

Treball final de màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Implementació d'una línia d'injecció de plàstic a través del Lean Manufacturing

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Joel Quintà Vallès

Tutor: Rudi de Castro Vila

Departament: Organització, gestió empresarial i disseny del producte

Àrea: Organització d'empreses

Convocatòria (mes/any): Juny 2022

1. Introducció	5
1.1 Antecedents	5
1.2 Objecte	6
1.3 Especificacions i abast	6
2. Mètode Lean	8
2.1 Història	8
2.2 Principis del mètode <i>Lean Manufacturing</i>	9
2.2.1 Identificació del valor	10
2.2.2 Tipus de mudes	10
2.2.3 Cadena de valor	11
2.2.4 Flux continu	14
2.2.4.1 5S	14
2.2.4.2 TPM	15
2.2.4.3 One Piece Flow	16
2.2.4.4 SMED	17
2.2.4.5 Estandardització	17
2.2.4.6 Gestió visual	18
2.2.4.7 Jidoka	18
2.2.4.8 Poka Yoke	19
2.2.5 Flux tens	20
2.2.5.1 Comparativa entre sistema push i sistema pull	21
2.2.5.2 Kanban	23
2.2.5.3 FIFO	25
2.2.5.4 Heijunka	25
2.2.5.5 Supermercat	26
2.2.5.6 Milkrun	27
2.2.6 Millora continua	28
2.2.6.1 Kaizen	28
2.2.6.2 PDCA	29

2.2.7 Resum eines Lean	30
3. Empresa Sacopa SAU	31
3.1 Història	31
3.2 Situació actual	31
3.3 Procés productiu.....	33
3.3.1 Injecció de termoplàstics	33
3.3.1.1 Tipus de plàstics.....	33
3.3.1.2 Màquina d'injecció	33
3.3.1.3 Motlle.....	34
3.3.2 Productes.....	35
4. Implementació del projecte	37
4.1 Contextualització	37
4.1.1 Producte	37
4.1.2 Procés.....	39
4.2 Necessitat.....	40
4.3 Proposta d'inversió	43
4.4 Planificació del projecte	44
4.4.1 Elements i màquines.....	44
4.4.2 Layout.....	45
4.5 Transformació Lean.....	46
4.5.1 VSM.....	47
4.5.1.1 Procés	47
4.5.1.2 VSM actual	50
4.5.1.3 VSM futur	53
4.5.2 5S	56
4.5.3 Cèl·lula de muntatge	58
4.5.3.1 Dimensionament recipients.....	59
4.5.3.2 One Piece Flow	61
4.5.3.3 Layout illa	63

4.5.3.4 Taules dinàmiques.....	63
4.5.3.5 Comparativa illes	65
4.5.4 Milkrun	66
4.5.4.1 Disseny.....	66
4.5.4.2 Funcionament Mizu	68
4.5.5 Supermercat d'aprovisionament.....	69
4.5.5.1 Situació i recorregut.....	69
4.5.5.2 Disseny.....	70
4.5.6 Magatzem i sistema informàtic.....	71
4.5.7 Millora contínua.....	73
4.5.7.1 Equip de progrés	73
4.5.7.2 Carpetes PDCA.....	74
4.6 Indicadors i seguiment.....	75
4.6.1 Productivitat	75
4.6.2 OEE	76
4.6.3 Reducció d'estoc.....	78
5. Resum del pressupost	80
6. Conclusions	81
7. Bibliografia	84
8. Glossari.....	85
Annexos.....	86
Annex 1: Layout explicatiu Sacopa 10	86
Annex 2: Estàndard generació d'avís.....	87
Annex 3: Format carpetes PDCA	88
Annex 4: Indicadors productivitat dels Skimmers més fabricats	92

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

Durant els últims anys, l'empresa Sacopa, dedicada a la injecció i muntatge de productes de plàstic, ha patit uns grans canvis causats per la creixent industrialització i competitivitat dins el marc de la producció. Aquests canvis han comportat que les empreses com Sacopa hagin hagut de buscar nous mètodes per obtenir una productivitat òptima a través reduir al màxim els costos del procés productiu. A més, amb la globalització el client ha augmentat les seves expectatives, desembocant en un marge de benefici més baix. Per poder adaptar-se a aquests canvis, l'empresa s'ha focalitzat en la reducció del costos i l'eliminació dels malbarataments per aconseguir flexibilitat en front una demanda canviant i unes comandes més reduïdes.

Des de de la seva creació, els processos productius dins l'empresa han estat enfocats a obtenir el màxim benefici, sense considerar què és el que aporta valor al producte final i el que no. El descobriment de noves maneres d'augmentar la productivitat sense haver de realitzar grans inversions s'ha vist com una oportunitat per a desenvolupar una transformació profunda dins l'empresa. El mètode que més s'ajusta a aquest tipus de fi és el mètode Lean o "*Lean Manufacturing*", que és un dels mètodes d'organització industrial més emprats i amb més creixement al llarg dels últims anys. La principal raó del seu èxit, és la senzillesa de la seva aplicació ja que es basa en l'ús de la lògica a través de la gestió visual, la utilització del sentit comú i la simplificació dels processos.

Per altra banda, Sacopa també ha vist augmentada considerablement la demanda durant el transcurs de l'any 2021, que ha despertat la necessitat d'augmentar la capacitat productiva al tenir unes previsions de vendes pels següents anys superior a la capacitat total de l'any 2021. D'aquesta forma, es posen en marxa un seguit de projectes d'ampliació de diverses línies d'injecció i muntatge per tal d'augmentar aquesta capacitat. Tots els projectes es volen implementar a través de les directrius del mètode Lean per tal d'aconseguir la màxima optimització dels processos, començant pels àmbits de muntatge i producció, el procés d'aprovisionament de material i la gestió del magatzem. Es vol aprofitar l'entrada de noves màquines i línies per implementar totes les directrius que marca aquest mètode per tal d'aconseguir absorbir aquest augment de producció, que afectarà directament a la logística interna de la fàbrica, tant en quant a aprovisionament, com amb gestió del magatzem. Un altre element molt important serà el de gestió de les illes de treball, tant en espai com en flux per tal d'obtenir el procés de fabricació més òptim, combinant la màxima eficiència de fabricació amb la millor comoditat pels treballadors encarregats de realitzar els muntatges.

1.2 Objecte

Durant la creació i estudi del projecte es marquen diversos objectius que el projecte ha de complir per considerar que ha satisfet els requeriments pels quals es va plantejar. Es pretén mostrar els diferents procediments que s'han anat seguint per a aconseguir implementar un nova línia d'injecció, muntatge i paletització d'un producte. Els objectius descrits en aquest treball aniran directament relacionats amb els objectius que gerència va marcar a l'hora de tirar endavant el projecte dins l'empresa.

