaus amb les funcionalitats del protocol OPC [3]. Les seves funcionalitats permeten realitzar proves de càrrega i inclús de servidors OPC per trobar una millor configuració [4].

### B. Objectius de la Ciberseguretat

Hi ha 3 punts clau des d'on s'ha d'observar la ciberseguretat: El primer té a veure a com l'atacant arriba a l'objectiu: en persona o via network. El segon equival al nivell de confiança que es pot trobar en els mitjans que es troben en el sistema utilitzat per aconseguir objectius de seguretat rellevants. L'últim punt té a veure en quin nivell de seguretat ha d'estar cada part del sistema. Observant des d'aquests punts de vista, en total són vuit objectius de seguretat i, depenent de l'empresa, cada objectiu tindrà una rellevància diferent.

- Confidencialitat: Es refereix a l'objectiu d'evitar la divulgació d'informació no autoritzada. Per als sistemes d'automatització, això és molt rellevant pel que fa a informació com receptes de productes, rendiment de la planta i les dades de planificació, i els secrets específics dels mecanismes de seguretat, com contrasenyes i claus de xifratge.
- Integritat: El seu objectiu és evitar que persones o entitats no autoritzades modifiquin dades.
- Disponibilitat: Persones sense autoritzar o sistemes que no poden denegar accés.
- Autenticació: Es refereix a la identificació de la variable d'identitat d'un usuari del sistema i mapeig del seu dit per si la seva identitat consta en el sistema principal intern.
- Autorització: Consisteix en la prevenció d'accés al sistema de persones o sistemes sense permís.
- Audibilitat: Té a veure en poder reconstruir l'historial complet del comportament del sistema a partir de registres històrics de totes les accions rellevants executades en aquest.
- Sense retorn («Non-repudiability»): Poder demostrar qui ha realitzat una acció determinada al sistema.
- Protecció de tercers: Protegir el dany que no impliquen riscos de seguretat de la planta controlada.

### C. Tipus d'atacs informàtics:

Els ciberatacs poden aparèixer de moltes maneres diferents. Alguns mètodes es llisten a continuació:

- Atac de denegació de servei (Denial-of-Service attack, DDoS): L'objectiu de l'atacant és atacar la disponibilitat del sistema.
- Eavesdropping: Violar la confidencialitat trobant els paquets de comunicació de dades o bé interceptant transmissions sense fils.
- Man-in-the-middle: L'atacant adquireix la capacitat de modificar, inserir i enviar missatges entre emissor i receptor sense cap dels dos se'n adonin
- Breaking into a system: Violació de l'autenticació i el control d'accés. L'atacant obté l'habilitat de

controlar els aspectes de comunicació, inclosa l'habilitat de superar els objectius de la confidencialitat i la integritat.

- Virus: Manipula un legítim usuari per saltar l'autenticació i el control d'accés.
- Trojan: Permeten a un individu extern al sistema l'habilitat de tenir accés remot al sistema.
- Worm: És un codi maliciós que es propaga per l'exploració automàtica i l'explotació de vulnerabilitats en el sistema objectiu sense cap participació de cap usuari [5].

## V. CONCLUSIONS

Durant aquest treball s'han vist els usos i les millores que porta la indústria 4.0 a diferents aspectes. Les comunicacions, al ser tan importants, s'hauran de desenvolupar més, millorant la tecnologia i els protocols que les fan possible. No hi ha cap dubte que les tecnologies que les permeten seguiran evolucionant per satisfer les exigències cada cop més demandants de la indústria. Amb la digitalització de la indústria, les empreses han d'invertir més en la seguretat informàtica per protegir les seves dades.

## REFERÈNCIES

- [1] M. Hermann, T. Pentek, B. Otto, "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review" [en línia]. Technische Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau, Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management, 2015 [Consulta: 16 desembre 2018]. Disponible a: [http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf)
- [2] Siemens, "Soluciones para la ciberseguridad de Siemens" [en línia], Siemens AG [Consulta: 11 de gener de 2019]. Disponible a: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/ciberseguridad/pages/ciberseguridad.aspx>
- [3] OPC connect, "OPC security", [en línia], [Consulta el 11 de gener de 2019], Disponible a: <https://www.opcconnect.com/opc-security.php>
- [4] Net Cloud Engineering, "Seguridad de protocolos en las comunicaciones industriales" [en línea]. Mataró [Consulta: 21 de desembre 2018]. Disponible a: <https://netcloudengineering.com/seguridad-protocolos-comunicacion-industrial/?lang=ca>
- [5] D. Dzung, M. Naedele, T. Von Hoff, M. Crevatin, "Security for Industrial Communication Systems" [en línia] 2005 [Consulta: 22 de desembre 2018]. Disponible a: [ftp://ftp.ucauca.edu.co/Documentos\\_Publicos/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Articulos/seguridad en comunicacion es industriales.pdf](ftp://ftp.ucauca.edu.co/Documentos_Publicos/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Articulos/seguridad%20en%20comunicacion%20es%20industriales.pdf)
- [6] Lane Thames, Dirk Schaefer. "Software-Defined Clout Manufacturing for Industry 4.0" [en línia]. Tripwire Inc, University of Bath, 2016 [Consulta: 20 de desembre 2018]. Disponible a: <http://waset.org/publications/9997144>
- [7] NIST Special Publication 800-82 revision 2(2015) "Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security" [en línia]. Disponible a: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-82r2.pdf>
- [8] NIST Special Publication 800-82 (2011) "Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security" [en línia]. Disponible a: <https://csre.nist.gov/publications/detail/sp/800-82/archive/2011-06-09>
- [9] "Industry 4.0 The Industrial Internet of Things". (2016). 1a ed. [ebook] Tailandia: Bangken. Disponible a: <https://www.shabakeh-mag.com/sites/default/files/files/attachment/1397/03/1527602150.pdf>[Consulta 22 Dec. 2018].
- [10] Wollschlaeger, Martin; Sauter, Thilo; Jasperneite, Jürgen, "The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0" (en anglès). *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 21-03-2017. DOI: [10.1109/MIE.2017.2649104](https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104) [Consulta: 20 desembre 2018]. Disponible a: [https://www.hs-owl.de/init/uploads/tx\\_initdb/IEEEMagazine.pdf](https://www.hs-owl.de/init/uploads/tx_initdb/IEEEMagazine.pdf)
- [11] "5G for Mission Critical Communication" [en línia]. Nokia, 2016 [Consulta, 22 Desembre 2018]. Disponible a: <https://onestore.nokia.com/asset/200007>
- [12] S. Alturu, A. Deshpande, S. Huang, J. Snyder, Smart Machine Supervisory System: Concept, Definition and Application [en línia]. University of Cincinnati, 2006 [Consulta: 20 desembre 2018]. Disponible a: <https://pdfs.semanticscholar.org/62c2/5efa01c45b0be9316634f930e01731e67d66.pdf>
- [13] Universal Integration of the Internet of Things through an IPv6-based Service Oriented Architecture enabling heterogeneous components interoperability [en línia]. Mandat International, 2011. [Consulta: 20 desembre 2018]. Disponible a: <https://iot6.eu/sites/default/files/IoT6%20-%20D7.3.pdf>
- [14] Telepresence Robots [Consulta 11-09-2019]. Giraff Robot, Roxborough. Disponible a: <https://telepresencerobots.com/robots/giraff-telepresence>
- [15] Idescat 2014 "Consumo final de energía por sectores". [Consulta: 22 de Desembre 2018]. Disponible a: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=ue&n=10157&lang=es>
- [16] Wollschlaeger, Martin; Sauter, Thilo; Jasperneite, Jürgen «The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0» (en anglès). *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 21-03-2017, pàg. 17. DOI: [10.1109/MIE.2017.2649104](https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104)
- [17] T. Sauter, "The three generations of field-level networks—Evolution and compatibility issues" *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 11. Disponible a: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5535166>
- [18] P. Danielis, J. Skodzik, V. Altmann, E. B. Schweissguth, F. Golasowski, D. Timmermann, and J. Schacht, "Survey on real-time communication via Ethernet in industrial automation environments," in Proc. 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA). Disponible a: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7005074>
- [19] S. Fuchs, H. P. Schmidt, and S. Witte, "Test and on-line monitoring of real-time Ethernet with mixed physical layer for industry 4.0" in Proc. 21st IEEE Int. Conf. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2016. Disponible a: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7733518>
- [20] T. Sauter, J. Jasperneite, and L. Lo Bello, "Towards new hybrid networks for industrial automation" in Proc. 14th IEEE Int. Conf. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). Disponible a: [https://www.researchgate.net/publication/224087268\\_Towards\\_new\\_hybrid\\_networks\\_for\\_industrial\\_automation](https://www.researchgate.net/publication/224087268_Towards_new_hybrid_networks_for_industrial_automation)
- [21] M. Ehrlich, L. Wisniewski, and J. Jasperneite, "State of the art and future applications of industrial wireless sensor networks" in Proc. Kommunikation in der Automation (KommA). Disponible a: [https://www.researchgate.net/publication/311417319\\_State\\_of\\_the\\_Art\\_and\\_Future\\_Applications\\_of\\_Industrial\\_Wireless\\_Sensor\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/311417319_State_of_the_Art_and_Future_Applications_of_Industrial_Wireless_Sensor_Networks)

# Interfícies d'usuari per el Smart Worker: Realitat Virtual

Guillem Franco<sup>1</sup>, Daniel Gallardo<sup>2</sup>, Laia Massanés<sup>3</sup>, Adrià Molino<sup>4</sup>, Daniel Salvans<sup>5</sup>

<sup>#</sup>Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC

<sup>1</sup>guillem.fj98@gmail.com

<sup>2</sup>danielramongallardo@gmail.com

<sup>3</sup>laiamassanes@hotmail.com

<sup>4</sup>adria.molino@gmail.com

<sup>5</sup>daniwxz@gmail.com

**Resum**—Les interfícies d'usuari són un pilar clau de la Indústria 4.0 i permeten una comunicació home-màquina optimitzada que brinden al smart worker una sèrie d'avantatges únics. La diversificació de la tipologia d'interfícies és molt àmplia, una classe a destacar per la seva innovació i utilitat és el cas de les interfícies aplicades a la realitat virtual. La RV brinda a la indústria una sèrie de metodologies de treball mai vistes anteriorment.

