

Oriol Zaragoza Alcaine

Road to Factory 4.0

Innovació i millora en la indústria del cablejat de vehicles

**Treball Fi de Màster
dirigit per la Sra. Sara Gimeno Vila**

Màster en Enginyeria Industrial



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2017

Preàmbul

Aquest treball de final de màster (TFM) conté parts confidencials que són propietat de *LEAR CORPORATION HOLDING SPAIN SLU*. En aquest document es mostra la **versió reduïda**, amb les parts subjectes a aquesta confidencialitat modificades o directament extretes.

Índex

1	Objectius del TFM	1
2	Introducció	1
2.1	Empresa.....	2
2.1.1	Estructura general	2
2.1.2	Departament	3
2.1.3	Manufactura de cablejat	5
2.2	Plantejament de la situació	7
2.2.1	Estat inicial.....	7
2.2.2	Fases del projecte.....	8
2.2.3	Identificació dels punts de millora	9
2.2.4	Priorització de les tasques de millora	10
2.2.5	Planificació del projecte.....	17
3	Desenvolupament	19
3.1	Comunicació a nivell de la Corporació.....	19
3.1.1	Situació inicial.....	19
3.1.2	Perspectives de futur.....	21
3.1.3	Propostes de millora.....	21
3.1.4	Resultats previstos.....	22
3.2	Comunicació de fallades i manteniment.....	23
3.2.1	Situació inicial.....	23
3.2.2	Perspectives de futur.....	25
3.2.3	Propostes de millora.....	25
3.2.4	Resultats previstos.....	26
3.3	Traçabilitat en la producció	27
3.3.1	Situació inicial.....	28
3.3.2	Perspectives de futur.....	31
3.3.3	Propostes de millora.....	32
3.3.4	Resultats previstos.....	37
3.4	Tasques dels treballadors.....	39
3.4.1	Situació inicial.....	39
3.4.2	Perspectives de futur.....	42
3.4.3	Propostes de millora.....	42
3.4.4	Resultats previstos.....	45
3.5	Ús d'eines i recursos validats	46
3.5.1	Situació inicial.....	46

3.5.2	Perspectives de futur.....	48
3.5.3	Propostes de millora.....	49
3.5.4	Resultats previstos.....	49
3.6	Estandardització del disseny de la producció.....	50
3.6.1	Situació inicial.....	50
3.6.2	Perspectives de futur.....	51
3.6.3	Propostes de millora.....	51
3.6.4	Resultats previstos.....	52
4	Conclusions	52
4.1	Conclusions de l'estudi.....	52
4.2	Conclusions personals.....	54
5	Annexes	55
A.1.	Elements de la traçabilitat.....	55
A.1.1.	Exemples de la importància de la traçabilitat	55
A.1.2.	Documentació i pissarres amb procediments de Qualitat	56
A.1.3.	Simulació d'un sistema de traçabilitat i resultats	57
A.1.4.	Grau de confinament i cost.....	57
A.2.	Tasques dels treballadors	59
A.2.1.	Corbes d'aprenentatge	59
A.3.	Definicions	60
A.3.1.	Eines de qualitat utilitzades	60
A.3.1.	Altres definicions importants	64
6	Referències	69
6.1	Índex d'il·lustracions i taules	69
6.2	Bibliografia	69

1 Objectius del TFM

L'objectiu principal d'aquest treball de final de màster és realitzar un projecte d'innovació en manufactura del cablejat de vehicles, presentant un anàlisi de la situació actual i un conjunt de propostes per assolir la Factory 4.0 en la divisió de cablejat. Aquest projecte també, va ser presentat en el *XIII Innovation Award* de Lear.

Com a segon objectiu, es defineix aprendre totes les funcions d'un departament de Qualitat dins d'una empresa multinacional, a treballar en equips multidisciplinaris, i l'estructura i funcionament d'una planta de manufactura de cablejat de vehicles.

Un tercer objectiu és aprendre a utilitzar les eines i metodologies de Qualitat per a localitzar punts susceptibles de millora i prioritzar tasques, per així poder determinar estratègies de millora en els punts claus de la fabricació.

Finalment, el quart objectiu, compta amb la realització d'una memòria del projecte clara i estructurada on es documentaran tots els estudis i metodologies utilitzats per a definir l'estat actual de la manufactura, les propostes de millora en els diferents punts proposats, i quines seran les accions a seguir en un futur per assolir la Factory 4.0.

2 Introducció

La proposta d'aquest projecte sorgeix de l'experiència realitzada com a estudiant en pràctiques dins del departament de Qualitat de Lear Corporation, amb l'objectiu de desenvolupar un projecte de millora dels sistemes de manufactura de cablejat de vehicles. La particularitat és que tinc l'honor d'haver representat el departament al *XIII Innovation Award*, per primer cop. Aquest és un reconeixement referent a la companyia per a projectes innovadors, desenvolupats per estudiants en pràctiques i que representa una experiència personal única i planteja les noves metes pel futur de la pròpia empresa.

El plantejament inicial era ambiciós, perquè englobava tota la divisió d'Europa i Àfrica de cablejat, però a la vegada molt atractiu ja que tenia tots els ingredients d'una experiència única per poder aportar resultats que serien clau pel futur de l'empresa, i que òbviament, enriquiran la meva formació acadèmica i personal de manera significativa. Per altra banda, es desenvolupava en un dels departaments que aparentment sempre és menys conegut on s'ha pogut aprendre la part pràctica dels coneixements i metodologies adquirides durant el Màster, treballant amb equips multidisciplinaris d'experts en la matèria.

A mesura que s'ha anat desenvolupant el projecte, han anat sortint nous elements, nous camins, noves experiències de les quals destaca la necessitat d'anar a les Plantes de producció de cablejat situades a l'estranger, per aprendre sobre el procés de manufactura i reunir-se amb equips de treball d'altres departaments com el de producció, innovació de manufactura, serveis tècnics, entre altres. Aquest van esdevenir en els meus companys de treball per desenvolupar les tasques.

Després d'aquest cultiu d'experiències i d'intercanvi d'idees amb l'equip de treball, i a partir d'eines i metodologies de Qualitat apreses, sorgeixen un seguit de punts crítics susceptibles de millora dins de la producció de cablejat, relacionats amb la comunicació de fallades i amb la corporació, de la traçabilitat d'elements en la producció, o del seguiment de les tasques dels operaris, que són esculls per assolir uns sistemes aptes per a la Indústria 4.0. Aquests anàlisis inicials han permès fer una radiografia de quina és la situació actual de la producció en tota la divisió de cablejat i a més, s'han prioritzat les tasques que requereixen ser millorades abans de poder desenvolupar el projecte.

Amb tots els elements a sobre de la taula i sabent a què m'enfrontava, ja podia començar a definir les estratègies de millora d'alguns dels punts que prèviament s'han analitzat. Aquestes millores són el toc d'enginy d'aquest projecte que obriran la porta al salt de les plantes a la producció del futur amb unes plantes interactives amb els operaris, la producció i el departament de Qualitat, essent aquest darrer el pont directe amb els clients. No tan sols és important presentar una bateria d'innovacions dels sistemes a mode de desitjos, sinó que les propostes d'innovació han de ser viables i s'hauran de definir les especificacions perquè puguin ser una realitat i millorar així, tota la divisió de cablejat al complet.

El que es mostrarà en les següents pàgines són les necessitats d'aquesta indústria amb la metodologia que s'ha seguit en el projecte per assolir els objectius marcats. Caldrà entendre què és el que es vol per a la manufactura de cablejat del futur, plantejant les innovacions dels punts clau, sorgits de la prioritització per tal de tenir una meta on fer arribar els sistemes. Un cop determinat el referent, es plantejaran totes les idees de millora per poder comprovar-ne la funcionalitat i viabilitat i així obtenir un prototip de planta que ens ofereixi els resultats que Qualitat busca per aquest futur pròxim.

2.1 Empresa

2.1.1 Estructura general

El projecte s'ha desenvolupat en una companyia, molt arrelada en el territori. Lear Corporation és líder global en el disseny i manufactura de seients i sistemes electrònics per a l'automoció. Es va fundar l'any 1917 a Detroit, Michigan als Estats Units, amb el nom de "*Metal Products*" i estava dedicada a la fabricació de peces metàl·liques per a la indústria de l'aviació. En les següents dècades, va anar creixent i adquirint companyies fins que l'any 1994 es va convertir en l'actual Lear Corporation, estant a la posició 154 de 500 de la llista "Fortune".



Figura 1. Emblema de la companyia.

Avui en dia, l'empresa es dedica a la manufactura de seients i components elèctrics per a vehicles de tot el món i per a diferents marques com: Ford, Jaguar, Land Rover, Nissan, grup PSA, Renault, BMW, Mercedes, entre moltes altres. Té unes vendes per valor de 18,6 bilions de dòlars i hi treballen més de 150.000 treballadors, en més de 243 localitzacions, distribuïdes per 37 països.

La seu central de Lear Corporation està a Southfield, Michigan. A Valls hi ha una altra seu on hi ha fabricació de components electrònics i és el centre de comandament de la divisió d'Europa i Àfrica. L'objectiu de la companyia sempre ha estat oferir el millor servei possible als seus clients, sense oblidar el benestar dels seus proveïdors, creant sinèrgies, ja que són una de les bases de la multinacional.

2.1.2 Departament

- Divisió de cablejats E-Systems

Lear Corporation és un dels 4 proveïdors del món que té la capacitat de poder proveir de sistemes complets de distribució elèctrica a la indústria de l'automoció. Pot dissenyar i fabricar arquitectures tradicionals de cablejat així com els sistemes emergents de nova generació d'alta potència i els sistemes híbrids, tant sol·licitats en els mercats actuals. El continu desenvolupament i la capacitat innovadora de l'empresa, i que fa més de 25 anys que l'empresa és líder en aquest sector, fa que aquesta estigui a l'avantguarda del disseny en la distribució elèctrica, aportant un avantatge competitiu en el disseny de la distribució d'energia a tots els punts de consum del vehicle de manera òptima, maximitzant el valor del sistema.



Figura 2. Logotip de la divisió E-SYSTEMS.

L'empresa està especialitzada en els sistemes de distribució elèctrica incloent: els cablejats, terminals i connectors, caixes de distribució i caixes de fusibles. Estan dissenyats amb estratègies i materials d'última generació aportant un valor extra a la reducció del pes, i millors prestacions, amb una de les millors relacions qualitat preu que hi ha en el mercat.

Aquesta és la part del negoci a on s'ha desenvolupat aquest projecte, concretament a la part dels cablejats, de la regió que comprèn Europa i Àfrica. El centre de treball es localitza a Valls, on també es localitza el departament de Qualitat que gestiona les estratègies de tota la regió. La divisió de cablejat està composta per unes 8 Plantes de producció distribuïdes en diferents països com: Marroc, Hongria, Sèrbia, Sudàfrica, Romania, Rússia, Polònia, República Checa i Espanya. Apart d'aquestes plantes també disposa d'altres distribuïdes arreu del món i gestionades per les altres regions per a donar servei a tots els mercats.

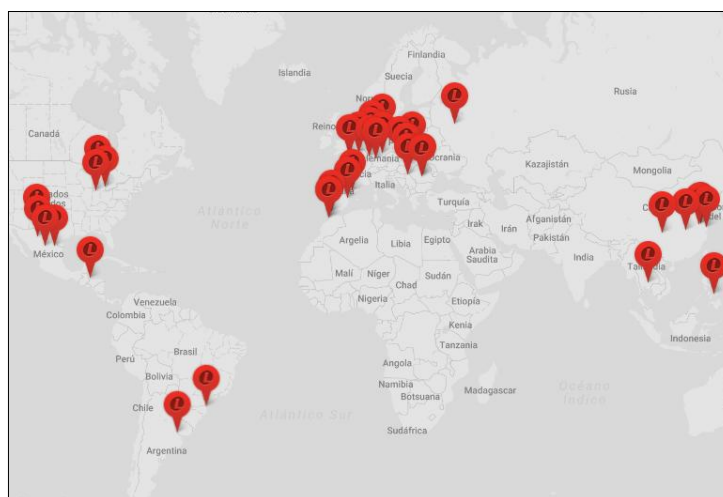


Figura 3. Divisió d'E-Systems de Lear al món.

- Departament de Qualitat

L'objectiu del departament de Qualitat és oferir el producte a client complint sempre amb els requeriments acordats. Les tasques d'aquest estan enfocades al control de la producció a les plantes, i al tracte directe amb els clients. Qualitat de la divisió d'Europa i Àfrica està compost per les següents àrees:

Qualitat de cablejat: Aquesta àrea se'n encarrega del compliment dels requeriments de qualitat a la fabricació dels cablejats dels vehicles. Apart de la coordinació central a Valls, cada planta té un responsable de la Qualitat on gestiona de manera local el control de la producció.

Qualitat de l'electrònica: De la mateixa manera que en cablejat, aquesta àrea se'n encarrega de tots els aspectes referents a la qualitat de la fabricació dels productes electrònics, assegurant-se que s'ofereixen a els clients amb les especificacions pertinents.

Qualitat en terminals i connectors: Com en els altres casos, aquesta àrea s'encarrega de tots els aspectes de qualitat que tenen relació amb la fabricació de connectors i terminals de la companyia. L'objectiu és complir els requeriments dels clients i de les pròpies plantes de Lear, el client més gran.

Garanties: Aquesta àrea dona servei al client i té cura de tot el que es refereix a post-ventes. S'ocupa de les reclamacions dels clients i analitza totes les dades que provenen de les plantes i dels propis clients, amb el fi de fer una radiografia de la divisió i donar resposta de diferents aspectes a la direcció de la companyia, i novament als clients. Per cada client es disposa d'un responsable que fa l'acció d'assessor i de pont entre aquest i la companyia.

Qualitat de proveïdors: L'objectiu de l'àrea és tractar tots els aspectes relacionats amb la qualitat dels proveïdors de les plantes. Per una banda es fan les auditories i comprovacions per a que aquests aportin els productes i serveis amb la qualitat que es requereix. Per l'altra banda, es dona suport als mateixos proveïdors per poder crear sinèrgies entre ambdues parts. És un departament que treballa molt amb compres pel tema de validacions de productes i per a fer peticions d'ofertes concretes.

Qualitat en enginyeria: Es controlen tots els aspectes relacionats amb el compliment dels requeriments de qualitat, durant el disseny de hardware i software dels productes electrònics. S'assegura el compliment en totes les etapes de disseny i validació.

Millora contínua: S'encarrega de la millora contínua de processos de producció en les plantes i d'enginyeria de tota la divisió. Dissenya i millora els nous sistemes per tal de reduir errors i per fer-los més eficients.

Sistemes: S'encarrega de controlar tots els sistemes dels processos i validacions de la divisió. S'inclouen els sistemes de gestió de dades i els de la Qualitat, entre molts altres.

Dins d'aquest departament s'ha pogut tenir una visió general de quins són els objectius de l'empresa i de quines són les perspectives de futur que s'estan marcant des de direcció. Per tal de seguir el rumb, es planteja un canvi de les plantes de producció de cablejat cap a la indústria 4.0. Això inclou una sinèrgia entre tots els departaments que té Qualitat, per tal d'extreure el màxim partit en la innovació de sistemes i processos. Concretament s'ha format equip amb garanties, però també s'ha treballat amb sistemes, millora continua, innovació de manufactura, qualitat de proveïdors i evidentment, amb cablejat i producció.

2.1.3 Manufactura de cablejat

Tal com s'ha pogut veure, el desenvolupament d'aquest projecte està focalitzat en l'àrea de producció de cablejat elèctric dels vehicles. El cablejat és un dels oblidats, però és una de les parts més importants del vehicle ja que distribueix l'energia per tots els punts de consum que el cotxe té, i que cada dia van en augment. La manufactura en les darreres dècades ha canviat molt, i l'adaptació i millora continua és clau per ser competitius en el mercat, cada cop més ajustat, on la relació qualitat - preu marca la diferència.

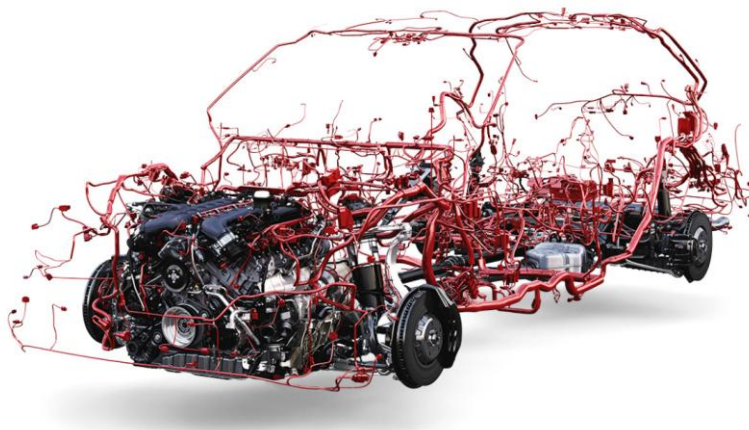


Figura 4. Exemple del cablejat d'un turisme comú.

La companyia fabrica els cablejats segons les especificacions que defineix el client, i d'acord a cada model de vehicle a que va destinat. Això implica una relació molt estreta amb el client i fabricar sota demanda de la seva línia de muntatge. Cada vegada els circuits són més complexes, i es varien les especificacions més ràpidament, fent que la producció hagi de ser cada cop més flexible per a poder donar servei a aquesta demanda.

Tot i les diferències de cada planta, i les adaptacions que s'han fet en les metodologies de producció, es pot arribar a definir un esquema general de la zona de producció que tenen totes les plantes, sempre amb alguna excepció. En els següents punts es definiran les diferents etapes del procés, explicant a grans trets què es fa en aquesta zona. Així es podrà entendre el desenvolupament i les complicacions d'aquest projecte.

Zona de Magatzem: aquesta és la primera zona de la planta. És on arriben totes les primeres matèries dels proveïdors com: les bobines de cables, caixes de connectors, terminals metàl·lics, peces de plàstic, entre molts altres materials. Per fer-se una idea de les quantitats de materials, es mouen més de 96.000 components per línia i per dia. En aquest punt es classifiquen totes les entrades, assignant codis específics que serveixen per identificar els lots i el proveïdor durant la producció.

Zona de tall: comença la producció amb unes màquines semiautomàtiques i un conjunt d'operaris, que fabriquen les primeres parts unitàries dels cablejats que es necessiten per a la producció. La màquina va agafant els cables de les bobines, els talla a la longitud correcta i després li afegeix els terminals o pela les puntes, tal com l'especificació del producte indica. La tasca dels operaris és introduir el material que necessita la màquina, controlar que es cable es fabrica amb les especificacions concretes i després agrupar les peces individuals en lots. També s'encarreguen de protegir les puntes dels cables per tal de que no es malmetin durant el moviment per la planta. Els lots de productes acabats resten a l'espera en les zones Kanban a punt per la producció.



Figura 5. Exemple d'un cable unitari amb terminal metàl·lic.

Zona de Premuntatge: la fabricació de cablejat continu, i es fabriquen els primers premuntatges dels cables, compostos d'elements individuals de la primera etapa i d'altres components que arriben directament del magatzem. En aquesta àrea es tenen estacions de treball individuals amb un operador cadascuna i es realitzen les diferents operacions, com per exemple, una soldadura, un premsat, entre d'altres. Els premuntatges o grapetes que s'obtenen, s'etiqueten i van al magatzem, utilitzant la mateixa estratègia de gestió Kanban. Resten a l'espera de que es necessitin a la següent zona.



Figura 6. Exemple d'una grapeta feta amb una màquina de premsat.

Zona de muntatge final: aquesta és la part del procés més complicada ja que és on hi ha més operaris i on el moviment de material és més elevat. Simbolitza l'emblema de la producció, ja que és on hi ha les taules rotatòries amb l'esquelet dels cables, que simulen la distribució que té el circuit a dins del cotxe. En aquest punt els operaris agafen els cables de les etapes anteriors, juntament amb altres materials del magatzem i els van distribuïnt per la taula fins a confeccionar el circuit final.



Figura 7. Exemple d'una taula de muntatge d'un cablejat de cotxe.

Zones de test: Els circuits, un cop ja han estat muntats i tenen tots els components, s'ha de provar la seva funcionalitat, un per un, i que compleixen amb els requisits del client. Es fan 2 tipus de test: un test de clips i un d'elèctric. En el primer, es comproven si hi són tots els elements de subjecció com grapes, plàstics i elements que suportaran el cablejat a la carrosseria del cotxe. També es verifiquen que les distàncies entre terminals siguin les corresponents. El segon test, comprova les connexions elèctriques i detecta si hi ha derivacions, pins canviats de posició o si falta algun cable. Un cop ha superat aquesta zona,

es pot considerar que el circuit compleix amb les especificacions i es pot dirigir a la zona d'empaquetat, on es preparen els circuits per ser enviats a client o a altres plantes del grup.

Per poder entendre de manera general tota l'àrea de producció, s'ha introduït un esquema, on les fletxes vermelles, simbolitzen el moviment de materials entre les diferents zones. Aquesta és la base i la identificació de zones que es mantindrà al llarg del desenvolupament de tot el projecte.

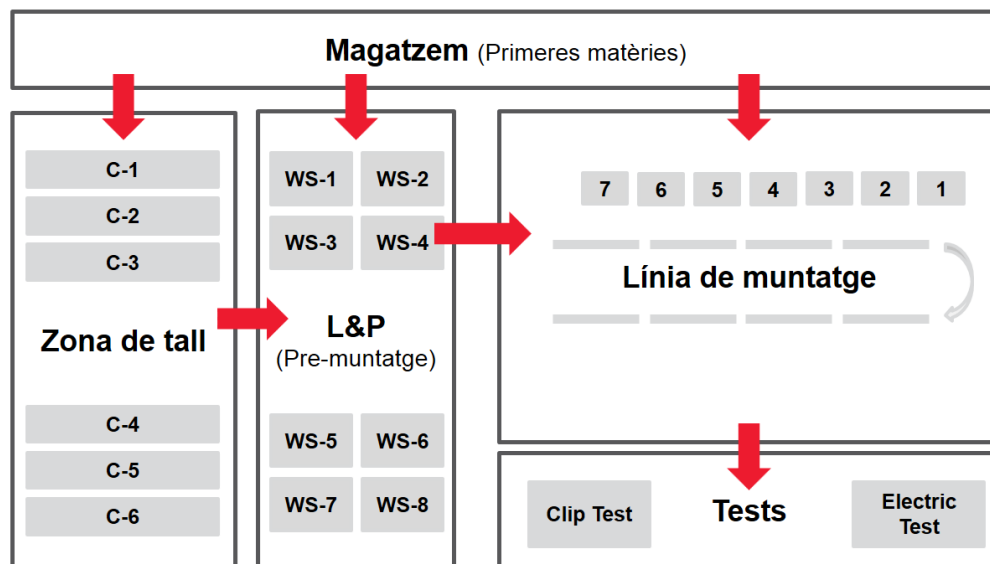


Figura 8. Esquema de la zona i definició de moviments de materials.

2.2 Plantejament de la situació

2.2.1 Estat inicial

El punt de partida d'aquest projecte va ser l'arribada al departament de Qualitat d'una multinacional, amb l'objectiu de realitzar un projecte que formaria part d'uns premis d'innovació a nivell de tota la corporació. Una les primeres tasques que es va haver de fer és aprendre quines són les funcions del departament de Qualitat dins de l'empresa, quins són els equips que el componen a la fi de començar a definir l'enfocament del projecte i entendre l'objectiu plantejat.

Aquest departament és clau perquè aporta una visió general de tot el que passa a les plantes de producció de cablejat. També és el pont directe amb els clients podent obtenir dades de resultats i reclamacions que afecten a la qualitat dels productes. Si tota aquesta informació es suma al fet que es coneixen les perspectives de futur, fa que el departament de Qualitat, reuneixi totes les eines necessàries per desenvolupar el projecte.

Amb tota aquesta informació, es va definir què és el que vol Qualitat en la producció de cablejat del futur. Això es tradueix a un anàlisi general de les mancances actuals en el sistema de producció amb el fi de desenvolupar estratègies de millora que permetran assolir els objectius de la Indústria 4.0 que es planteja la corporació i que permetrà homogeneïtzar totes les plantes per reduir distàncies entre elles.

Per tant en un inici, es tenia clar quin era l'objectiu del projecte, hi havia un esbós d'alguns punts claus a millorar i també es disposava de totes les eines i la informació per fer-ho. El següent pas era saber en què consistien aquests punts de millora fent necessari anar a les plantes per entendre com és el procés de fabricació d'un cablejat. Posteriorment copsar

l'estat actual de la producció en la divisió, per saber exactament a quina distància es troba per assolir els objectius.

Aquesta radiografia de la realitat compta amb l'anàlisi de tots els sistemes punters en producció, de plantes concretes, per tal de fer una selecció dels sistemes més avançats que es tenen per millorar-ne els punts que falten, amb el fi de dissenyar un prototip de procés de producció que s'acosti a la Indústria 4.0. Finalment aquest prototip servirà de referència a totes les plantes, que en un futur seria la seva meta.

2.2.2 Fases del projecte

Un cop s'ha definit a grans trets què és el que s'ha de realitzar en aquest projecte i què implica per a l'empresa, s'ha de començar definint l'estructura general del desenvolupament d'aquest, per determinar els passos a seguir, els recursos necessaris i posteriorment realitzar una programació adequada. Les fases del projecte són les següents:

- **Plantejament**

Introducció al departament: entendre el funcionament del departament de Qualitat, els recursos que disposa i quines són les metes per aquest projecte en concret. També la introducció al equip de treball i les metodologies que es seguiran al llarg de l'execució del projecte. En aquest punt s'ha fet un incís per entendre com s'estructura la divisió de cablejat, les localitzacions de les plantes i els productes que es fabriquen.

Localitzar mancances des de l'àmbit de la qualitat: definir tots aquells punts susceptibles de millora que afecten a la qualitat del producte final. Des del departament de Qualitat es pot veure una radiografia general de l'estat de producció, el conjunt de defectes i costos que aquests impliquen per la companyia. A partir d'aquesta informació s'han pogut detectar unes mancances que seran decisives per procedir a la cerca de solucions.