Els principals objectius que vol assolir aquest treball són:

- Justificar el mètode Lean com a eina de millora de la productivitat de la fàbrica.
- Determinar les millores que es poden plantejar i les eines per dur-les a terme.
- Obtenir la capacitat necessària per poder fer front a la màxima demanda prevista.
- Aconseguir un OEE del 90%, una vegada el projecte estigui implementat.
- Implementar les diferents eines i mètodes Lean per obtenir una illa de muntatge adequada.
- Implementar un sistema d'aprovisionament òptim i una gestió del material al magatzem eficient.

1.3 Especificacions i abast

Aquest treball pretén mostrar tots els passos que s'han seguit des de la identificació de la necessitat, fins a la posta en marxa i validació del projecte, passant per l'estudi de la viabilitat, l'aprovació d'aquesta inversió per part de gerència, la creació d'un nou Layout i la implementació del projecte utilitzant les diferents eines del mètode Lean. Aquestes eines s'utilitzaran per assegurar el funcionament més òptim de la nova línia, identificar què aporta valor al producte final, per tal d'obtenir un takt time adequat. Es pretén crear un model de producció basat en la creació d'una illa de muntatge a través de plantejaments com el peça a peça o *One Piece Flow*, cèl·lules en forma de U i la creació d'una cadena de valor que permeti produir amb la màxima eficiència possible donant la màxima qualitat de treball als operaris que treballin a aquesta línia. Una vegada dissenyada la illa s'estudiarà la forma d'aprovisionament de material més adequada, fent una anàlisi dels consums dels diferents components, a on ubicar-los en cada pas de la fabricació i la manera d'aprovisionar-los. Es vol aprovisionar a través de la creació d'un trenet que cada un període de temps determinat

porti el material a les illes, evitant així que els operaris hagin de sortir a buscar el material al magatzem. Finalment es vol organitzar el magatzem a través d'un sistema de productes estàndard i no estàndard, i de la creació d'un supermercat, que serà una zona del magatzem de fàcil accés el qual la persona que porti el trenet tindrà el materials més usats per tal d'optimitzar la seva recollida.

Una vegada implementat tot el procés de fabricació, es vol tenir un control de qualsevol aspecte que pugui afectar al procés productiu. D'aquesta forma es vol fer auditories 5S, que és una eina que permet mantenir la zona de treball neta i ordenada. A demés, es crearan revisions periòdiques de tots els elements presents a per tal d'assegurar la seva correcta funcionalitat. Un altre element essencial en el procés és la dels equips de progrés, que bàsicament són reunions a planta on els diferents integrants de cada departament es troben per comentar els diferents problemes sorgits, la possible solució que tenen i la persona que s'encarregarà de supervisar o realitzar la seva solució. D'altra banda, es vol mostrar l'impacte que ha tingut la implementació de la línia en la productivitat i la generació de beneficis, així com del càlcul d'un indicador fonamental com seria l'OEE. A través d'aquests indicadors es podrà saber si el projecte ha sigut un èxit, o pel contrari, s'ha de reformular.

2. MÈTODE LEAN

Abans d'entrar en la part d'aplicació pràctica del projecte a Sacopa, s'ha cregut oportú fer un repàs a la teoria del Lean Management.

2.1 Història

El mètode Lean és un mètode d'organització industrial que va néixer a partir d'un altre mètode d'organització industrial creat per un empresari japonès a principis del segle XX, el *Toyota Production System (TPS)*. L'empresari Sakichi Toyoda tenia una empresa tèxtil en els seus inicis, però durant la seva visita als Estats Units a principis del segle XX es va adonar que la producció automobilística era un mercat creixent i amb molt de futur. Al tornà a Japó es va decidir a obrir una nova indústria automobilística japonesa que tingués com a base de la seva producció la optimització màxima dels processos, ja que durant l'estada a empreses nord-americanes havia observat que la producció de vehicles era en massa sense tenir en consideració la optimització del procés o els malbarataments que hi havien.

Durant els anys posteriors, al voltant dels anys 30, el seu fill, Kiichiro Toyoda, va ser l'encarregat de crear un mètode d'anàlisis mitjançant l'observació directa, que permetés millorar els diversos processos productius al llarg de la fabricació d'un automòbil. Aquesta necessitat d'optimitzar al màxim els processos va sorgir a causa de la baixa disponibilitat de recursos que tenien envers les empreses nord-americanes del mateix sector. Al 1937, es va crear l'empresa d'automòbils Toyota amb la idea de producció dels Estats Units però dins un sistema que permetés satisfer la demanda canviant, mantenir un inventari mínim i uns treballadors polivalents per tal de dotar a l'empresa d'una flexibilitat productiva que els atorgués un avantatge competitiu davant una demanda molt variable.

A mitjans de la dècada dels 40, després de la 2a guerra mundial, un enginyer que treballava l'empresa tèxtil, Taiichi Ohno, va ser traslladat a l'empresa d'automòbils amb la missió de desenvolupar el sistema *Toyota Production System (TPS)*, d'on el mètode Lean va agafar les seves bases. Ohno va publicar un llibre al 1978 on explicava totes les directrius d'aquest nou mètode.

El terme "*Lean*" no es va fer famós fins als anys 90, on es va publicar "The Machine that changed the world" (Womack, Jones. Ross. 1990) centrat principalment en la fabricació del sector automobilístic. Posteriorment, l'empresari nord-americà va escriure el llibre *The Lean Startup* (Ries, Eric. 2011), que va significar la expansió de la filosofia *Lean Manufacturing* més enllà de la fabricació. El llibre es basava amb les idees del sistema TPS, afegint com a idea fonamental que es considera malbaratament tota aquella despesa de recursos que vagi

dedicada a un objectiu que no fos el de crear valor per al consumidor final. Amb aquest lema pretén mostrar que un procés productiu es pot optimitzar fins a límits no imaginats fins aleshores, podent optimitzar al màxim els recursos i assolint una eliminació sistemàtica de qualsevol malbaratament durant la producció.

2.2 Principis del mètode *Lean Manufacturing*

El mètode *Lean Manufacturing*, com s'ha explicat en l'apartat anterior, està basat en el sistema TPS dissenyat per a l'optimització de la producció d'un producte concret, els automòbils, un mercat en el qual no es podia fer front a la fabricació en massa de les empreses nord-americanes, es va optar per dissenyar un nou model d'organització industrial que permetés reduir al màxim els costos i els processos productius, per tal d'obtenir un avantatge competitiu en els costos i el temps de fabricació dels automòbils.