Aquest és un sector en ple creixement a causa dels beneficis que implica l'aplicació d'aquest tipus de tecnologia. Són visibles els diversos avantatges que produeix com la prevenció de riscos, un ensenyament més dinàmic, entre d'altres. Tots aquests poden ser donats per tres tipus d'interfícies: la realitat augmentada, la realitat virtual i la mixta. Enfocant-nos dins de la realitat virtual podem distingir-hi diversos tipus, aquests dividits a causa de les diferents formes de creació i aplicació entre els quals hi trobem els sistemes de finestres, sistemes de mapatge per vídeo, sistemes immersius, sistemes de telepresència i sistemes de realitat mixta o augmentada. No obstant això, es troba davant de grans reptes com la globalització i la formació de tota una nova generació de treballadors.

## I. INTRODUCCIÓ

Les interfícies d'usuari [1] són els medis utilitzats per comunicar-se amb les màquines. Han de ser intuïtives, dinàmiques i oferir un servei el màxim d'eficient possible. La Indústria 4.0 utilitza aquestes interfícies per tal de brindar un conjunt d'avantatges trencadors respecte al clàssic model industrial; amb aquests, els treballadors de l'àmbit, anomenats "Smartworkers" gaudeixen de flexibilitat horària, facilitat pel treball col·laboratiu, deslocalització del lloc laboral, seguretat i accessibilitat. La classificació que es pot dur a terme és molt àmplia, es poden trobar interfícies tàctils, gràfiques, sonores, gestuals, neuronals, intel·ligents i de realitat virtual entre moltes altres. [2]

El camp de la realitat virtual [3] és tendència per l'ampliar rang de noves oportunitats que ofereix en sectors com l'entreteniment o, en aquest cas, la possibilitat de ser utilitzada com a interfície d'usuari en la indústria actual i futura. Es pot

dir que la realitat virtual és una interfície relativament jove ja que es va començar a comercialitzar fa quatre anys, tot i que fa dos anys aproximadament que es va donar inici el gran boom. A continuació es mostra una gràfica amb el consum d'aplicacions i contingut en realitat virtual i augmentada. En la Fig.1 es demostra la gran acceptació que té la gent en comú amb aquests tipus d'interfície.

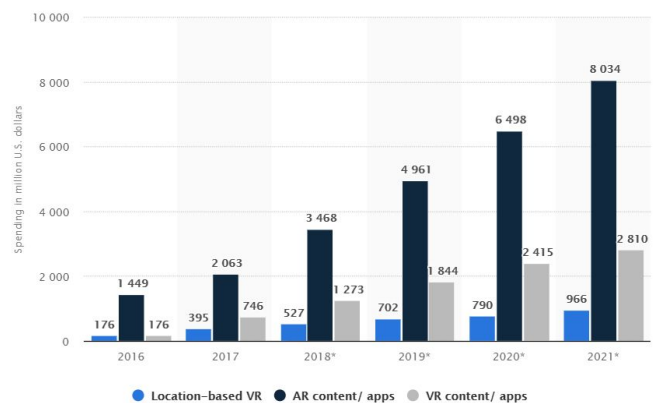


Fig. 1 Despeses dels consumidors en contingut i aplicacions de la realitat augmentada i virtual (AR / VR) en tot el món desde 2016 fins 2021 (en milions de dòlars estatunidencs) [12]

Degut al creixement que està tenint la realitat virtual, ha passat a ser part casi indispensable entre las interfícies d'usuari.

## II. LA REALITAT VIRTUAL I CLASSIFICACIÓ

La realitat virtual és un nou concepte de visualització de contingut multimèdia, que ens permet submergir-nos en l'entorn visual. Per generar aquest contingut, els dispositius de realitat virtual estan compostos per un o dos displays que reprodueixen la imatge i un processador que es comunica amb els perifèrics i interpreta el moviment.

Parlant de realitat virtual podem distingir tres tipus: la realitat augmentada, la realitat virtual i la realitat mixta. La primera és aquella que ens permet visualitzar contingut multimèdia, veient amb claredat el món real i inclús interactuar amb aquest. La realitat virtual és aquella que ens

submergeix en una realitat no existent, mentre que la realitat mixta és una combinació de les dues, la qual pot oscil·lar en proporció a la realitat virtual o la física. Aquest tipus de visualització ens permet contemplar el món real d'una forma virtual.

Comunament, els dispositius de realitat virtual [4] solen fer-se valer d'altres dispositius que simulen els moviments humans per poder obtenir una major immersió. Podem trobar-nos amb dispositius de captació de moviment mitjançant càmeres (Leap Motion, Xbox, Kinect, PlayStation camera, entre d'altres), acceleròmetres (Wii Motion o Wii controller) o mitjançant una combinació de càmera, acceleròmetre i infrarojos (Vive Tracker, Oculus Tracking System, HoloLens, entre d'altres).

A continuació es pot veure una classificació dels diversos tipus de realitat virtual, regida per les diferents formes de creació i aplicació d'aquesta.

#### A. Sistema de Finestres

Alguns sistemes utilitzen un monitor d'ordinador convencional per visualitzar el món visual i gràfic, anomenats comunament com a "Desktop VR". Aquests sistemes tracten de fer que la imatge que apareix a la pantalla representi la realitat i que els objectes que apareixen en ella actuïn amb realisme. Aquest concepte esdevé tot passant per tota la història dels computadors. Ivan Sutherland al 1965, va establir un programa de recerca per a computadors gràfics anomenat "Ultimate Display" que ha impulsat el camp durant gairebé 30 anys. [5]

#### B. Sistemes de Mapatge per Vídeo

Aquest enfocament es basa en la filmació, mitjançant càmeres de vídeo, d'una o més persones i la incorporació d'aquestes imatges a la pantalla de l'ordinador, on podran interactuar - en temps real - amb altres usuaris o amb imatges gràfiques generades pel computador.

D'aquesta manera, les accions que l'usuari realitza a l'exterior de la pantalla, com per exemple exercicis o balls entre d'altres, es reproduïxen a la pantalla de l'ordinador permetent des de fora interactuar amb el de dins. L'usuari pot, a través d'aquest enfocament, simular la seva participació en aventures, esports i altres formes d'interacció física.

Una altra possibilitat interessant del mapatge mitjançant vídeo consisteix en la trobada interactiva de dos o més usuaris a distància, podent aquests, estar separats per centenars de quilòmetres.

#### C. Sistemes Immersius

Els sistemes més perfeccionats de Realitat Virtual permeten que l'usuari pugui sentir-se immers en l'interior del món virtual.

Aquests sistemes immersius es troben generalment equipats amb cascos de visor HMD (Head Mounted Display). Aquests contenen recursos visuals en forma de dues pantalles

coordinades per tal de produir una visió estereoscòpica i uns recursos acústics tridimensionals.

Una altra forma interessant dels sistemes immersius es basa en l'ús de múltiples pantalles de projecció de gran mida dispostes ortogonalment entre si per crear un ambient tridimensional o de caverna en la qual s'ubica a un grup d'usuaris. D'aquests usuaris, hi ha un que assumeix la tasca de navegació, mentre que els altres poden dedicar-se a visualitzar els entorns de realitat virtual dinamitzats en temps real.

#### D. Sistemes de Telepresència

Aquesta tecnologia vincula sensors remots en el món real amb els sentits d'un operador humà. Els sensors utilitzats poden trobar-se instal·lats en un robot o en els extrems d'eines tipus Waldo. D'aquesta manera, l'usuari pot operar l'equip com si fos part d'ell.

Aquesta tecnologia té un futur extremadament prometedor. La NASA es proposa utilitzar-la com a recurs per a l'exploració planetària a distància.

La telepresència preveu, obligatòriament, un grau d'immersió que involucra l'ús de control remot, però té característiques pròpies prou discernibles per a assignar-li una classificació particular.

#### E. Sistemes de Realitat Mixta o Augmentada

Al fusionar els sistemes de telepresència i realitat virtual obtenim els anomenats sistemes de Realitat Mixta [6]. Aquí, les entrades generades pel computador es concentren amb entrades de telepresència i/o la visió dels usuaris del món real.

Aquest tipus de sistema s'orienta a l'estratègia de realçar les percepcions de l'operador o usuari pel que fa al món real. Per aconseguir això utilitza un tipus essencial de HMD de visió transparent, que es recolza en l'ús d'un combinador, el qual és una pantalla especial que és transparent a la llum que ingressa provinent del món real, però que a la vegada reflecteix la llum apuntada a ella mitjançant els dispositius òptics ubicats a l'interior del HMD.

### III. APLICACIONS DE LA REALITAT VIRTUAL EN LA INDÚSTRIA 4.0

Actualment, la indústria 4.0 es troba davant de nous reptes, per exemple la distància deguda a la globalització, la formació constant i variable i la multi-especialització dels treballadors. Degut a aquestes necessitats, en repetides ocasions s'ha fet i es fa ús de la realitat virtual com a eina de treball humà-màquina. [7]

Alguns dels casos reals en els que actualment s'utilitza són: la formació de treballadors en empreses com per exemple Ups, Walmart i Kentucky Fried Chicken. Aquest tipus de formació permet no només evitar riscos innecessaris, sinó que també permet obtenir dades dels treballadors per optimitzar processos, augmentar la seguretat o evitar pèrdues. Un altre exemple és l'empresa automobilística Seat, la qual utilitza la realitat virtual per tots els processos de producció de vehicles. La tècnica consisteix en virtualitzar els vehicles abans de la



seva producció per provar no només la seva seguretat, sinó també per provar la facilitat dels operaris i màquines per muntar-los. A part, gràcies a aquesta virtualització, els vehicles són fabricats mitjançant ulleres de realitat virtual per als usuaris finals, per tal que aquests puguin saber abans de la producció del vehicle si el client prefereix algun extra o alguna modificació de forma que els costos de fabricació es redueixen de forma significativa.

#### IV. BENEFICIS I INCONVENIENTS DE LA REALITAT VIRTUAL

La realitat virtual [8] està aportant una gran varietat de beneficis en la Indústria 4.0, tot i que en la seva gran majoria són beneficis econòmics, és a dir, reducció del temps de processos i previsualització de productes entre d'altres. La realitat virtual també abasteix una nova manera de veure la indústria. Hi ha processos que únicament es poden obtenir gràcies a la realitat virtual. Un exemple d'això és el disseny o modelització 3D [9]. Abans que existís la realitat virtual, els dissenyadors 3D havien de limitar-se al disseny purament tècnic deixant a un costat la part artística (mà alçada). Actualment ja existeixen marques i artistes dissenyant en 3D exclusivament per a fins artístics. Per altra banda, els peritatges són molt més exactes i precisos.