Visita inicial a les Plantes: és necessari per entendre el procés de fabricació dels cablejats i veure en viu en què consisteix. Per altra banda també s'han d'analitzar tots els sistemes per informar-se de totes les tècniques que s'estan desenvolupant en la actualitat, per incloure'ls-hi les millores que es plantegen.

Anàlisi de sistemes de la corporació: es té la informació referent al què es vol millorar i la descripció del funcionament bàsic del sistema productiu. Posteriorment s'ha de buscar tots els sistemes que s'estan desenvolupant o usant en totes les plantes de la corporació, tant les de cablejat com d'altres productes, per veure si poden servir per les millores que es busquen.

Definició inicial: començar a desenvolupar i desglossar un resum acurat de totes les actuacions i propostes que es volen realitzar per les millores dels diferents apartats. En aquest punt, és vital la comunicació amb plantes i el suport amb altres departaments especialitzats, ja que és necessari contrastar informació per tenir una visió més acurada de la realitat.

Priorització: amb l'equip de desenvolupament, definir quines són aquelles propostes que s'han de prioritzar, amb quines eines de qualitat i segons uns criteris de risc per a la producció.

Presentació a direcció: un cop es té un esquema amb totes les propostes de millora amb accions concretes, encara resumides, del que es vol realitzar s'ha d'informar al cap de la divisió per tenir el vistiplau i començar a definir amb més profunditat les actuacions.

Planificació del projecte: amb els punts de millora verificats, el següent pas és dissenyar un diagrama de Gantt, per poder distribuir les tasques que es realitzaran durant l'execució del projecte, i per fer una organització dels terminis i els temps que es disposen.

- **Desenvolupament**

Informar i plantejar el grup de treball: amb l'aprovació, s'ha de definir l'equip de treball amb que es desenvoluparan les propostes perquè siguin una realitat. Per fer aquesta tasca és imprescindible anar a la Planta que té l'equip d'innovació tecnològica dels sistemes de manufactura, ja que són la base de l'equip. També s'ha d'informar dels acords amb direcció perquè tots els components del grup vagin a la mateixa direcció i es desenvolupin les propostes plantejades.

Definició i estructuració: es defineix l'actuació de millora en els punts que s'han plantejat tenint en compte els recursos que es disposen. També es mostrarà la metodologia d'anàlisi, un estudi de la viabilitat amb quantificacions numèriques, i els requeriments o tasques que tindrà la implementació de la millora.

- **Conclusions**

Estat actual: entrega d'un conjunt de documentació que representarà l'estat actual dels punts analitzats i que és el que s'hauria de fer en un futur.

Presentació de propostes: entrega de les conclusions dels anàlisis realitzats, les adaptacions necessàries per a assolir els objectius i finalment les propostes que s'han desenvolupat segons la prioritat dels sistemes.

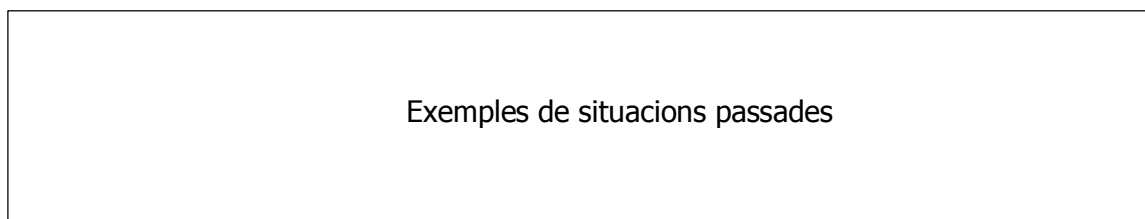
Millores del futur: plantejament de tots els punts que no s'han desenvolupat en aquest projecte però que també són necessaris per a la millora de la producció. Es definirà un esquelet general de la millora i les conclusions dels anàlisis realitzats, així com els valors de demostració de la necessitat de la millora.

2.2.3 Identificació dels punts de millora

Per començar a treballar s'han de determinar tots aquells punts del procés productiu que es volen millorar centrant l'atenció a aquells punts que d'alguna manera poden afectar a la qualitat del producte final. Això es pot fer a partir d'un anàlisi exhaustiu de la informació que s'obté de les fàbriques i dels clients, ja que es poden determinar les causes que han afectat a la qualitat del producte.

Qui pot interpretar millor aquestes dades són els especialistes en la matèria, per això, es va decidir crear un equip de treball de varies especialitats de dins del departament de Qualitat. Estava format pel cap de qualitat de la divisió de cablejat, el cap de garanties, l'enginyer de qualitat, el cap de sistemes i el responsable de garanties d'un client particular. Un cop definit l'equip es va fer una reunió per informar del que es pretenia realitzar i què és el que es volia obtenir per tal de donar temps a la recol·lecció d'informació.

En uns dies, l'equip es va tornar a reunir i es va fer un cercle de qualitat per tal de determinar i comentar els problemes que es van tenir en exercicis anteriors, en cadascuna de les seccions del departament. Això va permetre analitzar quina afectació van tenir, i com es van solucionar amb el fi de determinar si és necessari crear una estratègia per evitar que tornin a succeir. D'aquesta reunió va sortir molta informació variada de problemes o situacions passades, per exemple:



- ...

Aquests i molts altres exemples van sortir a la reunió amb la posterior explicació de la tasca realitzada per solucionar-ho, així com els recursos que es van invertir. El recull d'aquesta informació va servir per posar en situació l'estat actual i començar a determinar quines són les metes que es plantejaran per aquest projecte.

La conclusió de la reunió va ser la concreció d'unes funcions que han de ser els objectius dels futurs processos i que englobaven la solució dels punts que podrien afectar a la qualitat del producte. Aquests esdevindran els blocs inicials acordats i en els quals començarà l'estudi de millores:

- Saber quines peces i processos té cadascun dels circuits que es fabriquen.
- Fabricar sempre amb la seguretat que els operaris tenen la formació adient.
- La fabricació s'ha de fer amb tots els mitjans validats.
- La comunicació amb la Planta ha de ser fluida i a temps real.

Amb la informació recollida s'han definit totes les fallades que poden aportar el no compliment d'aquestes funcions així com l'efecte. Amb aquest recull es poden fer hipòtesis de quines són les causes que haurien produït aquestes fallades i així descobrir aquells punts concrets que s'hauran de millorar. Aquestes causes sorgeixen a partir de la implementació d'una eina de qualitat com és l'AMFE, que es comentarà en l'apartat següent, i de la informació que es té d'altres accions anteriors o fruit de l'experiència del propi equip de treball.

Aquest anàlisi inicial posa damunt de la taula les funcions que es volen aconseguir, per tal d'assolir els objectius de qualitat en les plantes futures. El procés de millora serà progressiu perquè no es disposen de tots els recursos per fer un canvi general de cop, per tant, el següent pas es prioritzar les funcions més crítiques o que estiguin més a prop d'assolir-se.

2.2.4 Priorització de les tasques de millora

Per poder fer una priorització de les funcions plantejades s'ha utilitzat l'eina de qualitat AMFE (Anàlisi Modal de Fallades potencials i els seus Efectes). És una tècnica documental emprada en el món del control i assegurament de la qualitat, que permet identificar, definir, detectar i classificar les fallades potencials en un procés, en un producte o en un servei i, per tant, ajuda a prevenir-les. Es basa en valorar numèricament la gravetat, capacitat de detecció i probabilitat de que es produeixin aquestes fallades. Amb aquests valors es calcularà el nombre de prioritat de fallada (NPF) que permetrà prioritzar les accions empreses per evitar la producció de tals fallades.

Per a aquesta eina de qualitat s'han de definir: l'índex de severitat o gravetat, el nivell de seguretat i la capacitat de detecció. Per a la millor efectivitat de l'eina aquests paràmetres s'han de definir amb valors que representin la realitat de la situació. Per poder-ho fer s'ha creat un altre cercle de qualitat amb un equip multidisciplinari, a partir de components anteriors i altres departaments per així poder tenir una visió més general de la situació, ja que ara per exemple, es requereixen coneixements de la part de producció.

L'equip està format per 5 components: el cap del departament de qualitat de la divisió de cablejat, el responsable de garanties de client, el responsable de producció de planta, un enginyer d'innovació de sistemes i un enginyer de serveis tècnics. Apart de l'equip reunit, s'ha contactat amb l'assessorament de departaments específics com el de recursos humans, finances i enginyeria, per a resoldre dubtes concrets o per aportar nous punts de vista.

El nivell de severitat o gravetat (S) s'ha categoritzat amb una puntuació de l'1 a 10, essent el primer l'estat el sense perill on es considera que tot és correcte i l'últim estat, correspondria a que no es pot donar resposta al client del defecte o que suposa un cost molt elevat. Pel que fa el nivell d'incidència o probabilitat d'error (I) permetrà determinar la probabilitat de que succeeixi una fallada. De l'1 al 10 de menys probabilitat a més. Finalment la capacitat de detecció (D) que determinarà la probabilitat que té el sistema de no detectar

un error abans que el producte arribi al client. De l'1 al 10, de menys probabilitat de no detectar-ho a més.

A partir de les avaluacions de les mancances detectades que han sorgit del cercle de qualitat, es calcularà el nombre de prioritats de fallada (NPF). Aquest es determina a partir del producte del nivell de gravetat, pel d'incidència i pel de la capacitat de detecció.

$$NPF = S \cdot I \cdot D \quad (1)$$

2.2.4.1 Mètode de priorització: AMFE

Les funcions que s'havien acordat com a indispensables per a la producció del futur, en les quals s'hi realitzarà un AMFE, són les següents:

- Saber quines peces i processos té cadascun dels circuits que es fabriquen (**A**).
- Fabricar sempre amb la seguretat que els operaris tenen la formació adient (**B**).
- La fabricació s'ha de fer amb tots els mitjans validats (**C**).
- La comunicació amb la Planta ha de ser fluida i a temps real (**D**).

A partir d'aquestes funcions s'han determinat les fallades, els efectes que tindrien i les causes hipotètiques que ho haurien causat. Aquest anàlisi exhaustiu amb la posterior avaluació es pot veure en les taules següents de l'AMFE.

Funció	Falla	Efecte	S	O	Controls	D	RPN
A	No hi ha precisió per determinar els components utilitzats en la fabricació ni les accions realitzades pels operaris, en el moment de determinar la causa arrel d'un problema o confinar circuits de manera eficient	No es pot donar una resposta acurada de peces afectades pel defecte, es tarda molt de temps i tot això implica un cost elevat	7			5	315
Causes, controls i puntuació							

Funció	Falla	Efecte	S	Causes	O	Controls	D	RPN
B	Hi ha defectes en alguns cablejats que es deu a que l'operari no té la correcta formació per aquella tasca o que s'ha fet una distribució d'operaris incorrecte per les necessitats del lloc de treball	No s'obtenen els estàndards de Qualitat que el client reclama, per la qual cosa implica costos en reparació i revisió de circuits	8	Causes, controls i puntuació			4	256

Funció	Falla	Efecte	S	O	Controls	D	RPN
C	Hi ha circuits acabats que s'han fabricat amb eines o mitjans que no han estat validats pel departament de qualitat després que es redissenyi o es faci una adaptació	En el cablejat fabricat li poden faltar components, tenir cables més curts i no complir amb els estàndards de qualitat, implicant posteriors costos de revisió i substitució del defecte	7			4	140
Causes, controls i puntuació							

Funció	Falla	Efecte	S	O	Controls	D	RPN
D	<p>La comunicació entre les Plantes i el departament de Qualitat no és fluida, és poc flexible, manual en molts casos i pot contenir errors.</p>	<p>Si no es compleixen les condicions per la comunicació de valors, el departament no pot realitzar els resums de resultats de les plantes i no pot donar de manera efectiva els paràmetres que exigeixen els clients i als directius</p>	6			5	240
Causes, controls i puntuació							

Un cop es va realitzar l'AMFE, es van definir les prioritats de les funcions a atacar amb més urgència:

Funció	Resultat AMFE	Prioritat
A	315	1
B	156	3
C	140	4
D	240	2

Determinades les prioritats es van definir les mesures de contenció per tal de que aquests problemes no afectessin a la producció. Degut a que majoritàriament són mesures de millora, la producció no es veu afectada, per tant no es va acordar cap mesura específica més enllà de seguir amb la producció normal i tenir tots aquells punts crítics localitzats, tal i com ja s'està fent.

2.2.4.2 Resultats de l'anàlisi

El següent pas és analitzar els resultats que s'han tingut de l'AMFE, apart de la priorització, ja que aporten molta informació per poder millorar els punts clau de la producció, i així definir les accions que s'han de començar a desenvolupar. Es definiran les observacions que s'han fet de l'AMFE segons l'ordre de la prioritat de les funcions que han sorgit.

- Saber quines peces i processos té cadascun dels circuits que es fabriquen (A)

Aquest apartat ha estat puntuat amb el valor més gran i amb diferència de tota l'AMFE. Està clar que el sistema de producció necessita un sistema de traçabilitat capaç de detectar els components que s'introdueixen als circuits, les accions realitzades pels operaris i les màquines que intervenen en el procés. Tota aquesta informació serà clau per a la millora de la traçabilitat i que permeti confinar circuits en cas d'error o localitzar la causa arrel dels problemes de manera més ràpida que en l'actualitat.

Seguint amb la anàlisi dels resultats, cal destacar les causes que tenen una puntuació més elevada, ja que poden determinar les causes crítiques de la fallada. Ha obtingut una puntuació molt elevada el fet que en el procés hi intervenen molts elements que són molts productes amb diferents especificacions i amb grans volums de producció. Aquest fet condicionarà molt l'estratègia a desenvolupar, ja que implicarà un moviment molt important de dades i es requerirà emmagatzemar-les.

Un altre punt a destacar és el no compliment del FIFO de la zona de producció que ha tingut una puntuació molt elevada. Aquest fet implica que hi ha barreja de més d'un lot de components a la zona de producció, fent més difícil la localització dels lots defectuosos en cas de problema. Això implica que si es vol tornar enrere, per exemple per saber els lots dels components d'un circuit, no és possible perquè no hi ha manera d'acotar els lots que s'han utilitzat en producció pel muntatge d'aquest circuit. També es perd tota la informació des del producte final fins arribar a les primeres matèries.

- La comunicació amb la Planta ha de ser fluida i a temps real (D)

La comunicació entre àrees es compleix, ja que és necessària, però per les puntuacions que s'han obtingut de les causes, és ineficient. S'ha observat que encara es du a terme a mà obtenint molts valors amb papers i fulls de càlcul. En alguns casos aquest fet provoca errors en l'escriptura dels valors. Per altra banda no es disposa de cap eina o procediment estandarditzat, per a la captura de dades en totes les plantes, cadascú té les seves estratègies. El que si que tenen totes les plantes en comú, és el punt de pas d'informació a la corporació

ja que es fa amb el mateix sistema a totes. Aquest punt és positiu ja que hi ha una petita part del procés de comunicació estandarditzat.

Finalment destacar que hi ha sistemes semiautomàtics i plantejaments de sistemes automàtics de captura de dades però només en plantes que disposen de mitjans per fer-ho. Tot i que té una puntuació baixa, es preveu que el futur de la comunicació anirà de la mà del desenvolupament d'aquests sistemes.

- Fabricar sempre amb la seguretat que els operaris tenen la formació adient (B)

Es pot destacar que els operaris reben una formació adequada per les tasques i que es disposa de personal molt preparat per a formar-los a les plantes. Pel que fa el control de formació i entrenament, es té molt en compte perquè es realitzen auditories de seguiment, hi ha controls de qualitat pels novells i hi ha una realimentació d'informació de fallades des de la localització dels problemes, fins a l'operari que les ha realitzat per tal de que les pugui corregir.

En alguns moments puntuals, s'assignen operaris que no tenen la formació suficient a tasques que no poden fer. Tot això és inevitable ja que la producció ha de seguir endavant encara que hi hagi absentisme laboral, rotació de personal o aprenents que comencin a la línia. Tots els operadors i l'assignació d'aquests, a les respectives tasques, són controlades per una sola persona: el responsable o cap de línia que sol ser un dels més experimentats. Degut al volum de feina que presenta i tots els elements que ha de controlar, pot portar que en pics de producció, o torns amb moltes problemàtiques, de manera involuntària, s'assignin operaris mancats de formació sense entrenador o que li passin per alt alguns dels errors relacionats amb els operaris.

Finalment, també es focalitza l'anàlisi en el fet que no es comunica amb la suficient rapidesa a l'operari que ha realitzat la tasca erròniament. Aquesta informació la transmet, de manera verbal, el cap de línia o la mateixa persona responsable de la qualitat i que controla i apunta les errates de tota la zona de producció i tests. En moments crítics amb més d'una tasca a atendre es pot donar el cas que passin per alt alguns errors de fabricació, que es poden derivar en queixes de client en un futur o costos de reparació.

- La fabricació s'ha de fer amb tots els mitjans validats (C)

Queda clar que hi ha un procediment de validació de mitjans a la producció, que està controlat pel departament de Qualitat i que no hi pot haver mitjans no validats en producció. També es té en compte cada revisió o modificacions del disseny fent-se les noves adaptacions.

Tot i això les validacions tenen unes dates de caducitat que no sempre es comproven abans de la producció, ni de manera manual ni automàtica, fet que pot ser que es produeixi amb mitjans no validats, afectant a la producció de varis circuits o torns de producció. Cal destacar que les auditories que es realitzen en aquest àmbit no aporten informació massa rellevant perquè molts dels defectes s'atribueixen als operaris per mal ús de les eines i no les validacions, fent impossible trobar la causa real per solucionar-la.

2.2.5 Planificació del projecte

Un cop s'han determinat tots els punts susceptibles de millora, i s'han prioritzat segons l'afectació que podrien tenir, és el moment de definir la planificació del projecte. L'abast de les millores és molt gran i implica molts punts, aleshores, per ser més eficients amb els recursos i el temps que es disposen, s'han definit els blocs següents on també es mostra la definició inicial:

B1. Comunicació a nivell de la corporació

- Està relacionat amb l'intercanvi de dades entre el departament de Qualitat i les plantes.

B2. Comunicació de fallades i manteniment

- Es basa en la captura de dades dels tests automàtics i les estratègies de manteniment de les plantes.

B3. Traçabilitat en la producció

- Aquest bloc fa referència a les estratègies que s'utilitzen per a capturar la informació decisiva durant la producció d'un cablejat.

B4. Tasques dels treballadors

- Tots els procediments relacionats amb els operadors, com assignació de tasques, control de l'entrenament i comunicació amb el sistema.

B5. Ús d'eines i recursos validats

- Són els procediments i estratègies que es segeixen per assegurar que la producció es du a terme amb eines validades per Qualitat.

B6. Estandardització del disseny de la producció

- Aquest bloc sorgeix de la necessitat d'unificar sistemes i realitzar una estratègia estàndard per assolir els objectius de Qualitat.

De tots aquests blocs s'ha fet un anàlisi inicial per determinar l'estat actual a les plantes, també s'han definit on es vol arribar en cada punt per a les plantes del futur i posteriorment s'han definit les propostes de millora en alguns d'aquests blocs per assolir-ho.

Un paràmetre molt important és el temps que es disposa per a la realització del projecte, que va des del mes d'octubre de 2016 al maig de 2017 i s'inclouen les etapes d'introducció, desenvolupament i finalment, la documentació dels resultats. Degut a que el projecte també estava inclòs dins d'uns premis d'innovació comporta que hi hagin tasques extres com per exemple presentacions periòdiques davant de jurat i altres tasques que s'han anat desenvolupant al llarg d'aquests mesos, com les estades a plantes de l'estranger. Per poder veure la distribució de manera general, es mostra en el diagrama de Gantt següent:

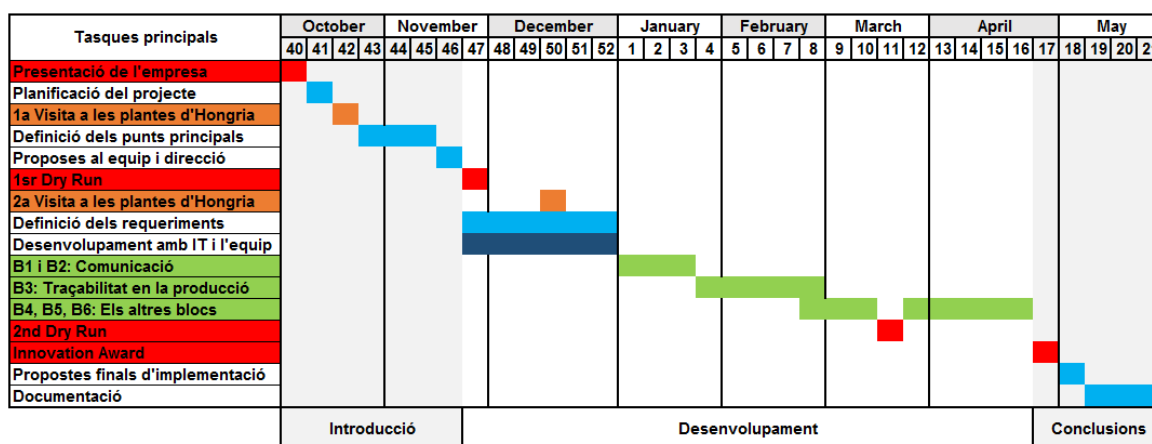


Figura 9. Diagrama de Gantt per la distribució de tasques.

La part inicial del temps ha estat destinat a la introducció al departament de Qualitat, per entendre com es gestiona i quina és la seva funció dins de l'empresa i el plantejament inicial del projecte. També s'inclou la visita a les plantes per fer una anàlisi més exhaustiu dels punts que es volen millorar. Aquest punt inicial també ha estat clau per entendre totes les

innovacions que hi ha en tota la divisió així com analitzar tots aquells sistemes que s'estan utilitzant en altres plantes o divisions. Tot aquesta feina inicial és necessària per definir l'estat actual i començar a dissenyar què es vol pel futur.

El següent punt important és el desenvolupament dels blocs, que compta amb la proposta d'idees per aquells blocs que són prioritaris i que s'estan a prop d'assolir els objectius de la Indústria 4.0. Aquesta tasca conta amb presentar propostes i verificar-les amb els equips pertinents per determinar-ne la seva viabilitat. És la part més complexa del procés i on més temps s'ha invertit.

Finalment hi ha la part de documentació on s'inclourà tota la informació referent als estudis inicials de tots els blocs i les propostes de millora. És una part del temps important però també inclou els requeriments per a començar a desenvolupar les millores des dels departaments implicats en les millores.

3 Desenvolupament

Per aconseguir l'excel·lència en la fabricació de cablejat en les Plantes, l'equip d'innovació de manufactura ha participat en aquest projecte per desenvolupar estratègies i localitzar propostes de millora en els sistemes actuals, per tal d'estandarditzar i millorar les plantes de producció i començar a traçar els camins per arribar a la Indústria 4.0.

Aquest és l'horitzó que l'empresa està plantejant per canviar la fabricació del cablejat, i ja fa temps que estan definint nous processos i idees que s'apropen a aconseguir-ho. Per assolir aquest ítem és necessari nodrir-se de les experiències i els sistemes que l'empresa està desenvolupant en altres divisions per tal de trobar la millor solució. Aquest *feedback* és rep de la millor manera possible, en el propi departament de Qualitat ja que té la informació de totes les plantes. Així, es poden analitzar els sistemes i les problemàtiques per tal de traçar el millor l'esbós.

Durant el desenvolupament d'aquest projecte s'han estudiat els punts crítics sorgits de la prioritització inicial. De tots aquests, se'n analitzarà quin és l'estat actual a totes les plantes, per tenir una visió del que realment està passant. Amb aquesta radiografia inicial ens ha donat el punt de partida per definir què es vol per al les plantes del futur, i s'ha plantejat com seria la planta ideal que es voldria des de Qualitat. En els apartats següents es podrà veure els anàlisis per cadascun dels tòpics i els resultats previstos.

3.1 Comunicació a nivell de la corporació

Un dels primers blocs importants a estudiar és el que fa referència a la comunicació entre les plantes i la corporació, o el que és el mateix, entre les plantes i el departament de Qualitat. Aquesta comunicació és imprescindible per determinar els elements bàsics de producció que tenen les plantes. Amb aquests es poden fer els estudis estadístics de Qualitat, valorar els resultats i donar la informació als directius i als clients.

La transmissió de la informació necessària, sense cap error i a temps, és bàsica pel funcionament de l'empresa, i tenint en compte que el departament de Qualitat és el pont directe entre les plantes i els clients, fa que qualsevol millora en aquest aspecte sigui prioritària envers altres millores.

3.1.1 Situació inicial

Normalment, els departaments de Qualitat de les plantes són els responsables de capturar els valors de referència de producció, cada dia, i introduir-los en fulls de càlcul per guardar les dades mensualment, abans d'enviar-ho a la base de dades central de Qualitat de

la corporació. Aquesta és la descripció general del procés, el teòric, però cada planta té el seu procés intern.

El X% de les plantes capturen els valors de manera manual, utilitzant paper i llapis per capturar els defectes. Aquest és un sistema poc eficient, amb probabilitat elevada de cometre errors i gens estandarditzat. La resta, utilitza sistemes semiautomàtics capaços de capturar aquesta informació i transmetre-la directament al sistema de control de producció que hi ha a la planta, a partir d'una PDA. En alguns dels casos aquests mètodes de recol·lecció de dades no compleixen els requeriments de Qualitat perquè no són en temps real i, a vegades, poden haver males interpretacions de l'escriptura o que s'indueixin errors numèrics.

Independentment del sistema de captura que s'utilitzi, el problema també està en el procés d'introducció dels valors a la base de dades central. Totes les plantes tenen el mateix sistema per introduir-les, però es fa de manera manual i amb procediments diferents per a cada planta. Aquest fet fa que sigui difícil, per exemple, planejar un horari de captura de dades igual per a totes les plantes ja que algunes capturen les dades durant tot un torn i després les introdueixen al ordinador o d'altres ho fan un cop al dia, o simplement no ho tenen com una prioritat. Això fa que sigui impossible flexibilitzar la presa de valors des de la corporació de manera diària en el cas d'una fallada concreta.

