

Treball final de màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Impacte de la metodologia *lean* en una línia automàtica de producció

Document: Memòria i annexos

Alumne: Daniel Villar Villoldo

Tutor: Dr. de Castro Vila, Rodolfo

Departament: Organització, gestió empresarial i disseny del producte

Àrea: Organització d'empreses

Convocatòria (mes/any): Setembre 2022

ÍNDEX

Índex	II
Índex de figures	V
Índex de taules.....	V
1 Introducció	1
1.1 Antecedents	1
1.2 Objecte.....	1
1.3 Abast i especificacions	2
1.3.1 Abast.....	2
1.3.2 Especificacions.....	2
2 Acrònims i definicions	3
3 Situació.....	4
3.1 L'empresa	4
3.2 Descripció de la línia de producció i la metodologia de treball.....	5
3.2.1 Especificacions.....	5
3.2.2 Descripció	5
3.2.3 Seqüència de funcionament.....	10
4 Metodologia LEAN.....	16
4.1 Introducció	16
4.2 Elements del sistema a tenir en compte.....	16
4.3 Principis.....	17
4.4 Eines	21
5 Control de procés i indicadors	25
5.1 OEE.....	25
5.2 Compliment PDP	26
5.3 Avaries	26
5.4 Registre.....	26
6 Millors aplicades.....	28
6.1 SMED.....	28

6.2	Layout.....	31
6.2.1	Supermercats	32
6.3	Targetes Kanban.....	33
6.4	TPM	34
6.5	Poka-Yoke (auto controls qualitat).....	39
6.5.1	Dummys test elèctric.....	39
6.5.2	Manual d'instruccions	40
7	Impacte.....	41
7.1	Taxa horària línia	41
7.2	Revisió indicadors	42
7.2.1	Avaries.....	42
7.2.2	Temps de canvi	45
7.2.3	Producció	46
7.3	Estudi econòmic	49
7.3.1	Canvi d'article.....	49
7.3.2	Producció	50
8	Conclusions	51
8.1	Futures línies d'actuació.....	52
8.1.1	E23 Valoració substitució gravat de bastidors per premsat per làser	52
8.1.2	E27	54
8.1.3	E34.....	55
9	Relació de documents	56
10	Bibliografia.....	57
	ANNEX A: Càlcul de l'OEE.....	58
	ANNEX B: Manual d'Usuari.....	59
	Annex C: Guies de Manteniment preventiu	59
	ANNEX C.1. Manteniment de nivell 1.....	59
	ANNEX C.2. Manteniment de nivell 2.....	59
	ANNEX C.3. Auto manteniment.....	59

ANNEX C.4. Registre manteniment N1	60
ANNEX D: Registre d'averies	61
ANNEX E: Plecs de condicions.....	61
ANNEX E.1. Plec de condicions E27	61
ANNEX E.2. Plec de condicions E34	61

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Línia automàtica d'assemblatge MEM75.....	5
Figura 2. Part posterior i supermercat	6
Figura 3. Bastidor.	10
Figura 4. Motor per base d'endoll i motor per interruptor.	10
Figura 5. Motor completament clipat en bastidor.....	11
Figura 6 Punxó amb gravat de codi i bastidor gravat per estampació	11
Figura 7. Tapa de base d'endoll i obturador.	12
Figura 8. Article final amb la tapa cargolada al motor.	13
Figura 9. Mecanisme amb tecla	13
Figura 10. Interior i producte en posició d'encaixat.....	14
Figura 11. Producció contínua VS. Fluxe continu (Rother & Shook, 2003)	20
Figura 12. Sistema Kanban (Rother & Shook, 2003)	21
Figura 13. Punxó de codi individualitzat.	29
Figura 14. Layout de línia	31
Figura 15. Supermercats	32
Figura 16. Targeta kanban en blanc.....	33
Figura 17. Evolució del temps d'avaría diari.....	42
Figura 18. Recompte avaries per estacions mes d'abril.....	43
Figura 19. Recompte avaries per estacions mes de juliol.	44
Figura 20. Evolució del temps de canvi d'article acumulat diari	45
Figura 21. Dispersió entre dia i %PDP.....	46
Figura 22: Diagrama de dispersió entre les setmanes i el OEE.....	47

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Registre d'indicadors diari per torn	26
Taula 2. Registre d'indicadors per dia i setmana	27
Taula 3. Temps de canvi model en premsa març 2022.	28
Taula 4 Registre d'avaries març 2022	34
Taula 5. Tarifa horària maquina	41
Taula 6. Mitjana de temps de canvi per mes	45
Taula 7. Valoració econòmica dels costos per canvi d'article.....	49
Taula 8. Càlcul de costos d'oportunitat	50
Taula 9. Comparativa gravat làser	52
Taula 10. Càlcul de costos Premsa vs Làser.....	53
Taula 11. Valoració econòmica modificació E27.....	54

Taula 12. Valoració econòmica modificacions E34 55

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

La metodologia Lean és una eina molt present en el dia a dia dels enginyers industrials, durant llarg part del grau i màster, el coneixement de la metodologia Lean i la planificació de la producció van ser les dues grans branques en les quals vaig enfocar la meua atenció i respecte a les quals volia basar la meua futura vida laboral com a enginyer.

La metodologia en si és una eina implantada en gran part de les empreses del món i s'ha demostrat la seva utilitat en múltiples ocasions amb un gran nombre d'articles que la defensen.

Per motius laborals i presa de decisions que no es podien deixar escapar, actualment em trobo exercint com enginyer de processos (*Site Process Specialist*) en una de les plantes productives de SIMON S.A., lloc en el qual vaig entrar per mitjà d'un *graduate program* i vaig aconseguir la posició d'enginyer.

Com enginyer de processos, la implantació de la metodologia Lean i la millora continua són eines que s'utilitzen diàriament en planta, de tal manera que la investigació respecte a l'impacte de l'aplicació d'aquestes eines en una situació específica, formula una idea interessant sobre la qual treballar.

En específic es tracta d'una línia automàtica d'assemblatge de components elèctrics, des de la conformació del component, a l'emalatge i paletització d'aquest, següent composta per un gran número d'estacions i operacions, manipulada per diversos operaris. Es descriu més extensament la línia en l'apartat [Situació].

1.2 Objecte

La intenció del projecte és la de mostrar els beneficis de l'aplicació d'una metodologia existent en una línia automàtica de producció i augmentar el rendiment d'aquesta línia per tal de millorar la competitivitat de l'empresa.

Es realitzarà una descripció detallada de la línia i la metodologia interna per tal de desglossar tots aquells punts on pugui existir un malbaratament o un marge de millora per altres motius.

Posteriorment, es durà a terme un estudi de la metodologia Lean, amb un anàlisi exhaustiu i una tria de les eines amb un elevat potencial per ser aplicades en les situacions mostrades en el capítol anterior.

Es fixen uns indicadors del procés i s'avalua l'evolució dels mateixos des de l'inici de la implantació fins al dia de la revisió final del procés, juntament amb un estudi econòmic que ens avaluarà el cost d'implantació vers el retorn econòmic.

També es creen manuals de funcionament i de manteniment associats a la línia per tal de millorar el rendiment i facilitar la manipulació de l'equipament.

1.3 Abast i especificacions

1.3.1 Abast

L'abast del present projecte consistirà en la investigació, estudi i implantació d'eines extretes de la metodologia Lean per revisar quines són els beneficis d'aquesta.

Aquest projecte tracta sobre una línia de producció real i en actiu, amb uns impactes i unes inversions demostrables, de tal manera que tots els conceptes que tractarà el treball de forma teòrica, tenen també la seva implicació real física i econòmica.

No és objectiu del projecte trobar noves tècniques de millora continua i nous conceptes a aplicar, es limita a l'aplicació i avaluació de conceptes existents.

No és part del projecte aprofundir en la informació i tasques pròpies de manteniment i producció, com podria ser l'obtenció de dades o la metodologia de treball d'aquests dos departaments i els elements als quals fan referència.

1.3.2 Especificacions

Les especificacions que s'han de complir per complir la validesa del producte són:

- Compliment d'especificacions esperat de línia [Especificacions]
- Automatitzar i reduir la implicació de personal en mesura que sigui possible.
- Augmentar el rendiment de la línia.
- Facilitar la manipulació a operaris i mecànics.
- Compliment de la normativa de seguretat vigent corresponent al *Real Decreto 1215/1997*.

2 ACRÒNIMS I DEFINICIONS

[1] LEAN

Procés aplicat industrialment que busca optimitzar els processos de gestió i productius en els quals s'implanta la metodologia.

[2] OEE

Overall Equipment Effectiveness, es un indicador que ens dona la informació de la capacitat productiva dels equips industrials, mostrant les despeses en el procés.

Aquest indicador s'explica més extensament en l'apartat [Control de procés i indicadors].

[3] Takt time

Correspon a la freqüència que s'ha de produir per satisfer les necessitats plantejades. Es calcula dividint tot el temps disponible de treball entre la demanda del client durant un període de temps concret.

[4] Pick and place

Actuador amb la funcionalitat de recollida i col·locació de material. En aquest projecte tots els pick and place estan formats per cilindres pneumàtics, equipats de pinces pneumàtiques, ventoses o giratoris depenent de la funcionalitat.

[5] Buffer

La traducció al català vol dir pulmó. A la indústria es fa servir per fer referència a una zona, per crear un excés de material, per tal que la zona de consum, que consumeix material d'aquest pulmó, mai quedi sense matèria primera.

[5] FAT

La traducció de les sigles al català vol dir proves d'acceptació a fàbrica. Són les proves que es realitzen a l'adquirir nova maquinària un cop aquesta arriba a la planta de producció de destí.

3 SITUACIÓ

3.1 L'empresa

SIMON neix com un petit taller creat a Olot l'any 1916 en una situació on es troba una absència de portalàmpades, 100 anys més tard és el que es coneix com a grup Simon, empresa amb presència a més de 90 països.

El reconeixement de la marca neix en el fet d'haver format part de la vida de moltes persones, formant part del seu dia a dia inconscientment en encendre i apagar el llum. Però el que abans eren funcions simples com la esmentada van evolucionant i cada com són més les funcions digitals i automàtiques que implementen els productes Simon.

L'abast de la companyia a escala internacional cobreix àrees de negoci des del petit material elèctric, la connectivitat per als llocs de treball, la il·luminació d'interiors i urbana i els sistemes de control fins a la recàrrega de vehicles elèctrics.

L'experiència industrial primària és un actiu essencial per l'empresa, entesa com el coneixement d'origen del procés de producció de qualsevol dels productes fins i tot de maquinària pròpia. La filosofia d'expansió tracta també de ser especialista local, abastant tota la cadena de valor, des de la conceptualització del producte fins a la comercialització, logística i màrqueting, adaptant-se d'aquesta manera a normatives i exigències locals.

Un dels elements diferencials de Simon és l'aposta per la diversificació de negocis com la il·luminació arquitectural, Simon Brico i Simon Metà·lics.

La divisió d'**il·luminació arquitectural** desenvolupa lluminàries d'alta qualitat de llum i de rendiment. Ofereix solucions per professionals interessats en el disseny, l'ambient i la funcionalitat.

Simon Brico és la branca de negoci centrada en el canal de ferreteria i bricolatge. Aquí es poden trobar diferents sèries de mecanismes, petit material elèctric, domòtica, il·luminació i solucions anti plaga.

La branca de **Simon Metà·lics** se centra a oferir solucions en la fabricació de components metà·lics i plàstics per empreses que necessiten externalitat part de la seva producció. S'aprofita de la presència global i l'experiència en el disseny, industrialització i compres per oferir el servei de producció de components metà·lics.

3.2 Descripció de la línia de producció i la metodologia de treball

3.2.1 Especificacions

Temps de cicle: 3s/peca.

OEE: 85%

Rebuig: Es permet un 5% de rebuig de peces mal muntades.

Torns treball: 24h/dia de dilluns a divendres.

Personal: dos operaris a temps complet.

3.2.2 Descripció

La línia anomenada com MEM75, és l'encarregada de realitzar el muntatge final i l'envasat de mecanismes i bases d'endoll de la renovada sèrie 75 i les bases d'endoll de la sèrie 27.

La línia està estructurada en dos mòduls, anomenat mòdul 4 i mòdul 5, seguits del mòdul d'encaixat, la cinta d'etiquetatge i un paletitzador.

El mòdul 4 està format per les estacions E22, E23, E23B, E24, E25 i E27.

El mòdul 5 està format per les estacions E28, E29, E29A, E30, E32, E33, E34, E35 i E36.



Figura 1. Línia automàtica d'assemblatge MEM75.



Figura 2. Part posterior i supermercat

Vibrador i alimentació de bastidors

Sistema d'alimentació de bastidors (component metàl·lic d'acer galvanitzat), aquest sistema consta de tres diferents tremuges per assegurar una contínua alimentació de bastidors. Aquestes tremuges alimenten un vibrador que posiciona i alimenta els bastidors en una cinta transportadora que alimenta els bastidors a la següent estació.

Estació E22

Encarregada de comprovar la posició del bastidor i girar 90° el mateix en cas que sigui necessari. Està formada per un cilindre amb guies en posició horitzontal amb dos actuadors verticals en forma de pinça amb un giratori en la pinça frontal.

Estació E23

Està composta per una cinta transportadora amb la capacitat d'ajust de posició per als diferents models de motors que s'utilitzen a la línia, es carreguen motors manualment i l'estació s'encarrega de recollir el motor i clavar-ho en el bastidor, depenent del model, es clava totalment o parcialment el motor en el bastidor, per després acabar de clavar el motor en la E23B. L'estació compta amb una sèrie de fibres i cilindres en posició de barrera per tal de subministrar els motors d'un en un al pick and place.

Estació E23B

Estació en carregada de clavar totalment els motors en el bastidor per als models en què l'estació E23 no té capacitat de realitzar-ho.

Estació E24

Prensa hidràulica d'accionament pneumàtic, equipada amb punxons per gravar els bastidors per estampació. Aquesta estació és el principal punt de despeses de temps a l'hora de realitzar el canvi de model, ja que, depenent del tipus d'article a realitzar, s'ha d'equipar la premsa amb unes combinacions de marcat diferents.

Estació E25

Cilindre pneumàtic en posició horitzontal, equipat amb un cilindre en posició vertical, que incorporar una pinça, encarregat de recollir el semielaborat i col·locar-ho en el mateix platet, però en la posició lliure. El platet està compost per dues posicions, una, on tot el bastidor es recolza sobre una superfície sòlida, per poder realitzar el marcatge per estampació, i una posició lliure, on només es recolza en diferents punts, facilitant la posterior recollida.

Estació E27

Estació encarregada de canviar de Mòdul, incorpora un cilindre horitzontal amb dos cilindres verticals i una zona morta. Té la possibilitat de descarregar el semielaborat en una cinta transportadora que enllaça amb el mòdul 5 o una rampa de sortida que extreu les peces fora de la línia a granel.

Estació E28

Estació idèntica a E27, però de funcionament invers, també incorpora detecció de motor, en cas de passar bastidor sense motor, aquesta estació detectarà platet buit.

Estació E29B

Estació formada únicament per un cilindre vertical que incorpora un utilatge metàl·lic de la mesura necessària per obrir el toma terra.

Estació E29

Estació encarregada del subministrament, posicionament i col·locació de tapes de bases d'endoll i incorporació de l' obturador. Aquesta estació està formada per un mòdul extern, format per una cinta amb fibres òptiques i cilindres de barrera i posicionament. Al principi de línia incorpora un vibrador alimentat per una tremuja que subministra les tapes. La cinta transportadora incorpora dues etapes, la de reposicionament de tapa, equipada amb fibres per detectar la posició, cilindres de topalls i una pinça vertical amb gir. En la part posterior de la cinta s'incorpora l'etapa de clavat de l' obturador a la tapa, de la mateixa manera que l'etapa

anterior, en aquesta s'incorporen fibres i retenidors pneumàtics per fixar la tapa i un pick and place encarregat del clavat de l'obturador. Per al subministrament del obturador es disposa d'un vibrador que subministra l'obturador en la posició final i alimenta un lineal amb un tram final de recollida.