La traducció literal de la paraula "Lean", és magre, que significa sense grassa. Aquest significat es pot explicar a través d'agafar la grassa com a malbaratament, que fonamentalment serien qualsevol tipus de procés que no donés valor al producte final. La paraula valor és essencial dins el mètode, ja que es pretén optimitzar qualsevol procés eliminant tot allò que no aporta valor al producte final. Aquest valor s'assigna a qualsevol procés que sigui necessari i imprescindible per obtenir el producte final desitjat. En el mètode TPS, aquests malbarataments s'anomenen *muda*¹.

Els 5 principis que resumeixen en grans trets els mètode Lean són:

1. Buscar el valor des de la perspectiva del client, és a dir, el que aportarà valor serà tot allò necessari per satisfer el client que consumirà el producte.
2. Trobar, acotar i eliminar qualsevol cosa que no aportï valor al producte.
3. Crear i dissenyar un flux continu que resolgui i elimini els malbarataments trobats.
4. Fabricar només lo necessari per satisfer les demandes del client a través d'un Sistema Pull².
5. Perseguir la perfecció i intentar eliminar la totalitat dels malbarataments.

¹ Muda: paraula d'origen japonès que significa desapropietament o malbaratament.

² Sistema Pull: mètode de producció basat en el les necessitats reals del consumidor.

2.2.1 Identificació del valor

L'element essencial i a partir del qual es sustenta el sistema Lean és el que s'anomena valor. Com s'ha dit anteriorment, s'haurà de considerar el valor des de la perspectiva del client, això significarà que tot el que pugui necessitar el client per satisfer la seva necessitat serà considerat valor, i tot el que no influeixi en la consecució d'aquest producte, no serà considerat com a valor.

Aquest valor pot ser intangibles, com l'ànim, l'esforç i la il·lusió, mentre que els tangibles seran el diners, el temps i els materials necessaris per a obtenir el producte. La identificació d'aquest valor es farà a través de trobar tots els processos que siguin exclusivament necessaris per fabricar allò que satisfà la necessitat el client. Una vegada identificat el valor, es buscarà tot el que no s'inclogui dins aquest valor identificat, que es considerarà com a malbaratament, i per tant s'intenta eliminar-lo de manera sistemàtica, si és possible, si no ho és, es tractaran de reduir al màxim per tal de tenir la mínima afectació al temps de fabricació.

2.2.2 Tipus de mudes

Com s'ha anomenat anteriorment, les mudes són qualsevol malbaratament en un procés. Aquests malbarataments es poden classificar de diferents formes de manera que siguin més fàcil identificar-los per tal de trobar maneres d'optimitzar-los o eliminar-los.

Les mudes s'agrupen en 7 tipus:

- **Sobreproducció:** és un element molt important dins les mudes, l'arrel del seu problema es troba en la fabricació prematura o en quantitats més elevades del que la demanda ens marcarà.
- **Transport:** engloba tot procés que consisteixi en fer moviments innecessaris, tant per part dels operaris com en l'aprovisionament del material i emmagatzematge.
- **Estoc:** tenir un estoc massa elevat provocarà una ocupació del magatzem, i cada espai es traduirà en un valor econòmic per l'empresa, que com més elements emmagatzemat tinguin, més diners li costarà.
- **Sobre-processament:** recull tots els processos que es realitzen de manera innecessària. Pot aparèixer pel fet de no disposar d'uns materials de qualitat, una excessiva exigència o unes eines i màquines no adequades per al seu correcte funcionament.

- **Qualitat:** no solament es tracta d'obtenir un producte de qualitat i evitar realitzar productes defectuosos, sinó que també engloba la qualitat dels processos realitzats.
- **Moviments:** qualsevol moviment innecessari que pugui reduir-se o optimitzar-se es trobarà dins aquest grup.

2.2.3 Cadena de valor

Dins la transformació Lean, prima la metodologia en tots els passos i millores a realitzar, ja que sense una bona planificació i estudi de tots els elements presents en un procés, serà impossible realitzar una correcta transformació. D'aquesta manera, tots els elements descrits als apartats anteriors es relacionen a partir d'una eina anomenada cadena de valor, aquesta eina és la fonamental per aplicar totes les eines que completaran el procés de transformació.

La cadena de valor o *Value Stream Map* (VSM) és una seqüència d'activitats que s'identifiquen i s'analitzen a través dels principis Lean i es realitza d'una forma sistemàtica descrita en diversos passos:

Pas 1: Identificar la família de productes a millorar

Primerament s'identifiquen el grup de productes que es vol millorar, aquests grup o família el formaran productes que comparteixin materials, temps i equips per a completar la seva producció. La família de productes a tractar es pot elegir a partir de la necessitat d'optimitzar un tipus de família, ja sigui perquè representa una part important de les vendes de l'empresa, és una família poc rendible, o les seves no conformitats són elevades. Si no es sap per on començar es pot utilitzar el diagrama de Pareto³, que mostrarà quina línia de producció és la que suposa més pèrdues a causa de no conformitats, i per tant, serà la línia o família a aplicar el diagrama VSM. El diagrama de Pareto és una tècnica de gestió de la qualitat usada per identificar prioritats, d'aquesta manera, aquesta corba permet identificar les problemes més greus i d'aquesta manera, centrar-se en la seva resolució. Aquesta tècnica s'usa principalment per identificar els problemes més greus i resoldre'ls amb el mínim esforç, ja que la seva premissa és que el 20% dels problemes ocasiona el 80% de les incidències. Aplicat al mètode Lean, aquesta eina pot ser molt útil per identificar la línia o línies de producció amb més incidències.

³ Diagrama de Pareto: eina gràfica que permet identificar els problemes principals a partir de les seves freqüències absolutes.