Afortunadament, les plantes ja són conscients de la problemàtica que hi ha, i per això l'equip d'innovació en manufactura ja està treballant en millorar aquesta tasca introduint una nova estratègia de comunicació utilitzant el sistema de control de manufactura LPS, que ja s'està desenvolupant en algunes plantes pilot.

Aquest projecte, està focalitzat en la anàlisi de quins sistemes de comunicació (manuels i semiautomàtics) serien els que anirien millor per a la fabricació de cablejat. Després d'analitzar propostes d'altres divisions, i de les visites a les plantes, s'ha determinat que la clau del futur de la manufactura estarà en el desenvolupament de l'LPS. Això implica que el sistema de comunicació ha d'anar integrat a aquest. L'avantatge que es té es que es coneix en profunditat la programació de l'LPS i no es requereixen costos per llicències de software. Aleshores, en aquest punt no es parteix de zero, i la millora es versarà en adaptar alguns punts de l'LPS per assolir els objectius de comunicació.

Un altre avenç important és la implementació d'una captura directa de dades, des dels tests del final de la línia de producció. Està pensada una nova implementació que serà capaç de passar tota la informació de fallades amb la descripció a la base de dades de l'LPS, automàticament. Per altra banda, els errors de la zona de muntatge es transmetran a partir d'un sistema semiautomàtic comandat per un dispositiu tipus tauleta.

En resum, les plantes més avançades i amb el sistema LPS, ja són capaces de oferir-nos un document amb tota la informació que Qualitat necessita. El següent pas és transmetre aquesta informació de manera automàtica i en temps real a la base de dades de la corporació, ja que actualment encara és fa de manera manual.

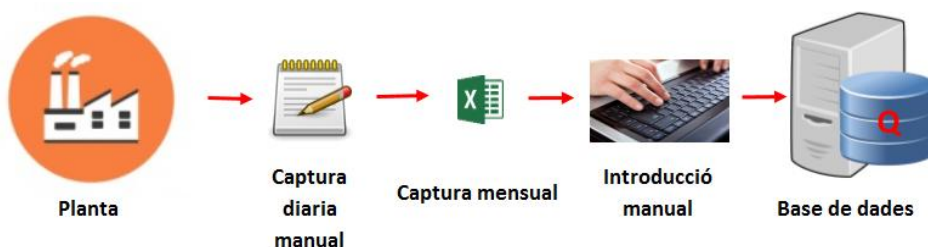


Figura 10. Transmissió d'informació entre la planta i la base de dades de Qualitat.

- Temps per la transmissió de dades

Mereix especial atenció analitzar el temps que destinen les plantes en fer la captura i transmissió de totes les dades de producció. Després de fer una auditoria, el resultat que s'obté és que de mitjana es necessiten X udt¹ cada dia per capturar i guardar totes les dades que fan referència a la producció i també, les que fan referència a enviaments de peces a clients.

Apart de la captura diària, també s'ha d'anar actualitzant la base de dades de la planta i anar introduint, un per un, els valors que es demanen setmanalment o mensualment a la base de dades general de Qualitat. Per a fer aquestes tasques es necessiten uns altres X udt al mes, depenent de la producció i dels enviaments.

En resum, es necessiten més de X udt, per a gestionar aquesta captura de dades de les línies de producció, pel volum que es fabrica. Un nou sistema per a capturar aquestes dades gestionarà de manera més eficient els recursos disponibles de les plantes.

- Introducció a la base de dades de la corporació

La base de dades de Qualitat de la corporació necessita 2 tipus de valors diferents: per una banda els relacionats amb la producció (peces produïdes i defectes) que s'envien mensualment, i per l'altra, el nombre de peces enviades per cada client, que s'envien setmanalment. Tots aquests valors són els que després Qualitat utilitzarà per a calcular els paràmetres del IPPM, RPPM i DPPM. Aquests paràmetres serveixen per fer els estudis estadístics de la producció i donaran els paràmetres clau per informar a la direcció i als clients.

Totes les plantes utilitzen un interfície que dona accés al servidor general que hi ha la base de dades de Qualitat. Simplement es van introduint els valors de producció en unes caselles determinades.

3.1.2 Perspectives de futur

Després d'analitzar l'estat actual que hi ha a les plantes i els sistemes més innovadors que hi ha dins de la corporació, s'ha plantejat què és el que es vol obtenir per aquest tòpic en concret, en les plantes del futur, per així tenir un referent. Per satisfer les expectatives de Qualitat s'ha determinat els següents punts que s'han d'assolir:

- Una integració de la captura de dades dins del sistema LPS.
- Eliminar els errors en les captures de valors.
- Reduir un 98% el temps d'introducció de dades a la base corporativa.
- Aconseguir una comunicació directa entre els tests i l'LPS.
- Definir una estructura de comunicació estàndard per a tota la regió.

3.1.3 Propostes de millora

La millora del bloc de comunicació es centrarà en la capacitat de capturar i guardar els valors de la manufactura i la transmissió directa a la base. Tot el desenvolupament girarà al voltant de l'LPS, ja que es planteja com el futur de la manufactura de cablejat. LPS es capaç de capturar tots els valors de producció necessaris com són el nombre de peces produïdes per clients i la informació de les fallades amb la descripció. Un altre avantatge que té l'LPS és la capacitat de realitzar informes de manera automàtica de totes aquestes dades. Per tant, amb la tecnologia actual ja es pot disposar de manera eficaç i directa des de planta tota la informació que el departament de Qualitat necessita.

¹ udt: unitats de temps.

La clau de la proposta es trobar el camí per relacionar aquests informes amb els valors de planta i enviar-los, de manera automàtica, a la base de dades de Qualitat central. Aquesta serà l'estratègia i així es reduiran: els passos repetitius per a la captura d'informació, els papers i Excels diaris per a cada planta, els errors, temps de comunicació i es podrà estandarditzar una metodologia de comunicació en temps real per a totes les plantes.

Per aconseguir aquesta millora, es proposa dissenyar un pont entre la base de dades, a partir de software específic amb la capacitat d'agafar les dades dels informes de planta i que els introdueixin directament a la base de dades. Per realitzar aquesta tasca és necessari comptar amb el departament d'IT que serà l'encarregat de valorar si la idea és possible i viable i, posteriorment, de desenvolupar el software per implementar-ho a les plantes.

La feina que es presenta per aquest bloc, és la redacció dels requisits de Qualitat per aquest pont de comunicació amb tot l'anàlisi de la situació inicial i tots els sistemes actualment disponibles. Es determinaran els valors que es necessiten extreure de la planta: amb la periodicitat que s'ha de fer, l'estructura general que té la base de dades de Qualitat i el destí d'aquestes dades.

També s'han de tenir en compte altres tasques tècniques que caldrà realitzar com la coordinació de l'equip multidisciplinari que desenvoluparà el sistema, i la localització de tota la informació per les diferents àrees. Amb aquesta millora la comunicació és pràcticament instantània, contant amb la revisió abans de l'enviament de les dades, significa que tan sols es necessitaran X udt al mes, això vol dir una reducció del 98% del temps que s'utilitza actualment per a fer aquestes tasques. Si es fa extensible a tota la corporació, es beneficis serien notables.



Figura 11. Pont de comunicació directe entre la planta i Qualitat.

3.1.4 Resultats previstos

El que s'ha realitzat és un estudi de les dues parts implicades per a fer aquesta comunicació. Per una banda la part de l'LPS, entenent com es fa la captura les dades i els informes per veure com funciona. Per l'altre, analitzar la base de dades general i com es fa la introducció de valors ja que es disposa d'un procediment que cal entendre per posar-se a la pell de qui ho ha d'omplir. La metodologia que s'ha utilitzat ha estat fer una auditoria, seient al costat d'un responsable de qualitat de la planta, amb el procediment imprès i anar seguint, pas per pas, com es realitzava. L'objectiu era veure si el procediment i la realitat s'ajustaven per determinar si és òptim desenvolupar un sistema a partir d'aquest.

L'estudi d'ambdós parts implicades ha aportat un resultat positiu, afirmant la viabilitat del sistema amb la tecnologia que es disposa, per a fer aquest pont de comunicació. El següent pas ha estat convèncer de la necessitat del sistema als desenvolupadors d'IT demostrant els avantatges que porta el sistema i sobretot mostrant que s'està molt a prop d'assolir-ho amb les eines que es disposen. Aquest ha estat un dels punts més complicats de realitzar ja que costa convèncer de la necessitat d'un sistema inexistent i més, si s'ha d'adjuntar a un altre que ja esta implementat i provat. Després de varies reunions amb l'equip d'innovació, acceptant propostes i declinant-ne d'altres, s'ha aconseguit definir una idea de sistema que es

començarà a desenvolupar dins de l'LPS, durant aquest any. Per tant, la feina és definir els requeriments que aquest sistema necessita.

Perquè sigui una realitat, és necessari que el departament d'IT comenci a desenvolupar-lo, evidentment amb el suport de Qualitat. Posteriorment s'ha d'implementar el sistema a una línia d'una planta pilot i analitzar-ne els resultats. Amb aquesta primera prova es podrà veure si els objectius inicialment plantejats es compleixen i si val la pena implementar el sistema a totes les plantes de la divisió. Duran el desenvolupament s'han realitzat les següents tasques:

- Estudiar les propostes i sistemes actuals de tota la corporació.
- Redactar tots els requeriments que IT necessita des del departament de Qualitat.
- Buscar el contacte dels desenvolupadors de la base de dades de la corporació.

Els següents passos, després d'aquest estudi inicial, seran:

- Disseny del sistema i implementació en una planta pilot.
- Valoració dels resultats i efectivitat del sistema.
- Estudiar la possibilitat i els costos d'introduir-ho a altres plantes de la divisió.

Per poder implementar les propostes en la millora de la comunicació les plantes han de complir uns requeriments específics o base per començar. S'han analitzat quins són i què hauria de tenir la planta per poder gaudir d'aquesta nova aplicació. Es necessiten els següents elements:

- La línia ha d'estar configurada amb l'estratègia de producció modular.
- LPS ha de ser el sistema de control.
- Sistemes de gestió específics de planificació de la producció interns a l'empresa.
- Detecció automàtica de fallades als tests i a la zona de muntatge.
- LPS capaç de generar els informes de manera automàtica amb les dades.
- El sistema desenvolupat ha de ser modular i poder-se acoblar a l'LPS.

3.2 Comunicació de fallades i manteniment

En l'apartat anterior s'ha vist com es realitza el pas d'informació de les plantes a la corporació i les millores que es volen implementar. En aquest punt d'estudi es basarà en com es captura la informació de les fallades que hi ha durant la producció. També relacionat amb aquest tema, s'analitzaran les estratègies de manteniment que es segueixen per a les màquines de test. L'objectiu serà determinar l'estat actual de la captura d'errors en la producció a tota la divisió, i proposar millores per traçar el futur per aquest tòpic.

En el desenvolupament d'aquest apartat, està centrat en la anàlisi de les parts de la producció on hi ha una major concentració d'errors i on hi ha les metodologies de captura. Aquestes àrees són la zona dels tests i la de muntatge. El futur de les plantes passa pel tractament de manera eficient d'aquestes dades fent-ho més efectiu, reduint els errors i recursos, aconseguint els requeriments que Qualitat marca. També s'inclourà una millora en l'eficiència de la gestió del manteniment de les màquines en aquesta àrea.

3.2.1 Situació inicial

Les plantes normalment capturen tota la informació relacionada amb les fallades en cada torn, o com a mínim cada dia i els guarden en fulls de paper o en Excels durant un mes. Posteriorment s'introdueixen a la base de dades, tal i com s'ha explicat en l'apartat anterior. En els següents punts es descriurà la anàlisi de la situació inicial en cadascun dels blocs de la producció implicats i com s'hi capturen aquests valors i també la estratègia de manteniment.

- Captura de dades en els tests automàtics

Al finalitzar la manufactura del cablejat, aquest ha de passar per la zona de test. L'objectiu d'aquesta àrea és verificar la funcionalitat del cablejat, simulant les connexions i posicions de les peces que tindrà el circuit dins del cotxe. Per una banda, es té el test de clips, que detecta si falta algun clip o grapeta de subjecció del cablejat, i apart si està a la posició adequada. Per altra banda, es té el test elèctric que comprova la conductivitat dels cables per tal de detectar si falta algun cable o si hi ha un problema en els terminals.

Els cablejats sempre han de passar el test sense cap defecte, i quan és així les màquines de test treuen una etiqueta amb tota la informació relativa al test, juntament amb un codi que és guardat a la base de dades. Si no passa el test, es requereix revisar l'error, que pot ser reparat al mateix lloc o es necessitarà ser extret de la línia per reparar-lo a l'àrea de manteniment.



Figura 12. Test elèctric d'un circuit.

En els dos tipus de test és necessari capturar tota la informació, tant si ha passat el test com si no, amb la descripció específica del que ha passat. Un element important que també s'ha de capturar, i que actualment no és així, són els falsos errors. Aquest es donen quan en un primer test dona error i al moure una mica el connector ja no el dona. Aquesta causa pot ser simplement perquè hi hagi pols en un pin o que no estigui suficientment subjectat el connector. Per contra pot suposar un pin desplaçat o un fals contacte, ambdós errors crítics.

La major part de les plantes, quan hi ha un error i el test avisa, es guarda aquesta informació de manera manual, apuntant-ho en un paper durant tot el torn. Aquesta no és una manera eficient i en molts casos, si hi ha més d'un problema, es pot perdre la informació. L'altre gran handicap que hi ha, és que amb aquest mètode actual no es pot capturar la informació relativa als falsos errors, perdent així la informació vital que poden proporcionar.

Un altre element a tenir en compte, és que quan es detecta una fallada, per poder millorar en la producció, el controlador de línia ha d'anar al lloc de treball del operador i informar sobre l'error, per tal de poder evitar que en un futur es torni a produir. Aquest pas d'informació és manual, i requereix d'una gran experiència al controlador de línia, ja que ha de saber a on es duu a terme cada acció dins de la zona de muntatge. De la mateixa manera, si hi ha més d'una fallada, no es pot informar a temps i de manera correcta a tots els operaris implicats.

Afortunadament, com que les plantes són conscients d'aquesta problemàtica, l'equip d'innovació en manufactura ja ha desenvolupat sistemes de captura semiautomàtics a partir d'unes PDA, que permeten capturar la informació de manera manual, i passant-la directament a la base de dades. Millorant el temps de comunicació i evitant els errors en la introducció d'aquesta informació.

Aquest sistema ha estat provat en línies pilot d'algunes de les plantes i de moment són funcionals tot i que no compleixen tots els requisits que Qualitat vol pel futur. Simplement es canvia el suport de captura de dades, però es continua tenint una introducció de valors manual, amb les mateixes problemàtiques i no són capaços de capturar els falsos errors, ni d'informar

a temps real al lloc de treball. Per poder assegurar que no es perden dades, apart, hi ha un registre manual que implica duplicitat de tasques i incrementant el temps, sense millorar el sistema.

- Captura de dades a la zona de muntatge

La zona de muntatge, com s'ha pogut veure en apartats anteriors, és una de les parts més complicades de la producció degut al moviment de material entre àrees, el nombre d'operaris i la complexitat de les tasques. Aquest fet fa que aquesta zona sigui un punt on es localitzen bastants errors i on és clau monitoritzar-los.

Per fer-ho s'està utilitzant la mateixa metodologia que en els tests automàtics, amb la dificultat que la zona és molt més gran i no es tenen tots els elements controlats en un punt. La detecció depèn exclusivament si els operaris avisen de l'error al controlador de línia i si aquest acudeix per apuntar la descripció de la fallada amb la posterior decisió de la reparació. Es pot veure que si hi ha més d'un problema a la vegada, pot ser que aquesta informació es perdi o no estigui ben documentada.

A les plantes on es té un sistema semiautomàtic també es troben amb els mateixos problemes, ja que la captura també és manual i només es disposa d'un sol controlador de línia. La millora és que la transmissió a la base de dades que és directe i tot i que aporta un gran avantatge en contraposició a la captura en papers, encara no és suficient.

- Estratègia de manteniment

Aquest apartat està estretament relacionat amb la zona de test ja que fa referència al manteniment de les màquines que s'utilitzen per a validar aquests tests. Normalment les estratègies de manteniment es basen en temps de funcionament, és a dir, parar periòdicament els tests i revisar punt per punt buscant possibles desperfectes. Aquest tipus de manteniment requereix molt de temps, i no existint cap prioritació pel nombre de connexions que té un terminal. Fent que sigui és el mateix connectar-lo 100 vegades que 4, una situació molt allunyada de la realitat.

3.2.2 Perspectives de futur

Després d'analitzar l'estat actual i els sistemes que la companyia disposa en totes les plantes de la divisió, toca plantejar les propostes que Qualitat vol pel futur, definint quin seria el sistema ideal que compliria tots els requeriments que es busquen. Es planegen els següents objectius:

- Seleccionar els millors sistemes que hi ha a la divisió i analitzar-los.
- Analitzar les oportunitats del sistema semiautomàtic.
- Aconseguir una captura automàtica de les fallades als tests automàtics.
- Introduir una nova estratègia per capturar la informació de la zona de muntatge.
- Integrar el nou sistema al LPS.
- Incloure el control exhaustiu dels falsos errors.
- Eliminar els errors en la introducció de valors a la base de dades.
- Definir una estratègia de captura estàndard per a tota la divisió.

3.2.3 Propostes de millora

Degut a la importància que té aquest punt, l'equip d'innovació ja hi estava treballant i ja ha desenvolupat noves propostes que estan sent testejades en línies pilot a varies plantes. Aquests sistemes estan aportant molt bons resultats i per aquesta raó es planteja introduir-los a tota la divisió. Després d'extreure tota la informació del sistema i a partir de varies reunions

amb els desenvolupadors, s'ha arribat a la conclusió que aquest nou sistema que es proposa compleix amb tots els requeriments de Qualitat.

- Proposta pels tests automàtics

Els plans de millora per aquest punt, estan enfocats en la comunicació directa entre l'LPS i els tests automàtics, passant tota la informació requerida en temps real. Per tant la proposta és crear aquest pont directe entre les màquines de test i l'LPS amb el pas de tota la informació necessària i correctament estructurada. El sistema que ho farà possible, està desenvolupat per IT de la pròpia empresa i conté totes les especificacions que es requereixen amb l'avantatge que es poden fer modificacions i adaptar-ho a altres plantes sense la necessitat de pagar llicències de software. Per aquesta tasca, s'ha desestimat l'ús del sistema semiautomàtic que s'utilitzava en algunes plantes, ja que no és un sistema estàndard i es requeriria d'un sobre esforç de traducció per adaptar-lo a les altres plantes.

- Proposta per a la zona de manufactura

Per aquesta àrea es proposa un sistema semiautomàtic per a la captura de dades. Aquest sistema serà diferent al que hi ha actualment en alguna planta i es farà a partir d'un dispositiu electrònic, tipus tauleta. Aquest sistema permetrà una captura de dades per tota la zona, que serà mòbil i amb una interfície directe entre el controlador de línia i el sistema. Això permetrà capturar els errors a partir de la pantalla on simplement es seleccionarà d'una pestanya desplegable amb la definició estàndard de cadascun d'ells. L'avantatge és que el controlador de línia tan sols haurà de controlar la zona de muntatge i no la de test, focalitzant encara més la seva atenció i capturant de manera més eficient tots els errors, independentment de si n'hi ha molts o pocs.

- Proposta de manteniment

Es planteja un sistema de captura de dades automàtic per a la zona de test. Aquesta nova implementació permetrà capturar la informació detallada dels errors i els falsos errors per a cada connector, per tant, es té una informació molt valuosa que pot servir en altres àrees de l'empresa.

Si es saben els errors per cada element del test, es pot aportar informació estadística al departament de manteniment, el qual podrà definir noves estratègies de manteniment basades en el nombre de connexions i no en el temps, com fins ara. Aquest fet implica una millora de l'eficiència en l'àrea de manteniment i un primer pas per introduir aquestes estratègies en altres zones de la producció, reduint costos en manteniment, i aportant una nova visió al manteniment preventiu.

3.2.4 Resultats previstos

Després d'analitzar les propostes que es tenen pel futur i verificar que compleixen els requeriments que es volen per qualitat, ja es pot traçar el camí i analitzar els avantatges que es tindran en les plantes del futur. En el desenvolupament d'aquest punt ja s'està treballant i serà una realitat durant aquest any. Per tant, com a resultat es tindrà un sistema dissenyat, amb la funció de comunicació plantejada, i a més es podrà provar el seu funcionament en una planta real. Amb els resultats que s'obtinguin d'aquest primer prototip es decidirà si s'implementa a les altres plantes de la divisió. Els avantatges que aportarà aquest nou sistema són les següents:

- Comunicació a temps real de les fallades.
- Increment de l'eficiència en la captura de dades.
- Millora de la captura de dades a la zona de muntatge.
- Integració del sistema dins del LPS.

- Eliminació d'errors en els valors.
- Control absolut de les zones de test.
- Captura total dels falsos errors.
- Flexibilitat per a la realització dels documents informatius per a qualitat.
- Definició inicial d'una eina estàndard per a tota la divisió de cablejat.
- Optimització de recursos.

Per a que aquests avantatges siguin possibles, les plantes han de disposar d'uns requeriments inicials. Si no els tenen, abans s'hauran d'implementar. Es necessari disposar:

- D'un tipus de producció modular.
- LPS a la zona de producció.
- Zones de test aptes pel nou software.
- Pautes de producció estandarditzades.
- Personal especialitzat per a la captura i tractament de dades i sistemes.

3.3 Traçabilitat en la producció

Un element clau a analitzar, que va sorgir de la prioritització, és la traçabilitat² a la zona de producció. Per poder tenir un control exhaustiu durant la manufactura, és imprescindible tenir una traçabilitat completa dels materials usats, de la maquinària i de les tasques dels operadors. El domini d'aquesta informació, per exemple, permetrà determinar de manera més eficient la causa arrel dels problemes que arriben a garanties, per part dels clients. També seria la prova de la no culpabilitat dels defectes que sorgeixen en els cablejats, en el cas que no fos degut a una mala fabricació. Això dona a la companyia un domini complet de tota la cadena d'informació disponible, des de que entren les primeres matèries a les plantes fins que el cotxe està circulant per la carretera.

La naturalesa de zona de producció, com s'ha pogut veure, és molt complexa amb multitud de processos, maquinària i operaris, per tant, es fa molt difícil fer un seguiment de les tasques que es realitzen. El problema que es vol millorar és el temps i la qualitat de resposta als clients, quan aquests envien reclamacions a garanties. Actualment, en el pitjor dels casos, es destinen de X udt de feina de personal especialitzat, per a trobar la causa arrel i donar una resposta al client del que ha passat.

Posteriorment, s'han de determinar les accions de contenció perquè no s'expandeixi l'error a altres circuits, s'ha de prevenir a les plantes i solucionar el propi problema perquè no es repeteixi en un futur. Per a fer-ho es disposa de procediments i eines de qualitat com els 8D. La gestió d'aquestes tasques són un tema delicat, perquè els clients són fabricants de vehicles i quan hi ha un problema el que volen és una resposta ràpida i el més precisa possible, ja que implicarà enviar cotxes a concessionaris, eliminar lots de producte de magatzems o de línies de muntatge, amb els costos que això implica i l'afectació a la reputació per a l'empresa.

Afortunadament, fins l'actualitat la companyia no s'ha trobat en cap problema tan greu com per no poder donar una resposta. Tot i això, si que s'han trobat en que alguns casos on s'ha invertit molt de temps i no s'ha pogut donar una resposta precisa, fet que ha implicat uns costos que ha assumit la pròpia empresa. Com que ho hi ha hagut la necessitat real, un dels elements que més ha costat, és donar la importància perquè s'inverteixi en un sistema que aparentment no aporta un benefici directe, però que serà imprescindible per a la producció modular del futur. Un element a favor que es té, és que el cost d'un sistema de traçabilitat òptim es podria cobrir amb els costos de reparació i localització de fallades que es destina actualment.

² Definició de traçabilitat a l'annex A.3.2.

Per poder entendre perquè és útil un sistema de traçabilitat s'ha inclòs, en l'annex A.1.1, una descripció de dos casos reals d'empreses que varen tenir un problema de qualitat en la fabricació, el qual va arribar als clients. Això és el pitjor que li pot passar a l'empresa, des del punt de vista de la qualitat, però es podria haver solucionat o, reduït l'abast, de manera efectiva amb un sistema de traçabilitat òptim. En aquests exemples es mostrarà la importància i la necessitat de la traçabilitat d'un procés productiu per prevenir a l'empresa de pèrdues milloraries i de reputació.

Per fer una exposició dels plantejaments de manera més ordenada, es definirà l'estat actual de cadascuna de les parts de la zona de la producció. Aquesta està formada per la zona de tall, premuntatge i muntatge final. Després, es plantejaran les propostes que Qualitat vol pel futur, i finalment, es farà una valoració de les estratègies plantejades definint quin serà l'estat en que queda l'adaptació de les plantes a la producció del futur.

3.3.1 Situació inicial

- Zona de tall

Aquesta és la primera part de la producció, on es fabriquen les desenes de lots de 100 cables individuals que necessitaran els processos següents. L'operari és clau, perquè és l'encarregat d'introduir les primeres matèries i controlar què es fabrica, complint les especificacions de qualitat. Finalment agafa els lots de producte, els agrupa i els posa a la zona del Kanban³, a l'espera de la segona etapa.

En referència a la traçabilitat, el problema està en aquesta introducció de materials, que depèn directament dels operaris i hi ha molts tipus de materials que s'assemblen molt. Per exemple és molt difícil distingir, a simple vista, cables d'entre 0,5 o 0,3 mm de secció. Com que aquest fet és un punt crític que condicionarà la producció, les plantes han introduït un sistema de comprovació amb escàners, obligant a comprovar que totes les primeres matèries que s'introdueixen dins de la màquina, siguin les correctes per aquell producte que es vol fabricar, creant un sistema Poka-Yoke.