A part de tots els beneficis mencionats, també trobem certs inconvenients en la realitat virtual. Un dels més visibles és el mareig i el cansament. Com més s'apropa la indústria de crear una realitat purament virtual, més costa a les persones assimilar el que veuen. A més a més, això pot ser agreujat per el retard que es crea entre els moviments humans i la captació d'aquests. Un altre inconvenient és el pes i el tamany dels dispositius actuals. A part, l'ús continuat d'aquests pot causar malestar i incomoditat.

#### V. EXEMPLE DE LA RV A LA INDÚSTRIA 4.0: SEAT

L'empresa automobilística espanyola Seat va ser una de les primeres en introduir la realitat virtual en molts dels processos de fabricació i venda dels seus cotxes. Van dur a terme l'aplicació d'aquesta tecnologia quan varen veure totes les millores que podria oferir al seu sistema. El canvi va ser substancial, ja que abans s'utilitzaven taules de més de 10 metres per desplegar els plànols, tenien llistes infinites de components dels automòbils i tardaven mesos de treball en realitzar algunes tasques. Ara, en canvi, amb aquest nou sistema, amb un sol ordinador es pot visualitzar el cotxe i realitzar canvis i millores amb molta més rapidesa. Aquesta gran millora repercuteix directament en el client perquè recau en la precisió, la qualitat i en la reducció del preu final del producte. De fet, Javier Díaz, responsable del centre de prototips de Seat, assegura que s'ha reduït un 30% el temps de producció dels prototips i que, en aquesta fase virtual, es logren més de 800 punts de millora en poc temps. Aprofundint en els usos que li donen a la realitat virtual a Seat podem trobar bastanta diversitat. [10]

#### A. Dissenyadors

Els dissenyadors posseeixen ulleres de RV; aquestes els hi permeten treballar en un entorn 3D i dissenyar el cotxe des del punt de vista del client, experimentant amb l'experiència de conducció. Gràcies a aquestes ulleres, els dissenyadors no només poden millorar en l'apartat creatiu sinó que també en el funcional ja que els permeten garantir el 90% de viabilitat del seu projecte en una fase molt inicial.



Fig. 2 Treballador de Seat provant una simulació 3D d'un dels vehicles [11]

#### B. Simulacions

La realitat virtual és crucial en la fase de desenvolupament. En el cas del Seat Ibiza s'han realitzat 95.000 simulacions en 3D, duplicant les de l'any anterior. Es fan un gran nombre de proves entre les quals es troben tests virtuals de col·lisions perquè els futurs cotxes siguin cada vegada més segurs. Durant els aproximadament tres anys i mig de desenvolupament d'un vehicle s'analitzen, mitjançant les simulacions, fins a 3 milions d'elements, un increïble nombre ja que fa 30 anys eren només 5000.

#### C. Reducció del temps de producció de prototips

La implementació de la realitat virtual ha permès reduir a la meitat el nombre de prototips que s'ha de fabricar físicament abans del seu llançament. També ha fet possible la reducció d'un 30% del temps de producció d'aquests prototips.

#### D. Millores per model

Aquesta reducció de temps i de recursos en la producció del cotxe repercuteix directament en un client més satisfet en tots els àmbits. Es logren més de 800 punts de millora per cada nou model en un temps escàs, fet inimaginable fa uns anys.

#### E. Immersió en la fàbrica virtual

Les tecnologies virtuals permeten recrear el món real per crear una experiència immersiva. Des del Centre de Prototips de Desenvolupament (CPD) i gràcies a unes ulleres de RV i uns comandaments, s'imiten els moviments que realitzen els operadors en una línia de muntatge. D'aquesta manera

s'optimitza el temps de treball i es millora l'ergonomia de les línies de fabricació.

#### F. Concessionaris del futur

Encara que avui dia Seat no ho aplica, té en ment crear una experiència de realitat virtual en els concessionaris que permeti al client configurar el cotxe al seu gust veient el resultat en temps real i, fins i tot, fer una prova de conducció virtual que li transmeti les sensacions d'aquell vehicle. [11]

#### VI. EXEMPLE D'APLICACIÓ EN DESENVOLUPAMENT: BOEING

La multinacional estatunidenca Boeing, una de les empreses referents pel que fa a la fabricació d'avions i equips aeroespacials en l'àmbit mundial, ha provat la realitat augmentada en les seves línies de producció per tal de millorar el seu rendiment al màxim. [13]

El muntatge d'un avió suposa una multitud de complexes tasques, entre aquestes, un exemple pot ser la instal·lació elèctrica, i cap d'elles permet un mínim marge d'error. Per aquest motiu, Boeing ha decidit provar la realitat augmentada com una possible solució per resoldre problemes tècnics a temps real, sense haver d'utilitzar les mans i mitjançant esquemes 3D del cablejat.

Un enginyer treballant en un entorn industrial està envoltat de distraccions i una gran quantitat d'informació que ha d'interpretar i tenir en compte en tot moment. Tradicionalment, els tècnics han de treballar amb un esquema bidimensional de 6 metres de l'avió el qual han d'interpretar i fer-se un model mental per tal d'actuar sobre aquest. En canvi, amb la implementació de la realitat augmentada, els tècnics no depenen de la seva interpretació mental de l'esquema, ja que poden visualitzar en directe qualsevol part del fuselatge de l'avió per treballar en ella, és a dir, poden veure, per exemple, tota la renderització del cablejat en profunditat sense haver d'utilitzar ni les mans.

Totes les millores estan fonamentades en l'estudi que ha dut a terme la companyia durant la realització d'aquestes proves; Paul Davies, tècnic de la secció de recerca i tecnologia de Boeing, està treballant en aquest programa amb l'objectiu de provar i desenvolupar la realitat augmentada en aquests avions, i assegura que els seus estudis han demostrat un 90% de millora en qualitat de primer temps en comparació amb el mètode de l'esquema bidimensional tradicional, a part d'un 30% de la reducció del temps utilitzat realitzant el treball en qüestió.

La implementació d'aquesta tecnologia pot suposar un abans i un després en aquesta empresa i en tot el sector, ja que, com esmenta Bruce Dickinson, vicepresident i "general manager" del programa 767/747, el treball d'equip multifuncional en aquesta tecnologia ha suposat un canvi radical en la qualitat i en la productivitat, ja que aquesta última s'ha aconseguit millorar fins a un 40%.

Tot i la multitud d'avantatges que comporta la implementació del sistema de realitat virtual en les línies de muntatge, encara hi ha certs problemes que no han permès la implementació definitiva d'aquest nou model de treball. Entre aquests inconvenients es troba la necessitat de millorar la seguretat de la xarxa, ja que tot el programari treballa "online" i han de trobar el sistema de seguretat adient. Tot i això, els empleats de l'empresa estan treballant per solucionar aquests problemes, i molt possiblement, en un curt període de temps ja els hagin resolt i es pugui començar a implementar la realitat augmentada de forma definitiva. [14]

#### VII. CONCLUSIONS

Les interfícies d'usuari juguen un paper molt important en la indústria, sobretot si parlem de la 4.0 ja que està plagada de màquines i s'ha d'optimitzar al màxim la interacció de l'humà amb aquestes per facilitar i agilitzar aquests processos. La realitat virtual és un camí que, lentament, està adaptant la indústria com a interfície per les infinites noves oportunitats que permet respecte altres tipologies de plataformes. Si s'aplica de la forma adequada, el nombre d'avantatges que pot oferir envers el d'inconvenients és molt major ja que permet millores en la producció de temps, material i interacció directe del personal amb les màquines, fets que es tradueixen en beneficis econòmics.

Els inconvenients són menors; són sistemes tecnològics els quals, en desenvolupar-los o adquirir-los directament, costen un preu considerable però que és fàcilment recuperable tenint en compte els seus beneficis. També cal destacar el retorn del temor de la població davant d'un nou procés d'industrialització caracteritzat per avenços tecnològics com és el d'aquesta tecnologia com ja va succeir en la primera revolució industrial. Pel que fa a certes conseqüències negatives com el mareig o el malestar pel seu ús continuat o la tosquedat d'alguns sistemes, sempre s'han de valorar segons al sector on s'hagin d'aplicar, però són defectes que seran pal·liats en el futur.

Per tant, tot i que actualment la realitat virtual ja comença a cobrar molt pes en la indústria 4.0, als pròxims anys serà clarament determinant en el procés de fabricació d'un gran nombre de productes i en molts altres camps relacionats.

#### AGRAÏMENTS

Aquest article ha comptat amb el suport i l'ajuda de Joan Martínez Domene, professor de la UPC-EPSEM Manresa.

#### REFERÈNCIES

- [1] (2018) La web de RYTE. [Online]. Available: [https://es.rvte.com/wiki/Interfaz\\_de\\_Usuario](https://es.rvte.com/wiki/Interfaz_de_Usuario)
- [2] (2018) La web de Wikipedia. [Online]. Available: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Interf%C3%ADcies\\_d%27usuari\\_per\\_el\\_Smart\\_Worker](https://ca.wikipedia.org/wiki/Interf%C3%ADcies_d%27usuari_per_el_Smart_Worker)

- [3] (2018) La web de Realidad Virtual. [Online]. Available: <http://www.realidadvirtual.com/que-es-la-realidad-virtual.htm>
- [4] (2018) La web de Renacen. [Online]. Available: <https://www.renacen.com/blog/5-claves-aplicar-realidad-virtual-experiencia-de-usuario-ux-vr-rv/>
- [5] (2018) La web de Difementes. [Online]. Available: <http://www.difementes.com/realidadvirtual/clasificacionsegunlainterfaz.html>
- [6] (2018) La web de Forbes. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/alicebonasio/2018/07/12/mixed-reality-fo-r-industry-4-0/#5f2283ce55b1>
- [7] Gorecky, Dominic, et al. "Human-Machine-Interaction in the Industry 4.0 Era." *2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 2014, pp. 289–294.
- [8] (2018) La web de I-scoop. [Online]. Available: <https://www.i-scoop.eu/industry-40-virtual-reality-vr-augmented-reality-ar-trends/>
- [9] (2018) La web de Medium. [Online]. Available: <https://medium.com/edtech-trends/manufacturers-shaping-the-future-of-augmented-reality-204b9659ba7a>
- [10] (2018) La web de Seat. [Online]. Available: <https://www.seat.es/sobre-seat/noticias/corporativas/seat-realidad-virtual.html>
- [11] (2018) La web de Seat. [Online]. Available: <https://www.seat-mediacentre.es/storiespage/newstories/Como-se-aplica-la-realidad-virtual-en-la-fabricacion-de-un-coche.html>
- [12] (2019) La web de Statista [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/828467/world-ar-vr-consumer-spending-content-apps/>
- [13] (2019) La web de Boeing [Online]. Available: <https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page>
- [14] (2019) La web de CIO [Online]. Available: <https://www.cio.com/article/3095132/wearable-technology/google-glass-takes-flight-at-boeing.html>