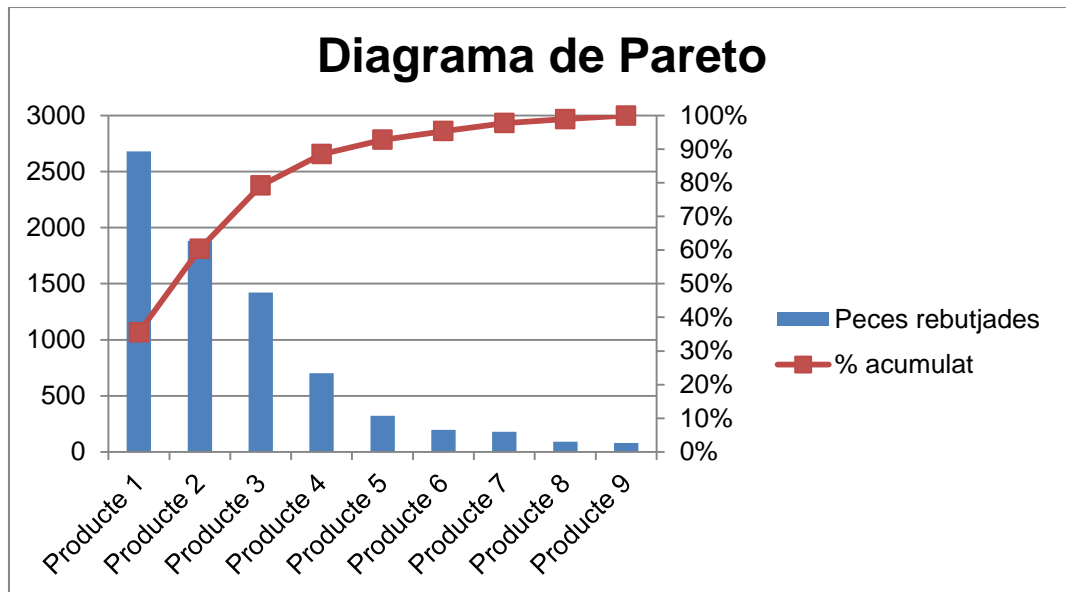


Figura 1: Exemple d'un diagrama de Pareto. Font: Pròpia

Pas 2: Dibuixar l'estat actual

Aquest pas pretén descriure el procés que es segueix per a fabricar un tipus de producte, plasman tots els elements essencials que són necessaris per a obtenir el producte final, com serien el flux de material, els temps dedicats a cada operació i la planificació. A través d'aquest diagrama s'obté una visió clara, concisa i esquemàtica de la situació actual de fabricació d'un producte, de manera que facilitarà el seu anàlisi per tal d'identificar allà on s'ha de canviar o optimitzar. Aquest mapa de la cadena de valor actual és molt important per tal de que en els posteriors passos sigui analitzada i optimitzada de la forma més adequada.

Pas 3: Anàlisi de l'estat actual i predicció de l'estat futur

En aquest pas s'analitzarà el mapa creat al Pas 2, d'aquesta forma es podrà calcular els elements més importants d'un procés productiu, com són el *lead time*, el *takt time*, el contingut de treball i el nº d'operaris necessaris.

Lead time (LT): és el temps de cycle o d'operació d'un producte, inclou totes les etapes des de la recepció de la comanda, fins a l'entrega d'aquesta. S'acostuma a calcular amb dies i és la diferència entre el dia que es fa la comanda i el dia d'entrega de la mateixa. En un sistema Lean és essencial tenir un *lead time* el més reduït possible per poder fer front unes fabricacions curtes i tenir una flexibilitat elevada. Un objectiu del VSM és el de reduir aquest temps.

$$\text{Lead Time (LT)} = \text{data d'entrega de la comanda} - \text{data d'entrada de la comanda} \quad (\text{Eq. 1})$$

Takt time (TT): és el temps o cadència de fabricació d'una unitat de producte per tal de satisfer la demanda del client. Es pot calcular a través de la relació entre el temps efectiu, que seria el temps disponible per a la fabricació, i la demanda que fa el client en un període de temps.

$$Takt\ time\ (TT) = \frac{temps\ disponible\ per\ a\ fabricar}{Lead\ time\ del\ producte} \quad (Eq. 2)$$

Contingut de treball (WC): és la suma del temps que se li aplica valor al producte, aquest valor permetrà veure quan se li dóna valor i quan no durant el procés. Amb aquest valor es pot trobar la quantitat mínima d'operaris necessària per a seguir el ritme del takt time.

$$Contingut\ de\ treball\ (WC) = \sum temps\ on\ s'aplica\ valor \quad (Eq. 3)$$

Nº d'operaris mínim: serà la relació entre el contingut de treball i el takt time. Aquest valor és essencial per ajustar la quantitat d'operaris i tenir una bona distribució del temps de cadascun.

$$Nombre\ d'operaris\ mínim = \frac{Contingut\ de\ treball}{takt\ time} \quad (Eq. 4)$$

Pas 4: Creació del VSM futur

A partir dels valors calculats al pas anterior es pot dissenyar un nou mapa que incorpori els elements calculats i d'aquesta manera, serveixi de reflex per a implementar-lo a la realitat. A més, per crear-lo és necessari identificar correctament el que no aporta valor, per tal d'eliminar-ho o reduir-lo al màxim. Per exemple, els descansos dels treballadors no aporten valor al producte final però s'han de tenir en conta ja que no es poden eliminar, mentre que moviments inútils o manca de material en el moment de fabricació provocaran pèrdua de productivitat, i són elements eliminables.

L'objectiu d'aquest mapa és el de construir processos que estiguin vinculats als clients, treballar a ritme de takt time, en flux continu i estirats per un sistema Pull. D'altra banda, també es vol identificar elements problemàtics en un sistema productiu, com serien els processos de colls de botella, que són els processos o etapes productives que provoquen i limiten la capacitat productiva. Un altre element important a identificar i definir són els inventaris, mínim i màxim, per tal de tenir material suficient per fer front a les comandes, però sense excedir-se i ocupar espai amb material que no és necessari tenir emmagatzemat, ja que l'objectiu és fabricar exclusivament el que el client ha demanat.

Pas 5: Implementació de VSM futur

Una vegada s'ha creat i analitzat en profunditat el VSM futur, es comença a aplicar aquest VSM a la realitat a través de totes les eines que proporciona el sistema Lean Management. Totes aquestes eines s'han de poder assolir l'objectiu marcat pel VSM creat, tot hi això, pot ser que no es pugui assolir per algun motiu que no s'ha reflectit correctament dins el mapa. Per tant, s'ha de revisar de manera que s'integri qualsevol problema que hagi sorgit, fins a obtenir un mapa assolible. S'ha de fer el seguiment d'aquest fins a arribar a l'estat objectiu i una vegada s'hagi arribat, es torna a reiniciar el procés ja que l'objectiu fonamental d'aquest mètode és la busca de l'excel·lència.

2.2.4 Flux continu

La forma més adequada per reduir els processos que no aporten valor al producte és la creació de flux continu a la cadena de valor. La idea de flux continu és la de produir en sincronia al ritme que la demanda, ja que provocarà que el material estigui al magatzem el mínim temps possible i per tant l'acumulació de material serà menor. Aquest tipus de flux també implica la producció peça a peça, o *One Piece Flow*, que ajudar a eliminar els processos sense valor i a reduir la necessitat d'ocupació d'espai, i en conseqüència, la reducció de l'estoc. Aquest sistema donarà un alt control de *lead time*, tot hi que per poder implementar al complet aquest flux s'ha de tenir molt ben establert el sistema Lean, ja que si no es té analitzat profundament la gestió de material i el temps de fabricació es poden produir manques de material, falta d'estoc o retards en l'entrega de comandes.

Per obtenir un flux continu s'usen un seguit d'eines que permeten assolir els objectius marcats al VSM creat, aquestes eines engloben pràcticament tots els àmbits de fabricació i són vitals per obtenir assolir un flux continu.