La part final de l'estació, està formada per l'arribada de la tapa en la cinta transportadora, equipada per fibres i barreres que subministren d'una en una i un pick and place equipat amb ventoses.

Estació E30

Formada per un cilindre vertical amb tres possibles posicions configurades segons el model, i un tornavís automàtic subministrat de cargols per un petit vibrador.

Estació E32

De la mateixa manera que existeix l'estació E29B per obrir el toma terra, després del cargolat de la tapa es necessita una estació que deixi el toma terra en la posició adequada per complir els estàndards de qualitat. Això s'aconsegueix amb una estació formada per un cilindre pneumàtic vertical que incorpora dues falques regulables mitjançant un trau colís, que permet tancar més o menys el toma terra, en funció de les necessitats de producció.

Estació E34

Formada per un pick and place amb dues pinces, dues cintes transportadores, una de sortida i una d'entrada, juntament amb un sistema de detecció de cinta plena i un de detecció i barrera pneumàtica.

Estació E35

Estació de comprovació elèctrica i control de qualitat. Aquesta estació incorpora un cilindre pneumàtic connectat a un punxó amb la capacitat de passar corrent elèctric. La part superior de l'estació incorpora uns palpadors accionats pneumàticament que registren presència de corrent elèctric.

Estació Formador d'interiors

Aquesta estació es subministra amb els interiors plegats, anomenem interior a la cel·la de cartró individual que incorpora cadascun dels articles que es fabriquen. El formador d'interiors consta d'un disc rotatori encarregat de desplegar l'interior i tancar la pestanya de la part inferior. Per fer aquest treball consta d'una cinta d'alimentació d'interiors plegats, un cilindre amb un sistema de vuit que recull els interiors d'un en un, un plat rotatiu amb cavitats on s'introdueixen els interiors, una sèrie de cilindres encarregats de plegar i tancar la pestanya de la part inferior i un empenyedador que extreu els interiors del plat rotatiu i els subministra a una cinta transportadora.

El formador d'interiors s'ha de configurar manualment per al model d'interior petit i model gran, es triga aproximadament 30 minuts a realitzar aquest canvi, cosa que provoca una gran despesa de temps de canvi d'article. Aquests canvis no són freqüents, arribant a fer-se dos cops al mes.

Estació E36

Aquesta és l'última estació del mòdul 5, és l'encarregada d'introduir el producte final en el seu interior individual i enviar-ho a la cinta de sortida. Aquesta estació incorpora un pick and place doble amb una zona intermèdia. El pick and place incorpora un giratori que passa de tenir la peça plana a deixar-la en posició vertical en la part intermèdia. Aquesta zona intermèdia gira la peça 90° per tal de deixar-la en la posició adient per introduir la peça en l'interior. L'estació incorpora una zona de càrrega de l'interior, amb un empenyedador de dues posicions, la primera posició deixa l'interior en la posició de càrrega i la segona posició empeny l'interior a la cinta de sortida. Els interiors arriben per la cinta que comunica el formador d'interiors amb la E36. També incorpora dues rampes de sortida, amb un discriminador de rampa de peça bona i peça dolenta.

Encaixadora

Encaixadora independent a la línia de producció, té el seu propi quadre elèctric i no es controlada des del PLC de la línia, aquesta encaixadora incorpora uns palpadors per realitzar la comprovació d'interiors plens, uns extrusors de cola que tanquen els costats de la caixa i un empenyedador juntament amb una falca per tancar la solapa d'aquesta.

Etiquetat

La zona d'etiquetatge està formada per una cinta transportadora que uneix l'encaixadora amb el paletitzador, incorpora una zona on es realitza el gir de la caixa i es subministra les caixes d'una en una. La part principal consta d'una zona d'etiquetatge, on una impressora imprimeix la referència prèviament seleccionada manualment des d'un ordinador i carrega etiquetes amb un senyal que imprimeix una etiqueta per caixa etiquetada, amb la necessitat de tenir una cinta d'etiquetes ja carregada en l'etiquetadora. Aquesta etiquetadora enganxa les etiquetes en un dels costats de la màquina i enganxa una tira de cinta adhesiva en la solapa de la caixa per evitar la obertura d'aquesta.

Paletitzat

La zona final de la màquina consisteix en el paletitzat, on s'incorpora un detector de caixa al final de la cinta que uneix l'encaixadora amb el paletitzador i aquest dona senyal de paletitzar. El sistema carrega les caixes i les posiciona en palets amb la configuració desitjada. Incorpora un cilindre vertical desplaçat en l'eix x i y amb servomotors i un vacuòstat per fer el buit i emportar-se la caixa per la zona superior.

3.2.3 Seqüència de funcionament

S'alimenta de bastidors en caixes de 1500 unitats les tremuges de l'inici de la línia manualment, amb l'ajuda d'un elevador. Aquestes tremuges, posteriorment alimenten un vibrador que posiciona i alimenta els bastidors a una cinta transportadora. Al final de la cinta espera l'estació E22, que recull el bastidor i el col·loca en una zona intermèdia d'inspecció, on gràcies a una fibra òptica detecta si està correctament posicionat o en el cas contrari, el girarà 90° amb la pinça davantera abans de col·locar el bastidor en el platet de muntatge.



Figura 3. Bastidor.

Manualment, s'alimenten motors en la cinta transportadora de la E23 en una posició determinada, que pot variar 180°. L'estació detecta els motors i els distribueix d'un en un cap a la zona de "Picking" on una fibra òptica detecta la posició i dona senyal de girar 180° el motor o no fer-ho en cas que estigui ben posicionat. L'estació recull el motor amb unes pinces, el gira en cas que sigui necessari i el clava, total o parcialment en el bastidor.

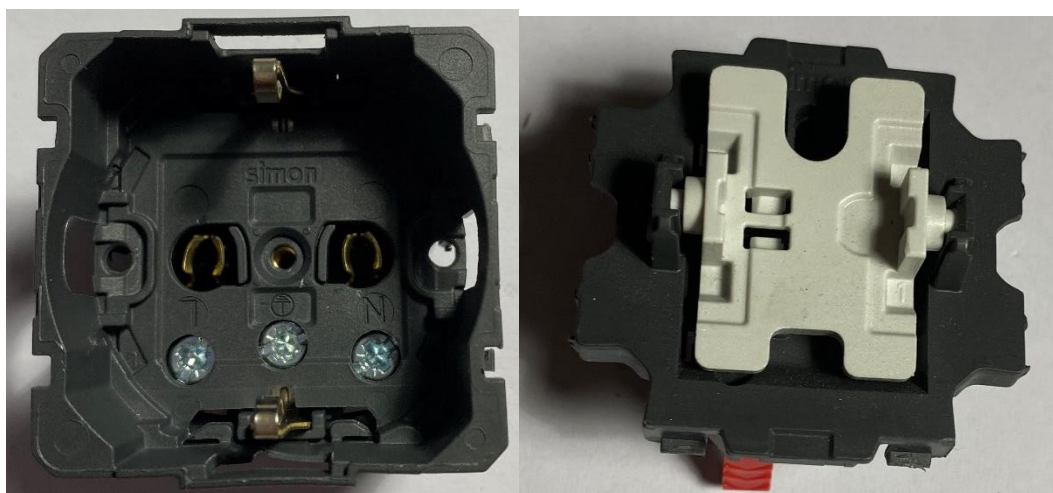


Figura 4. Motor per base d'endoll i motor per interruptor.

A continuació, es clava totalment el motor amb el bastidor en la E23B, assegurant el correcte clipat dels nervis i clips que assegurin la posició entre els dos elements.

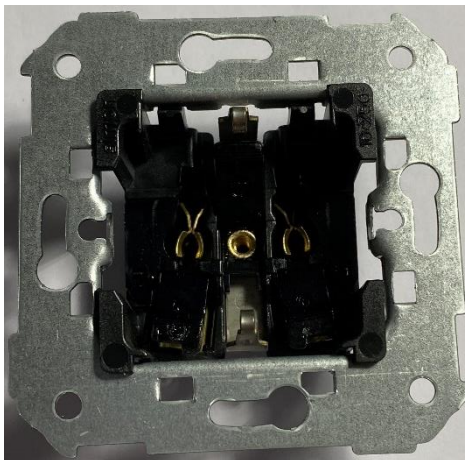


Figura 5. Motor completament clipat en bastidor

El motor clipat, juntament amb el bastidor muntat sobre el platet, entren en la premsa, on un cilindre hidràulic accionat a 6 bars de pressió d'aire comprimit, realitzen una estampació amb els punxons mostrats a la figura, per tal de donar un codi de referència a l'article i marcar diferents tipus d'homologacions pertinents, com pot ser AENOR.

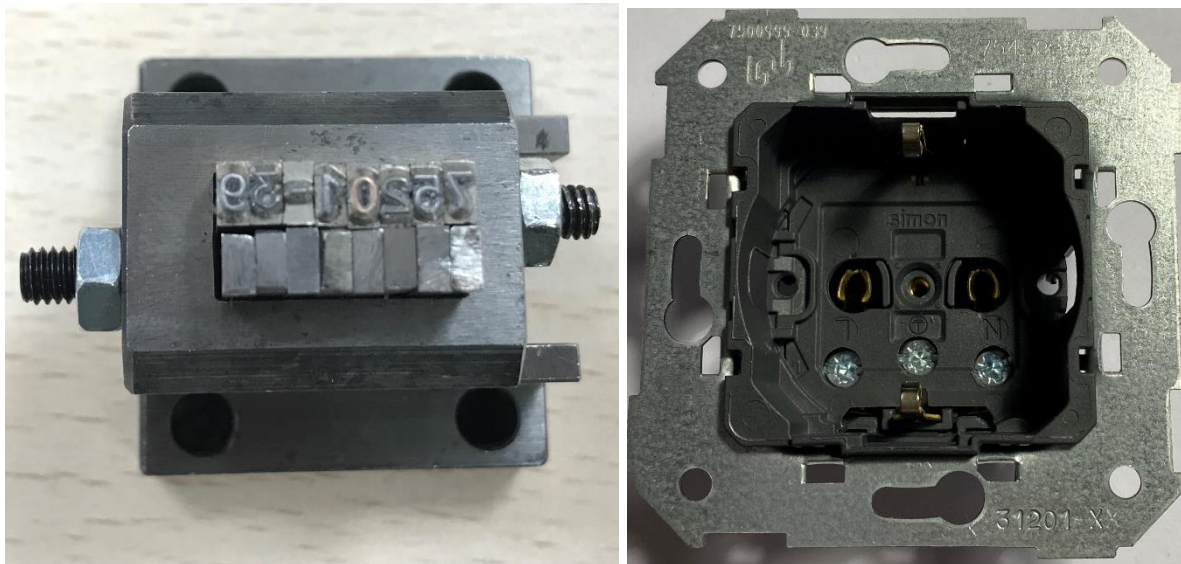


Figura 6 Punxó amb gravat de codi i bastidor gravat per estampació

A continuació, el semielaborat es canvia de posició en el platet, passant d'estar recolzat en la totalitat del bastidor a només uns punts de suport.

Tot seguit, la peça arriba al final del mòdul 4, on és recollida per l'estació E27, que transporta la peça a la zona intermèdia, mentre es deixa la peça següent en la cinta

transportadora, amb l'ajuda d'una fibra òptica per detectar l'emplenament de la cinta transportadora, així evitant col·lisions. Depenent de la situació és possible l'activació d'una rampa de sortida que extreu les peces de la línia.

En arribar al mòdul 5, la cinta transportadora de canvi de mòdul utilitza una fibra òptica i un cilindre pneumàtic per subministrar els semielaborats d'un en un i facilitar la recollida per l'estació E28, aquesta recull la peça i la deixa en una posició intermèdia, d'aquí passa al platet del mòdul 5 on una fibra òptica detecta si el palet està ple o no, la fibra detecta presència de motor, per tant, en cas d'entrar un bastidor sense motor, es detectaria l'error de qualitat.

La primera estació del mòdul 5 s'encarrega d'obrir el toma terra per tal de col·locar la tapa sense col·lisions. Únicament s'activa per aquells models que sigui necessari. La estació incorpora un utilatge que en entrar dins del motor, fa contacte amb el toma terra deformant-lo fins la posició desitjada.

En cas d'estar fabricant bases d'endoll amb tapa, serà necessària la utilització de l'estació E29, encarregada de subministrar les tapes de base d'endoll amb l'obturador incorporat. El cicle comença per una tremuja que es carrega manualment en caixes de 400 unitats. Aquesta tremuja aboca un vibrador encarregat de subministrar les tapes en posició horitzontal i sempre cara amunt, però sense discriminar la posició, respecte al seu eix central. Aquestes tapes entren en una cinta transportadora on arriben a una primera barrera, on queden aïllades per diferents cilindres i una estació s'encarrega de girar 90° la tapa en cas que sigui necessari, tot controlat per fibres de visió que detecten la posició. A continuació les tapes arriben a una segona zona d'aïllament on es fixa la tapa i es clava l'obturador amb l'ajuda d'un pick and place. Aquests obturadors, de la mateixa manera que les tapes es subministren en una tremuja i un vibrador, en aquest cas arriben a un lineal en la posició correcta, on la zona final es desplaça per aïllar l'últim element. Al final de la cinta transportadora hi ha una sèrie de fibres i barreres pneumàtiques que subministren tapes d'una en una. Al final del lineal hi ha un pick and place encarregat de recollir la tapa i col·locar la en la seva en la seva posició, sobre el motor.



Figura 7. Tapa de base d'endoll i obturador.

Les peces que incorporen tapa de base d'endoll necessiten fixar la tapa al motor, aquest procés es realitza en la E30, on depenent del model, s'ajusta l'alçada del tornavís automàtic, gràcies al cilindre pneumàtic sobre el qual està muntat. D'aquesta manera, es fixa la tapa amb unes pinces i es fixa un cargol que uneix la tapa amb el motor. Aquests mateixos articles necessiten que s'activi la E30 per posicionar el toma terra en la seva correcta posició, per contacte de les falques amb el toma terra, aquest es deforma fins a la posició requerida. Per tal d'ajustar les falques, s'ha de fer manualment per un trau colís i un cargol de fixació.



Figura 8. Article final amb la tapa cargolada al motor.

Per als mecanismes amb tecla, el procés es diferent, les estacions E29B, 29, 30 i 32 no actuen, però ho fa la E34 en el seu defecte. Aquesta estació treballa amb dues pinces simultàniament, recollint un mecanisme sense tecla i deixant-lo en una cinta transportadora, a la vegada que recull un mecanisme amb tecla i l'incorpora a la línia. La cinta de sortida detecta presència de peces, parant la producció si detecta cinta plena. La cinta de tornada descarrega peça sempre que té ocasió. El clavat de les tecles al mecanisme es realitza de forma manual, de la mateixa manera que s'intercanvien els mecanismes d'una cinta a l'altre. Aquesta estació es la principal despesa en mà d'obra, requerint personal per dur a terme el clipat de les tecles i reduint el temps de cicle de la línia, de 3 s/peça a 4,8 s/peça.



Figura 9. Mecanisme amb tecla

Per totes les bases d'endoll es realitza un control de qualitat, on es revisa la presència de reblló (part metàl·lica on rosca el cargol de subjecció de la tapa) i es comprova la continuïtat elèctrica del toma terra. Aquesta comprovació es du a terme en la E35, on un punxó entra en contacte amb el reblló per la part inferior del motor, enviant un corrent elèctric que passa pel toma terra, aquest corrent, si el toma terra està en bon estat, passarà als palpadors que incorpora l'estació que estan en contacte amb el toma terra, si la estació detecta presència de reblló i conductivitat elèctrica, donarà la peça com a bona, en el cas contrari, la rebutjarà.