# Una Plantilla per Prevenir Lesions en l'Àmbit Laboral

Jordi Brunet<sup>1</sup>, Carlos Martínez<sup>2</sup>, Jose Merino<sup>3</sup>, Pol Parera<sup>4</sup>, Anna Soriano<sup>5</sup>

*Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

jordi.brunet@estudiant.upc.edu

<sup>2</sup>carlos.martinez.gonzalez@estudiant.upc.edu

<sup>3</sup>jose.merino.millo@estudiant.upc.edu

<sup>4</sup>pol.parera@estudiant.upc.edu

<sup>5</sup>anna.soriano@estudiant.upc.edu

Aquest article té com a principal objectiu mostrar un sistema innovador per monitoritzar la salut dels treballadors d'una fàbrica de producció que realitzin tasques “de peu”. Aquest sistema consisteix en una Plantilla Intel·ligent per analitzar la caminada que es va començar a desenvolupar a l'UPC Manresa (grup iCircuit). Per tal de justificar la necessitat d'aquest dispositiu, s'emmarcarà l'article en la Prevenció de Riscos Laborals, tot amb el punt de vista de l'inevitable avenç de la Indústria 4.0. La finalitat d'utilitzar un sistema d'aquest calibre és la integració de la prevenció a tots els nivells de l'empresa, puix que es considera que tots els elements-individus d'una empresa estan implicats a l'hora de vetllar per una seguretat integral. Les prestacions que ofereix un *gadget* com el que es presenta passen per la millora de la seguretat i de l'eficiència de la prevenció.

## I. INTRODUCCIÓ

La indústria 4.0 com a realitat en la que ens trobem immersos suposa un canvi en les condicions de treball, però també una cursa tecnològica per les empreses a tall d'adaptar-se al nou model. Fent una ràpida retrospectiva, es parla de quatre revolucions industrials. En la primera, van aparèixer les màquines; en la segona, la producció en massa; la tercera és coneguda per la introducció dels sistemes TIC; i finalment la quarta, la qual s'està produint actualment, és coneguda per una integració de les tecnologies de la comunicació en totes les esferes de la indústria.

La quarta revolució industrial no només està modificant la manera de treballar, sinó que també suposa canvis en la interacció (tant persona-persona, com persona-màquina) dins de l'ambient de treball, en el tipus de tasques que es realitzen, en els llocs de treball, i en la monitorització dels treballadors, entre d'altres [1].

L'objectiu d'aquest article és precisament introduir un dispositiu innovador per monitoritzar els treballadors enfocat a la Prevenció de Riscos Laborals. Per tal d'arribar a l'objectiu, en el capítol II s'introduiran unes pinzellades sobre els riscos laborals en la indústria 4.0, i quina relació tenen aquests amb la monitorització; en el capítol III es parlarà dels treballs bipedestres, escollint aquests com el camp on es pretén aplicar l'ús del dispositiu; en el capítol IV s'entra de ple en la Plantilla Intel·ligent; i finalment, en el capítol V es plantegen idees de futur.

## II. MONITORITZACIÓ, RISCOS LABORALS I INDÚSTRIA 4.0

Tot i que la monitorització dels treballadors sembla un tema de rigorosa actualitat, ha estat present en diverses formes al llarg de la història de la relació empresari-empleat. En general, parlem de tres àmbits en els quals la monitorització és present. Per una banda, es parla de monitoritzar per tenir control sobre la presència en el lloc de treball. Durant la primera revolució industrial, aquest control es realitzava mitjançant capatassos[2], i actualment es realitza a través de màquines de fitxatge. Per altra banda, existeix una monitorització de l'eficàcia, que bàsicament consisteix en la quantificació de la producció. Finalment, un altre dels àmbits que es poden tractar, i que esdevé la finalitat d'aquest discurs, és la prevenció de riscos laborals. Aquesta és una esfera que té una tradició més curta, no obstant, ja l'any 1778, a Espanya, Carles III va donar un edicte de protecció contra accidents[3]. Amb els anys hi ha hagut grans variacions en el mode d'exercir la prevenció. Actualment, la llei vigent és de l'any 1995, tanmateix, amb la introducció de noves aplicacions tecnològiques en la indústria és necessari realitzar noves avaluacions de riscos[4]. Actualment, es parla de riscos emergents i nous models de prevenció com són els riscos biotecnològics, els riscos químics i els canvis en l'estil de vida del treball, com per exemple el tele-treball o les empreses formades per membres que treballen coordinats des de diferents centres. En la mesura que es parla d'aquests riscos emergents sorgeixen dispositius per ajudar en la seva prevenció. Tot i això, també és important innovar en la prevenció dels riscos ja existents, i aquest és el camp on pretén incidir l'article.

En l'actualitat, el concepte de prevenció ja no és només una qüestió de salut, sinó que engloba l'estat en conjunt de l'individu. Es pretén que l'avaluació de riscos i la planificació de les mesures preventives esdevinguin més efectius, i, que amb l'ajuda de les noves tecnologies es puguin realitzar a temps real i estendre's més enllà de la ubicació física de l'empresa[5]. Per aquest motiu, la monitorització i la prevenció de riscos formen una interjecció interessant.

Aquest enllaç s'ha d'entendre dins d'un ambient intel·ligent de treball, el qual dins de la indústria 4.0 es coneix com a *Smart Factory*. Aquest concepte es defineix per un

sistema de treball connectat i flexible que utilitza una transmissió constant de dades i sistemes de producció que són capaços d' "aprendre" i adaptar-se a demandes noves[6].

Per poder veure clarament les diferències de prevenció de riscos entre l'entorn tradicional de treball i l'ambient intel·ligent de treball, es presenta la Taula I:

TAULA I  
COMPARACIÓ ENTORNS DE TREBALL

Entorn tradicional de treball	Ambient intel·ligent de treball
Períodes llargs entre avaluacions i riscos.	Realització d'avaluacions de riscos en temps real i contínua.
Lapsus en el control dels riscos relacionats amb els canvis dinàmics en el lloc de treball.	Control continu dels riscos derivats dels canvis dinàmics i l'exposició a riscos derivats.
Avaluació de riscos col·lectiva.	Avaluació de riscos personalitzada.
S'assumeix el mateix risc per a treballadors amb diferents estats de salut.	S'assigna un valor de risc a cada treballador segons les seves característiques personals.
Formació i informació general dels riscos.	Facilitat per informar i formar al treballador –individualment– sobre els seus riscos.

Font: Gómez-Cano [2018]. pàg. 17

### III. PREVENCIÓ EN ELS TREBALLS BIPEDESTRES

La Prevenció de Riscos Laborals es fa extensiva a totes les fases d'activitat d'una empresa. Dins de les activitats d'una fàbrica de producció, un dels factors que es repeteix en la majoria de les seves tasques és la postura de treballar "de peu". Els treballs bipedestres, en que el treballador està de peu durant gran part de la seva jornada laboral, i en particular aquells en que a més a més s'han d'aixecar càrregues físiques, són un sector on hi ha un gran potencial de lesió. Algunes de les possibles lesions són: problemes musculars, problemes d'esquena i caigudes. En general es parla de lesions múscul-esquelètiques. La sobrecàrrega física que es pot produir durant l'execució de tasques que compreguin esforços físics mantinguts o desproporcionats com les operacions relacionades amb la manipulació de càrregues, els moviments repetitius i el manteniment de la postura de forma mantinguda al llarg del temps són la causa més freqüent de l'aparició d'aquestes patologies en l'àmbit laboral, motiu pel qual entren dins de la categoria de malalties professionals[7]. Aquestes es defineixen com

"el deteriorament lent i paulatí de la salut del treballador produït per una exposició crònica a situacions adverses; siguin aquestes produïdes per l'ambient en el qual es desenvolupa el treball o per la forma en la que aquest està organitzat"[8].

En la seva majoria, les lesions degudes als treballs bipedestres apareixen de forma escalonada. Això en complica la detecció.

Un dels camps existents que tracta la majoria d'aquestes problemàtiques és la podologia mitjançant estudis biomecànics de la petjada[9], en els quals s'avalua com camina una persona per veure si hi ha alguna alteració a corregir. Aquest tipus d'estudi permeten prevenir lesions musculars i osteoarticulars com els esquinços de repetició, dolors en els dits del peu, fascitis plantars, sobrecàrregues

musculars i basculacions pèlviques. El problema d'aquests estudis és que es realitzen en un moment puntual i aquestes dades poden estar mancades d'exactitud. En afegit, de manera generalitzada, l'assistència a un centre podològic es realitza de forma particular, principalment davant l'existència d'un problema. Davant d'això, i prenent com a premissa la importància de prevenir malalties múscul-esquelètiques que poden aparèixer a llarg termini degut a la falta d'ergonomia o seguiment en les tasques que es realitzen de peu, resulta innovador proposar un sistema que permeti salvar aquest problema a temps real.

### IV. SISTEMA D'ANÀLISI DE LA PETJADA COM A EXEMPLE

El sistema específic que s'ha escollit per innovar i facilitar la Prevenció de Riscos Laborals pel que fa a les lesions múscul-esquelètiques és la Plantilla Intel·ligent per Analitzar la Caminada. Aquest prototip és un *gadget* de monitorització que pertany a un projecte realitzat a la UPC Epsem, iniciat i dirigit pel grup Circuit de TIC, en el qual va participar l'alumne F. Roges.

La finalitat d'aquest projecte és el desenvolupament d'un dispositiu que permeti observar la caminada humana per tractar les seves dades segons la necessitat. En concret, els paràmetres que s'estudien per fer una avaluació acurada de la caminada són la distribució de les pressions plantars, la superfície de recolzament i la inclinació i el moviment del peu.

El *gadget* es pot dividir en dues dimensions: per una banda, la part de captació de les dades on hi intervé la part més física, com els components i els materials utilitzats; per altra banda, és important tenir un sistema capaç de recollir les dades i enviar-les a un altre dispositiu en el qual sigui possible realitzar-ne un anàlisi [10]. Pel que fa a la part física, tots els components s'inclouen en una plantilla impresa en 3D amb material Filaflex. Aquesta part no es desenvoluparà en aquest article puix que caldria disposar de diverses millores per tal de poder adaptar-la en el calçat reglamentari.