2.2.4.1 5S

Aquest concepte va referit al manteniment i creació de zones de treball més netes, organitzades i segures, augmentant així la qualitat de treball. Les 5'S provenen dels termes japonesos que descriuen activitats que qualsevol persona desenvolupa o ha desenvolupat al llarg de la seva vida, és a dir, són elements presents en la vida quotidiana d'una persona i que qualsevol persona coneix. Les 5'S són:

- **Eliminar (Seiri):** aquest terme pretén aportar una classificació del lloc de treball i l'eliminació de qualsevol cosa que ocupi un espai innecessàriament, alliberant espai a la zona de treball.

- **Ordenar (Seiton):** el següent pas serà el de ordenar els elements que no s'hagin eliminat, i per tant, siguin imprescindibles a la zona de treball.
- **Netejar (Seiso):** una vegada ordenats tots els elements, es neteja profundament la zona per tal de reduir i prevenir accidents laborals i augmentar la seguretat. A més d'afectar en la qualitat del procés productiu.
- **Estandarditzar (Seiketsu):** l'estandardització és un element que permet conèixer de quina manera s'ha de realitzar qualsevol procediment, donant les pautes perquè sempre es realitzi de la mateixa manera i qualsevol persona que no tingui coneixements de com fer-ho, pugui tenir una guia.
- **Mantenir (Shitsuke):** tots els termes citats anteriorment no tindran un efecte durader sinó s'assegura que es mantingui una disciplina rígida i estricta que desencadeni en una cultura de millora contínua. L'exigència i l'aplicació constant d'aquestes premisses permetrà assolir els objectius d'organització i neteja que permeti que la transformació sigui un èxit. Aquest manteniment es podrà fer a través d'auditories periòdiques dels elements, i es pot implementar en tots els àmbits i persones implicades en el procés productiu.

2.2.4.2 TPM

Les sigles d'aquesta eina signifiquen *Total Productive Maintenance*, i és un mètode de gestió dels manteniments que l'empresa ha de fer en els diferents elements presents en el procés. Aquesta eina permet planificar i realitzar els diferents manteniments de manera que les diferents màquines i aparells tinguin el mínim d'averies possibles. La intenció és aconseguir realitzar el màxim de manteniments preventius, de manera que gràcies a aquests, es previnguin el màxim de possibles averies. De la mateixa forma, un indicador de que no es fan els manteniments correctament és la quantitat de manteniments de tipus correctius, és a dir, manteniments que s'han de fer a causa d'una averia, si aquest nombre és més elevat que el nombre de manteniments preventius denotarà que la planificació no és la correcta.

Per implementar l'eina correctament, es segueixen un seguit de fases:

- Recull d'informació i coneixement màxim sobre cada equip usat, elaborant una fitxa tècnica de cadascun, analitzant els informes històrics d'averies i anotant les més freqüents per tal d'acotar el nombre de màquines amb més averies.
- Neteja en profunditat de tots els equips i màquines per evitar riscos d'averies futures.

- Formació del personal per ensenyar quin tipus de manteniment realitzar, i com fer-lo. De manera que els operaris puguin fer els manteniments més senzills, i el departament de manteniment es dediqui a fer els més profunds.

L'objectiu final d'aquesta eina és la d'assolir una estandardització i organització òptima del manteniment, sigui del tipus que sigui. Els resultats s'observaran al convertir manteniments correctius en preventius, fet que estalviarà molts diners i temps productiu de màquina, ja que els manteniments correctius poden provocar una parada de màquina no prevista, que produeixi una aturada imprevista en la producció.

2.2.4.3 One Piece Flow

El peça a peça o *One Piece Flow*, és una idea de funcionament que té com a objectiu la millora de la productivitat global. Aquesta es vol augmentar en base a dos conceptes senzills: començar i acabar una peça, és a dir, no començar la producció de cap altre peça fins que no s'acabi la que s'està realitzant, evitant acumulacions i ocupació d'espai i moviments innecessaris. Aquest flux aportarà una reducció del *lead time* de producció i anirà lligat a la organització de les cèl·lules de treball. Aquest sistema també permetrà ajustar les illes a número no enters d'operaris, evitant un sobredimensionament.

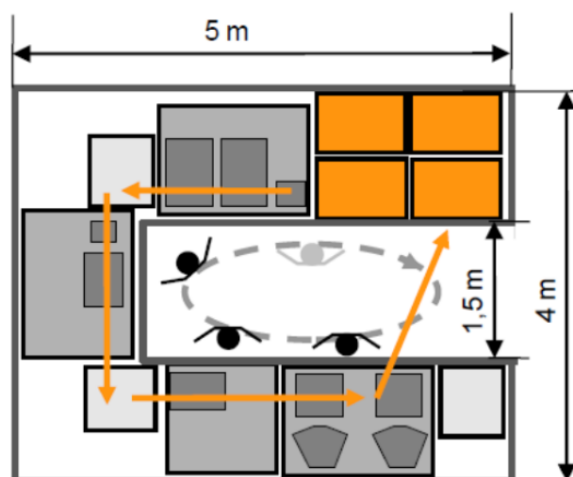


Figura 2: Exemple illa en forma d'U Font: Intern Sacopa

Un element essencial del peça a peça és el disseny i distribució de les illes de treball, que al voler produir d'aquesta forma, la seva òptima disposició és en forma de U. Serà essencial dissenyar una illa en la qual hi hagi disponible el material necessari per a fabricar fins a tornar a ser aprovisionats, sense tenir un excés de material que provoqui una ocupació d'espai no desitjada. L'illa s'ha d'estudiar en profunditat, analitzant els moviments de l'operari i ajustant les ubicacions dels diferents components de muntatge perquè els moviments siguin els més curts i ergonòmics possibles. Es dissenya la illa en funció del

temps del *takt time* calculat i del temps que es tarda a fabricar una peça, d'aquesta manera podrem calcular el temps de cicle objectiu, que relacionarà:

$$\text{Temps de cicle} = \frac{\text{Temps de fabricació unitari}}{\text{Nº de persones a l'illa}} \quad (\text{Eq. 5})$$

2.2.4.4 SMED

Aquesta eina està enfocada a l'optimització dels temps de canvi a l'hora de passar de fabricar un producte a un altre. Les seves sigles en anglès són, *Single Minute Exchange of Dies*, que ve a significar aconseguir un temps de canvi inferior als 10 minuts.

El seu funcionament es basa en diferenciar dos tipus d'operacions durant el canvi de fabricació d'un producte a un altre:

- Operacions internes: és qualsevol acció que s'hagi realitzat en la preparació de la fabricació d'un nou producte mentre les màquines o la línia de producció estant parades.
- Operacions externes: és qualsevol acció realitzada mentre la producció o l'equip està en funcionament.