Això ha evitat molts defectes de producció i apart, evita el malbaratament de materials per errors de producció. Tot i això, la traçabilitat no està complerta en la majoria dels casos perquè no es captura la informació necessària en cada pas. Es pot saber el tipus de producte a fabricar per l'estratègia de la targeta Kanban, però al ser impresa abans de la producció, no es té tota la informació complerta de com s'ha fabricat a temps real. Això fa impossible, determinar quina màquina ho ha fet, de quins lots de primera matèria... En el cas que hi hagi una bobina de cable defectuosa, no es podria saber quins lots s'han fabricat per confinar-los.

Per tant és té un lot de producte, fabricat segons les especificacions que diu una etiqueta Kanban, que es considera correcte perquè hi ha un sistema Poka-yoke que evita els errors. Es té el producte correcte, però no es saben els lots de les primeres matèries utilitzats. La única informació que es pot extreure actualment és un codi de lot amb el nom de l'operari que ho ha fabricat i el dia, ja que s'introdueix manualment amb un segell al darrere de l'etiqueta de producció.

- Zona de premuntatge

Aquesta és el pas següent al tall. Tots els lots anteriorment produïts estan a l'espera en la zona Kanban, amb la corresponent etiqueta que conté el nom del producte, un codi d'etiqueta i de lot, i un segell amb l'operari i el dia que s'ha fabricat. Els lots de cables

³ A l'annex A.3.1. es pot veure la definició de l'estratègia Kanban.

individuals estan compostos d'entre 25 i 100 peces, i s'utilitza un sistema FIFO d'abastament a les estanteries Kanban.

La zona de premuntatge es fabriquen les grapetes o premuntatges que la zona de muntatge final necessitarà. Una grapeta està composta per 3 o més cables els quals es solden o grapen junts, segons les especificacions de la producció. S'utilitzen diferents tecnologies d'unió com pot ser el crimpat, o la soldadura ultrasònica. Posteriorment hi pot haver altres operacions en aquests subconjunts com pot ser el segellament estanc, l'encapsulat o connectar-lo amb altres elements.

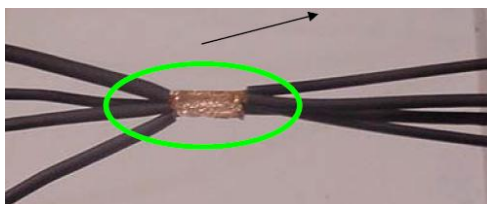


Figura 13. Exemple de grapeta soldada.

En una estació de treball d'aquesta àrea, hi ha un operari encarregat de fer una operació de fabricació. Per una banda, hi arriben els lots de cables amb les etiquetes del Kanban que es guarden en una zona dins de l'estació de treball. Per l'altra, hi arriben tots els materials necessaris del magatzem com són els connectors, terminals i altres elements. Tots aquests elements són les entrades de material a l'estació de treball. La producció comença amb unes ordres de treball en forma d'etiquetes taronges, que indiquen quines són les especificacions de producte a fabricar i els elements que s'han d'agafar. L'operari va fabricant aquests muntatges i els va guardant en lots de 15 al Kanban, a l'espera de que la zona de muntatge final ho necessiti.

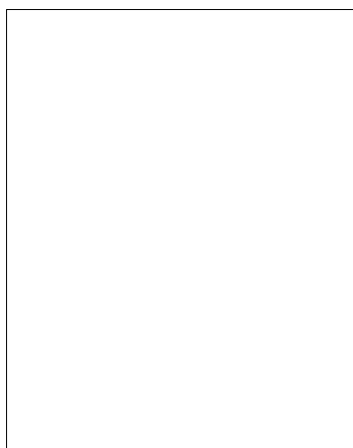


Figura 14. Exemple de premuntatge esperant a l'estanteria Kanban.

El problema està que en aquesta part del procés es perd part de la informació de les etapes prèvies. L'etiqueta que contenia part de la informació de la zona de tall, s'extreu del lot i es llença sense capturar res ni guardar-ho a la base de dades. El material a granel que s'introdueix del magatzem tampoc se'n guarda la informació, tan sols es buiden les bosses dins de la caixa de l'estació de treball.

Un element característic és que la producció és completament manual, de manera que l'operari veu les instruccions del que ha de realitzar, majoritàriament, en documentació escrita que té a la mateixa estació de treball. Hi ha plantes que aquest pas d'informació es fa a través de pantalles d'ordinador. L'inconvenient està que aquestes estacions de treball estan aïllades,

no hi ha comunicació amb cap sistema de control ni es poden capturar dades del procés, fet que dificulta molt la traçabilitat.

En les entrades de material a la estació de treball no sempre es compleix un sistema FIFO, és a dir, els lots de cables es penjen en una perxa i es van agafant sota demanda, si s'acaba un lot, se'n posa un altre al damunt. Els materials del magatzem també es buiden a dins de les caixes, i normalment a sobre de les restes dels lots anteriors. Això fa que s'acumuli més d'un, afectant a la rotació de lots antics. Sempre hi ha la preferència que l'estació de treball mai es quedi sense material, per no parar la producció, però no la traçabilitat.

Per aquesta raó no hi ha un ordre en els lots d'entrada i es fa molt difícil tenir una traçabilitat dels lots que s'han utilitzat per cadascun dels productes de sortida. Apart hi ha acumulació de materials de diferents lots dins de la pròpia àrea. A la sortida es tenen lots acabats de producte amb una nova etiqueta de producció, que conté el nom del producte fabricat i un codi de lot específic pel Kanban de la zona de muntatge. Aquí hi haurà d'haver un canvi important per poder assolir una traçabilitat acceptable i poder conservar les dades de producció que ara es perden. Aquest seria un exemple del moviment de materials que hi ha actualment en una estació de treball.

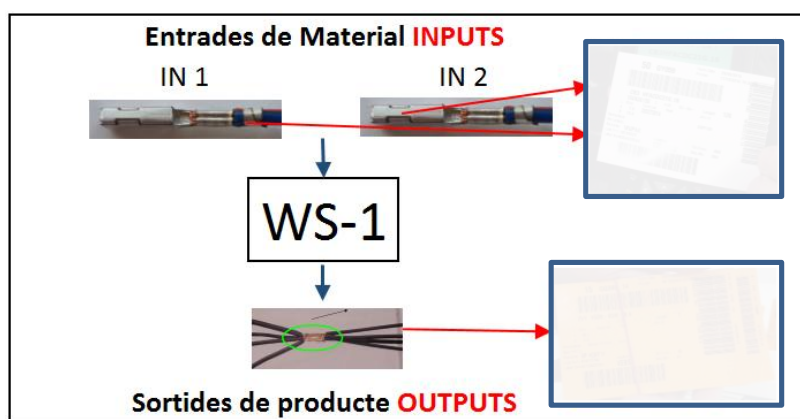


Figura 15. Moviment de materials i etiquetes en una estació de premuntatge.

Cada element que entra a l'estació de treball té la seva etiqueta amb la descripció del que és. Es tracta com a primera matèria per a les següents etapes. Per a tota l'àrea, composta de varies estacions de treball, es realitza la mateixa metodologia.

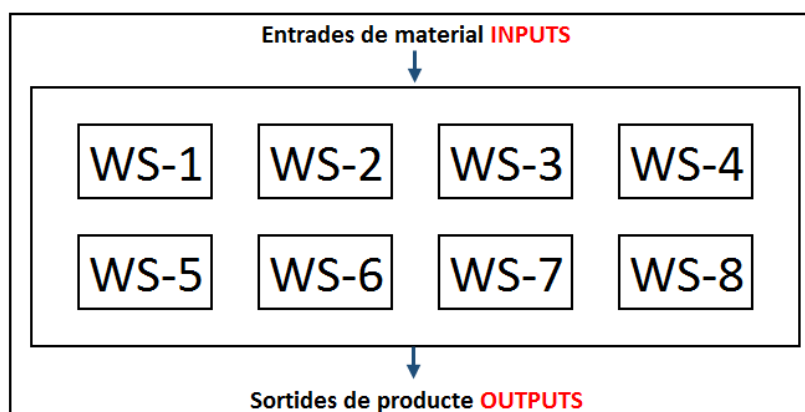


Figura 16. Exemple de moviment de materials en tota la zona de premuntatge.

- Zona de muntatge final

Aquesta és la part final de la manufactura, on es realitza el muntatge total dels cables que aniran directament als cotxes, a partir de tots els components de les zones anteriors. Per

fer-ho s'utilitzen una espècie de taules amb forquilles que tracen els recorregut dels cables i la posició dels connectors, simulant la posició final que tindria al cotxe. En aquest punt és on es concentren la major part dels operaris, classificats en dues grans àrees: la de connexions i la línia de muntatge. En el primera s'agafen els premuntatges amb altres cables i es connecten en el terminals que s'endollaran els dispositius del cotxe. La segona, agafa tots els components i els va distribuint per la taula per fer el muntatge final. En la imatge següent es pot veure una representació de les àrees amb les tasques A,B,C,D⁴.

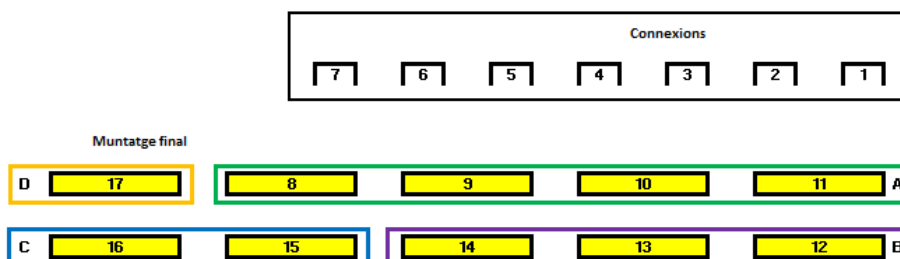


Figura 17. Distribució de la zona de muntatge.

Començant per la introducció de material, a les plantes es disposa d'un operari per línia i torn que va amb un carro específic reomplint tot el material necessari, que s'extreu de les estanteries Kanban, amb els lots de cables de la zona de tall i els premuntatges de la zona de premuntatge. Aquests són introduïts amb lots sencers a les perxes de la zona de muntatge, damunt dels altres lots que ja hi són presents. El material fungible, s'agafa del magatzem i es van omplint les caixes. En ambdós tipus de material la línia sempre està ben plena perquè no s'acabi durant la producció.

Tots els lots que provenen del Kanban tenen una etiqueta, la qual és extreta i guardada en un compartiment del carro. Després del torn, es llegeixen els codis i es dona l'ordre de fabricació perquè figura que s'ha acabat. És una estratègia pròpia del Kanban per mantenir l'avitallament de productes. El material que prové del magatzem només té una etiqueta que n'identifica el nom i el tipus. No es guarda i no es fa cap tipus de control, quan està buit s'omple, i aquesta és la estratègia.

En resum, es pot veure que en l'àrea, hi ha molt de moviment de material de molts tipus, on es prioritza que no en falti res durant la producció en detriment del compliment del sistema FIFO. La informació és guardada simplement per l'estratègia Kanban i no es fa en temps real, sinó que es fa al final del torn. No es disposa de cap element de control i/o introducció de dades dins d'un sistema i totes les tasques són purament manuals. Aquest és un gran handicap per a l'àrea de muntatge per aconseguir estratègies de traçabilitat precises.

3.3.2 Perspectives de futur

En aquest apartat les propostes que es volen aconseguir són molt clares, tot i que també són molt ambicioses. Es vol obtenir una traçabilitat completa, amb la màxima precisió possible per tal de poder informar de la manera més acurada i eficient als clients que tenen alguna problemàtica. També servirà per trobar la causa arrel dels problemes i poder-los solucionar per tal de tenir una millora continua en l'àrea de producció.

L'anàlisi del que s'ha mostrat, amb les estratègies de gestió de material, és de les plantes més avançades de la corporació. N'hi ha d'altres, més tradicionals, que no disposen d'aquests sistemes i encara s'ha de treballar molt. L'objectiu que es planteja és assolir una traçabilitat,

⁴ Les tasques depenen de cada línia, en funció de l'ús que es vulgui donar.

de materials i tasques, acceptable per a la divisió sencera i que es pugui gestionar dins del mateix sistema LPS, per tal que la producció tingui una estructura modular.

El que es pretén pel futur és començar a desenvolupar propostes de traçabilitat per l'àrea, analitzant tota la zona de producció i definir els canvis que es necessitarien per assolir aquesta traçabilitat òptima. També serà necessari definir els equips que han de definir aquestes millores i el procediment de com fer-les, ja que no s'ha plantejat res en un inici que englobi a tota la divisió.

Les perspectives són molt genèriques i obertes i hi ha un gran ventall d'opcions per a proposar ja que no hi ha cap sistema implementat. Per tant l'objectiu és dissenyar un sistema que es pugui adaptar a la tipologia de plantes que es tenen en l'actualitat, acostant les més tradicionals a les modernes, així es reduirà al màxim l'impacte que pot provocar un canvi radical. Això comporta implementar un sistema en una planta pilot, provar-ho i després passar-ho a les altres plantes, adaptant els requeriments. També es vol que el control sigui automàtic, amb l'ús de codis QR o altres tecnologies per evitar el màxim les inversions de temps de producció en lectures d'escàners o gestió de dades. Ja es veu que és un gran repte per aquest projecte i per la corporació al complet.

3.3.3 Propostes de millora

Per poder definir les estratègies de manera estructurada es plantegen les propostes per apartats, seguint una estructura modular. El procediment ha estat analitzar, punt per punt, tots els moviments de materials determinant: les entrades, les sortides, els fluxos de dades i tots els punts clau de la zona completa de producció. Com que és un procés complex, s'ha comptat amb l'ajuda del departament de producció que és qui dissenya els sistemes, el d'IT i el d'innovació en manufactura de cablejat. Tots ells són una font importantíssima d'informació, ja que hi treballen cada dia i saben com funciona.

Aquest punt ha estat on més eines de qualitat i més coneixements de la fabricació s'han utilitzat ja que ha estat vital per a realitzar la anàlisi i entendre què és el que està passant a la producció, perquè es fa així i què és el que es pot millorar. El que s'ha fet en un primer moment és una visita a les plantes per a poder fer una visió general del que passa, analitzant la producció tradicional i modular. El resultat ha estat una radiografia dels punts clau i dels colls d'ampolla.

Després, un cop al despatx, comença la feina de disseny i millora. Amb la situació inicial, tota la informació dels processos, desenes de *datasheets* de sistemes i molts contactes a la planta, s'han traçat les idees a partir de papers i pissarres amb pluges d'idees. Un exemple representatiu de la feina feta es pot veure en l'annex A.1.2. Aquesta feina ha implicat molt de temps per assolir unes propostes que es podien adequar al sistema productiu actual.

El següent pas és verificar la viabilitat dels sistemes plantejats a la zona de producció, i veure si es poden assolir els requeriments imprescindibles per assolir la traçabilitat que es planteja amb la precisió desitjada. Aquí entra en joc la segona visita a les plantes, moment clau del procés. S'han realitzat auditories per determinar si es compleixen els Kanban, si es fa la captura de dades adequada i com es fa. Com que en el procés els operaris són la clau, s'ha desenvolupat una espècie de sistema Kaizen⁵ per tal de deixar expressar als operaris i que ens ajudin a detectar possibilitats de millora al sistema. Per veure de manera més clara el que s'ha desenvolupat, s'analitzarà àrea per àrea quines són les propostes concretes.

⁵ Es pot veure la definició del sistema Kaizen a l'annex A.3.1

- Zona de tall

Aquesta és una de les zones que més ben preparada està pel que fa el control de la traçabilitat. Està en desenvolupament un sistema d'automatització de la maquinària, en el qual, es podrà fer és un control exhaustiu dels materials que s'introdueixen per a produir. Consisteix en un sistema Poka-yoke que s'instaurarà en totes les plantes per evitar els errors de la selecció de les primeres matèries, de manera automàtica.

Per altra banda, també disposarà d'una base de dades que relacionarà el codi d'etiqueta de la producció amb la informació necessària, com el moment de la producció (amb precisió de segons), els lots de primeres matèries utilitzats, l'operari que realitza la tasca, les màquines... D'aquesta manera es podrà assolir un control total del lot produït, obtenint un llistat de tot únicament escrivint el codi de lot.

En aquest punt de la producció es pot determinar que l'equip d'innovació ja està desenvolupant un sistema que ja satisfà les necessitat que qualitat està buscant per aquesta àrea.

- Zona de premuntatge

Es considera cada estació de treball com una illa individual amb unes entrades de material i unes sortides de producte fabricat. Les propostes es basen en dissenyar estratègies que relacionin els codis dels materials d'entrada amb els codis de les etiquetes de sortida. Totes les estacions individuals funcionarien amb la mateixa estratègia de manera que es tindria una base de dades general centralitzada amb tota la informació del que està passant. Així es podria tornar enrere fins a la zona de tall que ja disposa d'una bona traçabilitat.

S'han plantejat diverses propostes, intentant adaptar-se a la situació de la planta. La diferència entre les propostes és el grau de precisió que es vol assolir. Les propostes són les següents:

➤ **ID per cada producte + segell d'operador i data**

Aquesta primera proposta es basa en obtenir a la sortida un lot de productes de 15 peces amb un codi ID. Aquest codi haurà d'incloure la informació dels materials en que s'han utilitzat per fabricar-lo. Abans de la producció, quan s'introdueixen els nous lots de components que es necessiten per a la producció, l'operari haurà de llegir els codis de barres amb un escàner incloent aquesta informació a la base de dades de l'estació de treball. D'aquesta manera el sistema podrà relacionar els ID de les entrades amb els ID de les sortides de producte acabat.

Es considera que el sistema ja sap el pla de producció per aquell torn, de manera que abans de començar sap els components que necessitarà i podrà contar automàticament les peces que es van utilitzant i controlar els lots concrets d'aquestes. Per altra banda s'introduirà el segell que indica el codi d'operari i l'hora de producció darrera de la etiqueta de producte acabat. Per poder proposar aquesta solució es necessari adaptar les plantes amb uns requeriments específics:

- El sistema ha de saber els materials necessaris per a cada circuit.
- S'han de saber les entrades de material a les estacions de treball.
- Dissenyar un sistema per poder relacionar els codis.
- Complir un FIFO real.

➤ **ID per cada producte + torn de producció**

El procés és similar al anterior, però s'utilitzarà la informació que s'introdueix prèviament a la etiqueta impresa de l'ordre de producció. Abans de començar a fabricar ja se saben quins components es necessitaran, per tant es podrà assignar els lots de material que s'utilitzaran. S'aniran assignant els codis d'entrada, amb els codis de sortida per mantenir la traçabilitat.

Aquesta proposta és la que menys requeriments necessita ja que és una millora del procés que s'està fent actualment.

➤ **ID per cada producte + comprovació post-producció**

Es segueix la mateixa estructura, però amb la diferència que quan s'ha produït el lot de 15 peces, l'operador ha de llegir amb un escàner l'etiqueta de sortida. El sistema sabrà els codis dels lots de materials que hi ha a la zona i els relacionarà amb la sortida. Paral·lelament a mesura que vagin sortint productes s'aniran descomptant les peces utilitzades. És la proposta més complexa i es necessiten uns requeriments més específics perquè sigui possible:

- Assegurar el sistema FIFO per a tots els materials.
- Software específic pel control de les entrades i les sortides.
- Escanejar els codis a la introducció de materials i a la sortida de producte fabricat.

- Zona de muntatge

La idea per aquesta àrea és considerar les dues etapes (la de connexions i la de muntatge) com un bloc compacte amb entrades i sortides externes de materials. Es desestimaran els moviments interns entre aquestes dues etapes. Amb aquest plantejament es podrà definir una estratègia de comptatge semblant a la desenvolupada per a la zona anterior, tenint en compte les diferències d'aquesta.

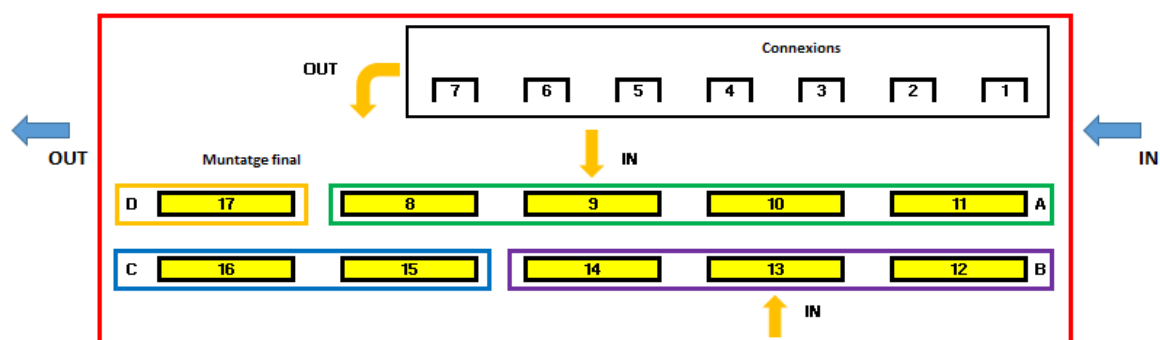


Figura 18. Moviment dels materials en la zona de muntatge.

Es defineixen les següents propostes per aquesta zona:

➤ **Estratègia de captura de les dades dels lots d'entrada**

Per poder controlar els codis dels materials que entren a la zona, és necessari introduir aquestes dades al sistema. Per fer-ho s'ha posat al punt de mira en l'etiqueta que tenen els materials provinents del Kanban. Aquests contenen uns codis únics d'etiqueta i lot que poden servir per aquest control. La proposta serà crear un sistema que sigui capaç de relacionar els codis dels lots dels elements d'entrada les sortides dels cablejats fabricats.

L'estratègia per introduir les dades, es basa en utilitzar el sistema del control d'estoc que hi ha actualment a alguna de les plantes. Aquest sistema té una base de dades que va identificant l'estat de les etiquetes dels lots del Kanban. A mesura que cada lot de producte es va movent entre àrees, va canviant el seu estat dins del sistema. Per exemple, si el lot ja està a la zona de muntatge, en el sistema figura com a "consumit". Aquesta actualització d'estat és gràcies a que es van fent escanejors pel control d'estoc al llarg de la producció.

Per tant, com el sistema és capaç d'identificar quant tinc un lot a la zona de muntatge, així que es podrien utilitzar aquestes dades per a fer un control més acurat de la traçabilitat. De manera que quant tingui un lot en estat "consumit" es podrà considerar que és una entrada de material a la zona de muntatge. Per altra banda, si es fa en temps real es podrà introduir la data i l'hora concreta que hi hagi aquest canvi, per ser més precís.

Perquè això sigui possible, s'ha de canviar el procediment d'introducció dels lots de materials dins de la zona. Els operadors que els introdueixen hauran de llegir les etiquetes amb escàners al mateix temps que introdueixin els materials a les estanteries de la línia de muntatge. No suposa un temps extra ja que ara ja es fa, després del torn, simplement es canvia el moment de fer-ho. Aquest fet permetrà saber exactament els lots de material que entren a la zona, i amb una base de temps de quan ho ha fet. Un avanç molt útil per tenir una traçabilitat de les entrades envers les sortides, ja que actualment no ni és aquesta informació. Els requeriments que es necessiten perquè sigui possible són els següents:

- Aportar noves funcions al sistema de gestió d'estoc, tenint en compte que és d'un proveïdor extern.
- Introduir la data i l'hora de la producció en cada lot de material que entra.
- Equipar els operaris que introdueixen el material amb escàners sense cable per fer les lectures en temps real.
- Utilitzar sistema FIFO per a tots els materials de la línia.

➤ **Relacionar els ID de les entrades amb els ID de les sortides**

Una vegada s'han controlat les entrades de materials, s'han de controlar els consums que aquests tenen durant la producció, per saber els lots que s'han consumit i introduir tota aquesta informació dins de la base de dades. Així es podran tenir tots els materials d'entrada controlats amb els codis i les quantitats.

La idea es descomptar els materials utilitzats a la zona de muntatge a partir dels circuits muntats que en surten. Si es pot introduir el llistat de materials (BOM) que es necessiten per a fabricar cada circuit, a la base de dades de l'LPS, cada cop que en surti un de fabricat es pot considerar que s'han gastat les peces per fer-lo i per tant descomptar-ne una de cada lot de material d'entrada. D'aquesta manera es poden descomptar les peces de l'entrada a partir de les sortides, la base per poder tenir un sistema de traçabilitat.

Per exemplificar, aquesta estratègia es basa amb la que s'utilitza en un supermercat, on hi ha una gran quantitat de productes diferents. Aquests està a les estanteries i cada vegada que ho comprem hi ho passem per caixa el sistema sap que s'ha acabat i significa que n'ha de reposar un de nou. Per tant automàticament, dona l'ordre al magatzem que en porti un altre. D'aquesta manera es poden controlar l'abastiment de les entrades a partir de les sortides, apart de conèixer informació com l'hora de sortida, demandes i la velocitat de consum.

Es considera que si el circuit ha passat pel test elèctric, el circuit és correcte i per tant contindrà totes les peces que el componen. Això vol dir que s'han agafat tots els components de la zona de muntatge, i es podran descomptar dels lots que s'han introduït prèviament. És una proposta ambiciosa perquè hi ha circuits amb més de 600 components i es necessitarà un programa que pugui tractar moltes dades i que pugui descomptar elements de molts lots de producció a la vegada. També s'ha de tenir en compte que la producció modular contempla moltes variacions de circuit, incrementant les dificultats per aquest nou sistema de comptatge. Tot i això, serà necessari si es vol obtenir una traçabilitat completa al futur de la producció. En aquest cas els requeriments seran els següents:

- Introduir el BOM de cada circuit a la base de dades.
- Relacionar aquest BOM amb el codi QR del full de producció (per poder fer una lectura directa).
- Portar un control molt més exhaustiu en els circuits que necessiten ser retreballats, ja que han utilitzat peces i s'hauran de comptabilitzar perquè el sistema de comptatge no es descontrolï.