El producte ja està acabat i llest per encaixar, passa a l'estació E36 on un pick and place recull la peça del platet, i la recol·loca en la posició adient per encaixar, juntament amb el gir realitzat per la zona intermèdia. La mateixa estació té l'opció de desplaçar la zona intermèdia per tal de llançar la peça per una rampa de sortida, aquesta mateixa rampa pot conduir a la caixa de rebuig o la de peça a granel si es desitja. La pinça posterior del pick and place introdueix la peça acabada en l'interior i empeny aquest cap a la cinta de sortida que es dirigeix cap a l'encaixadora.

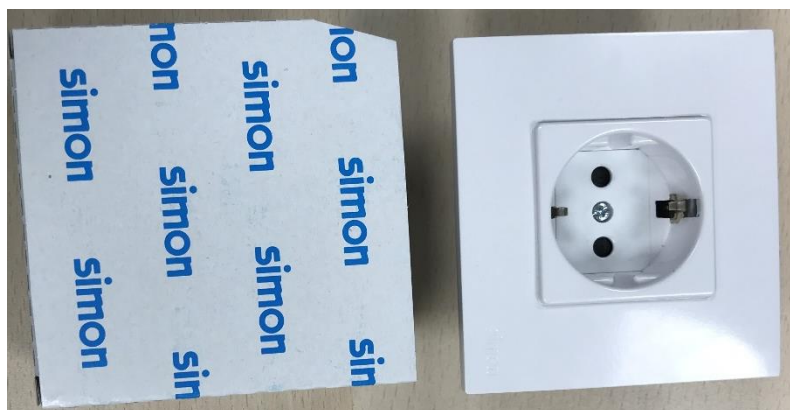


Figura 10. Interior i producte en posició d'encaixat.

Les peces arriben a l'encaixadora una darrera de l'altre, però aquestes no entren directament dins, es queden esperant a que l'encaixadora permeti l'entrada de les mateixes, un cop té la ordre de que té la possibilitat d'encaixar la següent caixa, deixa entrar 5 unitats i les desplaça cap endavant, posteriorment deixa entrar cinc unitats més, tenint dues files de cinc unitats, cada grup de cinc peces es comprova amb uns palpadors de tal manera que s'assegura que cada interior conté una peça. Aquest paquet de 10 unitats es embolicat i encolat per una caixa, anomenada expositor, que es conforma i s'extreu a la sortida de l'encaixadora.

La línia d'etiquetatge necessita ser configurada manualment per caixa gran i caixa petita, de la mateixa manera que un operari ha de seleccionar el model d'etiqueta a imprimir i carregar l'etiquetadora. El funcionament a partir d'aquest moment funciona automàticament, subministrant, etiquetant i col·locant cinta adhesiva a les caixes d'una en una.

Finalment, les caixes arriben al paletitzador, on un detector dona el senyal d'accionament al paletitzador, que prèviament ha d'haver estat configurat per un operari en funció del model que s'està fabricant. El paletitzador crea el palet en funció del programa seleccionat i empeny el palet un cop acabat, permetent guardar dos palets acabats a la sortida i un en estat de càrrega. Els operaris han d'extreure els dos palets acabats de la sortida manualment abans que acabi el següent, del contrari l'últim palet de la sortida caurà fora del paletitzador i es desfarà el palet. Els operaris han de transportar manualment els palets de dos en dos a la zona de retractilat amb l'ajuda d'un transpalet manual. Els encarregats d'aquesta tasca són els mateixos que han de donar atenció a la màquina. L'operació de portar els palets a retractilar en total ocasiona 5 minuts d'atenció d'una de les persones encarregades de portar la línia.

Com es veu, els últims tres elements de la línia són independents i requereixen de configuració manual per al canvi de model, cosa que pot ocasionar errors de qualitat per manipulació de l'operari.

4 METODOLOGIA LEAN

Abans d'entrar en la part aplicada del projecte, s'ha cregut oportú fer una petita ressenya a la teoria que hi ha darrers de la metodologia. Hi ha molta literatura escrita al respecte (Madariaga, 2013) però en aquest apartat només es farà una introducció, els elements, els principis i les eines per tal de poder entendre els capítols posteriors del projecte.

4.1 Introducció

La metodologia Lean és una filosofia basada en dos grans pilars, la producció de qualitat a un cost mínim i la satisfacció del client. Aquesta metodologia sorgeix al Japó després de la derrota a la Segona Guerra Mundial. Inicialment, es va aplicar la metodologia en la indústria automobilística a causa de la falta de matèries primeres, recursos i mà d'obra qualificada. A l'empresa Toyota Automotive, dues persones, Eiji Toyoda i Taiichi Ohnm crearen el "Toyota Production System", ara anomenat "Lean manufacturing", amb l'objectiu d'obtenir els requisits de qualitat, seguretat i augmentar la moral dels treballadors, a més de la reducció de costos, reducció dels terminis d'entrega.

Encara que es va iniciar en la indústria automobilística, el Lean manufacturing es una metodologia aplicada en una gran varietat de processos diferents, tant de serveis com de manufactura.

La metodologia Lean incideix sobre la sobreproducció, esperes, inventari, transports, defectes, despesa de processos, moviments innecessaris i subutilització de la capacitat dels empleats i els processos productius. Tot i això, hi ha un altre aspecte fonamental, i és que es basa en una filosofia de negoci, que valora la comprensió de les persones y els factors que les motiven.

Els malbarataments poden ser classificats segons la seva causa, que pot ser reduïda o eliminada amb una anàlisi i visió adequada. Es poden eliminar subministradors cars, d'acord amb els requisits de màrqueting, es poden estandarditzar components per tal de facilitar la distribució i manteniment, els processos que requereixen implicació humana es poden automatitzar i modernitzar. La realització d'aquesta anàlisi s'anomena Lean thinking, que correspon a la millora de cadascun dels aspectes possibles en la indústria.

4.2 Elements del sistema a tenir en compte

S'ha vist que l'àmbit de la producció és l'element principal que tracta el Lean manufacturing, però hi ha quatre elements restants, els quals s'han de tenir en compte si es desitja que un sistema treballi a la perfecció, aquests elements són: disseny i enginyeria del producte, la cadena de subministrament, la demanda i el client.

L'àmbit del disseny requereix d'un equip de treball format per persones de diferents àmbits amb visions i experiències diferents, que treballen conjuntament sota la direcció d'un líder expert que facilita la comunicació i coordinació.

Qualsevol empresa necessita una bona coordinació en la seva cadena de subministrament per tal de poder tenir el material necessari a temps, complint els estàndards de qualitat i a preus baixos. Lean organitza els proveïdors en diferents nivells funcionals, definint cada nivell amb responsabilitats diferents. Per exemple, un suplidor de primer nivell serà aquell que dugui a terme el disseny i desenvolupament del producte, a la vegada, aquest necessita d'un suplidor de segon nivell que subministri els components necessaris.

Seguint els principis fonamentals de la filosofia, el client es la part més important, no serveix de res fabricar de la forma més eficient si el consumidor final no està satisfet amb el producte. Per aquesta raó, l'empresa ha d'adaptar-se constantment als requeriments del mercat de la forma més ràpida possible. Toyota en el seu moment va integrar els centres de vendes i consumidors finals en diferents fases de producció. D'aquesta manera, es varen vincular els centres de vendes amb el sistema de producció, podent adaptar les quantitats de producció en funció de la demanda. Per altra banda, els clients es van vincular amb les fases de disseny i desenvolupament del producte.

4.3 Principis

La implementació de la metodologia Lean requereix un canvi en el pensament de tota l'estructura de l'empresa, amb la implicació de tots els membres que la componen. Es defineixen 5 principis per realitzar la transformació d'una empresa a passar a aplicar la metodologia de la qual parlem (Womack, et al. 2003), aquests són: Definir el valor del producte des del punt de vista del consumidor, identificar el flux de valor, assegurar un flux sense interrupcions, implementar una producció basada en un sistema *pull* i perseguir la perfecció contínuament.

Definir el valor: El valor indica quan està disposat a pagar el client pel producte o servei que s'ofereix, és fonamental entendre quins són els requisits i necessitats del client. La primera regla del Lean és crear valor per satisfer aquestes necessitats i oferir-ho al preu que el client considera que és el correcte.

Identificar el flux de valor: L'estudi del flux ens permet observar totes les operacions del procés de producció: el disseny i enginyeria, el flux de informació des que es rep la ordre de produir fins que surt el producte acabat i el flux físic de matèria primera, des que es rep fins que s'entrega al client. L'estudi d'aquests tres aspectes ens permet veure quines són les accions que ens aporten valor, quines son totes aquelles que no ens aporten valor, però d'alguna o altra manera són necessàries, en aquest cas, l'objectiu és simplificar-les o reduir-les, i per últim,

totes aquelles accions que no ens aporten valor ni són necessàries, d'aquesta manera eliminant-les totalment.

Qualsevol activitat que no agregui valor és considerada com a malbaratament (en japonès es coneix com muda). El principal objectiu del Lean es el d'eliminar tot tipus de malbaratament. Segons Ohno,1988, es consideren malbarataments, qualsevol cosa que excedeixi la mínima quantitat essencial d'equipaments, materials, parts, espai i mà d'obra per a afegir valor a un producte. Ohno defineix que hi ha set possibles malbarataments en un procés, Womack en va afegir un vuitè:

- Sobreproducció. Es dona quan la indústria produeix més del necessari, per produir abans, més ràpid o en quantitats més grans de les requerides pel client, sigui intern o extern. Això comporta una despesa de diners, temps i espai.
- Temps d'espera. Alguns estudis mostren que el 99% de la vida d'un producte durant la seva fabricació es redueix a temps d'espera. Aquests temps inclouen, esperes per tenir feina, una planificació, una ordre de treball, un accessori d'una màquina, un correu, etc. Aquest temps es considera perdut quan un procés espera que un altre acabi, d'aquesta manera trencant el correcte flux de treball.
- Inventari. L'excés d'inventari de matèria primera, en procés o material acabat provoquen l'ocupació d'espai i requereixen instal·lacions addicionals tant d'emmagatzematge com d'administració.
- Transport. No afegeix valor i comporta un cost econòmic el fet de transportar materials d'un lloc de treball a un altre. Tant pel moviment d'eines, parts de màquines, accessoris i materials.
- Defectes. El Lean confia en l'aplicació de diferents contramesures per tal d'eliminar els defectes durant el procés de producció. La baixa qualitat i la corresponent insatisfacció del client baixen el valor de mercat i la credibilitat de la marca, provocant una reducció en les vendes i el preu que el client està disposat a pagar. S'ha d'evitar en la mesura del possible la reparació de material o la repetició de processos.
- Malbarataments de processos. Es defineix com la realització d'un esforç que el client no pot apreciar.
- Moviments. Tot aquell moviment de persones, equipament que no afegeix valor al producte o servei. Algunes causes són:
 - Un Layout mal definit, que provoca recorreguts innecessaris.
 - Un mètode ineficient de la transferència de material.
 - Reorientació de materials.

- Subutilització de personal. Es dona quan no s'utilitzen les habilitats i coneixements del personal com: habilitat creativa, física i mental.

Fer que la producció flueixi sense interrupcions: El material ha de fluir al llarg de la cadena de distribució/fabricació al ritme de takt time, de forma contínua i en forma de petites quantitats fins a aconseguir fabricar i moure les peces sense interrupcions ni retorns. Veure Figura 11.

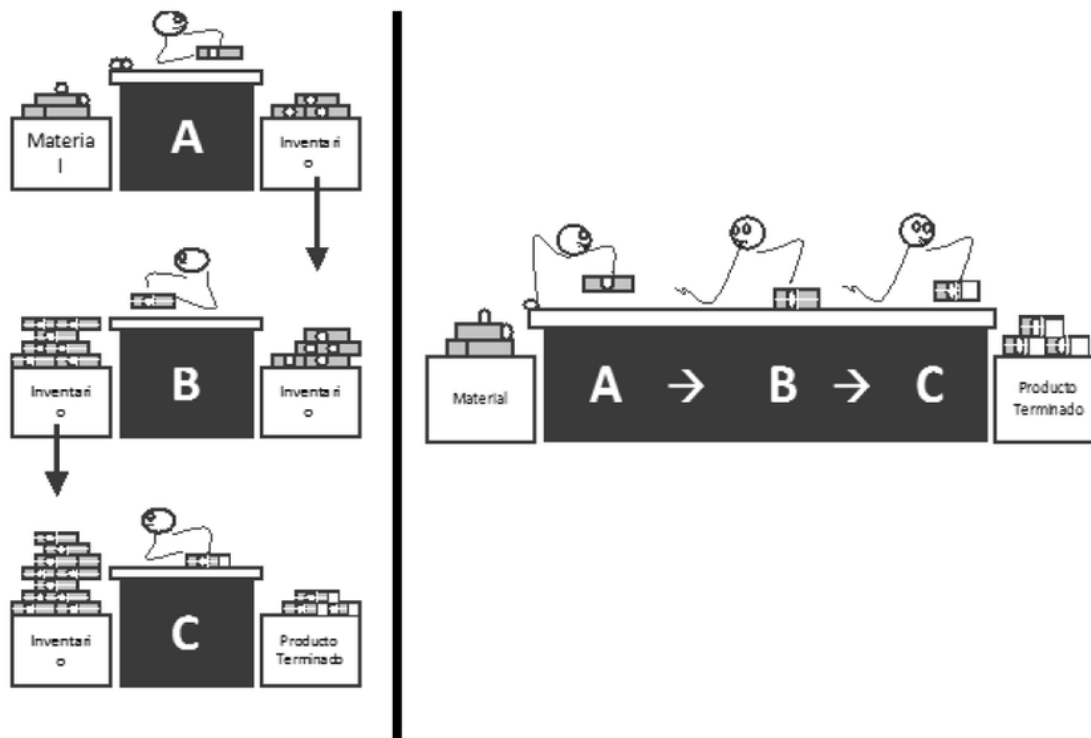


Figura 11. Producció contínua VS. Fluxe continu (Rother & Shook, 2003)

Aquest flux continu es pot aconseguir mitjançant la reducció dels temps de preparació de màquina (SMED), per aconseguir produir petites quantitats de producte, amb la possibilitat de canviar d'article contínuament.

Sistema pull: El sistema pull es basa en el fet que no s'inicia cap acció de producció si el client final no dona un senyal de necessitat. És aquest el que dona l'ordre a l'últim element de la cadena, i cadascun d'aquests elements estira l'element anterior. Consisteix a fer que el sistema de producció treballi sota comandes dels clients o en funció dels requeriments de les etapes superiors del procés. Tot el contrari al sistema clàssic push, on es tracta d'empènyer el producte cap als clients.

Perfecció: Ideologia de contínua revisió dels processos per continuar eliminant malbarataments, sempre hi ha marge de millora. El resultat d'aquests esforços es perceben en la reducció dels costos, esforç i temps de treball en totes les àrees de l'empresa.

4.4 Eines

A continuació es descriuen les eines que utilitza el Lean Manufacturing per aconseguir els objectius ja esmentats:

Sistema Kanban o supermercat

Consisteix en un sistema de reposició de material basat en targetes que contenen la informació de l'ordre de material a sol·licitar o retirar (Monden, 1996). Aquest sistema permet entregar l'ordre correcte en el moment adequat.

La funció dels supermercats entre diferents operacions del procés és la d'informar al procés aigües amunt del que ha de produir, evitant la necessitat de predir la demanda. És una forma de controlar la producció entre les dues estacions, l'estació aigües avall proporciona informació a l'operació aigües amunt mitjançant una targeta Kanban amb l'ordre de producció.