#### A. Tecnologia

La base teòrica que justifica el disseny de la Plantilla Intel·ligent és la baropodometria electrònica. La baropodometria és l'estudi de la distribució de les pressions plantars a través d'una plataforma de registre electrònic. Aquest mètode permet estudiar la marxa des d'un punt de vista cinètic. L'anàlisi dels passos permet conèixer les pressions que s'exerceixen en cada un dels punts de la superfície plantar, tant de forma estàtica com dinàmica. Permet visualitzar en temps real la superfície de càrrega, la línia del centre de gravetat i l'empenta corporal[11]. Aquests paràmetres són molt interessants en relació a les lesions dels treballs bipedestres que s'han esmentat anteriorment.

#### 1) Sensors

El prototip consta en una sèrie de sensors que observen la forma de caminar de manera no invasiva. Aquests sensors es

divideixen en dos tipus: per la recaptació de dades de pressió s'utilitzen els FSR402, un sensors que permeten una mesura qualitativa de la força, control per tacte, diferenciar diferents temps de pressió, detectar moviment o posició, entre moltes altres aplicacions. Per mesurar la inclinació i el moviment, s'utilitza l'acceleròmetre ADXL345, el qual permet mesurar l'acceleració estàtica i la dinàmica.

El processament de la informació es realitza a nivell de senyal de cada sensor. El dispositiu permet l'extracció de paràmetres característics per tal de processar-los mitjançant tècniques *Big Data* [12].

## 2) Microcontrolador

Per tal de recopilar la informació dels sensors, cal poder comunicar-se amb aquests així com tenir un emmagatzematge de dades temporal. Per aquesta funció s'empra un SoC anomenat Radino nf8001. Aquest dispositiu incorpora un microcontrolador atmega 32U4, utilitza el Bluetooth low energy per comunicar-se i té unes dimensions reduïdes, fet important a l'hora de dissenyar la plantilla. S'ha de mencionar que per tal que el Radino pugui comunicar-se via Bluetooth se l'hi ha d'incorporar una antena, i s'ha escollit la Johanson 2450AT18B100E[12].

## 3) Comunicació Bluetooth

És una tecnologia de xarxa d'àrea personal sense fils que permet la transmissió de dades entre equips per radiofreqüència. Les transmissions són de curt abast. Els avantatges que té respecte altres tipus de tecnologies són l'alta velocitat, la no necessitat d'una línia de visualització directa entre dispositius i el baix consum[12].

## 4) Bateria

Per poder alimentar el sistema s'usa una bateria Li-ion (forma de botó). A banda de la bateria, s'ha incorporat un regulador de voltatge per tal que el sistema estigui sempre alimentat a 3.3V. Per carregar la bateria s'ha optat per un carregador TP4056, al qual se li ha substituït la bateria programable per una de 33k $\Omega$  per tal que la intensitat de càrrega sigui de 50mA. Per fer el sistema més compacte s'ha implementat un sistema de càrrega de bateries sense fil. Per fer-ho possible s'ha utilitzat una base de càrrega Qi[12].

En la Figura 1 es pot observar com queden els elements integrats en un dels prototips:



Fig. 1 Plantilla integrada (PCB, sensors, suport). Font: Rofes (2016), pg. 56

## B. Anàlisi i processament de la informació (Big Data)

En aquesta part del projecte, un cop les dades han estat recollides i transmèses a un dispositiu extern, l'objectiu es poder fer-ne un anàlisi. La idea inicial del projecte és recollir informació de la caminada *normal* de cada persona, emmagatzemar les dades i detectar canvis per realitzar una prevenció. A mesura que el projecte avanci es pretén mesurar la petjada objectivament, mesurar-ne l'evolució i detectar asimetries[12].

Això requereix un *software* (actualment en vies de desenvolupament) que permeti una transformació dels paràmetres en dades de qualitat, l'extracció dels elements clau, la detecció de patrons i tendències, i que aporti coneixement.

Actualment, ja s'estan extraient dades sobre les petjades. Aquestes dades tenen una base numèrica, i a partir d'elles es poden elaborar diferents tipus d'estudis. Per exemple, en la primera fila de la Figura 2 podem observar tres gràfics sobre la petjada d'una persona en estat normal, i a continuació tenim tres gràfics de la petjada de la mateixa persona amb 12kg de pes extra.

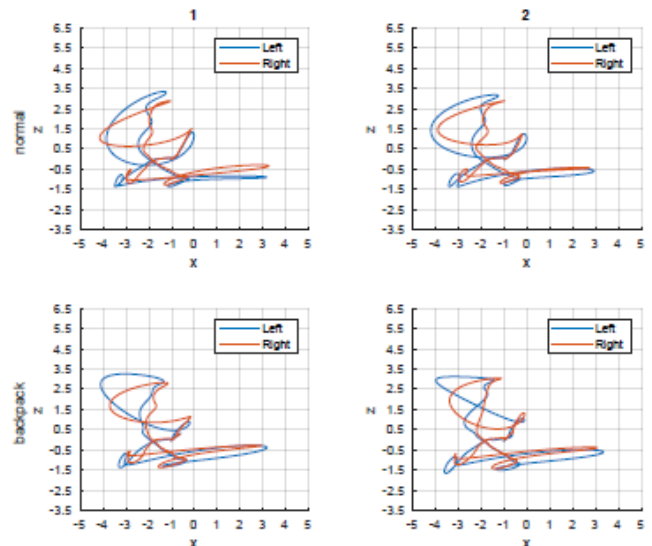


Fig. 2 Anàlisi de la petjada d'una mateixa persona en dues situacions diferents. Font: Arumi, Bonet i Palà (2018)

## V. APLICACIONS DE FUTUR

Actualment existeixen molts sistemes de monitorització que podrien simplificar l'anàlisi i la prevenció dels riscos laborals, així com garantir unes millors condicions pels treballadors. Com el que s'ha presentat, molts d'ells estan en vies de desenvolupament, o encara no gaudeixen d'una acceptació generalitzada, sigui per motiu del seu cost o del desconeixement. Tot i així, en alguns sectors comencen a implementar-se dispositius de monitorització (particularment aquells destinats al control de la ubicació, com el GPS)[13]. Per tant, és provable que el camp de la monitorització segueixi expandint-se.

En aquest context, resultaria interessant poder implementar el sistema d'anàlisi de la petjada en sectors on els treballadors restin llargues hores de peu, aixequin càrregues pesades o corrin el risc de caigudes. Està demostrat que en el sector industrial algunes tasques es realitzen de peu exclusivament, i no per aquest fet, sinó per causes com males postures, cansament i inestabilitat es produeix un gran nombre de lesions[14]. Aquestes *a priori* són difícils de prevenir degut a que els símptomes es van desenvolupant lentament. Aleshores, potenciar el dispositiu de la plantilla permetria fer un seguiment del treballador, i permetre tant a aquest, com a l'empresa, ser conscient del seu estat de salut. Això permetria corregir mals hàbits, així com actuar més efectivament en cas de lesió, gràcies al banc de dades recopilat. La plantilla podria ajudar a prevenir els següents tipus de lesions:

#### A. Lesions derivades de moviments repetitius

Dins d'aquestes s'inclouen les males postures, algunes de les quals s'inicien en les extremitats inferiors. Per tant, a partir d'un anàlisi de les pressions seria possible detectar-ho. Els grans moduladors d'aquestes lesions són la intensitat, la freqüència i la duració. Tots tres paràmetres poden ser estudiats amb facilitat a partir de les dades extretes [15].

#### B. Lesions derivades dels treballs amb càrrega

Els sensors de pressió de la plantilla permeten estudiar la petjada segons la càrrega que porta un treballador. Com s'ha vist en la figura 2, la gràfica de la caminada varia segons si la persona porta pes, o no. Per una banda, això permet detectar si el treballador està manipulant càrregues superiors a les permeses pel Real Decret 487/1997[16]. Per altra banda, a partir del mapa de pressions extret es pot determinar si la càrrega és portada adequadament i si el recorregut d'elevació és massa gran.

#### C. Lesions derivades dels treballs en posicions forçades

Les postures forçades es produeixen quan les posicions de treball provoquen que una o vàries regions anatòmiques deixin d'estar en una posició natural per passar a l'hiperextensió, l'hiperflexió o l'hiperrotació. Una de les postures forçades més habituals és estar de peu sempre en el mateix lloc. Algunes altres posicions que també podem relacionar amb els peus són gatzoneta i de genolls.[17] En el primer cas es pot detectar en la relació pressió-temps-moviment si el treballador està durant massa temps en posició estàtica (moviment nul o molt limitat). En el cas de les altres dues posicions, els peus exerceixen pressions emfatitzades sobre zones concretes del peu que es podrien detectar fàcilment a partir de les diferències entre les pressions rebudes pels diferents sensors repartits en la plantilla.

#### D. Caigudes

Mitjançant l'acceleròmetre es pot detectar la caiguda d'un dels treballadors. Per tal de que aquesta part del sistema fos efectiva, caldria incorporar un sistema d'alarma que funcionés en temps real, per tal de permetre una actuació ràpida en cas necessari.

## VII. CONCLUSIONS

És interessant per una empresa contemplar un sistema que permet la mesura contínua dels usuaris, proporcionant informació sobre diferents aspectes funcionals com són el caminar, l'equilibri (en relació a les caigudes), l'esforç realitzat, la relació entre la petjada i el pes aixecat i les hores de treball de peu. Perquè un sistema d'aquest tipus sigui adequat ha de ser portable i no invasiu.

Per aquests motius s'ha considerat que valia la pena tenir en compte el projecte en desenvolupament de la Plantilla d'anàlisi de la Petjada. Aquesta plantilla, a banda de proporcionar dades mitjançant uns sensors integrats, ofereix la possibilitat per a la predicció de futures lesions, fet que és innovador respecte a la prevenció que es realitza en la actualitat.

## AGRAÏMENTS

S'agraeix als docents que han dedicat el seu temps en ajudar-nos a realitzar l'article, en especial al Joan Martínez pel seguiment, i al Pere Palà i l'Arnau Arumi per fer-nos una introducció al projecte de monitorització de la petjada humana.