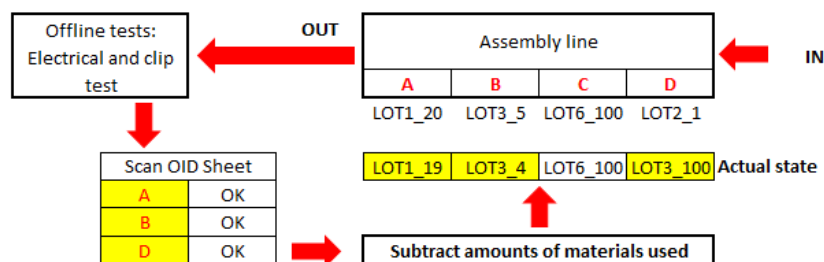


Figura 19. Estratègia de comptatge a la zona de muntatge.

➤ **Relacionar els lots de les entrades “consumits” amb els ID de les sortides**

Per poder aconseguir aquesta relació entre codis de l'entrada i la sortida també s'ha proposat relacionar l'hora de producció del circuit amb els lots de productes de la línia que hi ha en aquell moment. En base als estats de les targetes Kanban, quan aquestes estan en “consumit”, si estan en aquest estat vol dir que estan en la línia, per tant es pot considerar que s'han utilitzat per aquell circuit en concret que acabaria de sortir.

Per millorar encara més la precisió, es pot afegir la data d'introducció dels materials a la línia, així el sistema podria fer una aproximació dels materials d'entrada amb les sortides a partir d'una relació de temps. En aquest cas la traçabilitat no seria tant precisa, però l'aproximació ja pot ser útil pel que es busca, tenint un control en base temps que ajudarà a localitzar les causes arrel de manera més fàcil que l'actual. Els requeriments per aquesta proposta són els següents:

- Adaptar i modificar el sistema de gestió d'estoc.
- Els circuits han de tenir informació del temps de sortida.
- Millorar la base de dades del sistema de producció.
- Relacionar el codi ID dels lots amb l'estat de l'etiqueta “consumit” a una base de dades, per poder fer les cerques posteriors.

➤ **Millora de la traçabilitat utilitzant directament el sistema de gestió d'estoc**

Un altre punt important és utilitzar estratègies o sistemes que s'estan utilitzant actualment a la línia per veure si es poden adaptar per tal d'aportar les solucions que es plantegen, i ser més eficients amb els recursos. Per això s'han estudiat les opcions que pot aportar el sistema de control d'estoc que es té en algunes de les plantes. S'han estudiat introduir noves estratègies dins dels sistema que ens aportarien diferents graus de precisió en la traçabilitat. N'hi ha dues opcions: la primera aportaria una precisió d'un torn i la segona d'un lot de material d'entrada.

- Traçabilitat mínima: 1 torn de resolució

M'entres s'introdueixen tots els components dins de la línia de muntatge, és necessari que l'operari que ho introdueix, llegeixi el codi que tenen les targetes Kanban en el mateix moment, i es guardin a la base de dades del sistema com a lot de producte que s'ha introduït a la línia. Això no és nou, és tal com s'ha plantejat abans.

El sistema el que fa es canviar l'estat de les etiquetes de “en espera” a “consumit”. Quan passa aquest canvi el que es vol és introduir la data i la hora, i d'aquesta manera es donarà informació extra pel sistema de traçabilitat. Així, es podrà saber quins lots de primeres matèries hi havia a la línia de muntatge al mateix torn de producció dels cablejats. Quan es decideixi buscar què va passar en aquell circuit, es podrà saber tota la informació relativa a aquell torn.

- Traçabilitat màxima: 1 lot de resolució

El sistema està basat amb el mateix procés que l'anterior però amb la diferència que s'ha d'introduir un estat extra en les etiquetes del Kanban. Els lots poden estar "en espera" i un cop entren, estan en "consumit", incloent la data i l'hora del canvi. A més a més, s'inclouria un sistema de comptatge, amb la capacitat de descomptar els elements utilitzats per a la producció. Cada vegada que un circuit passa el test elèctric, es compten peces i quan el lot d'aquestes s'hagi acabat, la etiqueta passarà a un nou estat anomenat "instal·lat".

Amb aquest nou estat, representa que quan el lot de primera matèria de la línia s'hagi acabat obtindrà aquesta nova catalogació, junt amb la data i l'hora en que això ha passat. Aleshores, segons els circuits que s'han produït, es tindran els lots exactes de primeres matèries que s'han utilitzat. Així es pot relacionar dins de la base de dades els lots utilitzats per a cada circuit i millorar la traçabilitat considerablement amb una aproximació d'un lot.

Per fer possible aquesta acció és necessari introduir tota la informació del llistat de materials (BOM) a la base de dades per poder saber les peces que s'utilitzen per a cada lot. Avui en dia encara no és possible perquè a la zona de producció no es pot saber en temps real, només se sap si es llegeix en els fulls de producció o en els d'aprovisionament de material. Per tant, aquí es té un handicap important que serà el que determinarà la precisió final del sistema apart del cost. Aquest desenvolupant és complex i necessita varis requeriments específics:

- Canviar el sistema de gestió d'estoc.
- Introduir la informació del temps en els canvis d'estat.
- Introduir un nou estat dins del sistema de gestió: "instal·lat".
- Millorar la base de dades per gestionar aquests nous valors.
- Disseny d'una base de dades per guardar els estats dels lots i poder fer les consultes posteriors de dades particulars.

Estat targetes	Definició
"en espera"	El lot està en l'estanteria Kanban de la producció en espera d'entrar a la zona de muntatge.
"consumit"	Està a dins de la zona de muntatge, consumint-se per la producció.
"instal·lat"	Ja s'ha acabat el lot de la zona de muntatge, ja forma part dels circuits.

Figura 20. Resum dels estats de les etiquetes Kanban.

3.3.4 Resultats previstos

Aquest apartat era molt obert i es podien introduir multitud de solucions, determinat la millor segons un balanç de cost-precisió en traçabilitat. La solució de la traçabilitat sempre ha estat en segon lloc per varis factors. Per una banda, implica costos sense uns resultats econòmics clars, ja que no aporten un benefici directe. Per altra, no resulta ser una feina fàcil degut a la naturalesa de la producció amb el moviment dels materials i de les tasques. Per això no s'ha prioritzat mai.

Amb els nous plans de futur, això ha de canviar i per a la producció modular es voldran produccions més específiques i personalitzades, per tant implicarà un control més exhaustiu de la producció. Des de Qualitat, per poder donar resposta als problemes, s'haurà de convertir en una eina imprescindible, així que la solució s'ha de plantejar com abans millor. Ja s'ha anat

treballant per àrees, i després d'aquest projecte les conclusions i els futurs resultats que s'esperen per zones de producció són els que s'explicaran a continuació:

- Zona de tall

Amb els sistemes que hi ha proposats ja es compleixen tots els requeriments específics, per tant en aquest punt no s'han aportat millores. Simplement s'ha analitzat el sistema i s'ha definit que és la millor opció pel futur. El sistema és el més òptim i ja s'està provant en una planta pilot. Els següents passos és anar introduït aquest sistema progressivament a les altres plantes a mesura que es vagin adaptant les línies a la nova producció.

- Zona de premuntatge

En aquest punt les idees de millora en quedat clares, s'ha identificat a on es vol arribar i quin és el camí a seguir. El que falta determinar és la precisió del sistema de traçabilitat que es busca, ja que no s'ha pogut fer cap prototip de les idees en sistemes reals, per tant només es té informació teòrica amb previsions de resultats. Tot i això, la idea que ha guanyat més bones acceptacions es poder implementar en un futur la proposta 3 de relacionar el ID per cada producte més la comprovació post-producció.

Aquesta solució és la que aportaria una millor resolució a la traçabilitat que s'està buscant. Els següents passos serien adaptar les estacions de treball, per exemple introduint els escàners i el software, per poder fer la captura de dades que es necessita. Per altra banda, també s'ha d'incloure el sistema dins de l'LPS, fet que requerirà recursos i temps del departament d'IT.

Tot i això també es destaca la resolució de l'última proposta, ja que és la que menys cost implica i aporta uns resultats de precisió que són molt més bons que els que es tenen en l'actualitat. Concretament en el cas que es vol relacionar el codi ID amb l'hora i el segell de l'operari. La resolució que s'obtidria és d'1 torn, 8 hores de producció. És una millor apreciació tenint en compte que actualment és de X udt fet que implica més de X udt de producció.

En aquest punt la feina feta és la descripció de les idees del sistema de traçabilitat que es vol des de Qualitat. Ara el que s'ha de fer és verificar la viabilitat per IT, que es dissenyi un sistema prototip per una línia de muntatge, que es provi i s'analitzin els resultats. Amb els resultats a la mà i els costos, es podrà determinar si és un sistema útil i si val la pena exportar-lo a altres plantes.

- Zona de muntatge

Aquesta és la zona més complexa i on més dubtes hi ha. Les propostes que han predominat són la relació amb el sistema de gestió d'estoc introduint nous estats de les etiquetes del Kanban per a poder tenir el control total. Els dubtes aquí són saber si en aquest sistema es poden introduir aquests canvis i sobretot, si el proveïdor d'aquest ho permet. També s'ha d'introduir el BOM a la producció i en l'actualitat no és viable degut a la poca estandardització del procés de disseny de manufactura.

Els resultats en aquest apartat han estat demostrar que una traçabilitat en temps real és possible i que no està molt lluny de ser aconseguida, des de la basant tècnica. Aquesta proposta ha fet canviar la concepció inicial de què és un sistema inassolible, per tant és un pas per a poder desenvolupar-lo i que s'inclougi a dins del pressupost de manufactura. Un exemple per demostrar que aquest sistema és possible, és la simulació que s'ha fet amb Excel de com hauria de ser la traçabilitat i quines dades s'haurien de capturar. En l'annex A.1.3 hi ha captures de pantalla dels resultats segons la precisió de traçabilitat que es vulgui.

Un altre element molt important és demostrar que el sistema aportaria millores en el moment de localitzar la causa arrel d'un defecte que es relacioni amb client i sobretot la

capacitat de confinar i delimitar lots afectats. S'ha fet una simulació de les diferents propostes de traçabilitat, amb el grau de confinament de circuits que tindria i el cost que implicaria revisar els circuits. Això ha permès valorar econòmicament que implicaria i donar encara més arguments de la necessitat del sistema. També està inclosa la simulació i els resultats de la anàlisi a l'annex A.1.4.

Per tant, aquest són els resultats previstos de la traçabilitat en el sistema de producció més avançat que té la companyia, concretament per la producció modular per tal de veure quins són els passos i punts que es poden adaptar per a buscar una solució de la traçabilitat a la producció. Amb l'objectiu d'assolir la major precisió en traçabilitat amb els menors recursos i canvis a la producció, s'han proposat diferents solucions amb varis graus que estan documentats i apunt de ser desenvolupats pel departament d'IT, en el cas que es vulgui prioritzar en un futur.

No és un procediment fàcil i ràpid però s'han començat a marcar els passos perquè es pugui desenvolupar per a les plantes del futur, o si més no s'ha posat en relleu perquè es tingui en compte en el futur. Malauradament, no hi ha hagut temps suficient de realitzar proves en sistemes pilot, per tant serà una acció que quedarà aplaçada per un altre projecte de millora contínua.

3.4 Tasques dels treballadors

En aquest apartat es fa referència a tot allò que està relacionat amb les tasques que realitzen els operadors dins de la zona de muntatge. Els operadors per a la manufactura de cablejat són imprescindibles, de fet el 92 % del procés és manual i per tant el control de les tasques que ells realitzen serà determinant per obtenir uns resultats de qualitat excel·lents.

Degut al gran volum de treballadors que hi ha, coordinar-los, assignar-los a cada lloc de treball, donar-los-hi els entrenaments pertinents i controlar els nivells de qualitat de tots ells, és una tasca titànica que requereix molts recursos. El control més gran recau sobre el controlador de línia tot i que la gestió documental i seguiment dels acompliments es fa des de recursos humans.

Moltes de les garanties que es reben de client, després de la anàlisi a les plantes, surt com a resultat que és culpa dels operaris. No sempre és així, però atribuir aquesta causa és un recurs que utilitzen les plantes per eximir-se de les responsabilitats. Tot i això s'estudiarà com es fa l'organització dels operaris i què és el que passa realment dins d'una planta. Això permetrà fer una reenginyeria del procés de control per saber si es pot millorar o per trobar noves oportunitats per fer una gestió més eficient i en línia a la indústria 4.0.

3.4.1 Situació inicial

La gestió de les tasques dels operadors sempre ha estat un element capital en la producció de cablejat i sempre s'ha gestionat de manera manual. Les tasques que es desenvolupen a cablejat són molt manuals i per poder-les realitzar els operaris han d'estar entrenats i tenir les habilitats per fer-ho. Amb un bon entrenament ja poden realitzar les tasques sense problemes, i a mesura que van aprenent més, com la corba d'aprenentatge⁶ indica, la productivitat augmenta i les feines es fan més ràpid, millorant així la eficiència.

El controlador de línia sap les habilitats que necessita el procés de muntatge i selecciona els operaris, els quals els distribueix segons el compliment de les habilitats per cada lloc de treball. Per exemple, en la zona d'encintat es necessita un operari que tingui habilitats avançades d'encintar cablejat. Per altra banda, en una línia de muntatge, també hi ha gent

⁶ Al annex A.2.1 es pot trobar una definició del que és una corba d'aprenentatge i què pot aportar.

formant-se fent que el controlador també hagi de gestionar les hores d'entrenament, l'efectivitat d'aquest i comandar nous plans en el cas que sigui necessari.

La teoria de la gestió dels operaris està basada en procediments gestionats per qualitat i es compleixen de manera correcta. El problema és que el propi sistema és complex i és inevitable que es produeixin errors. Hi ha un sol controlador de línia per cada torn i pot ser que algun dia un dels operadors no vagi a treballar, o que no hi hagi suficients operaris amb totes les habilitats necessàries pel procés. Aquest fet obliga al controlador a prendre decisions que l'obliguen a assignar operaris que no tinguin les habilitats corresponents en tasques que no podrien fer. No li queda cap altre remei, ja que s'ha de complir amb la producció establerta. Aquesta acció està permesa, sempre i quant l'operari tingui un entrenador al seu costat que el l'ensenyi a fer les tasques.

Per altra banda depenent dels torns del dia s'obtenen uns resultats o uns altres en la producció, fent que l'efectivitat variï. El torn de dia és molt més efectiu que el torn de nit, de manera general. En l'actualitat hi ha un sistema de gestió manual, que es basa en l'experiència del controlador per assignar els operaris i en una sèrie de documentació gestionada per recursos humans, tota manual i guardada en els arxivadors del departament. Una automatització i millora de l'estratègia de la gestió del personal podria ser la clau per a les plantes del futur i incrementar la productivitat.

Per poder saber com funciona i els procediments de documentació que hi ha, s'ha fet una auditoria en el procés de la gestió de personal per poder veure l'efectivitat i si es compleix el que hi ha escrit en els procediments. En el esquema següent es pot veure un diagrama de moviment dels documents de gestió en una de les plantes de la corporació.



Figura 21. Diagrama d'accions de control d'operadors

En blau hi ha tots els documents necessaris de control de les accions i en blanc les pròpies accions. Per exemple, la línia de muntatge necessita uns requeriments de personal específic (*line requirements*), i el document que marca els operaris amb les habilitats és el *training chart*. Per poder gestionar aquests elements es necessiten varis documents, amb les següents funcions:

- Full d'entrenament (*Training system*)

Aquest document mostra una descripció de l'entrenament que han de seguir els nous operaris quan comencen a la línia de muntatge. Es representa el procediment necessari per complir els requeriments, el temps, el responsable i el període d'entrenament. Es podria dir que és la recepta de com fer un bon entrenament.

- Taula d'entrenament (*Training chart*)

És el document més important de la zona de producció i està penjat al principi de cada línia de muntatge, en una zona visible. Aquest mostra una visió general de les habilitats que

es necessiten a la línia i quin és l'operari que les està cobrint. Això permet saber quines necessitats té la línia i que el controlador pugui assignar els operaris. Es fa servir un codi de figures que marca les diferents valoracions segons el grau d'entrenament que es té.

- Hi ha 5 graus que categoritzen les habilitats dels treballadors:
 - L'operari coneix els passos, però està en entrenament.
 - L'operari ha aprovat l'examen teòric, però encara necessita entrenament.
 - Ja ha fet 2 setmanes d'entrenament, pot treballar sol però amb supervisió de Qualitat.
 - Ha acabat l'entrenament i pot entrenar a altres operadors.
 - Està autoritzat per a fer reparacions.

- Full de seguiment individual del entrenament (*Individual training sheet*)

Aquest document mostra l'historial d'entrenament de cada treballador, marcant en quines activitats està entrenat i quines són les seves habilitats. Aquest document s'ha d'anar actualitzant cada vegada que s'adquireixen nous coneixements.

- Certificat d'entrenament (*Training certificate*)

Aquest és el document que certifica l'entrenament per a una estació de treball concreta. Firmant aquest, l'operador, afirma que ha rebut els coneixements i controlador de línia ho certifica.

- Atenció d'entrenament (*Training attendance*)

Amb aquest, l'operador confirma que s'ha entès els coneixements de l'entrenament i especifica quins són els coneixements que s'han transmès.

- Petició d'entrenament (*Request for training*)

En el cas que un supervisor de Qualitat o de producció detecti algun defecte en els cablejats, és necessari més entrenament per millorar les habilitats de l'operador i que no es torni a repetir el defecte. Per fer aquesta gestió i certificar que es necessita l'entrenament es fa mitjançant aquest document.

- Resultat entrenament especial (*Training sheet after nonconformities*)

És una avaluació de l'entrenament realitzat després d'una petició per no conformitats del producte. Firmant-lo l'operador certifica que ha entès els coneixements del entrenament.

Com es pot veure per fer un seguiment dels operaris i de l'entrenament que aquests reben, es requereix molta documentació a mà, el qual es dediquen molts recursos. Aquests documents no estan automatitzats, de manera que no es pot comprovar ràpidament alguna d'aquestes informacions.

Per exemplificar la importància de trobar millores en aquesta situació actual, es pot fer a partir d'una simulació d'un cas real en la producció. En una línia de muntatge hi ha més de 20 operaris que han de ser-hi per poder arrancar. El controlador de línia ha de verificar que hi són tots i assignar-los segons les habilitats que necessita la línia. Si un operari no ve, el seu torn ha de ser cobert per algú amb els mateixos coneixements, tal com diu el procediment de Qualitat. L'encarregat comença a buscar personal per cobrir la baixa de l'única manera que es pot fer: comprovant la documentació manual. Si té l'experiència necessària i es coneix-hi molt bé el procés i els operaris, tardarà menys.

Si el controlador de línia no hi és, o hi ha més d'una baixa, el fet de cobrir les places es complica molt més i si aquest controlador ha de realitzar altres tasques, fa que no sigui tant difícil crear una mala assignació per poder engegar la producció i complir les entregues determinants. Aquest greuge s'accentua en els torns nocturns que no hi ha percepció de vigilància i es veu clarament que els errors en producció augmenten i el rendiment baixa, de manera significativa comparant-ho amb els torns de matí. No controlar aquesta assignació, pot requerir costos en l'assoliment de la Qualitat d'un cablejat definitiu.

Una altre element que s'ha de tenir en compte és la monitorització de les tasques en el procés productiu. Aquest procés és una font d'informació estadística vital per a millorar la manufactura. Si sabem quines tasques es fan, com es fan i qui ho fa, es poden assignar els recursos de manera més eficient incrementant la productivitat de manera notable.

3.4.2 Perspectives de futur

Per les plantes del futur es proposa una traçabilitat completa de les tasques dels operadors a temps real, per poder controlar que la producció es fa sempre amb les habilitats necessàries, tot i les problemàtiques que puguin sorgir. També es planteja la comunicació directa del sistema amb l'operari, per a la comunicació de les fallades. Per aquesta raó els desenvolupadors ja estan treballant en nous sistemes junt amb l'LPS, però aquests no controlen tot el que es considera necessari per a Qualitat.

En primer lloc es vol saber la posició exacte en que es troba un operador dins de la línia de muntatge o de premuntatge. A partir d'unes targetes identificadores i lectors fixos, es sabrà si l'operari està al lloc correcte i el temps que hi està treballant. Actualment hi ha un control d'accés per la planta per controlat els torns, però depenent de la planta i la cultura del país aquest control no és suficient.

Un altre element a controlar són les habilitats del operador, saber si en el lloc on estan treballant hi poden ser o no. No es fa per un control massiu, sinó que es fa perquè no es pugui assignar un operador que no tingui la formació adient en un lloc que no li pertoca, i si és fa, que el sistema en sigui conscient i es pugui millorar, avisant al controlador. Això implica una automatització del procés i saber quines tasques es realitzen en cada estació de treball i amb quins requeriments perquè sigui possible fer la comprovació.

Si es vol controlar l'assignació d'operaris, també es imprescindible controlar la gestió de l'entrenament. Per una banda el sistema ha d'incloure l'entrenament de cada operari per saber les habilitats que té. Per l'altra, amb el control de localització per les targetes, es podrien controlar les hores que un rep d'entrenament i així actualitzar la documentació de manera automàtica, reduint el temps de gestió documental.

Finalment també es vol millorar la comunicació entre el procés i l'operari. A partir de pantalles de LED es vol informar en temps real sobre els elements de la producció com: si l'operador està en el lloc correcte o si ha de revisar un error. Aquesta comunicació directe entre l'operari i el sistema serà decisiu per tenir una Indústria 4.0.

3.4.3 Propostes de millora

Per tenir una uniformitat en el procés de gestió dels operaris es proposa crear un sistema que unifiqui les tasques d'assignació, control de posició, control d'habilitats, i seguiment de l'entrenament. Tot el control estaria gestionat pel propi sistema de comandament de la línia LPS i permetria mantenir un llaç tancat de comunicació entre l'operari, el controlador i el sistema.

Per poder-ho entendre de manera més gràfica es presenta el següent esquema que relaciona les entrades i sortides de la base de dades que es vol crear. Les fletxes del procés, marquen la direcció d'informació entre la base de dades i els elements.

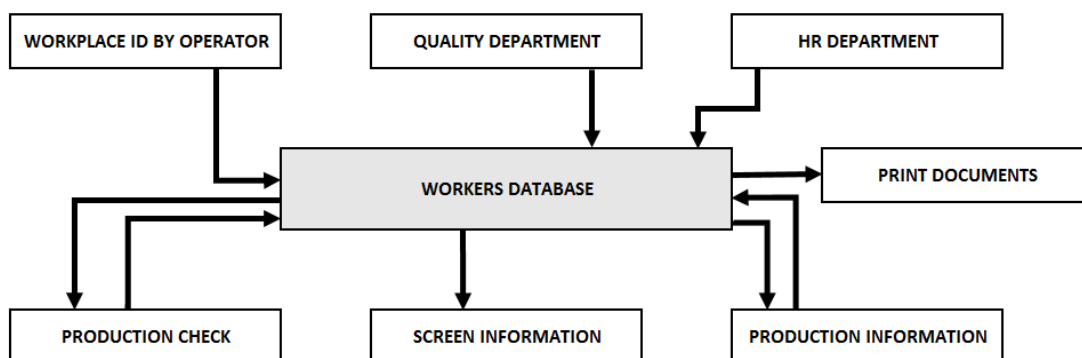


Figura 22. Proposta d'un nou sistema de gestió de personal.

- Identificació de l'operador (*Workplace ID by operator*)

Tots els operadors tenen una targeta d'identificació amb un codi únic d'operari. És necessari introduir lectors fixos de targetes als llocs de treball així es podrà identificar que s'està en el lloc correcte i es podrà saber el temps que s'hi ha estat. Aquesta implementació permetrà que el sistema comprovi si els operadors estan al lloc correcte i si tenen les habilitats requerides. Els operaris tindrien dins de la seva fitxa una taula amb una fila per a cada estació de treball. A partir d'una codificació es podrien definir els diferents aspectes, en codis numèrics, que s'han de comprovar per fer una assignació correcte i automatitzada.

Per cada lloc de treball el sistema hauria de comprovar:

- Si l'operador té el certificat d'entrenament per aquella estació de treball.
- El grau d'entrenament per cada estació de treball.
- Si l'operador té un requeriment d'entrenament per aquella estació de treball.
- Si l'operador està capacitat per ser entrenador.
- Si l'operador està preparat per realitzar operacions específiques com reparacions.
- Historial d'entrenament que té.

Per poder millorar l'assignació d'operaris es proposa fer unes codificacions dels paràmetres de manera numèrica, així el sistema ho farà automàticament cada vegada que un operari accedeixi en una àrea de treball.

CERT → Si l'operador té el certificat d'entrenament per aquella estació de treball (1/0).

TP → Grau de l'entrenament (0,1,2,3,4)

TR → Si l'operador té un requeriment d'entrenament per aquella estació de treball (1/0).

WP-1			
CERT	TP	TR	Codi final
1/0	0,1,2,3,4	1/0	130

Figura 23. Taula de paràmetres per a una estació de treball.

Amb aquesta implementació es podria obtenir un codi numèric que es s'aniria actualitzant a mesura que s'adquireixen nous coneixements. Així es pot comprovar de manera ràpida amb una simple lectura de codis al començar a treballar, concretament llegint el codi d'operari de la targeta d'identificació. Facilitarà molt la feina al controlador de línia que tindrà en una tauleta, tota la informació del que passa a les estacions de treball de la zona de muntatge en temps real.

- Comprovació de la producció (*Production check*)

El sistema ha de tenir la capacitat de comprovar a l'inici de cada torn que es reuneixen tots els requisits necessaris per començar a produir. Dins de la base de dades s'ha de fer una categorització dels paràmetres perquè totes les plantes entenguin de la mateixa manera, per exemple, la graduació dels entrenaments o si es disposa d'un certificat. Aquest pas és decisiu per a l'estandardització de les plantes.