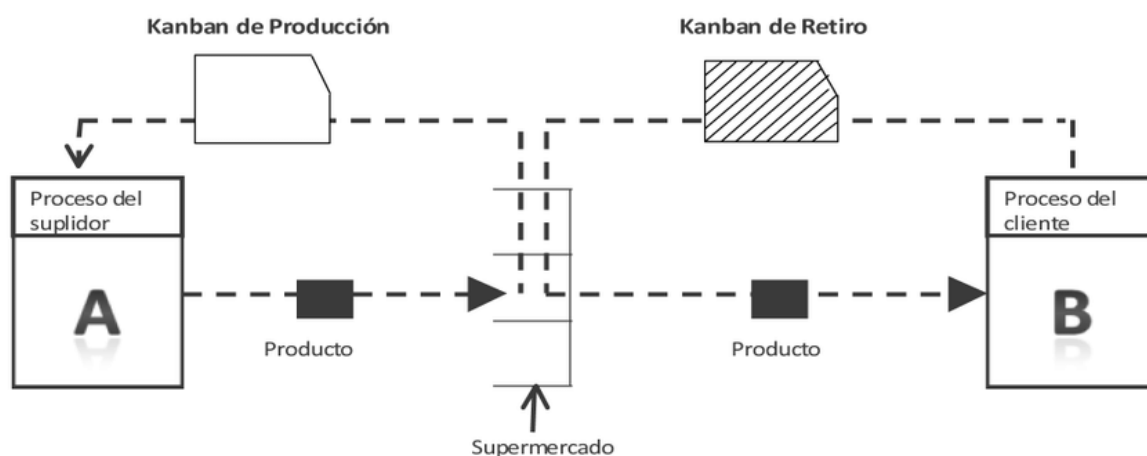


Figura 12. Sistema Kanban (Rother & Shook, 2003)

Value Stream Mapping (VSM)

El mapatge del flux de valor és una eina que, utilitzant elements gràfics, representa en una sola figura la seqüència i el flux de material i informació de tots els components en la cadena de valor, incloent-hi manufactura, suplidor i distribució a client.

Aquesta eina no inspecciona un únic procés en específic, sinó que mostra una imatge global de tot el sistema de l'empresa, tractant d'optimitzar-lo al complet, en totes les seves branques. Segons (Rother, et al., 2003) és una representació "porta a porta", incloent-hi l'entrega a client i la recepció de matèria primera i components.

Segons estudis (Lian, et al., 2007), s'ha vist que la metodologia tradicional de l'aplicació VSM no és la més adient en processos de producció dinàmics, per causa de la demanda de

temps que requereix realitzar aquest estudi. De tal manera que es planteja la utilització d'algoritmes i simulacions per convertir la demanda de matèria primera i la resta d'informació en una base de dades.

Manufactura cel·lular

Correspon a la forma d'organitzar els processos referents a un producte o família de productes en un grup o cel·la en forma de U, on s'afegeix tota la maquinària, equipament i operaris necessaris per a aquelles referències en concret.

Aquesta metodologia s'implementa per aconseguir una elevada flexibilitat de producció, que és equivalent a augmentar la productivitat ajustant i reprogramant els recursos humans. Per obtenir aquesta flexibilitat es requereix tres factors importants: una disposició adequada de la maquinària en planta (Layout), empleats polivalents i una distribució constant de les operacions als operaris, la qual cosa permetrà disminuir o augmentar la quantitat d'operaris en funció de la càrrega de treball existent (Monden, 1996).

Segons estudis realitzats sobre el camp (Aase, et al., 2004), s'ha demostrat que la distribució en forma d'U incrementa la productivitat i millora l'habilitat d'una producció fluctuant diàriament. Per contra, s'ha vist que no és en tots els sistemes que es pot implantar de forma beneficiosa. Els casos on la millora és notable són sistemes amb poques activitats i una seqüència d'activitats ben estructurada.

SMED

L'SMED és l'eina Lean que busca minimitzar el temps invertit en la preparació de màquina per canviar d'un model a un altre o en realitzar el manteniment de la màquina. La capacitat de dur a terme canvis ràpids d'article és un requisit imprescindible en una empresa que desitgi treballar de forma flexible i en petits lots.

Es diferencien dos tipus de preparació de màquina, una externa, que fa referència al manteniment que es pot fer mentre la màquina està en funcionament i una interna, que és aquella que requereix la màquina parada per poder fer-se. L'objectiu és de convertir el màxim possible les preparacions internes en externes per tenir el màxim de temps possible la màquina activa.

TPM (Manteniment Productiu Total)

Aquesta eina proporciona el coneixement necessari als operaris regulars per poder dur a terme les operacions bàsiques de manteniment i la capacitat de resoldre anomalies en la màquina, buscant prevenir problemes en comptes de corregir-los, maximitzant la disponibilitat dels equips.

Els operaris s'afegeixen en les tasques de manteniment i monitoratge dels equips, ja que són aquests els més propers a les màquines, amb la finalitat de prevenir i advertir qualsevol mal funcionament.

Poka-Yoke

Anomenat com sistema a prova d'errors, implementa mecanismes senzills per tal d'assegurar que les operacions es duen a terme de la forma correcta. Els Poka Yokes tenen diverses funcions: seguretat de personal, protecció d'equips, prevenir defectes, informar d'incorreccions i d'autocontrols.

En el moment de la seva introducció com a metodologia recurrent a la fàbrica Toyota, Shinago afirma que la causa dels errors és per part dels operaris i els defectes en les peces fabricades era degut al fet que no es corregien. D'aquesta manera els poka yoke neixen amb dues finalitats:

- Impossibilitar els errors humans, com per exemple els cables USB, que permeten únicament el connexionat en la posició correcta.
- Ressaltar els errors comesos per fer obvi el causant del problema. A Toyota es va implementar en l'exemple següent, un operari havia de muntar dos polsadors en un dispositiu, incorporant una molla en cadascun dels polsadors, per fer evident si havia col·locat les molles, la metodologia de treball que havia de seguir era, deixar dues molles sobre la taula de treball cada cop que feia un article, d'aquest amanaera, si no posava una d'elles, podria veure-ho, perquè continuaria sobre la taula.

5s

L'objectiu de les 5s és la de millorar l'espai de treball, amb l'objectiu de facilitar el flux de materials i persones, reduint, d'aquesta manera els errors i el temps. Aquest mètode consta de 5 punts:

- Sieri (Organització), fa referència a l'organització de les eines i els materials que són necessaris per al procés i eliminar tots aquells que no siguin necessaris.
- Seiton (Ordre), col·locar els articles de forma organitzada, mantenir els productes o matèries primeres amb més sortida o utilització a la part més accessible, mentre els productes residuals o de menor utilització quedarien més amagats.
- Saiso (Neteja), manteniment de la zona de treball sempre neta.
- Seiketsu (Estandardització), es refereix al seguiment dels anteriors punts periòdicament per conservar el bon manteniment de la zona de treball.
- Shitsuke (Disciplina), responsabilitzar i formar als treballadors de seguir aquestes normes com a part del seu treball diari.

Indicadors

La creació d'indicadors i el monitoratge i seguiment del progrés d'un pla de millora continua proporciona informació essencial de la situació dels processos. Els indicadors han de ser mostrats i visibles per a tot el personal. Entre altres, s'acostumen a utilitzar els següents: entregues a temps, utilització de l'espai, temps d'entrega, temps de cicle, etc.

Kaizen

Kaizen, unió de les paraules japoneses Ki-zen, traducció de les quals vol dir Millora Contínua.

Com a conclusió de l'aglutinament de totes les eines esmentades anteriorment i la constant aplicació d'aquestes en els processos, la investigació de punts de millora i l'objectiu de ser l'empresa perfecta són la perfecta descripció de Kaizen. L'única forma possible de portar una empresa cap a la perfecció és a través de la millora contínua.

5 CONTROL DE PROCÉS I INDICADORS

Amb la finalitat d'avaluar l'estat dels processos, el rendiment i estudiar l'evolució dels mateixos al llarg del temps, es defineixen diferents indicadors que tenen en compte diferents aspectes com el volum de fabricació, el compliment del pla de producció i els temps de producció efectius.

5.1 OEE

Com es mostra a l'ANNEX A: Càlcul de l'OEE, tenim en compte diferents aspectes a l'hora del càlcul d'aquest indicador, que són la disponibilitat de la línia, l'efectivitat i el control de qualitat.

Disponibilitat

La disponibilitat és un indicador que determina la quantitat de temps que la màquina ha estat en estat actiu i disponible per produir dins de les hores que s'han programat per treballar.

Ex: Dins d'un torn de 8 hores es planifica treballar 7 hores i 40 minuts, a causa del temps de descans dels treballadors. Dins d'aquestes 7 hores i 40 minuts, sorgeix una avaria de 2 hores, de tal manera que la línia estat disponible per treballar únicament 5 hores i 40 minuts dins de les 7 hores i 40 minuts que hauria d'estar disponible.

Amb aquesta dada podem veure percentualment la quantitat de temps de disponibilitat.

Efectivitat

Per al càlcul de l'efectivitat també es tindrà en compte el temps de màquina disponible per treballar, en el cas anterior 7 hores i 40 minuts. Per calcular l'efectivitat es té en compte el volum d'unitats fabricades i el temps de cicle al qual va la màquina, d'aquesta forma, es calcula teòricament quant de temps hauria de trigar la màquina a produir x nombre de peces. Aquesta dada es compara amb el temps en què la màquina ha estat disponible i es pot comprovar i veritablement la màquina ha treballat a temps de cicle o del contrari, hi ha hagut anomalies que han afectat el temps de cicle de producció.

Qualitat

Portant un registre del rebuig de peces de la màquina es fa una comparativa entre el total de peces bones que s'han fabricat amb el total de peces bones i dolentes, d'aquí es pot veure un percentatge que hauria de ser proper al 100%. En el nostre cas, per la complexitat de la línia i la seva relativa novetat, ja que un cop dutes a terme les modificacions per part del proveïdor, no s'han estabilitzat tots els punts de variabilitat de la línia, actualment s'accepta un índex de qualitat del 95%, la qual cosa vol dir que podem tenir un rebuig d'un 5% de peces dolentes.

5.2 Compliment PDP

Segons el temps de cicle i la disponibilitat habitual de les línies de producció, es fa una planificació de la producció, on s'indiquen les quantitats i referències que s'esperen fabricar.

Aquesta dada, juntament amb les dades de producció reals es comparen i d'aquesta forma es pot obtenir el percentatge de producció real que s'ha fabricat.

$$\%PDP = \frac{N^{\circ} \text{ unitats produïdes}}{N^{\circ} \text{ unitats planificades}}$$

5.3 Avaries

Per tal d'analitzar les avaries i gestionar les accions de l'equip de manteniment s'utilitza una plataforma GMAO (sistema de gestió de manteniment assistit per ordinador), en el qual es crea un registre de totes les avaries de la planta, amb la informació següent:

Codi d'avaria, estació on s'ha produït l'avaria, dia i hora tant d'obertura com de tancament de l'avaria, tipus de manteniment (mecànica, elèctrica, correctiu planificat, millora), descripció de l'obertura del tiquet, descripció de l'avaria i descripció del tancament del tiquet, temps d'entrega (des que s'obre el tiquet fins que es tanca), temps de resolució (temps d'execució del personal de manteniment) i operari de manteniment assignat.

Registre en ANNEX D: Registre d'averies

5.4 Registre

Per tal de registrar les dades de producció, avaries, temps de canvi i peces planificades s'utilitzen dos sistemes:

Diari per torns de producció

En un dels sistemes, es registren en els diferents torns del dia, les dades de producció, temps de producció, temps d'averies, temps de canvi d'article, entre d'altres que es mostren a continuació:

Taula 1. Registre d'indicadors diari per torn

		Peça	Màquines	HORES PRODUCCIÓ	Torns	Tcicle (peces /hora)
2796_96	TORN DE MATINS	Ref.	1	X	X/7,75	
2796_96	TORN DE TARDES	Ref.	1	X	X/7,75	
2796_96	TORN DE NITS	Ref.	1	X	X/7,75	
TOTAL			1			

MEM 75 (HENSA)										
TOTAL PROD	H. treballades	Nº Canvis	Hores canvi	proves	Averia utilitatge	H. Av.maquina	Falta material	Falta energia	Hores organitzatiu	COMENTARIS
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Diari total

Amb totes les dades del registre per torns, es crea una taula de registre diari, on es fa una comparativa setmanal, on es registren els resultats de la taula mostrada anteriorment i es fa una avaluació de l'OEE i PDP tant diari com setmanal.

Taula 2. Registre d'indicadors per dia i setmana

	27/6/22				28/6/22				29/6/22				30/6/22			
	Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	%	% PDP Wk	Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	%	% PDP Wk	Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	%	% PDP Wk	Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	% PDP	% PDP Wk
MEM 75																

1/7/22				2/7/22				3/7/22						
Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	%	% PDP Wk	Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	%	Acc. Wk	Plan. (Ku.)	Prod (Ku)	%	Acc. Wk	Total Plan. (Ku.)	Total Prod (Ku)	Diferencia (Ku)

% OEE TARGET	% OEE REAL Wk	% OEE REAL DAY

6 MILLORES APLICADES

6.1 SMED

La metodologia Lean exigeix velocitat en el temps de canvi per tal de poder fer una fabricació flexible, de sèries curtes i amb gran variabilitat. En aquesta línia es treballa seguint aquesta metodologia, per tant, es requereix canvis de model ràpids. Actualment, hi ha certs punts que provoquen temps d'espera pel fet que necessiten una gran manipulació per tal de realitzar el canvi de model. Hi ha dos punts de la línia on s'ha incidit per millorar l'OEE.

E23

L'estació E23 incorpora quatre porta-punxons independents, que requereixen ser canviats depenent del model que es desitgi fabricar. Com es mostra a la Figura 6 Punxó amb gravat de codi i bastidor gravat per estampació Figura 6, consisteixen en una sèrie de números individuals que han de ser creats en el moment per part del mecànic. A més, el mecànic ha d'anivellar els quatre porta-punxons amb l'ajuda de gruixos metàl·lics, per tal de repartir la força de la premsa en els quatre punxons, aquesta tasca únicament es pot realitzar amb el mètode de prova-erros, i s'ha de realitzar amb canvis de gruix d'entre 0.05 i 0.5 mm, ja que el fet d'afegir més gruix en un punxó provocarà que el punxó en posició diagonal perdi força de gravat.

A continuació es mostra una taula amb el temps requerit pels mecànics en dur a terme el canvi de model en la situació inicial.

Taula 3. Temps de canvi model en premsa març 2022.

Dia	Obser. Tancament	Temps Entrega (h)	Temps Resolució (h)
02/03/2022	Cambiar marcas y suplementos pinzas E36	1,15	1
07/03/2022	Cambiar marcas.	0,45	0,45
09/03/2022	hacer cambio	1,03	1,03
10/03/2022	hacer cambio	0,65	0,65
11/03/2022	S'ha realitzat el canvi segons el model de peça.	1,12	1,08
11/03/2022	hacer cambio	1,05	0,87
14/03/2022	Cambiar marcas artículo.	1	0,92
14/03/2022	Cambiar marcas artículo. Probar la nueva marca AENOR	0,9	0,75
22/03/2022	Se han cambiado las marcas de la prensa.	0,99	0,92
23/03/2022	Cambiar marcas prensa.	1,2	0,83
23/03/2022	Hacer cambio	1,27	0,97
28/03/2022	Cambiar marcas	2,27	1,78
29/03/2022	Cambiar las marcas	0,42	0,42
31/03/2022	Cambiar marcas	1,38	1,33
31/03/2022	hacer cambio	1,27	1
		Mitjana	0,94

Aquesta operació es detecta com una gran despesa i es tracta d'eliminar de diferents maneres, es creen múltiples porta punxons i es creen punxons amb un codi individualitzat, cadascun d'ells gravat per làser amb una referència que apareixerà en la càrrega de treball del model a fabricar.