## REFERÈNCIES

- [1] Monitorització de l'Smart Worker (s.d). A Viquipèdia. Recuperat el 8 de gener del 2019 de [https://ca.wikipedia.org/wiki/Monitoritzaci%C3%B3\\_del\\_Smart\\_Worker](https://ca.wikipedia.org/wiki/Monitoritzaci%C3%B3_del_Smart_Worker)
- [2] Prieto, L., López, R. (2017). La lucha histórica por la reducción de la jornada laboral. *La izquierda diario*. Disponible a: [http://www.laizquierdadiario.com/ideasdeizquierda/wp-content/uploads/2017/04/20\\_22\\_Prieto-Lop.pdf](http://www.laizquierdadiario.com/ideasdeizquierda/wp-content/uploads/2017/04/20_22_Prieto-Lop.pdf)
- [3] Campos Fernández, J. (2018). La prevención de riesgos laborales en la constitución española. *CEMCI*. Disponible en: <https://revista.cemci.org/numero-37/pdf/trabajos-de-evaluacion-1-la-prevencion-de-riesgos-laborales-en-la-constitucion-espanola.pdf>
- [4] Organización internacional del trabajo. "Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación" 2010. [en línia]. Consulta el 16 de desembre del 2018. Disponible en: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_124341.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_124341.pdf)
- [5] Gómez-Cano, M.; Bestratén, M i Gavilanes C. (2018). Revolución 4.0: El futuro está presente. *Seguridad y salud en el trabajo*, 94, 6-17.
- [6] The Smart Factory - Responsive, adaptive, connected manufacturing (en anglès) p. 5. Deloitte, University Press. [Consulta: 19 novembre 2018].
- [7] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, para la Prevención de riesgos laborales. Boletín Oficial del Estado, núm. 269, de 10 de noviembre de 1995, pp. 32590 a 32611. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- [8] Consejería de Economía y Empleo. Junta de Castilla y León. (2012) *Higiene postural y prevención de riesgos en movilización de personas dependientes*. Castilla y León.
- [9] Rueda, M. (2003) Introducción a la biomecánica del pie. *Apunts. Medicina de l'esport*. (141), pp. 27-37.
- [10] Arumi, A., Bonet, J. i Palà P. (2018). *Observant la caminada humana* [diapositives de PowerPoint]



- [11] Hurtado, A (2006). Uso de la baropodometría. *Artemisa*. 2, (4), pp.256-258. Disponible a: <http://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2006/ot064d.pdf>
- [12] Rofes, F. (2016). *Disseny i implementació d'una plantilla intel·ligent per analitzar la petjada* (TFG). UPC, Manresa.
- [13] Esteban, P.(2018, 4 de abril). La empresa sólo puede usar el GPS del coche para controlar a los empleados en horario laboral. *El País*. Disponible en: [https://elpais.com/economia/2018/04/04/mis\\_derechos/1522826659\\_506125.html](https://elpais.com/economia/2018/04/04/mis_derechos/1522826659_506125.html)
- [14] Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social (f.d). Estadística de accidentes de Trabajo. España. [http://www.mitramiss.gob.es/estadisticas/eat/eat18\\_06/ATR\\_06\\_2018\\_Resumen.pdf](http://www.mitramiss.gob.es/estadisticas/eat/eat18_06/ATR_06_2018_Resumen.pdf)
- [15] Simoneau, S., St-Vincent, M. I Chicoine, D. *Lesiones por movimientos repetitivos. Comprenderlas para prevenirlas* (traducción del francés per Jose Antonio Manrique, de l'Escola Valenciana d'Estudis de Salut). Quebec: Institut de recherche Robert-Sauvé. Disponible a <http://publicaciones.san.gva.es/publicaciones/documentos/V.4222-2008.pdf>
- [16] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, Madrid. Disponible a: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8670>
- [17] Secretaria de Medi Ambient i Salut Laboral de la UGT de Catalunya (Ed.) (2014) *Cuaderno preventivo: Posturas Forzadas*.Barcelona, España. [http://www.ugt.cat/download/salut\\_laboral/ergonomia/cuaderno\\_posturas\\_forzadas.pdf](http://www.ugt.cat/download/salut_laboral/ergonomia/cuaderno_posturas_forzadas.pdf)



# Optimització del Consum Energètic en la Indústria 4.0

Guillem Cura, Joan Girabal, Jordi Malo, Irene Mollet i Queralt Notario

*#Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

[gcura.marti@gmail.com](mailto:gcura.marti@gmail.com)  
[joangil19@gmail.com](mailto:joangil19@gmail.com)  
[jordi.malo.coll@gmail.com](mailto:jordi.malo.coll@gmail.com)  
[imsala@gmail.com](mailto:imsala@gmail.com)  
[queraltnotario@gmail.com](mailto:queraltnotario@gmail.com)

**Resum**— El consum energètic a la indústria és un dels factors més importants per l'empresa i el medi ambient, per tant, un dels principals objectius és la seva optimització. Malgrat ser una qüestió de gran importància des dels inicis de la indústria, serà a la indústria 4.0 on es prendran mesures més eficients gràcies als seus avenços tecnològics i es proposaran solucions per aconseguir una màxima optimització. Per poder analitzar l'eficiència en l'optimització del consum a la indústria 4.0, cal observar el progrés històric del consum en el sector industrial, les mesures desenvolupades en aquesta nova forma de produir i treballar i per últim considerar si les solucions encara per desenvolupar són rendibles econòmicament i energèticament.

## I. INTRODUCCIÓ

Històricament, el progrés tecnològic s'ha traduït en un augment de la renda per càpita i del benestar social gràcies als guanys de productivitat i a la possibilitat d'obtenir més amb menys. Tot i que sempre s'ha vist acompanyat per la por a la destrucció de llocs de treball des dels inicis de la primera revolució industrial, on es cremaven màquines per protegir els treballadors del sector tèxtil, mai no ha suposat una pèrdua d'ocupació notable i el procés ha seguit avançant amb èxit. A dia d'avui, passant per l'automatització de l'agricultura i l'automatització de la indústria, hem arribat a la coneguda indústria 4.0<sup>[1]</sup>, també anomenada “Quarta Revolució Industrial”, on la productivitat i l'optimització assoleixen el seu màxim exponent.

El concepte Indústria 4.0 (també conegut com a indústria intel·ligent o ciberindústria del futur) correspon a una nova manera d'organitzar els mitjans de producció. L'objectiu que es vol assolir és la posada en marxa d'un gran nombre de fàbriques intel·ligents (smart factories)<sup>[2]</sup>, capaces d'adaptar-se més a les necessitats de la indústria i als processos de producció a través de sistemes automatitzats que inclouen sistemes ciberfísics, l'aplicació d'internet als processos industrials, la utilització de la informàtica en núvol i d'altres processos tecnològics que fomenten que s'obri la via cap a una nova revolució industrial.

Per dur a terme amb èxit aquest procés, és necessària una bona optimització de l'energia emprada en els automatismes.

La Smart Consumption és l'ús eficient de l'energia amb l'objectiu d'optimitzar la distribució de l'energia en els processos productius de la indústria, utilitzant els mateixos mitjans o menys per produir més béns i serveis, així estalviant diners i conservant recursos.

El fet d'estalviar energia en la producció en indústries 4.0 és un dels principals reptes d'aquest sector.

Un clar exemple d'evolució en aquest àmbit es veu reflectit a la figura 1, on s'aprecia com el consum d'energia en la indústria catalana amb activitat manufacturera disminueix amb els anys, gràcies a una bona optimització d'aquesta.

Evolució del consum d'energia final en el sector industrial a Catalunya en el període 2003-2014 (ktep)



CONSUM ENERGÈTIC DEL SECTOR INDUSTRIAL		
Any	Consum (ktep)	Variació Interanual (%)
2003	4.945,5	-
2004	4.934,0	-0,2%
2005	4.985,2	1,0%
2006	4.928,2	-1,1%
2007	4.904,7	-0,5%
2008	4.505,4	-8,1%
2009	3.879,4	-13,9%
2010	3.923,0	1,1%
2011	3.825,5	-2,5%
2012	3.660,0	-4,3%
2013	3.455,9	-5,6%
2014	3.523,5	2,0%

Fig. 1. Gràfic sobre l'evolució del consum d'energia en el sector industrial de Catalunya entre l'any 2003-2014<sup>[3]</sup>

## II. PROGRÉS DEL CONSUM D'ENERGIA A LA INDÚSTRIA

Des de la revolució industrial fins ara, les formes de consumir energia en les indústries ha canviat molt. En el segle XVIII no existien els combustibles fòssils, on la principal font d'energia era la fusta. Avui dia les energies es divideixen en renovables, les quals es regeneren de manera natural, i les no renovables, aquelles que tenen un ús limitat, ja que la seva velocitat de consum és més gran a la de regeneració. Les principals fonts per això, són les provinents dels combustibles fòssils i de les centrals nuclears i la de les centrals hidroelèctriques, al ser les més comunes.

La seva història comença al segle XIX quan es va començar a utilitzar el carbó com a combustible que alimentava a les màquines de vapor. El carbó va ser el principal consum energètic fins al segle XIX quan va aparèixer el petroli i el gas amb molta força. El petroli i el gas es va fer servir per alimentar

els nous invents com el nou motor de combustió interna, que serà el que propulsarà a l'automòbil i més tard els avions. Avui en dia, el petroli, es fa servir com a matèria primera per a generar electricitat, tot i les seves elevades emissions a l'atmosfera. AL segle XX el petroli havia crescut més de pressa que el gas, la qual cosa va fer que fos el principal consum energètic per a les indústries.

Als anys 70, el petroli va patir una decadència anomenada la crisi del petroli del 1973, on els països de l'OPEP es negaven a exportar les energies fòssils als països que recolzaven Israel. Aquesta crisi va servir pel creixement de les energies renovables, les quals apareixen en els països occidentals, ja que no podien estar depenent dels estats petrolers.

Cada any l'augment del cost energètic és més elevat en vers el valor de producció, provocant una gran preocupació entre les empreses industrials. Aquesta situació, fa que entre les empreses industrials hagin de ser molt més eficients a l'hora de produir, intentant que el cost energètic sigui el menor. Per tant, el cost energètic dins d'una empresa el situa com el factor clau a l'hora de voler ser més competitiu entre les altres i optar a tenir un creixement econòmic empresarial més alt. Desenvolupar solucions per aquest problema requereix coneixements electro tècnics.

#### A. Potència elèctrica

La potència elèctrica és la quantitat d'energia lliurada o absorbida per un element en un temps determinat amb el Watt com a unitat de mesura. Quan un corrent elèctric flueix en un circuit, pot transferir energia en fer un treball mecànic o termodinàmic el qual utilitzaran les indústries.