Aquesta diferenciació permet optimitzar al màxim un canvi, ja que prioritza convertir qualsevol operació interna en externa, si és possible. Reduint les operacions internes permetrà tenir un canvi el més curt. Aquesta eina és essencial en un sistema Lean ja que unes comandes petites faran que la quantitat de canvis siguin molt més elevats ja que no es produirà en massa.

2.2.4.5 Estandardització

L'optimització d'un procés no serà completada sense l'estandardització del procés, aquesta estandardització es produirà una vegada un procés o element estigui optimitzat i es vulgui aconseguir una continuïtat en el seu funcionament, és a dir, que en el pas del temps es segueixi treballant de la mateixa forma, aquest fet ens l'aportarà l'estandardització dels processos. La seva finalitat és l'ordenació i el rigor ja que un procés que sigui versàtil i canviant provocarà tenir un descontrol del mateix, i per tant serà molt difícil actuar-hi i millorar-lo.

Un estàndard es crea a partir de recollir les dades d'un procés i seguidament l'explicació objectiva dels passos a seguir per realitzar l'acció de forma adequada. Una vegada creat, s'ha de consensuar amb els responsables de que aquest procés es realitza correctament, i una vegada validat, s'oficialitza i es posa en marxa, com s'exposa a la figura 3.

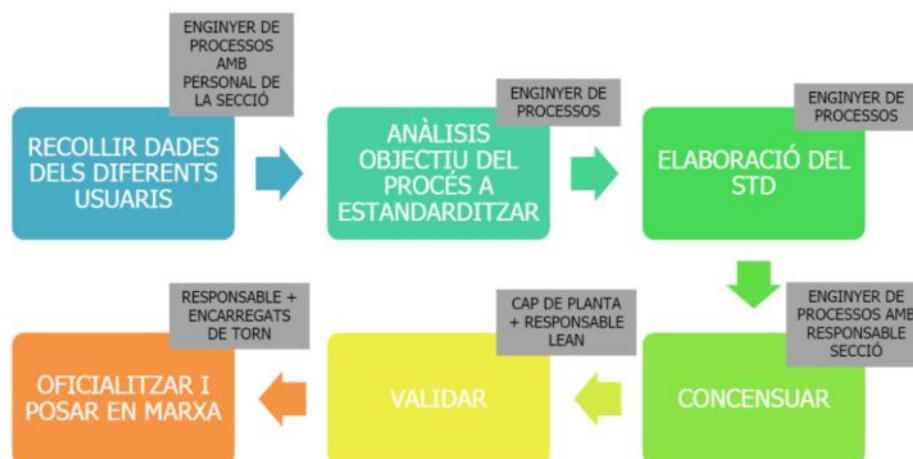


Figura 3: Flux creació d'un estàndard. Font: Intern Sacopa.

L'estandardització és essencial en un procés de millora, ja que no tindria sentit cap tipus de millora si no es manté els canvis implementats. Aquesta continuïtat dels canvis els dona els estàndards, per tant, serà molt important que siguin el màxim de clarificats i rigorosos possibles. Perquè qualsevol persona l'interpreti de la mateixa forma és molt important que sigui el màxim objectiu possible, per no donar peu a diverses interpretacions.

2.2.4.6 Gestió visual

La transmissió i explicació de diverses accions de la manera més senzilla possible es pot aconseguir amb la gestió visual, que forma una part important del procés de transformació. Aquesta eina permet accelerar l'aprenentatge a través de la comunicació d'informació en poques paraules i incorporar imatges cridaneres i fàcils d'entendre. És la millor manera d'homologar i mantenir al dia a tots els implicats d'una informació concreta.

D'aquesta manera, els objectius de la gestió visual seran els de donar informació clara per aportar capacitat de reacció envers problemes o estàndards de processos. També podrà ser emprat per garantir les polítiques d'un procés, ja sigui en temes de seguretat, funcionament o per evitar males pràctiques. Finalment, la gestió visual es pot usar per donar informació s'obre la producció, comparar gràfics, analitzar resultats o fent un seguiment de qualsevol informació rellevant per als treballadors. Per exemple, una manera d'implementar la gestió visual és a través d'indicadors de producció, que mostrin si l'indicador és positiu o no a través d'un semàfor.

2.2.4.7 Jidoka

Aquesta sistemàtica és molt important dins el mètode ja que dona una sistemàtica a l'hora d'analitzar els processos i identificar els problemes des de l'arrel. El seu principi és el d'analitzar els processos des de cada etapa, per identificar a quina etapa del procés hi ha

els problemes i poder acotar més precisament la zona causant d'aquests. D'aquesta manera no s'analitza el procés al final, ja que seria molt més complicat trobar on hi ha els problemes.

Un concepte emprat en l'eina és el de *autonomation*⁴, que bàsicament implica la conjunció de la persona o operari amb l'automatització del procés. Un procés automatitzat en excés i de forma radical no serà òptim ja que sinó es segueixen un passos i es fa de manera sistemàtica, pot causar l'efecte contrari al desitjat, com serien parades, mala gestió del procés, dificultat en la resolució de problemes, entre altres.

Aquesta sistemàtica es realitza a partir del següents passos:

- L'esforç manual el realitzi una màquina.
- L'autoalimentació de material de les màquines durant el procés.
- La realització de parades automàtics en cas d'error.
- Descàrrega automàtica del sistema per finalitzar el procés.
- Càrrega automàtica per iniciar el procés.
- Autonomia en la detecció d'errors o defectes al producte.
- Transport automatitzat del material al realitzar diverses operacions.

2.2.4.8 Poka Yoke

La traducció literal de les paraules japoneses són: "poka" com a error inadvertit i "yoke" com a prevenir. Per tant, aquesta eina aplicada en qualsevol mecanisme d'un procés Lean ajudarà a evitar errors. L'objectiu és eliminar els defectes dels productes a través de prevenir i corregir errors humans en el moment que es produeixen. Per tal de prevenir una operació incorrecte, s'obliga a realitzar una acció abans de continuar el procés, per tal d'evitar que es produeixin errors. Un exemple seria el de les rentadores modernes, les quals no iniciaran el procés de rentat fins que no es detecti que la porta està tancada. Aquests sistemes evitaran errors i per tant estalviaran futurs problemes en el producte final.

Per detectar un error i fer ús d'aquesta eina es realitzen un seguit de passos:

- Identificació de les operacions del procés que dona més errors.

⁴ Autonomation: automatització amb un toc humà.

- Analitzar amb els 5 perquè (preguntar-se 5 vegades perquè) per trobar el motiu de l'error.
- Escollir la forma preventiva per evitar que l'error es torni a realitzar.
- Posar algun sistema perquè l'error no es torni a produir.
- Crear un llistat de validació o un mètode seqüencial per corregir els mals hàbits.
- Provar el mètode i comprovar si funciona.
- Formar els operaris i revisar si la mesura ha estat exitosa.