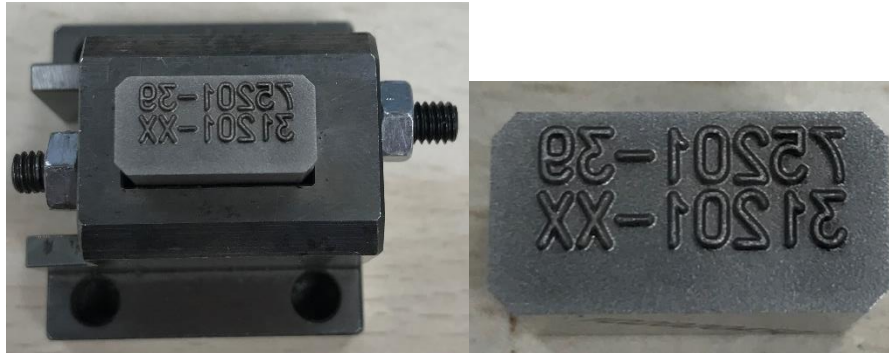


Figura 13. Punxó de codi individualitzat.

D'aquesta manera s'evita la necessitat de crear el codi de punxonat i la possibilitat d'errors comesos per part del personal encarregat de fer el canvi de model. La creació de nous porta-punxons donen la possibilitat d'anivellar els punxons amb més sortida, models anomenats triple A, d'aquesta manera, en el moment de fer un canvi de model, s'evita que un mecànic anivelli els punxons amb gruixos metàl·lics.

Es demanen 18 punxons gravats i marcats amb làser, amb un cost individual d'entre 25 i 30 €/unitat.

Es fabriquen 6 porta-punxons amb un cost individual de 45 €/unitat.

Els costos mostrats són de fabricació interna.

Formador d'interiors i encaixadora

El següent punt d'actuació en la reducció dels temps de canvi de model són el formador d'interiors i l'encaixadora. Aquests dos elements s'han d'ajustar únicament per la fabricació de dues referències, 2890432 i 2791432, que són les dues referències que requereixen un encaixat en interior gran i caixa expositora gran. Aquestes dues referències tenen una sortida baixa, de 3000 unitats per referència al mes, de tal manera que es programa la seva fabricació seguida una després de l'altre, per aprofitar la configuració de l'encaixadora i formador d'interiors.

Actualment, el temps de canvi per als dos elements esmentats és de 50 minuts, amb la necessitat de l'assistència d'un mecànic.

La línia automàtica treballa en l'actualitat en aquestes condicions, sense l'aplicació de millores més enllà de la planificació ja esmentada.

Es consideren futures línies d'actuació, que, degut al baix impacte, queden en segona posició per treballar sobre ells.

6.2 Layout

El transport de materials pot ocasionar grans pèrdues de temps, de la mateixa manera que l'emmagatzematge en grans quantitats ocupa volum i crea una despesa de mà d'obra per documentar i portar un registre.

És per aquest motiu que en la línia automàtica d'assemblatge de la que tractem es treballa amb un sistema pull, en el qual, el que es fabrica crea comandes a les línies anteriors per tal de generar el material amb poc marge de temps.

Per aquest motiu, s'ha incorporat un sistema d'abastament de material mitjançant targetes Kanban i s'han definit unes zones de supermercat per crear un petit buffer a peu de línia.

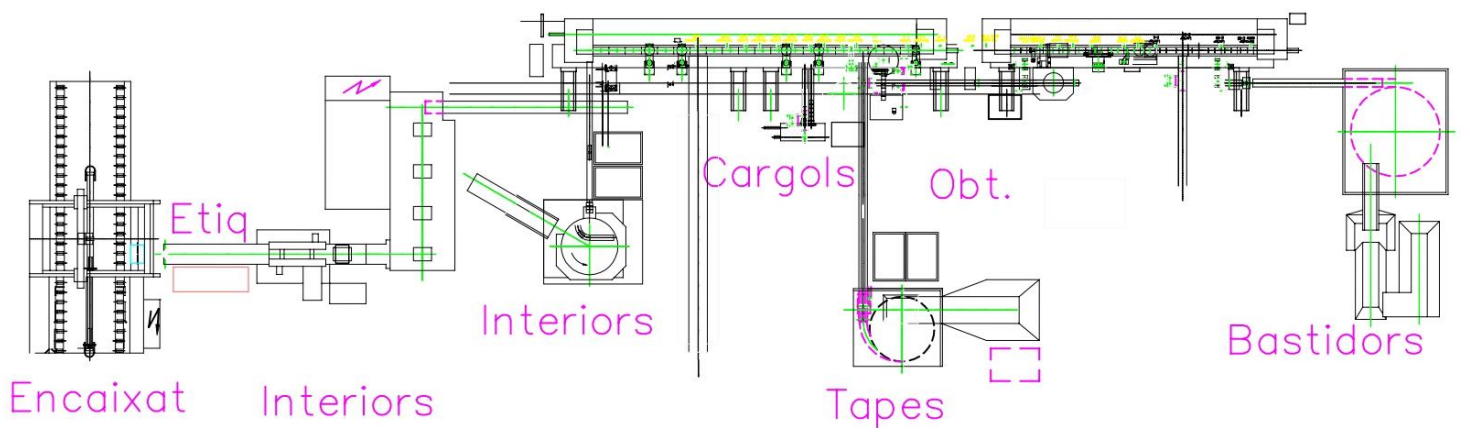


Figura 14. Layout de línia

6.2.1 Supermercats

A peu de línia es defineixen zones d'emmagatzematge de material, com es mostra a la Figura 15, aquestes zones estan identificades amb la referència de material que corresponen i calculades en funció de la sortida de material, deixant més espai al triple A i en una posició més propera a la zona de descàrrega.

El material es distribueix en caixes plàstiques de mesura estàndard sobre un petit carro amb rodes, anomenats roller, aquests rollers es poden unir uns amb altres per tal de crear un tren, de forma que facilita la distribució en planta. Gràcies a aquesta configuració, es poden definir **milk runs** periòdicament per abastir tota la planta de material.

Aquests supermercats estan disposats per guies metàl·liques per tal d'assegurar la posició del roller i optimitzar l'espai.

Milk run: Milk run es un terme utilitzat en logística, que consisteix en un mitjà de transport que té un recorregut definit, amb una periodicitat definida, en el qual es recullen i distribueixen materials.



Figura 15. Supermercats

6.3 Targetes Kanban

De la mateixa manera que s'implementa un sistema pull i uns petits supermercats de distribució, es necessita una forma ràpida d'avis entre seccions per tal de coordinar lots petits de fabricació i canvis ràpids de model.

Per aquest motiu, s'implanta la utilització de targetes Kanban en tota la planta, de tal manera que en el moment que es consumeix un material en la línia final, s'envia la targeta Kanban d'aquest article aigües avall en la cadena de fabricació, per donar l'avis per fabricar aquesta referència. Aquest sistema segueix la seqüència següent:

1. **Picking:** Es recullen les peces del supermercat segons les necessitats de consum del procés. Les targetes Kanban es retiren del roller o caixa.
2. Les targetes Kanban es col·loquen a la caixa de substitució de lot fins que s'arriba al lot d'enviament al proveïdor.
3. El lot es col·loca en el carril llançador de lots, que no és més que una zona on s'acumulen els lots de fabricació que es demanen al proveïdor, i es defineix la seqüència de producció.
4. Quan s'ha finalitzat la producció d'una unitat Kanban, l'operari col·loca una targeta Kanban de les que componen el lot de producció.
5. La unitat Kanban es trasllada a la zona de consum.



Figura 16. Targeta kanban en blanc.

6.4 TPM

La línia automàtica MEM75 és una reinvençió d'una antiga línia de producció, rehabilitada i reformada per a fer una funció diferent de la idea original, ja que s'ha de tenir en compte que gran part dels components que formen la línia automàtica han estat en funcionament durant un període de temps que pot estar entre els 0 i 22 anys.

En la seva remodelació es va canviar tot el cablejat i sistemes de control i accionaments pneumàtics, a més d'una posada a punt dels sistemes mecànics i automàtics, com poden ser els cilindres, detectors, fibres, cintes, etc.

D'aquesta manera, ens trobem amb una línia formada per components que poden patir avaries amb facilitat, la durada de les mateixes es mostra en la taula següent, on es fa un recull d'avaries durant un més de producció on no s'ha implementat el TPM:

Taula 4 Registre d'avaries març 2022

Element	Dia	Obser. Tancament	Temps Entrega	Temps Resolució
999999595 HEN E23	02/03/2022	Cambiar regulador del vertical delantero a reposo. Regulador roto.	0,2	0,2
999999599 HEN E27	02/03/2022	Canviar el conector per que estava trencat per degradament.	1,72	0,5
999999412 HEN E36	02/03/2022	Giro comunicado, ajustar salida de los interiores	1,46	1,43
999999596 HEN E23 B	02/03/2022	Tornillos flojos	2,02	0,75
999999419 HEN E36	02/03/2022	Tubo doblado por el movimiento	0,19	0,19
999999400 HEN Transfer 4	03/03/2022	S'ha fet comprovacions i he canviat el detector inductiu ja que no canviava d'estat.	0,27	0,17
999999595 HEN E23	03/03/2022	El horitzontal quedara agarrotat al desplezarse endebant, s'ha tingut que pocicionar de nou el topall del darrera, ajustar cargol horitzontal en treball, ajustar cargol horitzontal en repos, afluxar bruda horitzontal a repos per posar vertical recta, el teniem dominat a la dreta, cs'ha canviat un amortidor del horitzontal a treball.	1,34	1,34
999999594 HEN E22	03/03/2022	Cambiar Detector trencat	141,53	141,53

999999594 HEN E22	03/03/2022	Havia un cargol descollat fent fent que l'horitzontal no pogues arribar a lloc, s'ha collat el cargol al seu lloc i es comprova funcionament maquina.	0,25	0,17
999999400 HEN Transfer 4	03/03/2022	s'ha posicionat el transfer.	0,17	0,17
999999407 HEN E30	04/03/2022	Se ha cambiado el regulador de la amortiguación, el detector del par y ajustado la altura de atornillado. No acaba de funcionar y se abre una OTA para que se lo mire Toni.	1,33	1,25
999999595 HEN E23	04/03/2022	casquillo salido	1,88	1,72
999999584 HEN Empenyedor de celdilles	04/03/2022	vertical torcido	1,21	1,15
999999419 HEN E36	04/03/2022	amortiguador suelto	0,56	0,28
999999413 HEN Transfer 5	08/03/2022	Comprobar estación. La estación, chafa el toma tierra , suplementar pinza trasera para probar. Se ha tomado la decisión de anular la estación, hasta modificar las cuñas que cierran los toma tierras.	1,33	1
999999594 HEN E22	11/03/2022	Cambiar amplificador de fibra optica	0,52	0,52
999999412 HEN E36	13/03/2022	Cargol de tope vertical a treball trencat.	0,22	0,22
999999595 HEN E23	14/03/2022	Cambiar la pinza del vertical delantero. Se ha roto el tornillo del embolo que mueve las pinzas.	0,83	0,67
999999599 HEN E27	15/03/2022	S'anava a fer el canvi de model es prepara el material i degut a l'averia del e27 no s'ha pogut ni començat es deixa pendent al següent torn l'averia del e27. Despres de sanejar cable inductiu i conector multifilar. el mateix dona problemes de continuïtat dels 24Vdc. Es procedeix a passar cable directe a modul, com han fet en altres estacions, per evitar aquest connector multifilar.	7,8	7,75
999999564 HEN M. Encaixadora	17/03/2022	S'ha realitzat comprovacions i s'ha trobat que el plc li faltava una señal per fer el següent pas, la señal era la de detector inductiu del empenyador sortida (la llum de detecció s'engegava pero la senyal no li	-22,75	0

		arribava , s'ha fet comprovacions i s'ha trobat que el connector de tant en tant no donava señal , s'ha canviat el connector i s'ha comprovat el funcionament maquina.		
999999595 HEN E23	18/03/2022	Cambiar detector pinzas D23-7.	0,88	0,5
999999568 HEN Conformat de caixes blava	19/03/2022	S'ha purgat i canviat la boquilla d'un costat ja que estava embusada. Preventiu: netejar disposit, pulgar mangueras, canviar filtres i revisar l'altre boquilla si esta embussada.	0,3	0,3
999999595 HEN E23	20/03/2022	Comprovar detector i conectar-lo correctament. Estaba el conector desconectat.	0,16	0,16
999999564 HEN M. Encaixadora	20/03/2022	Posicionar final de carrera, interiors girats.	0,07	0,07
999999595 HEN E23	20/03/2022	S'ha realitzat comprovacions i havia un connector del vertical agafada desconnectat. Segurament s'haurà desconnectat degut als moviments de la maquina.	0,18	0,18
999999412 HEN E36	21/03/2022	Cambiar fibra E36	0,53	0,5
999999574 HEN Impressora	21/03/2022	<u>Sin señal</u>	0,52	0,52
999999594 HEN E22	22/03/2022	S'ha tret la rosca trencada i s'ha canviat el cargol. Li falta un amortiguador que no trobo a recanvis, seguire buscant.	0,75	0,55
999999412 HEN E36	22/03/2022	Cilindro cumunicado y rigido	1,96	1,96
999999599 HEN E27	22/03/2022	S'ha realitzat comprovacions i havia un connector desconnectat, s'ha connectat.	0,97	0,12
999999419 HEN E36	23/03/2022	El cilindre un dels dos eixos guiats trencat només treballa un s'ha intentat buscar el recanvi i no hi havien. S'ha collat el bastac del cilindre i es comprova funcionament maquina.	0,48	0,42
999999411 HEN E35	24/03/2022	S'ha fet comprovacions electricas i s'ha ajustat i collat el comprovador d'abaix. Averia mecanica perque el comprovador d'abaix del transfer s'havia desplaçat de lloc i els cargols trets, posiblement haura rebut algun cop.	1,17	1
999999402 HEN Canvi	25/03/2022	S'ha connectat el connector inductiu, si tornes a treures s'haurà de canviar.m'he	0,42	0,25

palets inici transfer 4		fixat qque hi han molts connectors que es treuen amb facilitat ja que són molt antics.		
999999425 HEN Est. orientador de tapes	25/03/2022	S'ha realitzat comprovacions i havia un connector de fibra que no feia bona connexió s'ha connectat.	0,15	0,15
999999599 HEN E27	25/03/2022	Detector roto	1,12	1
999999413 HEN Transfer 5	29/03/2022	Cambiar el muelle del enclavamiento del final del retorno del transfer.El mulle esta roto por lo que el enclavamiento no retrocede y no deja pasar el platillo	0,75	0,75
999999411 HEN E35	30/03/2022	S'ha realitzat comprovacions i s'ha collat el comprovador d'abaix.Mecanica ja que els cargols del comprovador s'han afluixat i algun s'ha tret.Preventiu; revisar alçada del comprovador d'abaix suposo que els cargols s'ha afluixat amb el cops.	0,55	0,37
999999560 HEN M. Alimentació de bastidors	30/03/2022	Cambiar tope cambio de altura del vertical trasero. Queda agarrotado y no gira.	0,85	0,75
999999594 HEN E22	30/03/2022	Palanca desgastada	0,73	0,73
999999584 HEN Empenyedor de celdilles	31/03/2022	TERMICO SALTADO	0,48	0,47

És per aquest motiu que es dissenya un sistema de manteniment preventiu, per tal de prevenir avaries que podrien ocasionar una parada no programada de la producció. La implantació del sistema es realitza a partir del 15 d'abril amb la freqüència que s'indica a continuació.

Aquest sistema es divideix en tres parts:

Manteniment de nivell 1: Es defineix com manteniment de nivell 1 a una sessió de la durada d'un torn de treball, on personal especialitzat en mecànica i electricitat dediquen els seus esforços en executar tasques de manteniment preventiu amb una periodicitat d'un cop cada dues setmanes.

Les tasques de manteniment de nivell 1 estan definides a l'ANNEX C.1. Manteniment de nivell 1

Manteniment de nivell 2: Definim com a nivell 2 el manteniment i neteja que realitzen els operaris a l'hora que es realitza el manteniment de nivell 1, aquest manteniment està més enfocat a neteja i ordre, ja que el personal encarregat de realitzar aquest tipus de manteniment és personal sense formació en mecànica ni electrònica. La freqüència i durada d'aquest manteniment és la mateixa que el nivell 1.