Per cada ID de l'operador el sistema identificarà:

- La posició de l'operador i el temps de producció.
 - Especificacions del lloc de treball.
 - La informació específica de l'operari, relacionat amb la taula anterior:
 - Comprovar el certificat d'entrenament (1/0) (*Training certificate*):
 - **1** → Està capacitat per aquesta estació de treball.
 - **0** → No està capacitat, necessitarà un entrenador.
 - Comprovar el grau d'entrenament (0,1,2,3,4):
 - **0** → L'operador està entrenant-se. Pot treballar però necessita un entrenador. El sistema ha d'esperar una ID d'un entrenador per poder començar.
 - **1** → L'operador ha passat l'examen, però encara necessita entrenament. El sistema també esperarà una ID d'entrenador per poder començar.
 - **2** → L'operador ja té 2 setmanes de l'entrenament. Pot treballar sol però sota la supervisió de l'inspector de Qualitat.
 - **3** → L'operador ja té 3 mesos d'entrenament. Ja pot treballar sol i entrenar a altres operadors.
 - **4** → L'operador ja és expert. Pot fer reparacions.
 - Comprovar si hi ha una petició d'entrenament (1/0) (*Request for training*):
 - **1** → Necessita entrenament específic. Es necessita el ID d'un entrenament.
 - **0** → No té requeriments, pot treballar.
- Informació de la Producció (*Production information*)

En aquesta part del procés s'ha d'extreure la informació específica del sistema i actualitzar la base de dades.

- Amb la targeta ID fixada al lector, puc controlar el temps que esta fent aquella tasca.
- Es pot controlar el temps d'entrenament i el que inverteix un entrenador.
- Actualitzar les dades d'entrenament com el *Training Chart* i el *Training Attendance*.
- Introduir el nombre de peces produïdes per operador. Per poder basar l'entrenament per circuits produïts i no per hores.

- Informació per pantalla (*Screen information*)

Aquest bloc és l'encarregat de mostrar tota la informació necessària a les pantalles LED individuals de les línies de muntatge en temps real. El sistema mostrarà per pantalla:

- Si l'operador és apte per aquella estació de treball.
- Si la posició d'entrenament és 0 o 1 → "*Trainer is needed*".
 - Si està en una altre punt, no s'informarà res.
- Si l'operador té un requeriment d'entrenament → "*You have a TR*".



Figura 24. Exemple de pantalla LED

- Departament de Qualitat (*Quality Department*)

Aquest bloc representa el departament que ha d'introduir la informació específica per comprovar i informar sobre els defectes de qualitat detectats. S'ha d'introduir:

- Els requeriments d'entrenament si Qualitat detecta defectes.
- Aprovar els resultats de qualitat despès d'un entrenament.

- Departament de Recursos Humans (*HR Department*)

En aquest bloc s'introduirà tota la informació relacionada amb els operaris. Tot el que prové dels cursos, ja que són gestionats per RRHH. Es necessita:

- Si es disposa del certificat d'entrenament i en quines estacions de treball.
- Modificacions puntuals de la posició de l'entrenament.
- Requisits de nous entrenaments.
- Modificacions o altres elements que el departament consideri necessari, com altes o gestió dels codis d'operari, entre altres elements.

Aquest és el sistema que es proposa per a poder millorar la gestió dels operaris a la zona de producció, de manera que en un futur el sistema es pugui automatitzar i doni més eines al controlador de línia per aconseguir una gestió més eficient del sistema. A partir d'aquesta idea general, s'ha de desenvolupar un programa de gestió acoblat a l'LPS, i s'han de valorar totes les aportacions dels departaments implicats.

3.4.4 Resultats previstos

Aquest sistema des del primer moment que es va presentar no ha estat ben vist, ja que es considerava com una amenaça pels llocs de treball i per la figura del controlador de línia. La feina va estar en demostrar que això no és cert i que el sistema es proposa com una ajuda als departaments implicats, per tal d'assolir els requeriments de qualitat en la producció sense que això impliqui un cost extra de gestió.

El problema que es va observar és que l'equip d'innovació està en una de les plantes més eficients on hi ha poca rotació de personal i no creuen necessària d'implantació d'aquest tipus de sistema. El que es va fer és una radiografia i es van agafar un total de 5 plantes en diferents regions amb cultures molt diferenciades. Es va veure, en valors, que les absències dels operaris, la rotació de personal i la presència de molts novells a la zona de producció,

s'incrementava molt depenent de la zona i la cultura. Això suposava que la situació real del control dels operis era molt diferent al que els desenvolupadors es pensaven. Després d'això la proposta ja es va veure amb uns altres ulls i es va incloure dins de les propostes, això sí, amb una prioritat relativa.

L'estudi del sistema ha inclòs saber com és la corba de l'aprenentatge típica de la producció de cablejat i quan es millora segons el temps que un operari destina a una mateixa tasca. Hi ha una progressió creixent que fa millorar els costos de producció amb el temps. Aquest és un element molt important a tenir en compte en el moment de proposar preus de venda als clients.

La idea del codi, que inclogui la comprovació de tots els elements requerits en producció, ha estat acceptat de manera molt positiva i que es faci a partir de les pròpies targetes d'identificació encara resultava més atractiu. El cost que implicaria els lectors fixes i els altres elements no ha suposat un problema ja que es té un pressupost per a la implementació.

Pel que fa les pantalles individuals d'informació, no han estat massa ben rebudes ja que no es consideren necessàries pel procés. Tot i això encara falta canviar considerablement la metodologia del procés per poder adaptar un seguit de pantalles que puguin realitzar aquesta tasca. La divulgació del sistema s'ha fet i s'ha inclòs dins del mateix bloc del control, de manera que quan es desenvolupi també es tindrà en compte.

Finalment el sistema i les propostes que es volen per aquest punt queden documentades i a l'espera de ser desenvolupades pel departament d'IT, quan aquest reuneixi els recursos necessaris per a fer-ho o quan es decideixi que és prioritari. Per tant la pilota està a la teulada d'un altre departament. Perquè sigui possible, s'ha de fer un sistema pilot, provar-se en una línia de muntatge en funcionament, arreglar les mancances i si és efectiu, implementar-ho a tota la divisió.

3.5 Ús d'eines i recursos validats

Un altre punt important que s'ha de tenir en compte en la fabricació dels cablejats, és el control de les eines i elements de muntatge que es tenen a la línia de producció. Els cablejats són complexos i es requereix l'ús de múltiples elements com són: les taules de muntatge, eines de les màquines de tall, instruments de mesura, màquines de test, etc. Totes aquestes eines es poden adaptar a fabricar diversos tipus de cablejat, simplement s'han d'ajustar a les especificacions del cablejat que en aquell moment es vol fabricar, per poder complir les dimensions requerides. Per exemple, es té una màquina de soldar cables que pot realitzar molts tipus de soldadures, sempre que es canviïn els paràmetres de temperatura, pressió i temps.

Un circuit que surti de planta ha de complir les especificacions de qualitat que el client ha determinat que ha de tenir aquell circuit, ja que és qui diu com ha de ser, definint les mides concretes. Per aquesta raó s'ha de validar que tots els mitjans (eines i taules) estan correctament calibrats perquè compleixin estrictament les especificacions de client. Per exemple, les taules de muntatge defineixen les mides i posicions dels connectors, simulant la distribució del cotxe. Per assegurar-nos que està validada, la planta utilitza un document de validació, on hi ha tota la informació requerida per a que aquesta taula sigui correcte. El departament de Qualitat de planta, valida les eines en referència a cada document de validació associat i es fa en cada canvi de disseny abans de començar a fabricar.

3.5.1 Situació inicial

Les Plantes de producció estan vivint una era de canvi de concepte, es passa de la producció tradicional, series llargues d'un mateix producte, a producció modular, cablejat

específic per a cada cotxe. Aquest sistema de producció sota demanda (JIT⁷) implica que en una mateixa línia de muntatge hi pot haver circuits d'una mateixa família però amb varies especificacions, on canvien alguns dels paràmetres. Per assegurar que s'està produint complint els requeriments de qualitat, totes les eines i mitjans han d'estar validats per a totes aquestes especificacions.

Actualment es considera que un mitjà està validat si el departament de qualitat de la planta certifica que aquella eina compleix el que diu el document de validació, per tant també complirà les especificacions del client. Un cop s'ha fet la validació es marca l'eina o la taula amb una etiqueta groga. D'aquesta manera, es considera que tot mitjà amb etiqueta groga a la zona de producció, compleix els requisits. En la imatge següent es pot veure un exemple de l'etiqueta a la part superior d'una taula, en color groc. Aquesta etiqueta conté: ID de la taula que el relaciona amb el document de validació, quan es va fer la revisió i quan serà la pròxima revisió, i qui és l'encarregat.

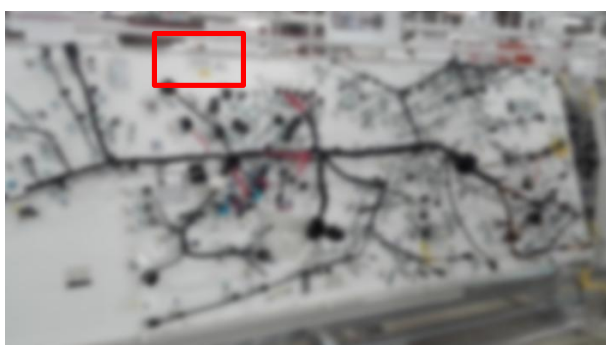


Figura 25. Taula de muntatge de cablejat.

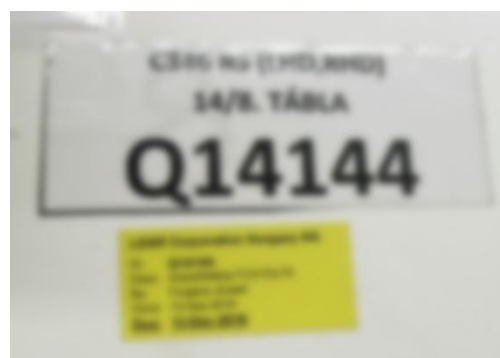


Figura 26. Exemple d'etiqueta d'una taula.

El procediment definit en la documentació és el correcte, i les plantes, segons sembla, segueixen tot el procediment de validació tal i com està definit a la documentació. Tot i això des de garanties s'ha detectat que hi ha algunes reclamacions de client amb circuits que no compleixen les mides que havia demanat, per tant es tornen a planta i s'han de revisar, amb els costos que això implica. Amb aquesta informació es pot veure que hi ha algun problema en el moment de les validacions, que no es fan correctament o que no s'entenen les validacions, per tant s'ha de revisar el procediment.

Per poder determinar quin és el problema, el primer que s'ha plantejat fer és comprovar si el procediment de validació d'eines funciona i si es fa de la manera que la documentació marca. Per fer-ho s'ha realitzat amb l'ajuda del departament de qualitat de la planta amb una auditoria a la zona de fabricació. Aquesta auditoria ha implicat anar a la planta, s'ha seleccionat unes taules a l'atzar de diferents zones de la producció, i s'ha seguit pas per pas tot el procés de validació que ha tingut. S'agafen diferents zones per determinar diferents tipus de producte i tindre una visió més global. La documentació de validació inclou tots els passos i apart s'han inclòs una sèrie de preguntes i suposicions a mesura que es feia la anàlisi per poder veure com reaccionava l'operari, si estava ben preparat i així extreure més informació.

Amb els resultats que s'han obtingut es pot concloure que el procediment que esta documentat establert per les validacions es segueix satisfactòriament. Durant el procés també s'ha pogut veure que el sistema presenta poca flexibilitat en el cas de canvis d'especificació del producte que es fabrica. Tot i això el procediment de validació és el correcte i durant la

⁷ Definició de JIT a l'annex A.3.2.

producció normal amb totes les especificacions de circuit estandarditzades no resulta ser un focus de fallades.

El problema detectat es presenta en les fases inicials de llançament d'un producte, on hi ha molts canvis de les especificacions de client en poc temps, en els quals, s'han de validar igualment totes les eines abans de començar a produir. Degut a la naturalesa de la producció manual, que hi ha moltes eines i que les validacions s'han de fer manualment, pot ser que alguna eina de la producció passi per alt i que es fabriqui un circuit que no compleixi les especificacions. Per exemple: no s'ha vist que s'ha caducat la validació d'una taula per aquella referència. Aquí és on es creu que hi ha el problema, en les fases inicials de llançament no totes les eines compleixen les especificacions.

Un cop detectat, s'ha de comprovar que és així i veure què és el que passa en realitat a les plantes. Es va agafar a la base de dades totes les reclamacions de reparació de client que han requerit reparació en l'últim any i ens hem fixat en un model d'un client en concret. Després s'han localitzat les plantes que fabriquen aquest producte i s'ha enviat un document amb el llistat de fallades amb espai perquè ens expliquessin la causa real d'aquests problemes. La intenció era que en l'explicació es definís la causa real del problema i per això es va intentar enviar a persones neutrals per tenir una resposta imparcial, però la jugada no va tenir bon resultat. En resum la causa dels problemes s'atribueixen a errors personals dels operaris, una causa d'excusa recurrent a la zona de producció per eximir responsabilitats, i no es va poder comprovar que efectivament era per errors en el procediment de validació.

Un altre dels elements importants que actualment no es té en compte en les zones de producció és que no hi ha un control de traçabilitat de les eines, és a dir, no se sap quines eines i taules s'han utilitzat per a fabricar un circuit en concret. No és possible ja que no existeix cap sistema manual o automatitzat capaç de capturar aquestes dades. Aquest és un handicap de la producció que també es vol millorar.

- Eines de la zona de tall

Dins del procés de producció hi ha una particularitat en les màquines automàtiques de tall de cablejat de la primera etapa del procés. Estan gestionades amb un sistema automàtic, que, entre altres coses, permet gestionar de manera automàtica la validació de les eines que s'utilitzen. Per una banda el sistema sap si s'està utilitzant l'eina correcte pel cable que fabrica, si aquella eina està validada i apart, té una base que captura tots els nombres de lot de producció que ha fabricat aquella eina concreta i a l'hora que ho ha fet. És un element clau per la traçabilitat de mitjans.

Després de la anàlisi i descobriment d'aquest sistema de control en la validació d'eines que hi ha en la zona de tall ens servirà de referent per la nova estratègia que es vol introduir en la zona de producció i muntatge, ja que compleix les expectatives i necessitats que el departament de Qualitat té pensat per aquest punt.

3.5.2 Perspectives de futur

Un cop s'han analitzat totes les particularitats en la producció d'aquest punt en concret, s'ha de definir quins són els objectius de millora que es volen assolir en les plantes del futur. Això servirà per tenir una referència. Es defineix en els següents punts:

- S'ha de verificar abans de la producció que les eines que s'utilitzaran estan validades per a totes les especificacions dels circuits a fabricar.
- S'ha de saber quines eines o taules s'han utilitzat per a cada circuit per poder determinar de millor manera quina és la causa de futurs problemes de la producció.
- Donar informació extra al supervisor de línia o al departament de Qualitat sobre les eines que aviat els hi caducarà la validació per tenir un control més eficient.

- Gestionar de manera automàtica el control per no incrementar la feina del supervisor de línia.
- Gestionar les validacions amb el departament de qualitat per millorar en eficiència i gestió.

3.5.3 Propostes de millora

Per assolir els objectius de qualitat, es proposa un sistema en forma de bloc i que estigui lligat amb l'LPS. El que ha de permetre és tenir una monitorització en temps real de totes les eines que s'estan utilitzant per a la producció, de manera que quan el sistema llegeixi el QR del full de producció del circuit ja es pugui saber directament si per aquella referència de circuit es tenen totes les eines validades.

Sembla un sistema complex, però actualment ja es fa així, l'únic que tota la informació està en base paper a la base de dades del departament de qualitat de la Planta i la comprovació és manual. Per tant el que es requereix, és fer una automatització de la base de dades i permetre que l'LPS tingui accés a aquesta informació i obtingui els valors de per poder fer les comprovacions de validació.

Aquesta automatització no implica un desplaçament de tasques del departament de Qualitat de les plantes, ja que aquests tenen la feina de fer les validacions i haurien d'introduir aquestes dades dins de la base de dades per poder automatitzar el procés. Per altra banda els hi aportaria millores en el control de les dates de caducitat de les revisions de les eines, aportant una informació extra al supervisor de línia, al propi departament que fa les revisions i perquè no, a l'àrea de manteniment, si fos necessari per poder planificar noves estratègies de manteniment preventiu més eficients. Les millores amb la implementació del nou sistema:

- Control total de la validació d'eines en la zona de producció i muntatge.
- Més flexibilitat en per a la producció modular.
- Prevenció d'errors de Qualitat en les fases de llançament.
- Millora de la traçabilitat d'eines en la zona de producció.
- Manteniment preventiu d'eines.
- Base de dades dels mitjans automatitzada.
- Optimització dels recursos de Qualitat de les plantes.

3.5.4 Resultats previstos

El desenvolupament de les propostes per aquest sistema han quedat posposats en una segona fase, tal i com s'ha pogut veure en la prioritització inicial. Per tant els resultats d'aquesta fase corresponen a la documentació de l'estat actual de la validació de mitjans a les plantes de producció i un resum de les propostes de millora que es volen assolir des de qualitat, deixant la informació apunt per quan es vulgui desenvolupar la proposta final.

Aquest sistema haurà d'estar dissenyat i desenvolupat per l'equip d'innovació de manufactura i el d'IT. És necessari perquè aquest sistema hauria d'estar relacionat amb l'LPS, i aquest està desenvolupat per la pròpia empresa. Degut a la naturalesa del sistema LPS que s'ha plantejat com un sistema modular, aquesta nova aplicació de la validació de mitjans es pot desenvolupar més tard i introduir-la a les plantes que sigui necessari de manera progressiva sense haver de canviar tot el sistema de nou.

El procediment d'introducció d'un nou sistema seguirà el mateix procediment que en altres casos: fer un sistema pilot i provar el seu funcionament en una línia d'una planta, i si aquest funciona, implementar-ho a les línies noves d'altres plantes o processos.

Apart de les descripcions del que es vol pel sistema, les plantes necessiten disposar d'uns sistemes previs o uns requeriments específics, que serviran de punt de partida per implementar

aquesta innovació. Això implica que les plantes menys avançades s'han d'adequar i disposar dels següents elements:

- Línies de manufactura configurades per a producció modular.
- L'LPS ha d'estar implementat i en funcionament a la línia de manufactura.
- Sistema de codificació d'eines i procediments de validació establerts.
- Serà necessari la lectura del full de producció abans de començar.
- S'ha de relacionar el ID del circuit fabricat amb les eines utilitzades per la traçabilitat.
- El supervisor de línia ha de tenir comunicació directe amb el sistema, per poder rebre la informació relacionada de les validacions dels elements, com les properes dates de revisió, o elements detectats no validats.
- Saber les eines que s'utilitzen i al lloc que s'utilitzen.

3.6 Estandardització del disseny de la producció

En els apartats anteriors ja s'ha vist que s'han de realitzar adaptacions al sistema actual per tal de millorar tòpics puntuals localitzats des de Qualitat. Tot i això, per poder fer aquest canvi cap a la indústria 4.0, s'ha d'anar un pas més enllà. Si es vol tenir un sistema de manufactura controlat, introduint sistemes de comunicació entre l'usuari i la màquina, o capturant dades directes des de la zona de producció, fa imprescindible la creació d'una estructura lògica i estandarditzada, de manera que es pugui tenir una base per poder automatitzar aquest procés de control.

Per exemple si es vol implementar un sistema de comunicació en temps real amb l'operari, quan es detecta una fallada a la zona de test, si el sistema no sap exactament on es munta l'element que ha fallat, el sistema no pot saber on enviar la informació, fent impossible la comunicació a temps real. Un altre element conflictiu és com identificar les tasques que ha fet cada operari. No estan automatitzades, és a dir el sistema no sap en temps real qui està fent què, i això suposa un problema per a la traçabilitat de les tasques.

L'element comú de totes les implementacions passa per saber quins són els passos de la producció i determinar què és el que es fa en cadascun, per posteriorment assignar una comunicació bidireccional. Si s'analitza què s'està fent actualment per assignar les tasques a les zones de treball, o disseny de la manufactura, es pot determinar que no hi ha un procediment estandarditzat i es basen, en macros d'Excel, coordinats amb la destresa i professionalitat dels enginyers de manufactura. Aquest sistema és útil però no és compatible en una indústria 4.0, ja que la falta d'estandardització del procés fa impossible dissenyar una eina que permeti saber del procés per poder interaccionar-lo entre els operaris i el control automatitzat.

3.6.1 Situació inicial

Es evident que el sistema de disseny de manufactura funciona, ja que les plantes estan produint, però ara s'ha de poder monitoritzar per saber què és fa en cada lloc de treball per tal de poder implementar les millores plantejades en els apartats anteriors. Aquesta monitorització permetria que de manera automàtica un sistema pugui determinar les activitats de manufactura que es fan en cadascuna de les estacions de treball, així el sistema sabrà on informar en cas de fallada, o també es podrà fer una traçabilitat completa de les tasques dels operadors, relacionant-les amb els cablejats fabricats.

Actualment les plantes no estan lluny d'aconseguir una monitorització del procés, ja que per a poder dissenyar la manufactura, ja s'utilitzen macros d'Excel per distribuir les tasques a cada lloc de treball i per informar a l'operari del que ha de fer. Aquest pas d'informació, o realització de les instruccions, es fa de manera manual i amb paper. Per tant, cada lloc de treball té unes tasques específiques, correctament llistades i identificades per un codi únic.

L'operari sap exactament què ha de fer, mirant les fitxes de producció dels papers, però no hi ha cap procés informatitzat per a que el sistema pugui monitoritzar i automatitzar aquestes tasques. Això és un escull important per a la interconnexió que es vol assolir.

Totes les plantes utilitzen un procediment de disseny de manufactura manual i a mida del seu procés amb una certa estandardització. Es cert que hi ha diferents programaris que ajuden a millorar i balancejar els temps de producció per ser més eficients i que varies plantes ho utilitzen, però no s'utilitzen per a fer la distribució de tasques. El disseny base de definir què es fa en cada lloc de treball, es realitza programant –ho de manera manual seleccionant macros d'un Excel. Aquest fet evidencia que les plantes tinguin procediments diferents, dificultant l'automatització o monitorització del sistema.

3.6.2 Perspectives de futur

El que es proposa és fer una estructura estàndard de disseny de manufactura de manera que totes les tasques que es realitzen tinguin un codi únic per identificar-les. D'aquesta manera totes les plantes entendran que vol dir aquest codi, independentment de l'idioma, i el més important és que un sistema automàtic pot identificar els codis. Això seria la base per poder aconseguir un procés de manufactura monitoritzat podent saber exactament què es fa en cada lloc de treball per així tenir una comunicació directa entre el sistema de control i les estacions de treball.

Aquesta eina no pretendria automatitzar el procés de disseny, ja que aquestes tasques les han de realitzar els enginyers de procés, el que es vol es simplement monitoritzar per ajudar els altres sistemes de suport a la producció. Per fer-ho s'ha de tenir un sistema codificat per tasques de manera que un software ho pugui entendre què es fa en cada lloc de treball i poder estandarditzar-ho per poder-lo englobar dins de l'LPS i es pugui exportar a qualsevol planta de la divisió.

3.6.3 Propostes de millora

El que es pretén dissenyar un sistema en què cada operació tindria un codi alfanumèric únic que identificaria en una base de dades en què consisteix aquesta acció i inclús relacionar-li tots els materials que hi van relacionats, les instruccions pels operadors i tot el necessari creant un bloc. La programació del sistema de manufactura es basaria en anar agafant aquests blocs de cadascuna de les petites parts estàndards, segons es necessiti per aquell producte concret. Es tindria una base de dades molt extensa amb totes les operacions, però totes elles estandarditzades fet que facilitaria molt la monitorització i la posterior automatització del procés de manufactura de cablejat. Què aportaria la proposta:

- Es podrien identificar les tasques per lloc de treball de manera automàtica per donar suport als sistemes de comunicació en temps real.
- Aportar la informació necessària per la traçabilitat de les tasques dels treballadors.
- Saber on informar de manera directa per les pantalles als operadors.
- Estandardització del procés de manufactura per a totes les plantes.
- Introducció d'eines de software per a la millora dels temps de manufactura.
- Captura de dades estadístiques reals del procés de manufactura per millora de la eficiència en el disseny de procés.
- Prevenció i monitorització d'errors.
- Millora en l'eficiència per realitzar les instruccions dels operaris.
- Gestió eficient del personal i les seves tasques.

3.6.4 Resultats previstos

Aquesta estandardització no és immediata amb l'estat actual de les plantes, però serà necessari implementar-ho si es volen tenir sistemes de control i monitorització de manufactura automàtics i que hi hagi una connexió entre l'operari i els sistemes.

En aquest punt s'han realitzat diferents operacions per poder determinar les solucions. S'ha fet un anàlisi de les eines informàtiques que s'utilitzen pel disseny de la manufactura i també per a balancejar els processos. Després d'analitzar pas a pas, aquest posés s'ha identificat que hi ha una certa estandardització de tasques i que es podrien agrupar per famílies, facilitat molt més la monitorització que es busca. En aquest sentit les plantes no estan tant lluny d'assolir-ho, tot i que encara en necessiten plantejar les funcions següents per a que sigui possible:

- Es necessita una codificació genèrica per a les tasques de manufactura, tot i que es podria agrupar per famílies, ja que n'hi ha moltes.
- Delimitar i codificar les zones de treball.
- Estandarditzar el procés de disseny de manufactura.
- Implicació dels enginyers de procés pel disseny i implementació.
- Disseny d'un software per a gestionar les dades.
- Plantes amb el sistema LPS implementat.

4 Conclusions

4.1 Conclusions de l'estudi

Després d'uns mesos durs de feina el projecte ha estat finalitzat i presentat al *Innovation Award*, resultant ser una experiència increïble i amb una valoració molt positiva per part del jurat. S'ha destacat la innovació i la singularitat del projecte, junt amb els resultats que pot aportar per a la producció de cablejat del futur. Un altre element clau ha estat la bona acceptació per part del departament de Qualitat i el suport des del principi fins al final, en el desenvolupament de les tasques diàries i incús en el moment de la presentació. Un cop finalitzat el procés, toca fer una valoració general del procediment, les metodologies i l'assoliment de resultats obtinguts en el projecte per a fer-ne un bon tancament.