En definitiva, aquesta eina pot aportar grans beneficis a l'empresa com prevenir errors, que causen pèrdues, fer impossible que es produeixen alguns tipus d'errors, sobretot els relacionats amb la seguretat i finalment, el cost de implementació d'aquesta eina és molt reduït.

2.2.5 Flux tens

A l'hora d'organitzar la cadena de valor, la prioritat recau en establir flux continu com el peça a peça en la majoria de punts possibles del procés. Tot hi això, hi ha moments que impossibiliten aquests procediments:

- Processos que treballen amb lots.
- Processos amb diferències importants en el temps de cicle de les seves operacions.
- Processos amb baixa estabilitat propensos a avaries.
- Processos on les seves operacions no es poden realitzar en un mateix lloc i s'ha d'acumular per poder transportar-les en grans quantitats.
- Productes els quals funcionen a ritme de màquina, que obliga a fraccionar el producte en subproductes per funcionar òptimament.

En l'estratègia de producció i gestió de materials és important tenir clar els aspectes fonamentals per planificar la producció, que es pot dividir en 3 grans grups:

- En funció de les comandes i rebuts coneguts, a contra comanda.
- En funció de les previsions sobre vendes futures, a contra previsió.
- En funció dels consums registrats d'estoc, a contra demanda.

D'altra banda, per definir qualsevol mètode de planificació adequadament s'han de considerar elements importants com el termini d'entrega, el lead time del procés i la gestió dels materials, aprovisionament, estoc i compres.

2.2.5.1 Comparativa entre sistema push i sistema pull

El **sistema Push** es sustenta a partir de la planificació basada en la previsió de la demanda, és a dir, es planifica la producció en funció del que es té previst vendre. En aquest sistema no es té consideració de la necessitat actual sinó que es basa en l'estudi realitzat sobre la demanda, ja sigui per l'anàlisi del mercat, o per l'experiència en èpoques anteriors.

Aquesta planificació es crea a partir de la utilització del sistema MRP, en què es crea una un pla mestre (MPS) en funció de les previsions. A partir de l'estructura dels productes, els terminis de compres i la disponibilitat, juntament amb el pla mestre creat es dissenya el pla de materials (MRP). El problema més gran d'aquest sistema recau en la fiabilitat de la previsió, una previsió no deixa de ser una predicció del futur, i com s'ha demostrat en l'actualitat, els mercats i les demandes són molt canviants i és molt difícil acotar amb exactitud quines seran les necessitats futures. Per tant, una previsió errònia o inexacta provocarà una sobreproducció o una subproducció que desembocarà amb un excés d'estoc d'algun producte, i la manca d'estoc d'algun altre.

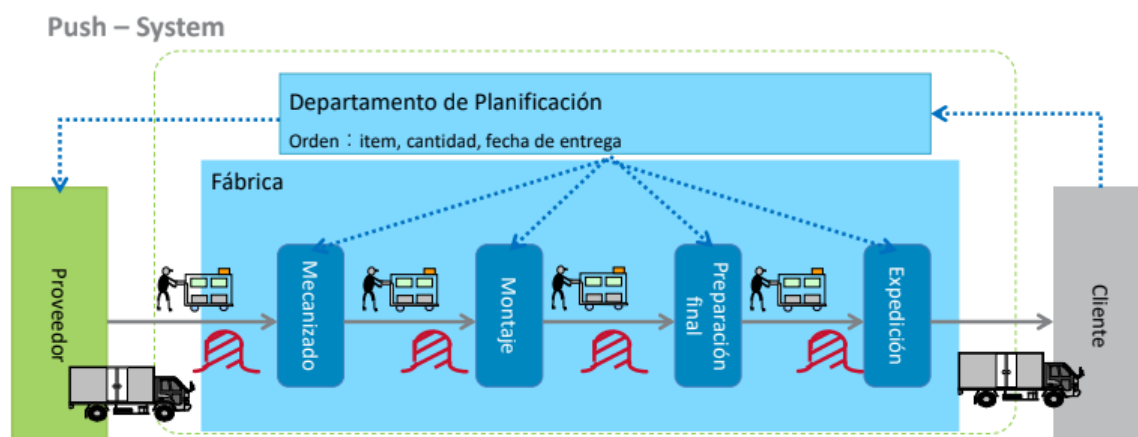


Figura 4: Flux sistema Push. Font: Intern Sacopa

En contraposició, el **sistema Pull** es realitza sobre la base de les senyals generades pel consum i les necessitats reals dels clients. D'aquesta manera, no es realitzen prediccions a curt termini d'entrega de la demanda, sinó que es fabrica segons la demanda real. Les previsions utilitzades són les de llarg termini, i s'usen per determinar la capacitat de la planta i dimensionar els elements bàsics de fabricació, com el takt time, el lead time o el nombre d'operaris necessaris per cobrir-la.

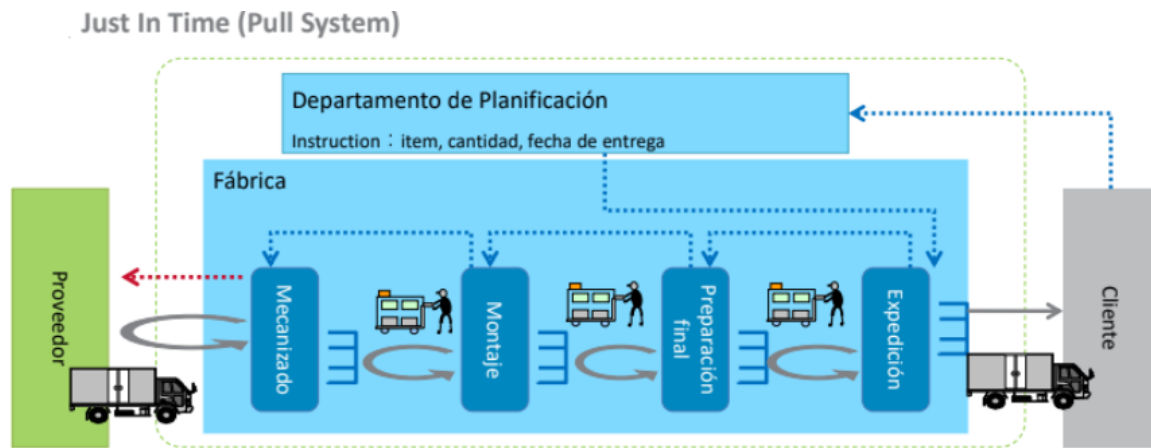


Figura 5: Flux sistema Pull. Font: Intern Sacopa.

Per poder desenvolupar un sistema pull adequadament s'ha de tenir un sistema productiu flexible, amb lots petits i amb una capacitat de canvis envers la demanda elevada. Per obtenir aquest sistema s'han d'usar totes les eines Lean disponibles, ja que es requeriran temps de resposta molt curts, cosa que provocarà que s'hagi de tenir uns canvis de producte optimitzats, una gestió dels manteniments adequada i una producció controlada i estandarditzada.