La major part de càrregues industrials (motors, transformadors, fluorescents, etc.) absorbeixen la potència activa o la potència reactiva de tipus inductiu. Malgrat això, la potència reactiva es tant sols una potència fluctuant que absorbeixen momentàniament els receptors durant una part de cicle i que la retornen a posteriori a la xarxa a final del procés, de manera que no suposa un consum net. Malgrat aquest procés, això implica un consum de corrent extra fent que el corrent total sigui més elevat del necessari per obtenir energia útil, produint pèrdues innecessàries a la instal·lació i per conseqüent, un major cost monetari. A més, el consum de potència reactiva obliga a preveure uns mètodes de generació i transport més desenvolupats necessitant una instal·lació més complexa. La companyia subministradora també necessita aquesta instal·lació extra per transportar-la i per tant estableix uns recàrrecs extres sobre els termes de potència i energia, en funció del factor potència acumulada al final del període de facturació.

Aquesta potència total utilitzada, consumirà una energia la qual l'anomenarem energia aparent, essent la combinació l'energia activa i reactiva provinents de les respectives potències.

L'energia activa representa l'energia generada quan els receptors elèctrics transformen l'energia en treball mecànic o calor. Aquest efecte es reflexa immediatament i es mesura en kWh. Els receptors formats per resistències pures, com els aparells de calefacció, consumiran exclusivament energia activa.

Per altra banda, l'energia reactiva no es consumeix i es mesura en VAR (Volts-Ampers Reactius). S'associa a tots els aparells que utilitzen bobines i són alimentats en corrent alterna. Tot i no consumir-se ni produir-se, si que hem de transportar-la així que es necessari neutralitzar o compensar-la. Això provoca que les companyies distribuïdores han de realitzar una major inversió en els seus generadors, tenir més capacitat en les línies de distribució i en els transformadors pel seu transport i transformació. Això, tal com s'ha comentat a priori, genera uns costos extres que es traslladen a la factura final amb el concepte d'energia reactiva.

Les empreses, per tal d'evitar aquest consum d'energia reactiva, utilitzen bateries de condensadors. Aquests tenen la capacitat de subministrar energia reactiva del signe contrari del que generen les bobines, d'aquesta manera podrem disminuir o anular totalment l'energia reactiva utilitzada. Aquesta compensació, generalment s'anomena compensació del factor de potència o correcció del cos  $\phi$ .

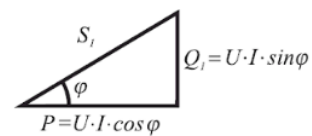


Fig. 2. Triangles de corrents i potències<sup>[4]</sup>

Es pot observar al triangle de potències de la Fig.2, el procés matemàtic per calcular la quantitat de cada tipus de potència consumida, on 'Q' és la potència reactiva i 'S' la total. L'objectiu és obtenir un cos  $\phi$  el màxim de proper a la unitat, de manera que s'obtinguin els màxims beneficis en termes de reducció de pèrdues i per tant, bonificacions en l'energia facturada.

Gràcies a tenir coneixements en aquest àmbit i els avenços tecnològics en la indústria l'optimització del consum és cada cop més efectiva.

### III. INDÚSTRIA 4.0

#### A. Una nova forma de producció gràcies a la indústria 4.0

Degut a l'aparició de les indústries 4.0 en la revolució industrial, gràcies a la introducció de les Tecnologies de la Informació, es va poder fusionar el món real i virtual de les fàbriques, i d'aquesta manera introduir les Tecnologies de la Informació en els processos de producció. D'aquesta manera la cadena de producció era autogestionable, i permetia que fos més ràpida i eficient a la demanda del mercat. Tota la fàbrica disposa de la informació del procés de producció a temps real.

Mitjançant un software per provar els productes virtualment abans de la seva fabricació, s'eviten possibles errors i es millora la seva funcionalitat, i és gràcies a això que es va aconseguir que els productes arribessin un 50% més ràpid i amb el mateix nivell de qualitat al mercat.

El tipus de producció que s'ha vist més afectat amb l'aparició de la indústria 4.0 és la producció en massa. La producció en massa és la que s'ocupa de produir una gran quantitat de productes idèntics. En aquest tipus de producció les feines estan automatitzades i permet que hi hagi un augment en els productes molt elevat utilitzant menys treballadors.

La indústria 4.0 també ha fet que sigui possible poder manejar una producció a gran escala amb productes bastant personalitzats segons les necessitats particulars, i a l'hora sense mantenir grans stocks.

Cada cop la producció s'està tornant més autònoma, ja que les Tecnologies de la Informació segueixen avançant i fusionant-se amb la producció. Les màquines funcionen de manera autònoma tot i que necessiten l'aplicació d'ordres directament, això fa que es segueixi necessitant a persones treballant en les indústries 4.0 per transmetre a les màquines aquestes ordres.

Un exemple de la millora que ha donat la indústria 4.0 en les fàbriques pot ser en la fàbrica de Siemens en Amberg. Ja que allà degut a que les màquines i els productes es comuniquen entre sí, al llarg dels últims 20 anys han aconseguit augmentar per vuit la seva producció.

### B. Mesures per reduir el consum

L'eficiència energètica és un factor important en la indústria 4.0 per ajudar a reduir els costos de fabricació i operatius, així com l'impacte sobre el medi ambient.

Cada decisió que es pren afecta al consum elèctric, de tal manera que qualsevol petit canvi contribueix a una societat més sostenible. A més, pot contribuir a un estalvi energètic i monetari considerable. Una bona presa de decisions juntament amb els avenços tecnològics amb els que contem a la indústria 4.0 poden optimitzar el consum de forma notable. A continuació, un conjunt de mesures preses en la indústria 4.0.

#### 1) Productes d'eficàcia energètica

L'1 d'agost de 2017 va entrar en vigor el nou Reglament (UE) 2017/1369 de 4 de juliol de 2017, pel qual s'estableix un nou marc per a l'etiquetat energètic i es deroga la Directiva 2010/30/UE. Aquesta nova norma sobre etiquetat energètic, on l'eficiència energètica és l'eix principal, permetrà als usuaris i consumidors, prendre decisions en relació al consum energètic de tots els productes relacionats amb l'energia.

El nou reglament inclou el reescalat de totes les etiquetes, deixant únicament les categories de la A a la G, eliminant les actuals A+, i superiors, i establint que la diferència de consum entre una categoria i la següent sigui uniforme en tota l'escala de categories. La diferència entre l'anterior normativa i l'actual es veu a la figura 2. Així doncs, tenint en compte aquest etiquetatge es poden estalviar grans quantitats d'energia si es fa una bona tria d'aparells.

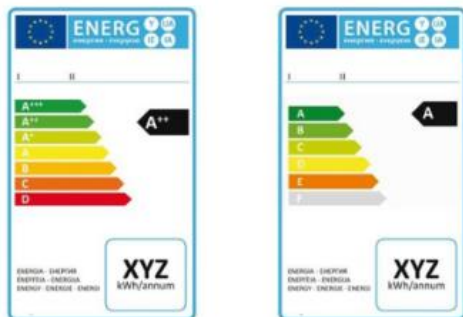


Fig. 2. Etiquetatge antic (esquerra) i etiquetatge en vigor (dreta)<sup>[5]</sup>

#### 2) Ús de temporitzadors

Amb l'ús de temporitzadors es pot treure el màxim rendiment dels aparells i màquines electròniques, fent-les funcionar tan sols en els moments convenients.

#### 3) Automatització de processos

L'alta automatització de processos pròpia de la indústria 4.0 permet augmentar de forma directa l'eficiència operacional de les plantes industrials, reduint els temps d'entrega. Es calcula que la productivitat millora un 30%.

#### 4) Reducció d'interaccions

L'ajust de l'oferta i la demanda a temps real permet la reducció d'interaccions massives i operacions no efectives. D'aquesta manera s'eviten despeses innecessaris, tan energètics com temporals i econòmics.

#### 5) Detecció programada d'incidències

Configurar els equips de tal manera que es permeti la detecció de mals funcionaments i incidències, amb l'objectiu d'actuar de manera més òptima en el manteniment i allargar la vida dels equips.

#### 6) Monitorització del consum

Mostrar per pantalla la despesa energètica és un dels factors claus dels que disposen les indústries 4.0. Això permet generar dades que, a curt o a llarg termini, seran molt útils per analitzar processos i poder millorar la optimització, ja que al tenir controlat tot tipus de consum es poden prendre decisions i desenvolupar solucions que encaixin perfectament amb el problema.

#### 7) Comunicació dintre l'empresa

La interconnexió entre usuaris i equips de treball facilita l'intercanvi d'informació a l'hora de prendre decisions i així optimitzar mitjans.

### IV. DIFERENCIES DE CONSUM ENTRE FÀBRQUES NORMALS I INDUSTRIALS

La indústria catalana, al llarg dels anys, ha anat adquirint consciència sobre la necessitat d'optimització del consum energètic com un dels seus objectius fonamentals. En l'estudi publicat per la Generalitat de Catalunya de l'ECESI, es veu reflectit un període de dotze anys, 2003-2014, on es reafirma aquesta consciència de l'estalvi en el consum energètic. A Catalunya ha disminuït un 28,8 % el consum final d'energia<sup>[6]</sup> en el sector industrial: d'un consum de 4.945,5 ktep l'any 2003 s'ha passat a un consum de 3,523,5 ktep l'any 2014.

L'optimització energètica en les indústries ha provocat una reducció important de les principals fonts d'energia, sobretot de l'energia petrolífera, ja que en la conscienciació de la població sobre el tema de les emissions ha afavorit aquest canvi. Tot i això, el que ha provocat realment aquesta reducció en el consum de petroli en les indústries ha estat l'augment del preu d'aquests tipus d'energies, fet que ha provocat que les indústries per poder obtenir els beneficis desitjats hagin d'optar per altres fonts.

El consum d'energia a les indústries 4.0 és similar al de les indústries tradicionals, ja que cada una explota les energies que té al seu abast. La reducció dels costos energètics de la indústria 4.0 es basa en la seva millor qualificació de consum energètic i

en l'ús de màquines intel·ligents que ja estan preparades per aquesta reducció de consum. Per exemple, aquestes màquines estan programades per a fer sempre el mateix recorregut i no necessiten la llum artificial, mentre que els operaris de les indústries tradicionals necessiten la llum artificial per poder treballar.