El projecte, en un inici, es va plantejar com la millora d'un punt de la producció de cablejat, concretament la comunicació entre els sistemes de test i el departament de Qualitat. A mesura que s'anava desenvolupant i s'anava buscant més informació, sortien més punts de millora. Això va fer que el projecte adoptés un plantejament molt obert i amb un abast que anava expandint-se. Aquest fet va suposar un repte molt engrescador perquè entrava en joc la creativitat i l'enginy, fent el projecte encara més interessant.

Després de tenir una visió general i d'haver identificat tots els punts susceptibles de millora, s'havien de prioritzar les tasques que es volien desenvolupar ja que, malauradament, en un sol projecte no es disposaven dels recursos necessaris per poder-les fer totes. Malgrat les limitacions, en la primera part del projecte s'ha inclòs un estudi de l'estat actual de les plantes de cablejat, posant en relleu les seves oportunitats de millora i plantejant també què és el que es vol pel futur, per marcar l'horitzó que hauran de seguir les plantes, i així assolir la indústria 4.0.

Un cop prioritzats els punts de millora i verificats per direcció, es van desenvolupar aquells que estaven més a prop de ser assolits, amb les tecnologies i metodologies que hi ha actualment a les plantes. Això va implicar treballar amb un equip multidisciplinari compost de diferents àrees per començar a desenvolupar les estratègies. Aquesta part de la feina ha

implicat moltes hores, reunions, i l'ús de metodologies i eines pròpies de qualitat per tal d'extreure el màxim partit de la feina. El resultat va ser un seguit de blocs que s'han anat desenvolupant al llarg d'aquest projecte.

El fet de determinar propostes de millora en un sistema de producció consolidada i madura no ha estat una tasca fàcil. Tot i això, gràcies a l'experiència del departament en l'ús de les metodologies de qualitat, i als coneixements teòrics previs de la universitat, ha permès assolir uns resultats satisfactoris en els anàlisis i ha permès extreure la màxima informació del personal especialitzat. Per posar més èmfasi de quin ús s'ha donat a les eines de qualitat, en l'annex A.3.1, es pot veure una taula resum de les eines utilitzades pels diferents blocs.

Un altre repte a tenir en compte ha estat la coordinació de tot l'equip, ja que es comptava amb el handicap que estava distribuït per diferents plantes per tota la regió d'Europa i Àfrica. Ha implicat visites a les plantes més avançades, reunions amb personal específic, hores d'anàlisis a peu de fàbrica, tot amb l'objectiu d'extreure la màxima informació, implicant un equip multidisciplinari que aporti diferents punts de vista. Aquestes tasques, han suposat un repte personal molt important i molt de temps, però ha estat una molt bona experiència on s'han extret uns resultats molt satisfactoris per cadascun dels blocs desenvolupats, que han permès acordar un seguit d'accions a realitzar de manera conjunta.

Els resultats previstos en alguns dels blocs seran una realitat a curt termini, i en d'altres queda un desenvolupament prou exhaustiu per a que puguin ser una realitat quan es disposin dels recursos suficients. Tot i això es destaca l'assoliment dels objectius i la importància del desenvolupament d'aquest projecte. Concretament, la comunicació entre els tests automàtics i la planta, i aquesta amb el departament de Qualitat, que serà una realitat a finals de 2017. També s'ha demostrat que la traçabilitat completa en producció és possible, i que a més, es pot assolir amb part dels recursos tecnològics actuals, això si, amb adaptacions i noves inversions. Un altre element important a destacar, són els avenços que s'han representat en el tema de traçabilitat de les tasques dels operadors. Tenint en compte que el 92% de les tasques són manuals s'ha posat en relleu la importància que tindrà en el futur i la necessitat de desenvolupar les estratègies plantejades.

Apart dels blocs més desenvolupats, tampoc s'ha de treure protagonisme a la feina feta en els altres. S'ha realitzat un estudi de cadascun d'ells on s'ha pogut determinar l'estat actual, definir les mancances i què es pot millorar. Aquest fet ha propiciat la necessitat de dissenyar noves metodologies o sistemes que actualment no estan ni plantejats, però que seran la base pel futur de les plantes. El següent pas serà desenvolupar, al complet, les propostes que deriven de l'estudi i assolir els objectius que es proposen per a la indústria 4.0. La feina realitzada és satisfactòria i conté molta informació que es desconeixia prèviament, deixant així tota la feina d'anàlisis prèvia apunt per a que es pugui seguir amb la millora continua a la producció de cablejat.

Aquest projecte també ha tingut una tasca didàctica molt important, on s'han pogut explicar les dificultats que presenta la manufactura de cablejat i s'ha pogut fer visible la complexitat en altres àrees i departaments, que fins al moment no s'era conscient del què es feia i què implicava per a la companyia. Per altra banda s'ha fet que la pròpia companyia sigui crítica amb els seus sistemes, per tal de millorar i seguir avançant cap al futur. El resultat ha estat donar un canvi de mentalitat envers el cablejat, donant-li més visibilitat i destacar les tasques que es realitzen, convertint-lo en un element subjecte a la innovació i a la avantguarda. Tant és així, que s'ha demostrat que un projecte relacionat amb el cablejat pot estar al mateix nivell que d'altres projectes de tipologia electrònica i informàtica d'I+D, els quals sempre es relacionen amb la innovació més puntera.

Després d'aquest projecte Lear té un estudi complet de la producció de cablejat amb un recull i anàlisis de les metodologies i dels sistemes més innovadors que disposa tota l'àrea de producció de la divisió. En base a aquest punt de partida, i considerant que les plantes en un

futur estaran equipades amb la mateixa tecnologia, s'han traçat els camins que han de seguir cadascun dels blocs crítics de la producció per assolir uns sistemes propis per a la indústria 4.0. Per altra banda, també s'inclourà tot el conjunt de propostes de millora pels diferents blocs, que estan correctament documentats amb tota la informació que s'ha trobat, comentant els resultats previstos que s'assoliran. Aquesta documentació és el resultat d'aquest projecte, i serà clau per seguir desenvolupant les tasques de millora contínua en la producció de cablejat.

4.2 Conclusions personals

Apart de la valoració tècnica, també és important destacar la valoració personal que s'extreu d'aquest projecte degut a la seva peculiaritat. Des d'un inici el projecte ja era un repte amb un atractiu especial, ja que implicava treballar en una multinacional del sector de l'automoció, i en un dels departaments més exclusius de l'empresa i on normalment no sempre se saben quines activitats es desenvolupen. En el moment de prendre la decisió d'acceptar el projecte ho vaig veure com una oportunitat molt bona per a la meva formació industrial, tot i que també tenia certes reticències per la complexitat que implicava.

A mesura que anava introduint-me i desgranant el projecte, vaig anar veient l'abast d'aquest. Aquest era de caràcter internacional, que implicava un estudi complet de la producció de cablejat en múltiples plantes de la companyia, i que s'havia d'anar a plantes que no estan en el propi país. Això aportava un valor afegit que implicava viatjar a altres països per veure les plantes i treballar amb persones diferents al equip d'aquí. Pel que fa el desenvolupament de la feina, no va ser un element fàcil ja que havia de buscar elements que no funcionaven correctament a les plantes, susceptibles de millora, essent aquest un element no gaire benvingut pels centres i persones implicades.

S'ha de reconèixer que no ha estat una tasca fàcil ja que ha requerit molt d'esforç personal per l'idioma, perquè ha implicat viatjar sol a les plantes, treballar amb personal molt experimentat del sector, aprendre molts conceptes nous i metodologies de qualitat i producció que no havia vist mai, en un temps rècord. Tot i la dificultat que es presentava, totes les noves experiències que venien eres ben rebudes i l'enfrontament a elles de manera correcta ha propiciat que sortís un bon resultat. He pogut organitzar els equips de treball, defensar les meves idees, fer-me escoltar per tal de començar a desenvolupar les propostes.

S'ha de destacar que la companyia té una gran experiència en el departament de Qualitat i ha fet que l'ús de les eines i metodologies de qualitat estiguin a l'ordre del dia, i no els sorprenia que les utilitzés per poder trobar punts de millora. Per això la anàlisi inicial i el desenvolupament ha anat sorgint a bon ritme i no ha suposat una alteració de les metodologies de l'empresa. De fet he pogut veure el veritable ús d'aquestes i poder verificar la seva funcionalitat i els resultats que aporten per a la millora contínua.

En conclusió puc dir que el projecte ha estat un èxit, assolint amb escreix els reptes personals que m'havia plantejat en un moment inicial, i també els objectius tècnics plantejats pel mateix. He pogut treballar en el departament de Qualitat d'una de les multinacionals més grans del sector del vehicle, he realitzat un estudi general de la producció aprenent infinitat de tècniques de la producció i de qualitat, i he defensat un projecte en anglès davant d'un auditori ple de persones del sector, molt interessades amb el meu projecte, obtenint un resultat molt gratificant.

Finalment m'agradaria destacar l'oportunitat que m'ha ofert la companyia Lear, donant-me la responsabilitat de tirar endavant un projecte i la confiança que m'han dipositat durant tota l'estada de les pràctiques. Per altra banda és un orgull haver participat en una tasca que formarà part del full de ruta de l'empresa i que es convertirà en els camins a seguir per l'evolució de la manufactura de cablejat del grup. Es pot dir que aquest projecte m'han fet créixer professionalment adquirint una experiència personal molt enriquidora i que, junt amb

la formació acadèmica que ja tinc, em donarà la clau per un futur professional molt engrescador.

5 Annexes

A.1. Elements de la traçabilitat

A.1.1. Exemples de la importància de la traçabilitat

Aquesta informació està estreta de 2 articles de diaris digitals. Concretament és el cas de dues empreses en que van tenir un problema greu de qualitat i va arribar als clients. La primera és una gran empresa del sector de l'automoció, Toyota on es va veure afectada per un defecte de fabricació en un pedal d'acceleració, portant pèrdues milionàries a la companyia. Per altra banda, hi ha un cas més recent en una empresa embotelladora d'aigua que va oferir als seus clients aigua no apte pel consum, produint intoxicacions.

- **Cas Toyota**

Es va detectar un defecte de fabricació en el pedal de l'accelerador que era subministrat per un proveïdor extern a la companyia. El que succeïa, és que en alguns casos el pedal es podia bloquejar quan estava al final de la carrera i no retornava de manera que el cotxe accelerava sense poder parar-lo. Aquest error és fatal ja que posa en perill els ocupants del vehicle i en alguns països va causar morts i molts ferits en accidents.

Un cop detectat l'error s'havia de detectar quants pedals, i per defecte quants cotxes estaven afectats. S'ha de tenir en compte que l'empresa té una producció superior als 10 milions de vehicles anuals. L'abast era tan gran, que l'empresa no sabia quins models estaven afectats des del primer moment, fent que la resposta de fos molt més lenta ja que no es tenia un sistema de traçabilitat eficaç i va fer que es decidís per una revisió massiva de tots els vehicles, sense acotació de lots.

Conseqüències:

- Causa d'accidents mortals pel bloqueig del pedal de l'accelerador.
- La suspensió temporal de les vendes i producció de 8 models de cotxes.
- Cridar a revisió a 7 milions de cotxes al món pel defecte.
- Substitucions gratuïtes de tots els pedals dels cotxes afectats.
- Denuncies governamentals i multes milionàries per negligències.
- Desprestigi de l'empresa.
- Por en la conducció de vehicles per part dels clients.
- Període molt llarg de acceptació de la marca.
- Adonar-se que un error de qualitat pot arruïnar una multinacional.

- **Cas d'aigua embotellada contaminada**

Es va localitzar que centenars de treballadors de diferents empreses van sofrir una intoxicació degut al consum d'aigua embotellada contaminada. El primer que es va fer és confinar tots els lots de producte i localitzar ràpidament la causa i la planta embotelladora contaminada, per localitzar els lots afectats i retirar-los del mercat el més aviat possible. Una gestió acurada de la traçabilitat permet acotar els lots i retirar aquells que estan afectats de la manera més ràpida i efectiva possible evitant noves intoxicacions.

Conseqüències:

- Centenars de treballadors intoxicats (més de 330).

- Problema de salut pública, amb les afectacions jurídiques que això implica.
- Retirada preventiva de 6 Lots de producció
 - Cal encerclar aquests lots, per això un bon sistema de traçabilitat.
- Temps en donar resposta és imprescindible: en risc salut humana.
- Participació governamental, departament de salut per alerta sanitària.
- Desprestigi de l'empresa.
- Pèrdues econòmiques molt importants.
- Costos en retirada dels LOTS de producció.
- Inclusió de controls exhaustius en l'embotellament.

A.1.2. Documentació i pissarres amb procediments de Qualitat

Exemple de totes les propostes i anàlisis de sistemes que s'han realitzat, només per aquest desenvolupament.

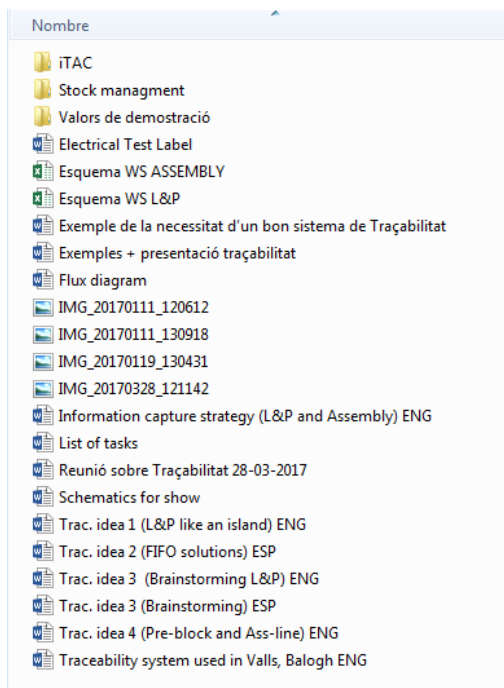


Figura 27. Llistat de tasques i propostes de l'ordinador.

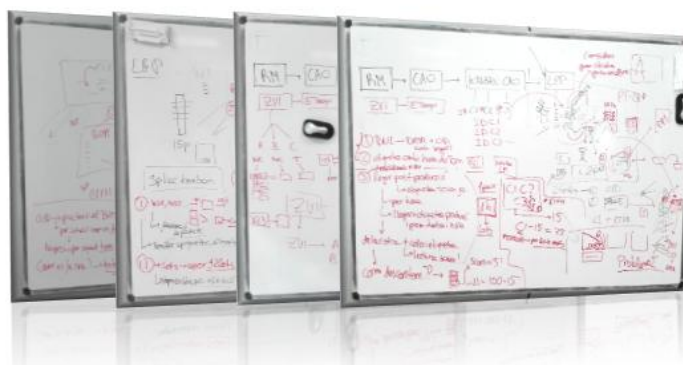


Figura 28. Algunes de les pissarres amb les pluges d'idees per la traçabilitat.

A.1.3. Simulació d'un sistema de traçabilitat i resultats

- Traçabilitat mitjana

En un full de càlcul s'ha simulat el que es proposa per a assolir la traçabilitat. El que s'ha fet és introduir els codis de materials en caselles, simulant la lectura d'escàner de les etiquetes a l'entrada. Com s'ha dit abans, es consideren els lots seqüencials i que es compleix el sistema FIFO.

En aquesta taula es pot veure el resultat de traçabilitat per una estació de treball (WS-X). Al final d'un torn d'operador es podria extreure la informació de la quantitat de lots utilitzats i els codis de l'etiqueta concrets dels materials d'entrada per a la producció del torn. Per altra banda també se sabria quin és el lot que queda a la zona de de producció, i el percentatge d'aquest.

WS	Sub-assembly LOT	Input materials LOT		Last LOT in LINE	Last LOT in LINE (%)
		From	To		
WS-X	18	11110	11127	11128	0
	9	22220	22228	22229	0
	3	33330	33332	33333	60
	0	44440	44440	44440	90

- Traçabilitat màxima

Per fer una aproximació més real, en el full de càlcul s'ha inclòs una casella que simula un control dels circuits de sortida fabricats, tal com es faria escanejant les sortides. Per tant, la traçabilitat es porta per cada lot de producte fabricat (XXX), es saben els lots de primeres matèries introduïdes i el percentatge de lot que en queda a la sortida.

Harness LOT	LOTS Used for harness	Rest pieces in LINE	Input materials LOT		Last LOT in LINE	Last LOT in LINE (%)
			From	To		
XXX	3	0	11110	11112	11113	0
	1,5	5	22220	22220	22221	50
	0,6	10	33330	33330	33330	60
	0,15	85	44440	44440	44440	15

A.1.4. Grau de confinament i cost

L'objectiu és incloure raons i evidències per demostrar que les noves propostes per a millorar la traçabilitat poden ser una opció clau per confinar lots de peces defectuoses i que a més podria reduir costos en la localització de defectes fruit de les reclamacions de client. Per poder fer una comparació entre els diferents sistemes de traçabilitat i què ens poden aportar, es farà una comparació amb quin seria el resultat d'una problemàtica d'un cas real.

Un client ha trobat un circuit defectuós. Arriba a planta i el departament de qualitat, després d'unes investigacions ha detectat que una màquina de soldadura no arribava a la temperatura correcta hi ha estat fabricant molts lots de producte amb aquest defecte, no assolint els requeriments de qualitat i fent que es pugui malmetre la connexió. És necessari determinar quin és el o els lots afectats per tal de confinar-los i avisar al client quins són els cotxes i circuits que ha de treure i/o revisar. En aquest cas és vital perquè és la part del cablejat del motor.

Depenent del sistema de traçabilitat que es tingui s'obtindrà una precisió o una altre amb la implicació de cost i temps que implica per solucionar aquest problema.

- **Sense sistema de traçabilitat**

- El dia de producció, el d'abans, i el de després (A)
 - Per estar segurs de que es confina bé el problema és necessari revisar la producció del dia de la producció del circuit i del dia d'abans i després. Això és necessari perquè no se saben els lots dels premuntatges que hi havia a la línia de muntatge, i pot ser que la peça defectuosa en un dels lots introduïts en els X udt. Això implica revisar uns X circuits acabats.
- Dia de producció i una aproximació del dia abans i després (B)
 - Per estar segurs s'ha de revisar la producció de tot el dia en que s'ha trobat el defecte. De manera estadística agafar un circuit fabricat de cada lot dels dies anterior i posterior, tenint en compte que és una aproximació i no es té clara la delimitació de lots. Això vol dir revisar uns Y circuits acabats.

- **Amb el nou sistema de traçabilitat proposat**

- Traçabilitat mínima (C)
 - Introduint l'hora de consum dels lots de la línia de muntatge i comparant-ho amb la data del circuit defectuós, la planta pot fer una aproximació més bona dels circuits afectats. Per seguretat és necessari revisar un cable de cadascun dels lots de tot aquell torn. Això implica revisar uns Z circuits acabats.
- Traçabilitat màxima (D)
 - Amb aquest sistema puc aproximar la precisió a un lot de producció, per tant la planta només haurà de revisar un peça de cada lot de 15 peces. Com que es tenen clarament identificats els lots només cal una peça per lot per estar completament segurs. S'han de revisar uns R circuits acabats.

Després de les propostes i de què implica cadascuna es veurà la comparació. Es considera que es tarden X udt per revisar un circuit defectuós i que el cost de les hores és de X €/h, contant el personal específic, transport i devolucions.

Propostes	Cablejats a revisar (unitats)	Hores (h)	Cost (€)
A	X	u	4987,5
B	Y	u	1884,2
C	Z	u	624,2
D	R	u	122,5

- Conclusions i altres aspectes

- Proposta **A**: És la situació d'algunes plantes. Per aquest estudi s'ha considerat que es pot saber la traçabilitat del producte final, però no la dels processos entremitjos. Un dels problemes comuns a moltes plantes.
- Proposta **B**: és una aproximació utilitzant una eina estadística molt orientativa i sense la seguretat del 100%.
- Proposta **C**: es podria aconseguir amb petites adaptacions al sistema actual de gestió dels circuits que ja s'utilitza a les plantes actualment. També és la millor opció per a material fungible, ja que actualment no té aquest control.
- Proposta **D**: Es podria fer servir si s'usa un sistema de comptatge a partir del BOM de la producció.

La proposta C, és la que representa una millor relació precisió-cost i podria ser el pas entremig a assolir la proposta D, que és el sistema ideal que s'ha d'arribar en el futur.

A.2. Tasques dels treballadors

A.2.1. Corbes d'aprenentatge

Una corba d'aprenentatge descriu el grau d'èxit obtingut durant l'aprenentatge en el transcurs del temps. És un diagrama en què l'eix horitzontal representa el temps transcorregut i l'eix vertical el nombre d'èxits aconseguits en aquest temps.



Figura 29. Corba d'aprenentatge.

Sovint es cometen molts errors en començar una nova tasca. En les fases posteriors disminueixen els errors, però també les matèries noves apreses, fins a arribar a una plana. En l'economia s'utilitza la corba d'aprenentatge per explicar augments de productivitat o millores en la Qualitat després de canvis en el procés de producció (nous operaris, noves màquines, nous mètodes).

- Estimació del percentatge d'aprenentatge

Si la producció porta temps efectuant-se, és fàcil obtenir el percentatge d'aprenentatge a partir dels registres de producció. En termes generals, si és llarga la història de producció, l'estimació és més precisa. Moltes empreses no comencen a recopilar dades per a l'anàlisi de la corba d'aprenentatge fins al cap de produir algunes unitats, ja que poden esdevenir diversos problemes en les primeres fases de la producció. Per a això serà menester l'ús de l'anàlisi estadística.

Si encara no s'ha iniciat la producció, l'estimació del percentatge d'aprenentatge es converteix en una endevinalla, podent-se seleccionar entre tres opcions:

1. Suposar que el percentatge d'aprenentatge serà el mateix que s'ha presentat en aplicacions anteriors dins de la mateixa indústria.
2. Suposar que serà el mateix que va existir amb productes iguals o similars.

3. Analitzar les similituds i diferències entre l'inici proposat i els inicis anteriors i desenvolupar un percentatge d'aprenentatge modificat que s'ajusti tan bé com sigui possible a la situació.

Els valors de taxa d'aprenentatge en la indústria en general estan entre els valors entre un 60 % i un 95 % per la qual cosa, un 80 % és la taxa més freqüentment usada.

- **Estudi de l'afectació de la corba d'aprenentatge a la zona de muntatge**

Una vegada s'ha dissenyat el producte final, s'ha de dissenyar l'estratègia de fabricació per poder assignar els operaris a les tasques que es requereixin. Per a això el departament de producció amb l'experiència de disseny i un conjunt d'eines li permet determinar els temps de les tasques, i fer un balanç per poder programar l'execució total del producte.

La tasca de balanceig es realitza en la part de producció dels panells rotatoris ja que és una de les parts més complexa i en la qual s'inverteix la major part del temps de la producció. A causa de la importància del procés, es poden obtenir valors concrets de temps de producció i aquests seran els que s'utilitzaran per al càlcul de l'afectació de la corba d'aprenentatge que es traduirà a una millora de cost en el futur de la producció. En la següent imatge es pot veure una simulació de com es redueix el cost a mesura que l'operari fabrica més peces.



Figura 30. Exemple d'aplicació de la corba d'aprenentatge.

A.3. Definicions

A.3.1. Eines de qualitat utilitzades

En aquesta taula es pot veure la utilització d'eines segons els blocs de disseny:

Eina de Qualitat	INICI	B1	B2	B3	B4	B5	B6
AMFE	X						
Auditoria		X	X	X	X	X	
Cercle de Qualitat	X			X	X	X	X
Kanban				X			
Pluja d'idees	X	X	X	X	X	X	X
Poka-Yoke			X	X	X	X	
Kaizen			X	X			
8D	X			X			
Reenginyeria				X	X		X

Figura 31. Taula de les eines de Qualitat pels diferents Blocs.

INICI: Tasques inicials d'anàlisi i prioritització de tasques.

B1: Comunicació a nivell de la corporació.

B2: Comunicació de fallades i manteniment.

B3: Traçabilitat en la producció.

B4: Tasques dels treballadors

B5: Ús d'eines i recursos validats

B6: Estandardització del disseny de la producció

Es pot observar que l'eina més utilitzada és la pluja d'idees degut a la seva senzillesa i la utilitat que té per aportar solucions a les problemàtiques presentades. També es vol destacar que el B3 és el que ha requerit l'ús de més eines per a poder determinar les propostes plantejades.

- **AMFE**

És una tècnica preventiva de treball en equip que pretén identificar, avaluar i minimitzar els riscos potencials que poden afectar la qualitat d'un producte o procés, per tal d'avançar-se a la seva aparició. És una tècnica molt útil a l'hora de millorar contínuament un procés o un producte anticipant-se als problemes que es puguin ocasionar.

Generalment s'utilitza per tal de poder identificar el risc de que es produeixi un defecte potencial, valorar aquest risc per tal d'establir un ordre de prioritat d'actuació i així poder planificar l'aplicació de mesures correctores per tal de reduir el risc fins a eliminar-lo.

A l'hora d'aplicar aquesta tècnica cal realitzar una sèrie d'etapes:

- Formar un equip de treball interdisciplinari amb persones que coneguin suficientment el producte/procés, des de tots els punts de vista (disseny, producció, financer, etc).
- Establir subdivisions concretes per tal d'identificar i avaluar els defectes potencials o fallades.
- Identificar les fallades i els seus efectes, causes que les provoquen i sistemes de detecció.
- Valorar les fallades establint un índex de gravetat, ocurrència i detecció.
- Calcular Índex de Prioritat de Risc (IPR), avaluant la gravetat, l'ocurrència i la detecció de la fallada.
- Analitzar l'Índex de Prioritat de Risc per tal de decidir les actuacions a realitzar.
- Planificar les mesures correctores en funció de les accions corresponents.
- Realitzar un seguiment de l'eficiència de les mesures aplicades.