Les tasques de manteniment de nivell 2 estan definides a l'

Nom: IT.FO.MN.239 MN PREV. N1 LÍNIA AUTO. 96.pdf

ANNEX C.2. Manteniment de nivell 2

Auto manteniment: L'auto manteniment es una revisió diària dels elements de seguretat i neteja dels elements més crítics de la línia. Aquest es du a terme a l'inici de cada jornada laboral amb una durada de 15 minuts. D'aquesta forma s'assegura el bon funcionament de tots els sistemes de protecció durant la jornada laboral.

Les tasques d'auto manteniment estan definides a l'ANNEX C.3. Auto manteniment

6.5 Poka-Yoke (auto controls qualitat)

Per tal d'assegurar la qualitat dels components que es fabriquen a la línia, es realitzen controls de qualitat periòdicament, al cap de 1800 unitats fabricades si no és un article amb elevades probabilitats d'errades de qualitat.

Per tal de dur a terme els controls de qualitat es creen formularis on s'indiquen totes les fases a controlar diferenciant cada tipus d'article, aquestes fases són:

1. Comprovació de referència correcta, tipus de color d'acabat i marques d'homologació corresponents en bastidor. L'ordre de treball conté les referències correctes de marcatge en bastidor.
2. Inspecció visual d'aparença amb l'ajuda de lupa i il·luminació, on es du a terme una comparació amb mostres prèviament definides com **mostres en estat correcte i incorrecte**, per tal de definir els **límits de qualitat** sobre els quals s'accepta un article o no. Aquest examen visual busca determinar imperfeccions de qualitat com ratllades, defectes d'injecció o de compressió, la falta d'un component, o el mal estat d'un d'ells i la brutícia que pot acumular l'article final.
3. **Avaluació de la funcionalitat**, es fan proves a nivell de funcionament. Es mesura l'obertura del toma terra amb l'ajuda d'un calibre passa no passa, definit amb els límits d'acceptació de l'obertura d'un toma terra. Es fan proves de retenció dels orificis d'endoll, amb l'ajuda d'un calibre amb forma d'endoll llastrat, si la retenció suporta el pes del calibre, es considera com peça bona.
4. Control visual de packaging i etiquetat. Es revisen dues caixes aleatòriament i es comprova la correcta formació dels interiors i la caixa expositora, un correcte encolat i acabat i una etiqueta ben impresa i enganxada.

6.5.1 *Dummys test elèctric*

S'ha comentat amb anterioritat l'existència d'un test elèctric en l'estació 35, un test amb una elevada ocurrència d'avaries, és per aquest motiu, que es creen dos dummys per tal comprovar el bon funcionament de l'estació.

A l'inici de cada torn es realitza la prova amb dos articles modificats manualment per tal de fallar el test elèctric, de tal manera que es comprova si la E35 té la capacitat de detectar si aquests articles són incorrectes i rebutjar-los.

Dummy- Anomenem dummy a una peça de prova que simula una peça real.

6.5.2 *Manual d'instruccions*

La línia MEM75 treballa durant tres torns al dia amb torns rotatius, amb dues persones per torn, per aquest motiu, és possible que el personal d'un determinat torn no tingui el coneixement suficient per manipular correctament els equips. Per tal de solucionar aquest problema, es tracta de compartir i estandarditzar el coneixement. Es crea un manual d'instruccions internament per tal d'ajudar als operaris a entendre el funcionament i guiar-los en la manipulació de la màquina. És essencial, per dur a terme aquest manual fer el que anomenem com gamba walk, que consisteix a situar-se a peu de màquina i veure de primera mà les dificultats que sorgeixen durant la producció i la metodologia de treball que es segueix, comunicant-se amb els operaris i portant un registre d'incidències, d'aquesta manera, es realitza una millora contínua i una constant actualització del manual, així deixant constància del coneixement per a futures incorporacions de personal i facilitant la formació.

Consultar manual d'instruccions a l'ANNEX B: Manual d'Usuari

7 IMPACTE

7.1 Taxa horària línia

Per tal de dur a terme una avaluació econòmica adient de l'impacte de les millores i els costos d'oportunitat de tenir la línia aturada, a continuació es fa un desglossament dels costos fixos i variables de la línia de producció.

Taula 5. Tarifa horària màquina

Tarifa horària màquina (€/hora)				
Variable	MOD V	TARIFA MOD		Total variable
	PAS V	TARIFA PERSONAL AUXILIAR SECCION	38	
	MAQ V	TARIFA MAQUINARIA Y UTILLAJES	17.28	
	MOLD V	TARIFA MOLDES Y MATRICES (MAF)		
	GRAL SECC + IND V	TARIFA GENERALS SECCIÓ + INDIRECTAS		
Fixe	MAQF	TARIFA MAQUINARIA Y UTILLAJES	4.03	Total fix
	MOLD F	TARIFA MOLDES Y MATRICES (MAF)		
	GRAL SECC + IND F	TARIFA GENERALS SECCIÓ + INDIRECTAS	17.15	
	I+D F	TARIFA SECCIONS I+D	14.13	
Total			90.59	

Considerem com costos variables el cost dels operaris, que podrien treballar o no en la línia depenent de la necessitat. També es considera variable els costos de tenir la maquinària en funcionament, electricitat, aire comprimit etc.

Com costos fixos tenim tota mena d'amortitzacions de la màquina.

A efectes de càlcul, es tindran en compte els costos variables en el cas de considerar una avaria, un canvi d'article o una parada no planificada.

En cas d'avaria, es considera la **intervenció d'un mecànic**, la qual cosa suposa un sobre cost de **24 €/h**.

Respecte al **cost d'oportunitat** de producció en el cas d'una parada, és a dir, tot el que s'ha deixat de guanyar per falta de producció, es considerarà com una fallada de rendiment i no com un cost econòmic, pel fet que el producte sortint de la línia no té un cost fix de mercat, ja que pot ser venut a petit comprador o grans consumidors. A més, els costos de fabricació s'han de distribuir entre totes les línies de producció prèvies que han format part en la producció dels components, la qual cosa dificulta extreure el marge de benefici real.

En tot cas, si és necessari el càlcul d'aquest cos, s'utilitzarà un preu de venda al públic mitjà de 4.5 €

7.2 Revisió indicadors

7.2.1 Avaries

Es disposa d'un registre d'avaries de la línia, des del 01 de gener de 2022 fins al 31 de juliol de 2022, amb aquesta informació es pot analitzar la tendència de la línia, de tal manera que es veu quin impacte està tenint l'aplicació de manteniment sobre la mateixa.

Gràcies a la creació d'un registre dividit entre estacions, es poden analitzar tots aquells punts amb elevada ocurrència d'avaries, de tal manera que es poden realitzar millores o revisar la freqüència del manteniment preventiu. Aquest manteniment està en la seva primera versió, així que gràcies a aquest anàlisi, es podran redefinir els manuals de manteniment, canviant els punts a revisar, les prioritats i la freqüència de revisió.

A continuació es mostra un gràfic que recull tot el **temps de resolució de les avaries**, des de l'inici del registre fins a l'últim dia, agrupant el temps de resolució per dies:

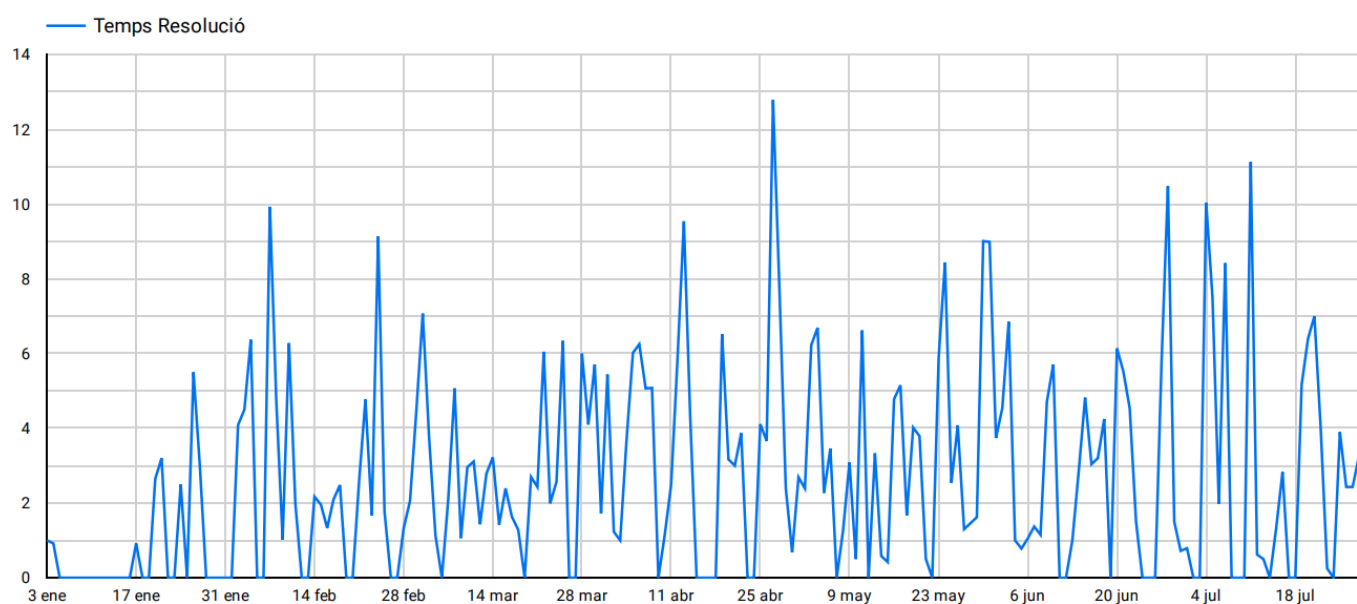


Figura 17. Evolució del temps d'avaria diari

Cal tenir en compte, que durant els quatre primers mesos de funcionament de la línia no s'ha dut a terme un registre exacte amb el GMAO, de tal manera que s'ha de considerar que existeixen aproximadament un 40% més d'avaries durant els mesos de gener, febrer i març que el que es mostra enregistrat. A partir del mes d'abril s'han controlat les accions de manteniment, on sempre que es realitza una manipulació, aquesta ha de quedar enregistrada.

Afegit a aquesta premissa i tenint en compte que del dia 01 de gener al 25 de febrer només s'ha treballat durant el torn de matí i tarda, el que es resumeix com 7,45 hores menys de treball i menys possibilitat de tenir una avaria.

D'aquesta manera podem observar el gràfic amb una visió més realista, observem que no hi ha una clara línia de descendència del temps d'avaría, que és el que haguéssim desitjat en la implantació de manteniment a partir del 15 d'abril, però, tenint en compte les premisses esmentades, podem afirmar que la línia no ha empitjorat, que seria el previst, tenint en compte el deteriorament dels components antics.

Per altra banda, es pot fer una **comparació per estacions** i el **volum d'avaries** que han patit.

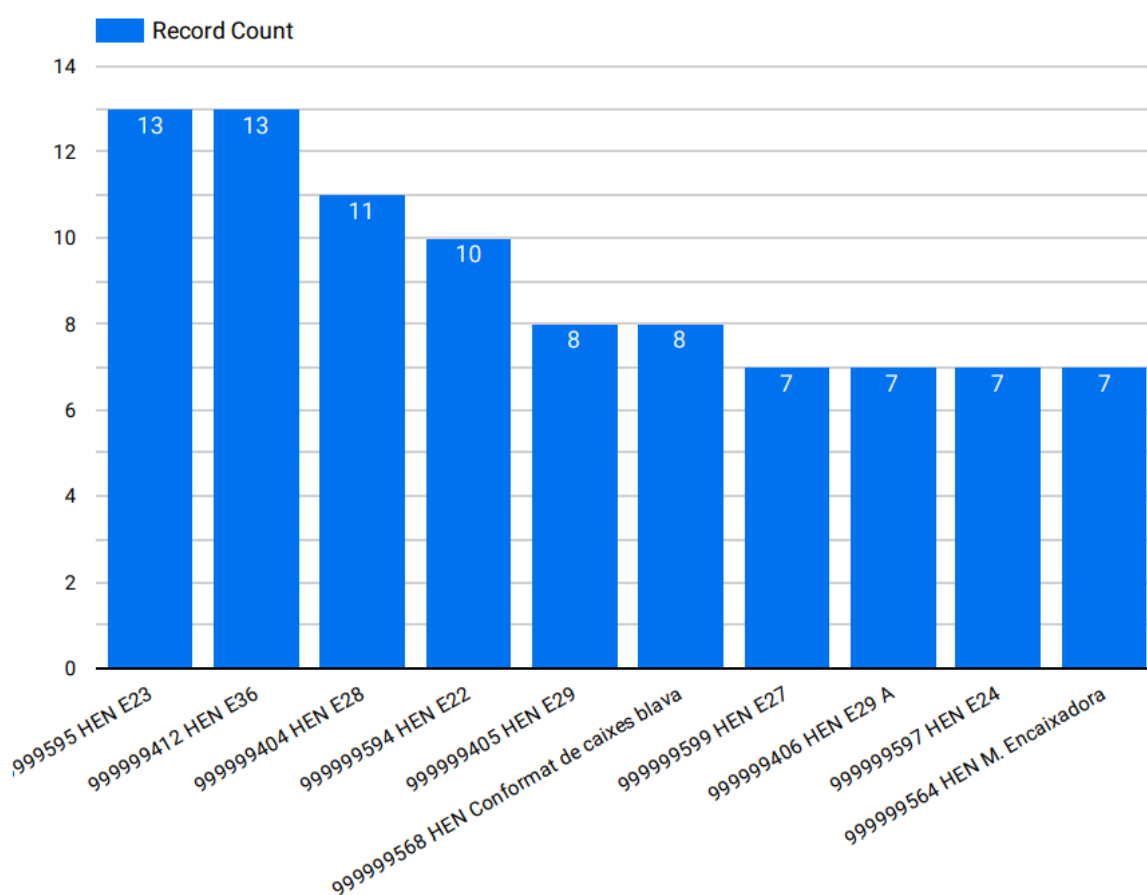


Figura 18. Recompte avaries per estacions mes d'abril.