Es pot observar una reducció d'energia tant a la indústria tradicional com a la 4.0. Una causa d'aquesta reducció és l'optimització de recursos energètics per tal de reduir costos en el procés i maximitzar beneficis. D'altra banda l'actual tendència entre els compradors a revisar el tipus d'energia que s'ha utilitzat per la fabricació d'un producte també condiciona aquesta decisió de les empreses.

## V. EXPECTATIVES DEL SMART CONSUMPTION

L'eficiència energètica representa l'obtenció dels mateixos béns o serveis amb una disminució de recursos energètics i sense afectar els nivells de confort, qualitat de vida o productivitat.

Per tal de reduir costos i estalviar energèticament i econòmicament, la política del smart consumption inclou les idees que intenten disminuir aquests factors. D'aquesta manera s'intenta fer servir un consum responsable i ètic, el qual no només satisfaci les necessitats reals sinó també la conservació del medi ambient i tingui en compte les implicacions socials i ecològiques.

Ahora, també inclou un consum eficient i propicia un desenvolupament sostenible, que permet satisfer les necessitats actuals sense perjudicar les futures, mentre no perjudica directament a la producció de països subdesenvolupats.

## VI. SOLUCIONS INTEL·LIGENTS

Les noves tecnologies cada vegada s'estan centrant més amb el sector de l'energia, generant grans oportunitats amb l'aparició de grans dades i sistemes intel·ligents. La creació d'infraestructures d'energia intel·ligents amb intel·ligència digital integrada està transformant la forma en què generen, distribueixen, gestionen i emmagatzemen energia.

El futur de l'energia dependrà cada vegada més de la intel·ligència digital i l'ús de l'anàlisi de dades que servirà per produir un ús més eficient dels recursos. La tecnologia de detecció intel·ligent reacciona i es comunica amb el medi ambient, optimitzant el rendiment i millorant l'eficiència. Unes possibles solucions que utilitzen tecnologia intel·ligent podrien ser les següents:

A. Les xarxes intel·ligents o smart grids<sup>[7]</sup> demostren, en la pràctica, com la intel·ligència digital està transformant la indústria energètica i impulsant l'eficiència energètica. Aquestes funcionen amb models de resposta a la demanda (DR), que permeten una anàlisi en temps real de les tendències de la demanda dels clients. La intel·ligència digital integrada en aquests models els permet reaccionar de forma autònoma a la demanda d'energia i ajustar la distribució d'energia en conseqüència.

B. **Proactius** [8] i **microxarxes**. La gent cada cop produeix més energia pròpia a partir de mitjans renovables, com panells solars i aerogeneradors. Això dóna a les persones més control sobre la seva energia. La creació de microxarxes permet a les persones desconnectar-se de la xarxa elèctrica i operar de manera autònoma amb la seva pròpia generació energètica local, oferint-los una major independència energètica. La instal·lació de panells solars, per exemple, dóna al propietari el control exclusiu de la seva energia solar generada a casa i el poder de decidir si vol consumir-la o alimentar-la de nou a la xarxa.

Les xarxes intel·ligents i les microxarxes redueixen els costos energètics, tot i ser més respectuosos amb el medi ambient.

C. Els comptadors intel·ligents o **smart meters** permeten una comunicació bidireccional entre els punts de generació i el consum. La tecnologia sense fils permet als mesuradors intel·ligents transitar informació sobre el consum d'energia, com ara lectures de comptadors, al proveïdor. El proveïdor pot reaccionar a aquests i optimitzar la generació d'energia. Això reduirà els costos i també serà bo per al medi ambient a mesura que es perd menys energia. El gran creixement global dels mesuradors intel·ligents és evident pel seu potencial i com estan impulsant l'eficiència energètica<sup>[9]</sup>.

D. Les plantes virtuals<sup>[10]</sup> (VPP, virtual power plant) permeten integrar diferents fonts d'energia en una xarxa de control central. La intel·ligència digital d'aquesta xarxa central pot monitoritzar i controlar la distribució d'energia. Permet als VPP lliurar energia de més d'una font d'energia quan la demanda d'energia està en el seu moment màxim. Això és essencial a causa de l'augment de les energies renovables, que no necessàriament generen electricitat vint-i-quatre hores al dia; per exemple, l'energia solar només es pot capturar durant el dia i, per tant, cal un altre recurs elèctric per equilibrar-ho. Les solucions VPP estan prenent l'agregació d'energia a un nou nivell, a més de pressionar les xarxes vulnerables, augmentant la fiabilitat de les xarxes per satisfer les nostres necessitats energètiques.

E. El concepte "Internet dels edificis" demostra com, finalment, es podran implementar solucions energètiques innovadores en tota una ciutat intel·ligent. Les solucions digitals permetran compartir energia als edificis de la xarxa, que optimitzaran la distribució, l'ús i l'eficiència energètica.

## VII. COSTOS

Per dur a terme aquests projectes cal una inversió inicial important ja que, són tecnologies encara en fase de desenvolupament i a més, no hi ha cap llei que obligui a implementar-les per tal d'optimitzar el consum.

El cost estimat de cadascuna de les opcions presentades a l'apartat anterior serà el següent:

Els models DR de les smart grids es configuren per transformar la forma en què gestionem la nostra electricitat, amb una inversió esperada, en el cas del projecte europeu del programa Horizon 2020<sup>[11]</sup>, d'uns 3.8M€.

Pel que fa als proactius com l'edifici d'oficines Seu del COAC, Barcelona, el cost total de la instal·lació fotovoltaica en una superfície de 217m<sup>2</sup> amb una potència de 26.800 Watts-pic, ha sigut d'aproximadament 200.000€, sense comptar IVA ni manteniment<sup>[12]</sup>.

Els comptadors intel·ligents són una opció fàcil i econòmica ja que, la instal·lació, en la majoria dels casos, és gratuïta. Pel que fa al dispositiu, existeix una ampla gamma de preus que ronden al voltant dels 200€, depenent de la companyia i del servei que es vulgui dur a terme.

Les plantes virtuals ja són un projecte més ambiciós, on la majoria tenen un pressupost del voltant dels 6 milions d'euros i s'estima que estaran acabats entre el 2020 i 2023 [12].

## VIII. CONCLUSIONS

És evident que des d'un punt mediambiental és molt necessari intervenir en el consum de recursos energètics i aplicar mesures per optimitzar-lo. Gràcies a la identificació d'aquest problema l'optimització del consum és cada cop més efectiva a causa de que grans projectes com la indústria 4.0 treballen enfocant els seus avenços tecnològics a assolir aquest objectiu. Aquest procés avança de forma exponencial gràcies a les empreses relacionades amb el sector de l'energia i universitats entre d'altres, implicades en seguir investigant i buscant noves solucions per fer més factible l'optimització del consum.

Actualment aquest moviment es troba en els seus inicis i les tecnologies que podrien suposar una reducció de consum important no estan prou avançades per tal d'aplicar-les a la indústria, ja que suposen una inversió econòmica molt elevada no rentable a curt termini.

## AGRAÏMENTS

Volem agrair als múltiples professors totes les hores disponibles que hem tingut durant vaires setmanes per treballar i desenvolupar l'article en hores de classe.

## REFERÈNCIES

- [1] Indústria 4.0. (2019). Extret de: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Ind%C3%BAstria\\_4.0](https://ca.wikipedia.org/wiki/Ind%C3%BAstria_4.0)
- [2] Fabricació intel·ligent. (2019). Extret de: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Fabricaci%C3%B3\\_intel%C2%B7ligent](https://ca.wikipedia.org/wiki/Fabricaci%C3%B3_intel%C2%B7ligent)
- [3] (2018) Web del Institut Català d'Energia [Online]. Disponible: <http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/sectorials/ecesi/>
- [4] Autonell, J., Balcells, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., & García, B. et al. Eficiència en el uso de la energia eléctrica.
- [5] Entra en vigor el nou reglament europeu sobre l'etiquetat Energètic. (2019). Extret de: [http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/noticia/20170825\\_not\\_nou\\_reglament\\_etiquetat\\_energetic](http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/noticia/20170825_not_nou_reglament_etiquetat_energetic)
- [6] Evolució del consum energètic del sector industrial a Catalunya en el període 2003-2014. Dins de *Principals resultats de l'estadística del consum energètic del sector industrial*. Generalitat de Catalunya: Institut Català d'Energia. Extret de: <http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/sectorials/ecesi/>
- [7] Hitachi in UK. (2018). *What is a smart grid?* [Online] Disponible: <http://www.hitachi.eu/en-gb/social-innovation-stories/energy/what-smart-grid>

- [8] Termcat.cat. (2018). *TERMCAT - Cercaterm – consumidor proactiu | consumidora proactiva*. [Online] Disponible: [http://www.termcat.cat/ca/Cercaterm/Fitxa/consumidor+proactiu+%7C+consumidora+proactiva/ODU2MTk2/#.WO4O\\_XuAIs8.lin](http://www.termcat.cat/ca/Cercaterm/Fitxa/consumidor+proactiu+%7C+consumidora+proactiva/ODU2MTk2/#.WO4O_XuAIs8.lin)
- [9] Endesa.com. (2018). *Contador inteligente - Endesa*. [Online] Disponible: <https://www.endesa.com/es/energia-y-mas/a201710-contador-inteligente-luz.html>
- [10] Next-kraftwerke.com. (2018). *What is a Virtual Power Plant?* [Online] Disponible: <https://www.nextkraftwerke.com/vpp/virtual-power-plant>
- [11] Cit.upc.edu. (2018). *smart grids millorar eficiència xarxes de distribució - Centre d'innovació i Tecnologia. CIT - UPC*. [Online] Disponible: [https://cit.upc.edu/ca/destacats/smart\\_grids\\_millorar\\_eficiencia\\_xarxes\\_de\\_distribucio](https://cit.upc.edu/ca/destacats/smart_grids_millorar_eficiencia_xarxes_de_distribucio)
- [12] Arquitectura i energies renovables. (2002). *Instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa*. [Online] Disponible: [https://www.coac.net/mediambient/renovables/energia\\_solar\\_fotovoltaica/fitxes/fv4/ficha\\_fv4.html](https://www.coac.net/mediambient/renovables/energia_solar_fotovoltaica/fitxes/fv4/ficha_fv4.html)
- [13] Nweurope.eu. (2018). *cVPP - Community-based Virtual Power Plant*. [online] Disponible: <http://www.nweurope.eu/projects/project-search/cvpp-community-based-virtual-power-plant/#tab-1>