- **Auditoria**

Genèricament és l'avaluació d'una organització, sistema, procés o producte. L'auditoria la realitzen els auditors que han de complir una sèrie de normes que assegurin essencialment la seva capacitat, objectivitat i independència.

El propòsit de l'auditoria és verificar que l'entitat auditada treballa d'acord amb la normativa interna i externa, avaluant la conformitat actual i la futura. En el cas d'aquest projecte, les auditories que s'han realitzat són internes, és a dir, realitzades pel personal de la mateixa empresa simplement per avaluar els acompliments de certs procediments de la producció.

- **Cercle de qualitat**

Es tracta d'un grup de persones d'una organització que resol problemes puntuals que es presenten relacionats amb la qualitat d'un producte, procés o servei.

- Han de ser grups de 6 a 12 persones que pertanyin a la mateixa àrea de treball.

- El grup es reuneix regularment per solucionar problemes relacionats amb el treball, per exemple 4 hores al mes.
- El líder del grup ajuda en la formació dels membres i en l'organització de les reunions.

La tasca de cadascun dels components del grup de treball, consisteix en estudiar qualsevol problema de producció o servei que es trobi dins de l'àmbit de la seva competència. Aquest projecte a estudi s'ha de solucionar en un període mai superior a 6 mesos.

Generalment aquesta eina s'aplica a la millora contínua en l'àmbit de la gestió de la Qualitat Total, i serveix per aconseguir millores en la qualitat dels processos i sistemes, augment de la productivitat, disminució de costos, implicació i motivació de les persones.

- **Cicle Deming o PDCA**

El cicle Planificació - Execució - Avaluació – Actuació (en anglès, PDCA, de Plan-Do-Check-Act) és una seqüència cíclica d'actuacions que es fan al llarg del cicle de vida d'un servei o producte per a planificar la seva qualitat, en particular a la millora contínua.

Com el seu nom indica, consisteix a quatre etapes que cal fer de manera successiva i en un cert ordre, de manera que cadascuna d'elles té una anterior i una posterior. Aquest cicle no s'acaba sinó que cal seguir-lo indefinidament. Les actuacions són les següents:

P → (de Plan, Planificació): Inclou, entre altres activitats, la definició d'objectius i de mesures per a assolir-los, la definició i assignació de persones responsables, i la definició dels medis, recursos econòmics i materials necessaris.

D → (de Do, Execució): És posar en pràctica allò escollit a P. Inclou la formació, educació i entrenament del personal escollit en P.

C → (de Check, Avaluació): Comparació, anàlisi i avaluació dels resultats reals obtinguts a D amb els esperats a P. Cal insistir que els resultats finals no són suficients i que s'han de comparar les dades que calguin a cada una de les etapes, moviments i a cada un dels elements definits en P, que han d'aportar tota la informació necessària.

A → (d'Act, Actuació): Si els elements definits a P no són prou bons o són insuficients, caldrà modificar-los per a la propera vegada. La fase d'actuació és necessària per a corregir els aspectes negatius obtinguts a C i pot implicar la modificació de P. En qualsevol cas, el que s'hagi après a A s'ha d'utilitzar amb les conclusions i informacions prèvies que ja teníem, per a començar de nou amb una altre P, i renovar així el cicle. És molt important no aturar-se a A ni quedar-se amb l'antic P, sinó començar veritablement un nou cicle constantment.

- **Kanban**

El Kanban és un sistema d'informació que controla de manera harmònica la fabricació dels productes necessaris en la quantitat i temps necessaris en cadascun dels processos que tenen lloc tant a l'interior de la fàbrica, com entre diferents empreses.

També es denomina "sistema de targetes", doncs en la seva implementació més senzilla utilitza targetes que es peguen en els contenidors de materials i que es desenganxen quan aquests contenidors són utilitzats, per assegurar la reposició d'aquests materials. Les targetes actuen de testimoni del procés de producció. Altres implementacions més sofisticades utilitzen la mateixa filosofia, substituint les targetes per altres mètodes de visualització del flux o codis de barres amb tractament de software. Es pot considerar com un subsistema del JIT.

El funcionament es basa a que quan un client retira productes del seu lloc d'emmagatzematge, el Kanban, o el senyal, viatja fins al principi de la línia de fabricació o de muntatge, perquè es produeixi un nou producte. Es diu llavors que la producció està guiada

per la demanda i que el Kanban és el senyal que el client indica perquè un nou producte hagi de ser fabricat o muntat per emplenar el punt d'estoc.

Funcionant sobre el principi dels fluxos "pull" (el client "apel·la" o "demana" el producte). Aquesta és la base del funcionament, igual que amb el client es pot aplicar a l'interior d'una planta de muntatge, on el consumidor seria la línia de muntatge i les etapes prèvies, els fabricants. Amb aquest sistema podem tenir un avituallament del material que es necessita, sense excessos i produir segons demanda.

- **Pluja de idees**

És una tècnica de creativitat ideada a l'any 1939 pel publicista Osborn i parteix de la idea que és més fàcil obtenir idees en grup que en solitari. Es basa en reunir un grup de persones i fomentar la lliure expressió d'idees:

- Per a resoldre un problema
- Per a crear un nou producte o servei.
- Per identificar causes de problemes.
- Etc.

Perquè funcioni han de fluir les idees i centrar-se amb la quantitat d'aquestes, i no amb la qualitat, de moment. Han de sortir idees inusuals i diferents per poder-les combinar i que acabi sorgint la solució del problema que està plantejat.

El desenvolupament de l'eina és molt senzill, s'ha d'identificar un equip d'entre 6 i 8 persones i delimitar clarament el problema a resoldre. Es dona un temps delimitat i es comencen a dir idees i s'anoten totes, sense criticar-les. Posteriorment ja es farà una selecció d'aquestes, es combinaran, se'n eliminaran i finalment es farà una multi-votació.

- **Poka-yoke**

Són aquells sistemes, mecanismes o dispositius que permetés assegurar l'absència de defectes o errades en el procés de producció. Aquest tipus de sistema intenta:

- Evitar oblots o errades humanes com a orígens de les causes del defectes.
- Detectar defectes
- Garantir un nivell de qualitat del 100%.

Està localitzat en llocs de producció i permet evitar que es cometin errors. Per exemple si una peça ha de obtenir un forat, es mesura el pes i si no té el correcte significa que no té el forat correctament realitzat. El sistema sabrà que la peça no és correcta i no cal que procedeixi el seu camí i que aporti nous errors.

- **Reenginyeria**

La reenginyeria és establir seqüències i interaccions noves en processos administratius i regulatoris. És una anàlisi i redisseny radical de l'economia i de la concepció dels negocis per aconseguir millores significatives en mesures com en costos, qualitat, servei i rapidesa. El seu objectiu és incrementar la capacitat de gestió. És una manera planificada d'establir seqüències i interaccions amb l'objectiu d'augmentar l'eficiència, l'eficàcia, la productivitat i l'efectivitat.

Es tracta d'una reconfiguració profunda del procés que es tracti i implica una visió integral de l'organització en la qual es desenvolupa. Preguntes com: Per què fem el que fem? i Per què ho fem com ho fem?, porten a interpel·lar-se sobre els fonaments dels processos de treball. La reenginyeria de processos és radical de certa manera, ja que busca arribar a l'arrel de les coses, no es tracta solament de millorar els processos, sinó que, busca reinventar-los amb la finalitat de crear avantatges competitiu i innovar en les maneres de fer les coses.

- **Sistema Kaizen**

Kaizen significa "canvi a millor" o "millora" en japonès, encara que habitualment es pot traduir com a "millora contínua". És el nom d'un mètode de gestió de la qualitat poc conegut en el món de la indústria.

Aquest mètode està basat en la millora continua en accions concretes, simples i poc oneroses, i que implica a tots els treballadors d'una empresa, des dels directius a els treballadors base. Aporta un grau òptim per a reconèixer i eliminar malbarataments en l'empresa, ja sigui dels processos productius ja existents o en fases de projecte, de productes nous, del manteniment de les màquines o inclús dels procediments administratius.

- **Vuit disciplines 8D**

Fa referència a les vuit disciplines per a la resolució de problemes (en anglès *Eight Disciplines Problem Solving*) és un mètode usat per fer front i resoldre problemes usat freqüentment per enginyers de qualitat i altres professionals. Consta dels següents 8 punts:

D1: Formació d'un equip d'experts que cobreixin totes les funcions.

D2: Definició íntegra del problema.

D3: Implementar i verificar una acció de contenció provisional.

D4: Verificar la causa arrel

D5: Determinar i verificar accions correctives permanents.

D6: Implementar i verificar les accions correctives permanents.

D7: Prevenir la re-ocurrència del problema i/o la seva causa arrel.

D8: Reconèixer els esforços de l'equip.

Per definir cadascun de les tasques a realitzar dins de les 8D hi ha típicament moltes disciplines comunes, les quals poden trobar-se en diversos llibres de text i material de referència usat per professionals de garantia de qualitat. Per exemple, fulles "És/No és" és una eina comuna en D2, i una "diagrama d'espines de peix" o la "Anàlisi dels 5 Perquè" són eines emprades comunament en D4.

Aquest sistema s'ha convertit vital en els departament de Qualitat de moltes empreses per poder tenir una pauta en la resolució del problemes que sorgeixen. Inclou una via de sortida en els punts D4 a D6. La idea és no solament considerar la causa arrel d'un problema sinó també què va fallar en el sistema de control perquè ocorregués el problema. El "Global 8D" requereix que l'equip identifiqui i verifiqui aquesta via de fuga (definit com el punt més prematur després de la causa arrel) on es podria haver detectat el problema) en D4. Posteriorment a través de D5 i D6 el procés requereix que l'equip esculli, verifiqui, implementi i validi accions correctives permanents per solucionar la via de fuga del problema.

A.3.1. Altres definicions importants

- **BOM**

Bill of materials o llistat de matèries és la llista de primeres matèries, parts de sub-muntatge, parts intermèdies d'assemblatge i les quantitats que es necessiten per a fabricar un producte final. Normalment s'utilitza per a comunicar els materials necessaris a la planta de manufactura i així poder dissenyar tot el procés, o l'abastiment de material.

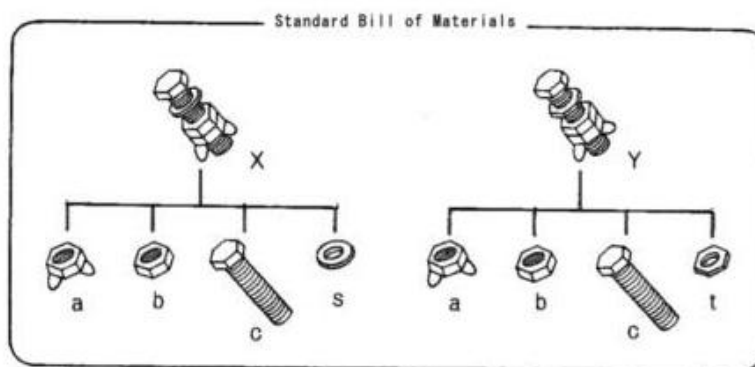


Figura 32. Exemple de BOM.

- Codi QR

Prové de la sigla de l'anglès "*Quick Response*" o resposta ràpida i és un sistema per emmagatzemar informació en una matriu quadrada de punts dissenyada per ser llegida amb la càmera d'un telèfon intel·ligent o tauleta tàctil entre d'altres. Es tracta d'un codi de barres bidimensional creat per Euge Damm i Joaco Retes de la companyia japonesa "*Denso Wave*", subsidiària de Toyota (1994).

La informació codificada en una etiqueta QR conté caràcters alfanumèrics que poden contenir text simple, adreces web i targetes de presentació en format Vcard, entre altres formats. Les possibilitats i aplicacions d'aquests codis en gestió i màrqueting (especialment en màrqueting i promocions) són innovadores i interessants, ja que, mitjançant els codis QR, es poden unir dos suports històricament aïllats: paper i internet o tinta i bits. Un detall important sobre el codi QR és que es tracta de codi obert i els seus drets de patent (propietat de Denso Wave) no són exercits.



Figura 33. Codi QR.

- Crimpat

El crimpat es realitza amb una eina manual o automàtica anomenada grimpadora que pot corrugar o grapar dues peces metàl·liques o d'altres materials mal·leables mitjançant la deformació d'una o ambdues peces; aquesta deformació és el que les manté unides. Un exemple quotidià és la grapadora de paper.

- Datasheet o fitxa tècnica

També com a fitxa de característiques o fulla de característiques, és un document que resumeix el funcionament i altres característiques d'un component (per exemple, un component electrònic) o subsistema (per exemple, una font d'alimentació) amb el suficient detall per ser utilitzat per un enginyer de disseny i dissenyar el component en un sistema.

- FIFO

El valor de sortida dels productes del magatzem és el preu de les primeres unitats físiques que van entrar. D'aquesta forma, les existències surten del magatzem valorades en el mateix ordre que van entrar. Les existències es registren al seu valor d'entrada respectant l'ordre cronològic.

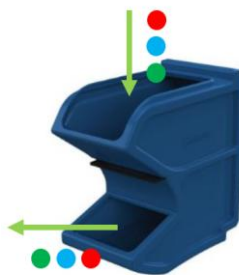


Figura 34. Caixa amb sistema FIFO per a connectors.

- **Fortune 500**

És una llista publicada de forma anual per la revista *Fortune* que presenta les 500 majors empreses nord-americanes de capital obert a qualsevol inversor (és a dir, no solament empreses cotitzades) segons el seu volum de vendes.

- **ID**

Número identificador, fa referència al codi que identifica diversos elements, fent l'exemplificació al DNI d'una persona.

- **Indústria 4.0**

El concepte "Indústria 4.0" correspon a una nova manera d'organitzar els mitjans de producció. L'objectiu que és vol assolir és la posada en marxa d'un gran nombre de fàbriques intel·ligents (smart factories) capaces d'adaptar-se més als necessitats i els processos de producció i també a assignar d'una manera més eficaç els recursos, de manera que s'obri la via cap a una nova revolució industrial o la quarta revolució industrial.

Les bases tecnològiques d'aquesta orientació són, entre d'altres:

- internet dels cuses (*IoT*)
- Sistemes ciberfísics
- La cultura del «fes-ho la teva mateix» (*Do It Yourself*)
- Adequada digitalització i coordinació cooperativa en totes les unitats productives de l'economia.

- **Innovation Award**

Premis interns de la companyia que durant tota una estada de pràctiques l'alumne està realitzant un projecte, sobre una determinada temàtica dins d'un departament. Es va fer un seguiment de presentacions on es rep una formació del jurat que avalua els projectes. Finalment hi ha una presentació final dels projectes on s'elegeix el guanyador, atorgant-li un premi.

- **Inventari, existències o estoc**

Està constituït pels béns del patrimoni d'una entitat tals com són les primeres matèries, la producció en procés, els articles acabats i altres materials que s'utilitzin en l'empaquetatge, en l'envàs del producte acabat o les reparacions per al manteniment que es consumeixen en el cicle d'operacions.

A la comptabilitat van a l'actiu circulant. En el cas que es facin obsolets o es deteriorin s'han de reposar. L'estoc obsolet suposa un important cost de gestió, financera i operativa, per a una empresa, sobretot per la que realitza gestió de logística. Per això és fonamental aconseguir una adequada determinació de l'objectiu d'aprovisionament i d'estoc mínim, màxim i de seguretat, en funció dels paràmetres de període operatiu, consum i retard i tenint en

compte els factors de seguretat i garantia en cas d'interrupció del subministrament que es vulguin aplicar.

- **IPPM, RPPM i DPPM**

Variables que utilitza el departament de qualitat per fer els gràfics de control i que reflecteixen els defectes per milió que hi ha en els diferents estrats del producte, com és a planta, client i proveïdor.

- **IT (*Information technology*)**

Departament de la companyia que es coneix com el de les tecnologies de la informació i es dedica a dissenyar, implementat i mantenir tots els sistemes de les plantes de producció, com els de gestió de la fabricació, proveïdors, comunicació facturació entre molts altres.

- **JIT (*just in time*)**

Literalment vol dir "Just a temps". És una filosofia que defineix la forma en què hauria d'optimitzar-se un sistema de producció. Es tracta de lliurar matèries primeres o components a la línia de fabricació de manera que arribin "just a temps" a mesura que són necessaris.

El JIT no és un mitjà per aconseguir que els proveïdors facin molts lliuraments i amb absoluta puntualitat per no haver de manejar grans volums d'existència o components comprats, sinó que és una filosofia de producció que s'orienta a la demanda.

L'avantatge competitiu guanyat deriva de la capacitat que adquireix l'empresa per lliurar al mercat el producte sol·licitat, en un temps breu, en la quantitat requerida. Evitant els costos que no produeixen valor afegit també s'obtindran preus competitius.

Amb el concepte d'empresa ajustada cal aplicar uns quants principis directament relacionats amb la Qualitat Total. El concepte sembla senzill. No obstant això, la seva aplicació és complexa, i les seves implicacions són moltes i de gran abast.

- **LPS (*Lear Production System*)**

Sistema de gestió de la manufactura desenvolupat per Lear i gestiona moltes de les funcions i sistemes de la producció modular de cablejat. És un sistema únic i modular dissenyat per aquest fi.

- **Producció modular i producció tradicional**

Hi ha diferents tipus de producció que van referenciades al producte que es fabrica. En aquest projecte es parla de producció modular i producció tradicional. Es definirà que s'entén per a cada tipus de producció en el cablejat:

- Producció tradicional: Consisteix en fabricar series llargues de cablejats a les plantes centrals. Posteriorment quan aquest cablejat arriba a la planta d'assemblatge dels vehicles el circuit és adaptat segons les funcions específiques del vehicle, adaptant les parts específiques. Es tenen series llargues de producte a les fàbriques, fent-les més fàcils de gestionar però menys flexibles.
- Producció modular: El concepte és fabricar el circuit a mida amb el cotxe que es fabricarà. Les fàbriques de cablejat ja fabriquen els cablejats adaptats al vehicle que anirà amb totes les especificacions. D'aquesta manera directament a la fabrica ja es fabrica el circuit final sense la necessitat que s'hagi d'adaptar al vehicle en el moment de l'assemblatge final.

- **Segell d'operador**

Cada operador que treballa a la zona de cablejat disposa d'un segell físic amb un codi d'operari i també la data del dia. D'aquesta manera quan l'operari fabrica un lot de productes, marca la part de darrera de l'etiqueta Kanban amb aquest, i deix constància de qui l'ha fabricat.

- **Soldadura ultrasònica**

Consisteix en una màquina amb punta de base plana, on es col·loquen els materials un damunt d'un altre i després es baixa la punta de la màquina, aquesta emet una ona ultrasònica que mou les molècules de tots dos materials provocant que aquestes es fonguin i per tant, s'uneixin. La soldadura ultrasònica és un procés relativament nou,

Els paràmetres deuen ser ajustats cada vegada que s'altera l'espessor de la paret dels materials a fondre. Una exemple del seu ús en la indústria és la de soldar cables a terminals. L'avantatge és que les peces a soldar no s'escalfen fins al punt de fusió, sinó que es solden mitjançant l'aplicació de pressió i vibracions mecàniques d'alta freqüència.

- **Traçabilitat**

És la capacitat de reproduir l'historial d'un producte o d'un lot de productes, i es refereix a l'acumulació d'informació sobre cada pas dels processos de producció, d'emmagatzematge i de distribució per a millorar-ne la qualitat, poder localitzar ràpidament l'origen dels problemes que puguin aparèixer i mirar d'evitar-los en el futur.

6 Referències

6.1 Índex d'il·lustracions i taules

Figura 1. Emblema de la companyia.	2
Figura 2. Logotip de la divisió E-SYSTEMS.	3
Figura 3. Divisió d'E-Systems de Lear al món.	3
Figura 4. Exemple del cablejat d'un turisme comú.	5
Figura 5. Exemple d'un cable unitari amb terminal metàl·lic.	6
Figura 6. Exemple d'una grapeta feta amb una màquina de premsat.	6
Figura 7. Exemple d'una taula de muntatge d'un cablejat de cotxe.	6
Figura 8. Esquema de la zona i definició de moviments de materials.	7
Figura 9. Diagrama de Gantt per la distribució de tasques.	18
Figura 10. Transmissió d'informació entre la planta i la base de dades de Qualitat. ...	20
Figura 11. Pont de comunicació directe entre la planta i Qualitat.	22
Figura 12. Test elèctric d'un circuit.	24
Figura 13. Exemple de grapeta soldada.	29
Figura 14. Exemple de premuntatge esperant a l'estanteria Kanban.	29
Figura 15. Moviment de materials i etiquetes en una estació de premuntatge.	30
Figura 16. Exemple de moviment de materials en tota la zona de premuntatge.	30
Figura 17. Distribució de la zona de muntatge.	31
Figura 18. Moviment dels materials en la zona de muntatge.	34
Figura 19. Estratègia de comptatge a la zona de muntatge.	36
Figura 20. Resum dels estats de les etiquetes Kanban.	37
Figura 21. Diagrama d'accions de control d'operadors.	40
Figura 22. Proposta d'un nou sistema de gestió de personal.	43
Figura 23. Taula de paràmetres per a una estació de treball.	43
Figura 24. Exemple de pantalla LED.	45
Figura 25. Taula de muntatge de cablejat.	47
Figura 26. Exemple d'etiqueta d'una taula.	47
Figura 27. Llistat de tasques i propostes de l'ordinador.	56
Figura 28. Algunes de les pissarres amb les pluges d'idees per la traçabilitat.	56
Figura 29. Corba d'aprenentatge.	59
Figura 30. Exemple d'aplicació de la corba d'aprenentatge.	60
Figura 31. Taula de les eines de Qualitat pels diferents Blocs.	60
Figura 32. Exemple de BOM.	65
Figura 33. Codi QR.	65
Figura 34. Caixa amb sistema FIFO per a connectors.	66

6.2 Bibliografia

- www.assemblymag.com. *Exemple de taula de muntatge*. [Consulta en línia] Article digital [Data de consulta: 02-05-2017] [Accés gratuït] <<http://www.assemblymag.com/ext/resources/Issues/July2013/asb0713soft4.jpg>>.
- www.smiery.com. *Exemple d'una grapeta de cablejat*. [Consulta en línia] Article digital [Data de consulta: 02-05-2017] [Accés gratuït] <http://www.smiery.com/UserFiles/images/spc_splice.jpg>.
- blog.caranddriver.com. *Exemple de cablejat en un vehicle*. [Consulta en línia] Article digital [Data de consulta: 02-05-2017] [Accés gratuït]

<<http://blog.caranddriver.com/wp-content/uploads/2016/05/Zap-Zone-2017-Bentley-Bentayga-inline2.jpg>>.

- www.univision.com. *Cas Toyota i la suspensió de vendes*. [Consulta en línia] Diari digital [Data de consulta: 10-03-2017] [Accés gratuït]

<<http://www.univision.com/noticias/autos/toyota-suspendio-las-ventas-de-ocho-modelos-por-fallas-en-el-acelerador>>.

- La vanguardia. *Cas persones intoxicades aigua embotellada*. [Consulta en línia] Diari digital [Data de consulta: 10-03-2017] [Accés gratuït]

<<http://www.lavanguardia.com/vida/20160415/401128866928/personas-intoxicadas-contaminacion-agua-embotellada.html>>.

- Wikipèdia. *Definició de corbes d'aprenentatge*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 14-03-2017] [Accés gratuït]

<https://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_aprendizaje>.

- Wikipèdia. *Definició del mètode Kaizen*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 06-04-2017] [Accés gratuït]

<<https://es.wikipedia.org/wiki/Kaizen>>.

- Wikipèdia. *Definició d'Auditoria*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Auditoria>>.

- Wikipèdia. *Definició metodologia 8D*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ocho_disciplinas_para_la_resoluci%C3%B3n_de_problemas>.

- Wikipèdia. *Definició PDCA*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<https://ca.wikipedia.org/wiki/Seq%C3%BC%C3%A8ncia_Planificaci%C3%B3_-_Execuci%C3%B3_-_Avaluaci%C3%B3_-_Actuaci%C3%B3>.

- Wikipèdia. *Definició Kanban*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<<https://es.wikipedia.org/wiki/Kanban>>.

- Universitat de Barcelona. *Definició JIT*. [Consulta en línia] Article digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf>.

- Wikipèdia. *Definició Inventari*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Inventari>>.

- Wikipèdia. *Definició Traçabilitat*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Tra%C3%A7abilitat>>.

- www.escuelapedia.com. *Definició de BOM*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]

<<http://www.escuelapedia.com/bom-bill-del-material/>>.

- Wikipèdia. *Definició màquina crimpadora*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]
<<https://es.wikipedia.org/wiki/Crimpadora>>.
- Wikipèdia. *Definició soldadura ultrasònica*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura ultras%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_ultras%C3%B3nica)>.
- Wikipèdia. *Definició Fitxa tècnica o datasheet*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Ficha t%C3%A9cnica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ficha_t%C3%A9cnica)>.
- Wikipèdia. *Definició llista Fortune 500*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 22-05-2017] [Accés gratuït]
<https://es.wikipedia.org/wiki/Fortune_500>.
- Wikipèdia. *Definició de reenginyeria*. [Consulta en línia] Enciclopèdia digital [Data de consulta: 23-05-2017] [Accés gratuït]
<https://es.wikipedia.org/wiki/Reingenier%C3%ADa_de_procesos>.
- deconomiablog. *Definició de sistema FIFO*. [Consulta en línia] Blog [Data de consulta: 23-05-2017] [Accés gratuït]
<<http://deconomiablog.blogspot.de/2013/10/valoracion-de-las-salidas-de-almacen.html>>.
- Apunts: Sara Gimeno Vila, QUALITAT EN LA INDÚSTRIA, MEI, URV, Tarragona 2017.
- Apunts: Juan Carlos Romero Olmedo, GESTIÓ DE PROCESSOS INDUSTRIALS, MEI, URV, Tarragona 2017.
- Apunts: Carlos Fortuny Sendrós, SISTEMES INTEGRATS DE FABRICACIÓ, MEI, URV, Tarragona 2017.
- Informació de l'empresa: Lear Corporation, DEPARTAMENT DE QUALITAT, Valls 2017.