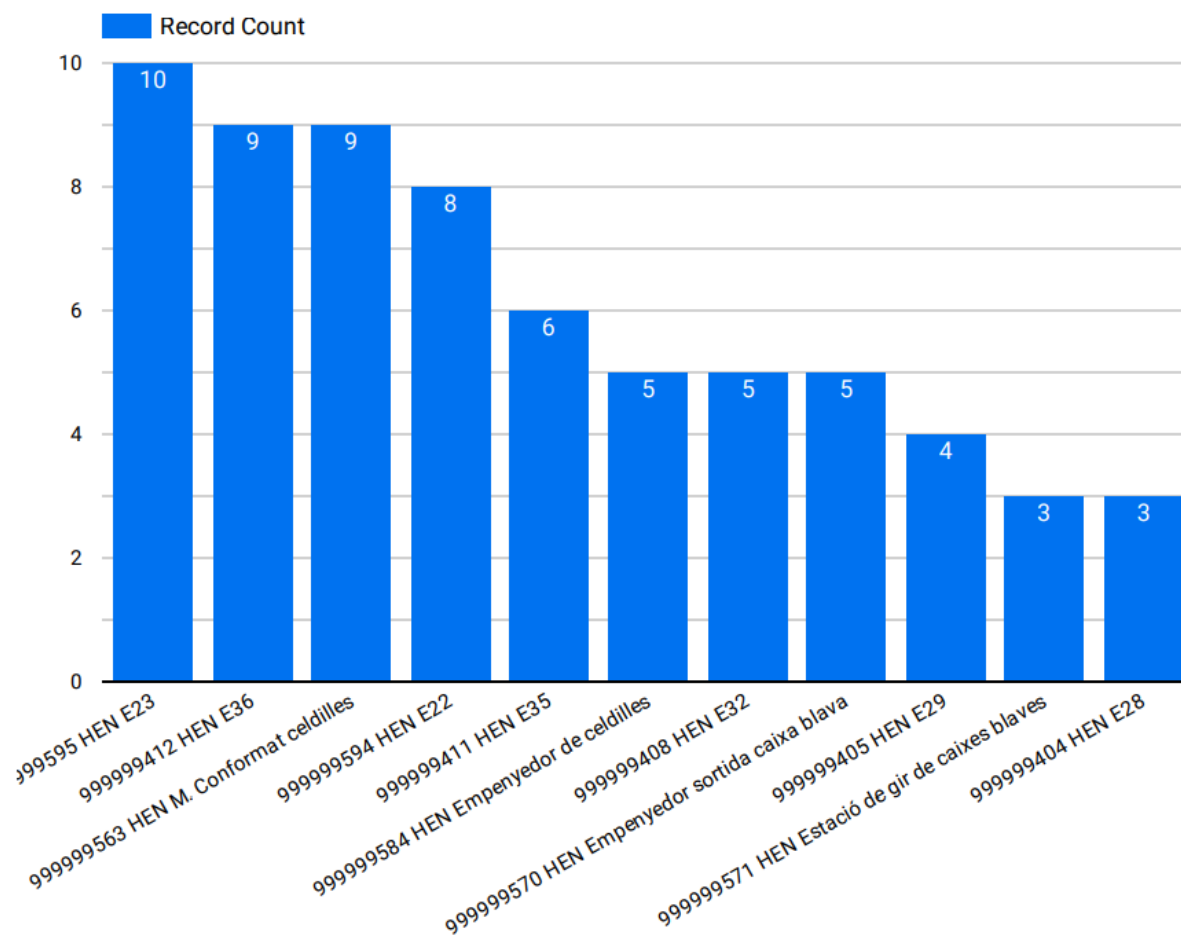


Figura 19. Recompte avaries per estacions mes de juliol.

En aquest cas sí que podem apreciar una reducció del volum d'incidències en la línia, en concret podem veure una reducció en les estacions E22, E23 i E36, que són estacions actives per a tots els models i, per tant, amb més probabilitats de patir avaries. D'aquesta manera, podem afirmar que la implantació de TPM ha estat efectiva.

En vista d'aquestes dades i la repetibilitat d'avaries en estacions, serà necessari revisar amb més detall les estacions esmentades i modificar els manuals de TPM o la freqüència d'aplicació de manteniment en aquestes estacions per tal de reduir les incidències.

A més a més, no hi ha hagut accidents per fallada de barreres de seguretat o portes gràcies a la comprovació rutinària i la reparació instantània dels elements de seguretat, comprovació que es realitza durant l'Auto manteniment.

7.2.2 Temps de canvi

A continuació es farà un anàlisi sobre els temps de canvi i s’avaluarà si les accions aplicades han tingut un impacte positiu sobre els temps .

De la mateixa manera que el cas anterior hem de tractar les dades amb la noció que durant els mesos de gener, febrer, març i juny el registre de canvis d’article no s’ha registrat correctament, aproximadament un 40% menys. I fins al 25 de febrer es treballava a dos torns. De tal forma, es fa un tractament de les dades tractant de replicar la realitat:

Taula 6. Mitjana de temps de canvi per mes

Mes	Mitja T.canvi (h)	Real 4 primers mesos (h)	Durant els 3 torns (h)
Febrer	0,6	0,84	1,26
Març	0,85	1,19	1,19
Abril	1,27	1,778	1,778
Maig	0,75	0,75	0,75
Juny	1	1	1
Juliol	1,125	1,125	1,125

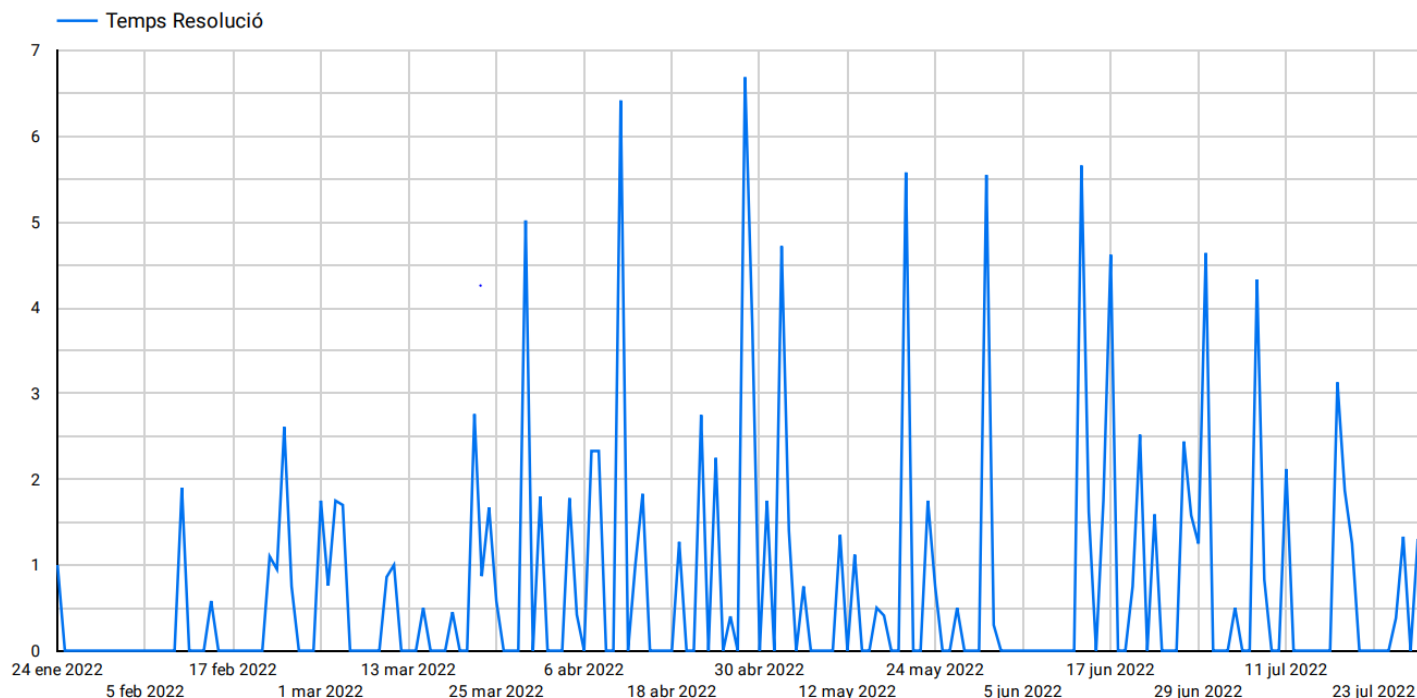


Figura 20. Evolució del temps de canvi d’article acumulat diari

En vista de les dades mostrades, no es pot apreciar una millora en els temps de canvi. Després de la implantació de SMED sobre la estació E23 amb el canvi de punxons

d'estampació, s'esperaria una baixada considerable dels temps de canvi, a causa d'aquesta fallada, es busquen noves opcions de millora, com s'explica en l'apartat 8.1.1.

Per altra banda, gràcies a la codificació dels punxons i la introducció dels mateixos en les ordres de treball han previngut equivocacions i processaments de material marcat amb codificacions errònies. Es pot afirmar que des de la implantació d'aquest nou sistema, els canvis s'han fet 100% correctes, de tal manera que s'ha millorat la producció i s'han reduït totes les despeses tant de material com de personal degudes a re processaments.

7.2.3 Producció

PDP

Es vol determinar si l'evolució del PDP ha estat augmentant al llarg de l'any, que és un dels aspectes que s'esperaria després d'haver aplicat les accions esmentades. Si es genera un gràfic de dispersió entre els dies de l'any i el %PDP, s'obté el següent:

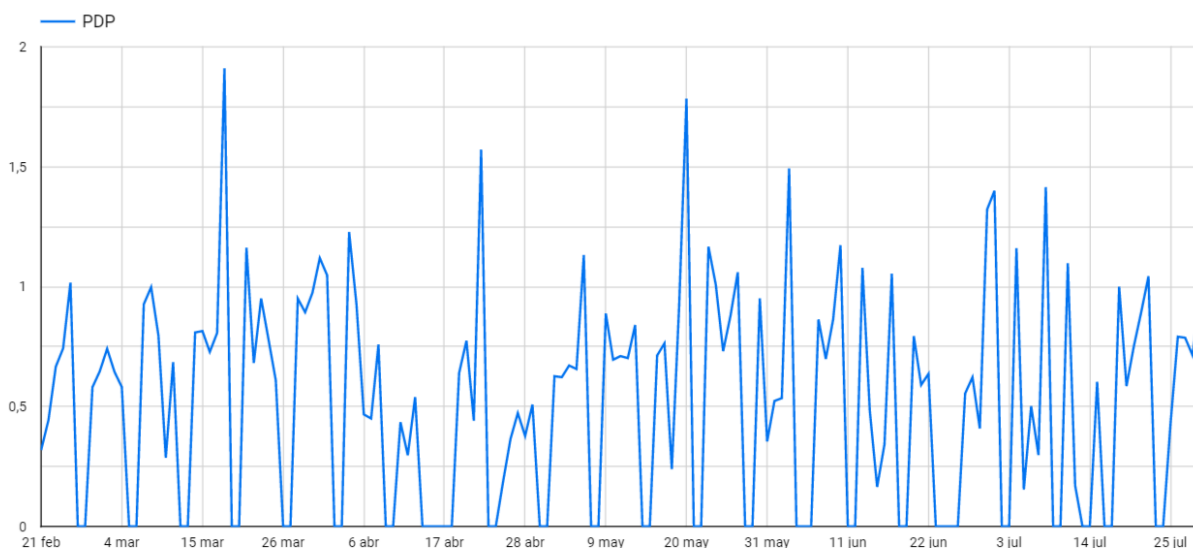


Figura 21. Dispersió entre dia i %PDP

A simple vista no s'observa una correlació entre les diferents dades, no es pot observar que el PDP hagi augmentat al llarg de l'any. Però per donar una resposta segura sobre aquesta relació, s'utilitza el programari de càlcul **estadístic R Studio** per determinar si existeix una correlació entre aquestes dues variables.

Apliquem una **matriu de correlació de Pearson**, que ens farà un contrast entre les dues variables, en aquest contrast, si obtenim un valor absolut proper a 1, serà una correlació forta, en canvi, si és proper a 0 serà feble.

Obtenim un valor de 0.0258, que és un valor petit, per tant, la hipotètica correlació serà molt feble, però hi haurà correlació encara que sigui feble?

Per respondre a aquesta pregunta en formulem dues hipòtesis

$H_0: e=0$ No hi ha correlació lineal

$H_1: e \neq 0$ Hi ha correlació lineal

Amb el mateix mètode utilitzat anteriorment obtenim un p-valor de 0.7917, és un valor força gran i descartem la hipòtesi alternativa per quedar nos amb H_0 , de tal manera que no tenim correlació lineal entre dia de l'any i PDP.

OEE

Es treballa de la mateixa manera que en el cas anterior, es busca veure una millora en els indicadors d'OEE setmanal a mesura que passa el temps.

S'inicia amb un gràfic de dispersió per observar visualment la correlació, en aquest cas es genera amb el programari R Studio, es relacionés les setmanes (mitjançant el número de setmana) i l'OEE acumulat de la mateixa setmana.

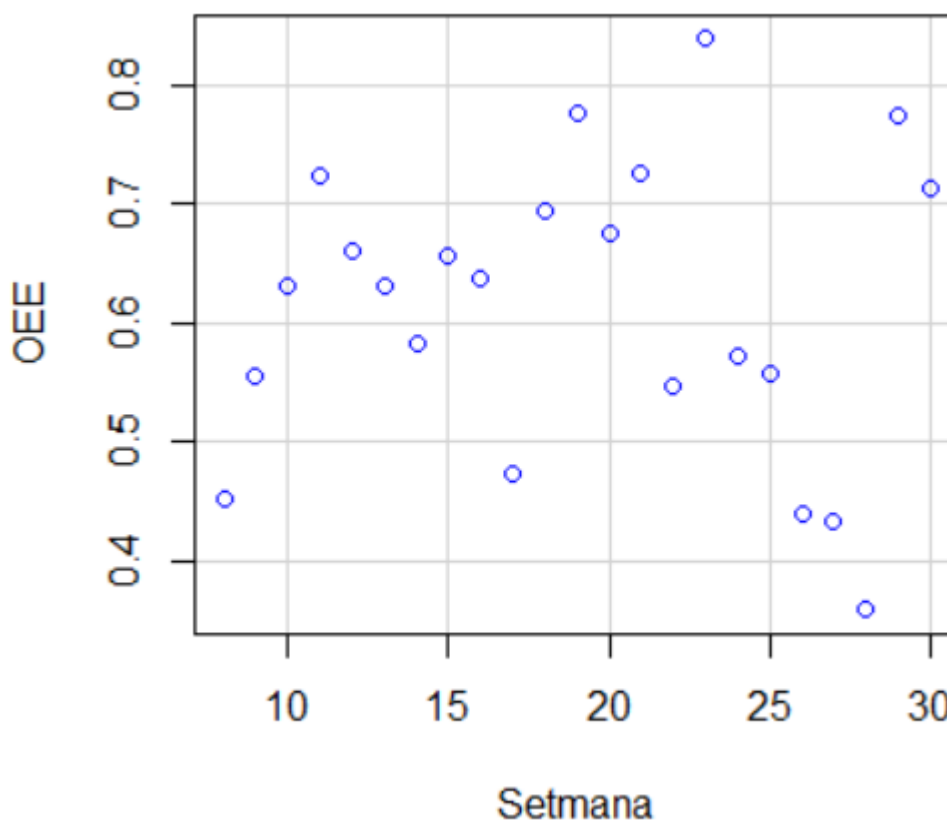


Figura 22: Diagrama de dispersió entre les setmanes i el OEE.

Es pot observar una millora considerable durant les primeres 12 setmanes, de la setmana 8 a la 21 amb alguna excepció, amb una baixada important durant les setmanes del 24 al 28.

Si tenim en compte que a l'inici de la posada en marxa de la línia la mitjana de l'OEE és del 45%, i passat aquest inici i la implantació dels supermercats, formacions i estandarditzacions, es passa a una mitjana d'un 66%, sense tenir en compte la baixada inusual de les setmanes 25, 26 i 27 degudes a problemes interns, podem considerar una **millora del OEE del 21%**

Aquesta millora es pot donar gràcies al coneixement dels operaris de la línia, la reducció de peces defectuoses gràcies a la estandardització i documentació de coneixements, les millores de layout i organització de recursos, personal i producció.

7.3 Estudi econòmic

7.3.1 Canvi d'article

Taula 7. Valoració econòmica dels costos per canvi d'article

Temps canvi model (Veure fulles 2 i 3)		
Temps mig maq. Parada (h)	Temps mig mecànic (h)	Nº parades/mes
1.399690722	1.339278351	22

Costos de tasques no productives				
Tasca	Temps maquina parada (hores/any)	Temps intervenció mecànic (hores/any)	Cost mecànic €/h	Cost variable maq. €/h
Canvi referencia	369.5	353.6	24.00 €	55.28 €
Averies	48.4	37.3	24.00 €	55.28 €

Cost fixe maq. €/h	Cost mecànic €	Cost variable maq. €	Cost fixe maq. €
35.31	8,485.67 €	20,426.97 €	13,047.69 €
35.31	895.20 €	2,673.34 €	1,707.59 €
	9,380.87 €	23,100.32 €	14,755.28 €

No computable

Cost oportunitat			Dies productius anuals
Hores improductives	Hores productives	% reducció disponibilitat	320
417.9	7680	5.44%	

Costos recanvis (anual)				
Producte	Referencia	Unitats anuals	Cost x unitat	Total material
Punxons	102020450...	6	27.00 €	162.00 €
Porta punxons	102019890	1	45.00 €	45.00 €
	102019900			
	102019910			
Aceite engrase HHM-46	400027	5	15.54 €	77.70 €
				284.70 €

Comparació de costos	
Prensa	
Cost anual	32.765,88 €

En vista d'aquests resultats, és evident que hi ha un gran cost associat als temps de canvi d'article, es per aquest motiu que es plantegen noves solucions a aquest problema com es detalla a l'apartat: 8.1.1.

7.3.2 Producció

A continuació es fa una aproximació dels costos d'oportunitat degut al no compliment de la producció diària:

Taula 8. Càlcul de costos d'oportunitat

PDP			
Esperat (u/dia)	Mitjana PDP real	Unitats reals/dia	Dies productius anuals
23000	73%	16790	320

Calculat per 85% OEE

Producció		
U. anuals esperades	Hores productives	Unitats no produïdes
7360000	5372800	1987200

Cost unitari					
Cost diari maquina	Cost maquina/unitat	Costos gestió/comercials	PVP	Cost mateiral	Marge unitari
2174,16	0,13 €	0,5	4,50 €	3,20 €	0,67 €

Cost oportunitat		
Benefici esperat	Benefici real	Cost oportunitat
4.934.943,56 €	3.602.508,80 €	1.332.434,76 €

Veiem que tenim una elevada xifra de costos per falta de producció, aquests són costos ficticis, però serveixen per realitzar una aproximació i poder fer pressupostos de millora tenint en compte aquestes despeses.

8 CONCLUSIONS

Al llarg de la realització d'aquest projecte i la implantació de millores s'han observat una gran quantitat de punts de millora i s'han realitzat diferents tipus d'anàlisis per tal de detectar els possibles punts de malbaratament presents tant en la línia de producció com en la metodologia de treball.

S'ha vist reflectit la dificultat que suposa l'extracció de dades i l'anàlisi de les mateixes en situacions reals, fent la comparativa amb situacions acadèmiques en les quals les dades es preparen específicament per ser tractades, en el cas del projecte s'ha hagut de fer una feina important de filtratge, tractament i anàlisi de les mateixes per poder ser treballades.

Ha estat possible dur a terme millores basades en metodologia Lean, tot i la inversió que suposen i les dificultats organitzatives per poder dur-les a terme, un punt més complex ha estat la revisió de l'impacte de les mateixes i fer una anàlisi extens, a causa de tenir en un període tan curt de temps i a la vegada inestable, ja que s'ha tractat una màquina posada en marxa recentment i sense unes proves de funcionament extenses en FAT realitzades. Durant el període de mostreig la línia ha estat sotmesa a una gran quantitat de factors que alteren els resultats com poden ser avaries per components obsolets, errors de programació, desconeixement per part dels operaris, implantació de manteniment sense aplicar la següent versió amb els canvis i altres factors que creen inestabilitat en el procés.

Els resultats observats un cop fets l'anàlisi dels indicadors no han resultat com s'esperava, la millora no ha sigut tan pronunciada i notable com s'hagués desitjat, tot i que amb les consideracions necessàries sobre les condicions de la línia i les condicions de les dades extretes, es pot afirmar que es presenta una millora respecte a l'inici de la producció. Aquesta afirmació es podrà demostrar passat el temps suficient per a estabilitzar la producció de la línia amb les noves modificacions.

8.1 Futures línies d'actuació

8.1.1 E23 Valoració substitució gravat de bastidors per premsat per làser

Actualment, la línia de packaging de bases de la S75 i S27 incorpora un procés de gravat de bastidors per mitjà de estampació amb punxons, procés que presenta grans inconvenients d'ajustatge i canvi de model. És una metodologia poc precisa d'ajustar que requereix d'una gran inversió de temps en prova-error.

El gravat per erosió làser evitaria els temps de canvi i ajustatge, podent enllaçar el canvi d'article al PLC de la màquina, i complint amb el temps de cicle de la línia.

Es contacta amb dos proveïdors per realitzar proves de marcat i per formular una oferta econòmica.

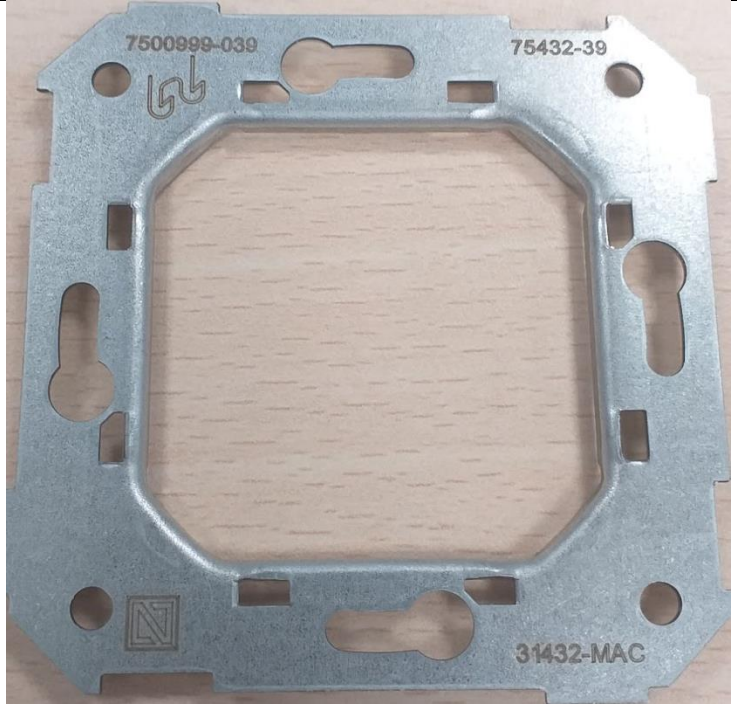
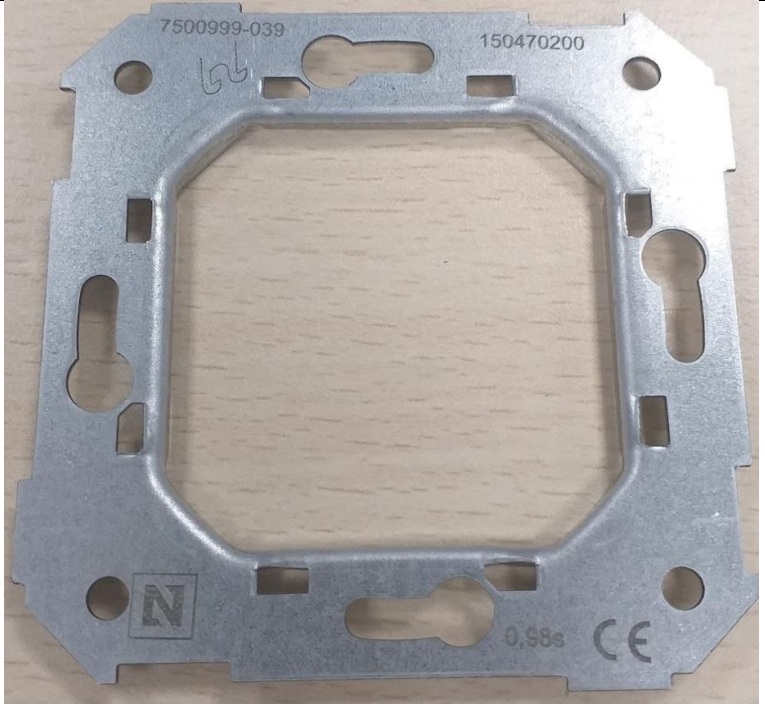
Qualas - DFLVentus Marker VEco 50W (33.700€)

Macsa 1 - ABMARK F-30 PULSED HALO 4AXIS 30W (20.070,56€)

Macsa 2 - ABMARK F-50 PULSED HALO 4AXIS 50W (24.201,64€)

Macsa 3 - LASER MACSA SPA 9050 PULSED DUO 50W. No necessita PC (40055,16€)

Taula 9. Comparativa gravat làser

<p>Acabat làser Macsa 3, 50KW</p> <p>Temps cicle = 0,98s</p>	<p>Acabat làser Qualas</p> <p>Temps de cicle = 0,98s</p>
	

Taula 10. Càlcul de costos Premsa vs Làser.

Comparació de costos			
Premsa		Làser	
Cost anual	32.765,88 €	Cost anual	2,000.00 €
		Cost instal·lació	40,055.16 €
Cost total 2022	32.765,88 €	Cost total 2022	42,055.16 €
Cost total 5 anys	163.829,41 €	Cost total 5 anys	50,055.16 €

Costos calculats en 7.3.1.

Respecte a la qualitat dels acabats, s'observa una gran millora respecte al punxonat, per part de qualsevol dels diferents gravats per làser.

Econòmicament, s'ha comprovat que, la inversió realitzada per la instal·lació del làser més car, es pot recuperar en poc més d'un any.

Per motius econòmics i prestacions, es decideix que amb el làser ofert per Macsa, ABMARK F-50 PULSED HALO 4AXIS 50W amb un cost de 24.201,64€, es complirien els requisits de temps de cicle i qualitat amb facilitat, i la inversió s'amortitza en menys d'un any.

8.1.2 E27

L'estació E27 consisteix en la deixada de l'article bastidor+motor en una cinta transportadora, aquesta operació pot generar interferència entre un article encallat i la deixada del següent, d'aquesta manera aixafant la cinta transportadora i generant desgast, amb la qual cosa es produeix una ruptura de la cinta transportadora amb una freqüència de 0,9 vegades al mes.

Es crea un plec de condicions (ANNEX E.1. Plec de condicions E27) i es demana a un proveïdor de maquinària oferir la modificació. S'obté una oferta de 4800 €.

Taula 11. Valoració econòmica modificació E27.

Temps reparació cinta				
Temps mig maq. Parada (h)	Temps mig mecànic (h)	Nº parades/mes		
1,4	1,02	0,9		

Costos de tasques no productives				
Tasca	Temps maquina parada (hores/any)	Temps intervenció mecànic (hores/any)	Cost mecànic €/h	Cost variable maq. €/h
Averies	48,4	37,3	24,00 €	55,28 €

Cost fixe maq. €/h	Cost mecànic €/any	Cost variable maq. €/any	Cost fixe maq. €/any
35,31	895,20 €	2.673,34 €	1.707,59 €

Costos recanvis				
Producte	Referencia	Unitats anuals	Cost x unitat	Total material
Cinta	-	11	71,00 €	766,80 €

Resum de costos	
Cost total 2022	4.335,34 €
Cost total 5 anys	21.676,70 €

Resum de costos	
Cost modificacions	4.800,00 €

Segons l'estudi econòmic mostrat, la inversió es pot recuperar en poc més d'un any, a partir d'aquest moment es deixarà de parar la producció a causa de trencades de la cinta E27.

8.1.3 E34

Com s'ha mostrat amb anterioritat, l'estació E34 es una zona de clipat de tecla manual, aquesta estació treballa a un temps de cicle manual de **4,88 s/peça**, mesurat pel **mètode MTM segons les taules de Westinghouse Electric Co.** definint de forma adient el numero de mostres a examinar.

Amb aquesta premissa de temps de cicle, es demana a un proveïdor realitzar una oferta de modificacions segons el plec de condicions annexat. ANNEX E.2. Plec de condicions E34

A continuació es mostra l'avaluació econòmica de la implementació de la modificació:

Taula 12. Valoració econòmica modificacions E34

Temps cicle i producció			
Temps cicle manual s/peça	Temps cicle automàtic s/peça	Producció mensual unitats	Producció anual unitats
4,88	3	4600	55200

Temps estalviat				
Temps manual (s/any)	Temps automàtic (s/any)	Estalvi temps (hores)	Cost variable maq. €/h	Cost temps cicle
269376	165600	28,82666667	55,28 €	1.593,54 €

Estalvi ma d'obra				
Temps personal manual (hores/any)	Temps personal automàtic (hores)	Estalvi temps (hores)	Cost personal. €/h	Cost personal
74,82666667	0	75	38,00 €	2.843,41 €

Resum de costos		Resum de costos	
Cost total any	4.436,95 €	Cost modificacions	18.600,00 €
Cost total 5 anys	22.184,76 €		

Com es pot apreciar, la modificació té un cost molt elevat, i els articles que requereixen aquesta modificació tenen uns volums de producció baixos, de tal manera que el retorn econòmic de la modificació es farà després de més de quatre anys, de tal manera que dificultarà l'aprovació de la inversió per part de l'empresa.

9 RELACIÓ DE DOCUMENTS

Document 1: Memòria i Annexos

- ANNEX A: Càlcul de l'OEE
- ANNEX B: Manual d'Usuari
- ANNEX C: Guies de Manteniment preventiu
- ANNEX C.1. Manteniment de nivell 1
- ANNEX C.2. Manteniment de nivell 2
- ANNEX C.3. Auto manteniment
- ANNEX C.4. Registre manteniment N1
- ANNEX D: Registre d'averies
- ANNEX E: Plecs de condicions
- ANNEX E.1. Plec de condicions E27
- ANNEX E.2. Plec de condicions E34

Documents adjunts:

- Bases de dades
 - PRODUCCIÓ
 - OEE MUNTATGE mensuals
 - PDP diari i OEE setmanal
 - Registre averies
- Càlculs de Costos
- Resultats R

10 BIBLIOGRAFIA

Francisco Madariaga. *Lean Manufacturing*. España: Bubok Publishing, 2014. 8468628166, 9788468628165

Anne Sophie Tejada. *Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos*. España: Ciencia y Sociedad, Vol. 36, No. 2. 2011

Naveen Kumar et al. *Lean manufacturing techniques and its implementation: A review*. *Materialstoday*. India: Innovative Technologies in Mechanical Engineering-2021. 2022

Mike Rother, John Shook. Vol. 1.3. *Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, Learning to See. 2003.

Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo BOE. BOE-A-1997-17824

ANNEX A: CÀLCUL DE L'OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilitat} * \text{Efectivitat} * \text{Qualitat}$$

$$OEE = D * E * Q$$

Disponibilitat

$$D = \frac{(T_{total} - \sum T_{planificat}) - \sum T_{avaries}}{T_{total} - \sum T_{planificat}}$$

Efectivitat

$$E = \frac{\text{Producció} * T_c}{(T_{total} - \sum T_{planificat}) - \sum T_{avaries}}$$

Qualitat

$$Q = \frac{N^{\circ} \text{ d'unitats OK}}{N^{\circ} \text{ d'unitats NOK} - N^{\circ} \text{ d'unitats OK}}$$

T_{total}: Temps total d'un torn de treball.

T_{planificat}: Total de temps que s'espera no treballar dins d'un torn de treball. Ex: Descans dels treballadors per l'esmorzar.

T_{avaries}; Temps de maquinària parada degut a avaries mecàniques, elèctriques o de programació.

T_c: Temps de cicle de la unitat a produir. En el cas de la màquina actual, 3 segons / unitat aproximadament.

ANNEX B: MANUAL D'USUARI

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: Manual 2796_96.docx

ANNEX C: GUIES DE MANTENIMENT PREVENTIU

ANNEX C.1. Manteniment de nivell 1

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: IT.FO.MN.239 MN PREV. N1 LÍNIA AUTO. 96.pdf

ANNEX C.2. Manteniment de nivell 2

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: IT.FO.MN.240 MN PREV. N2 LÍNIA AUTO. 96.pdf

ANNEX C.3. Auto manteniment

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: IT.FO.MN.241 AUTOMANTENIMENT LÍNIA AUTO. 96.pdf

ANNEX D: REGISTRE D'AVERIES

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: Averies 01_01_2022 a 31_07_2022.xlsx

ANNEX E: PLECS DE CONDICIONS

ANNEX E.1. Plec de condicions E27

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: Pliego condiciones E27

ANNEX E.2. Plec de condicions E34

Adjunt amb el document 1.Memoria i annexos.

Nom: Pliego condiciones E34