Havent explicat els dos mètodes es pot extreure un seguit de comparacions que permetrà tenir una visió del que aporta o deixa d'aportar cadascun dels mètodes.

Taula 1: Comparativa entre sistema Push i Pull

Sistema Push	Sistema Pull
<p>Avantatges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • És útil si la previsió és molt exacte. • Dificilment hi haurà manca d'estoc d'algun material. • Es pot implementar sense tenir un sistema molt optimitzat. • Útil amb sistemes de poca varietat de productes. 	<p>Avantatges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Únicament es fabrica el que es necessita. • Control exhaustiu del lead time. • Flexibilitat, ràpida resposta davant canvis. • Planificació automàtica • Estoc mínim
<p>Desavantatges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Massa depenen de la previsió. • Poc flexible. • Grans pèrdues de valor i recursos al 	<p>Desavantatges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sense tenir tot el procés optimitzat, el sistema no funcionarà.

llarg del procés.	
-------------------	--

Després d'haver exposat i comparat els dos sistemes, el mètode Lean està adequat i dissenyat per treballar en un sistema Pull, ja que totes les seves eines estant enfocades a optimitzar el màxim el temps i els procediments que formen part del procés productiu, per tal de tenir una flexibilitat elevada que permet treballar amb el sistema Pull. Aquest sistema es pot implementar si es segueix un seguit de sistemàtiques que facilitin la gestió de materials, tant en aprovisionament, gestió al magatzem com amb sortida de producte acabat.

2.2.5.2 Kanban

El sistema Kanban és un sistema d'informació per controlar les quantitats produïdes en cada procés. És una eina utilitzada per a la gestió de la producció basada en controlar l'estoc i els components dins la illa de muntatge. Aquest sistema s'implementa a partir d'unes targetes que contenen la informació necessària de l'ordre de fabricació, i la seva funció principal és la de donar informació sobre el que es produeix, en quina quantitat, a on està ubicat dins el magatzem i en quin recipient està emmagatzemat, entre d'altres. Aquesta targeta regula els moviments dels productes i permet saber quan s'ha d'aprovisionar un component perquè no s'aturi la fabricació. També pot ser emprat entre operacions dins la fabricació d'un producte, és a dir, si l'operació 1 aprovisiona a l'operació 2, aquesta serà el client de la primera, i es comunicaran a través de les targetes.

Aquesta eina també funciona com a comunicació entre la zona de producció i la persona encarregada de l'aprovisionament, per exemple, en el moment que la zona de muntatge hagi consumit una caixa d'un component, farà arribar la targeta a l'encarregat d'aprovisionar de manera que sàpiga el component que ha de dur en el següent cicle que passi per la illa. No necessàriament s'ha de fer a través d'una targeta, sinó que hi han altres mètodes com a demanar material a través d'un recipient, com una cubeta o una caixa, la qual tingui una etiqueta amb la informació necessària.

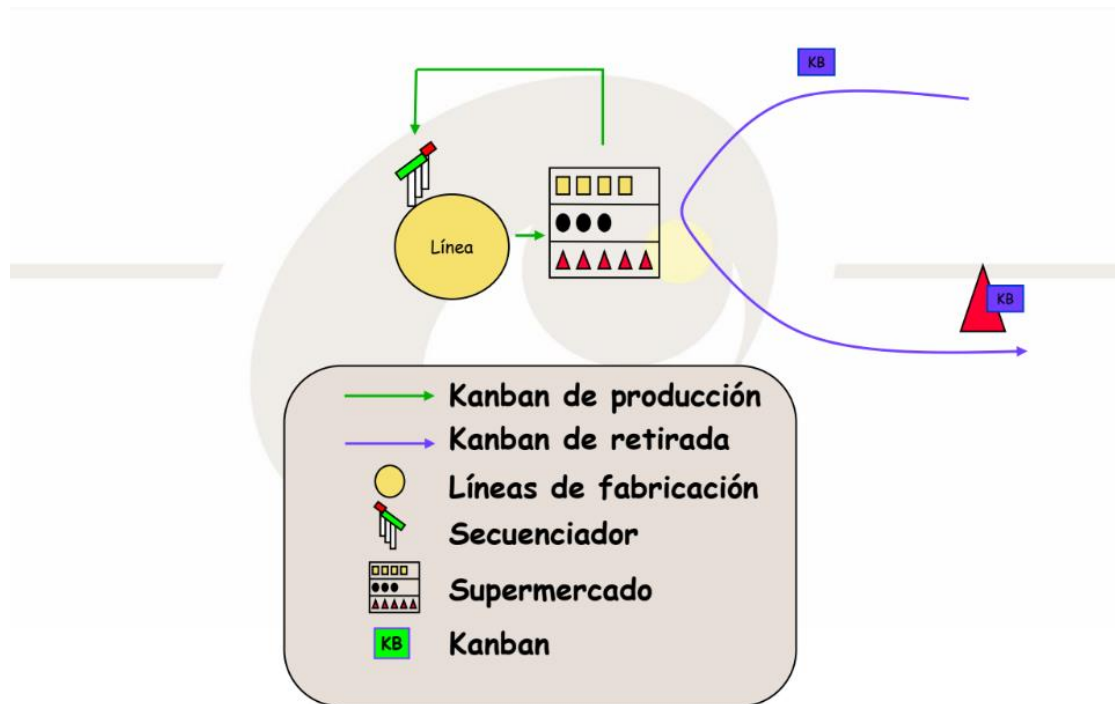


Figura 6: Exemple sistema Kanban. Font: Intern Sacopa

L'objectiu d'aquesta eina és reduir la quantitat de material circulant pel sistema, i han de tenir una quantitat ajustada per aconseguir aquest fi. La quantitat Kanban permetrà tenir el material just a la zona de muntatge perquè no es quedin sense un component durant el temps que l'aprovisionador no porti més material d'aquell tipus. Aquesta quantitat justa donarà autonomia perquè es pugui fabricar durant un període de temps, però ajustant-la a un determinat temps de cicle perquè no hi hagi excés de material a la zona de muntatge, i en conseqüència, ocupació innecessària d'espai.

Aquesta quantitat anirà relacionada amb el termini d'entrega, la demanda, quantitat de recipients o cubetes i un factor de seguretat elegit, i es calcularà a través:

$$K = \frac{DD}{CC} \cdot (LT + 1 + \alpha) \quad (Eq. 6)$$

On

K: nº de recipients Kanban disponibles.

DD: xifra el 90-95% de la demanda total.

CC: capacitat del recipient o cubeta on s'emmagatzema el material.

LT: lead time, temps que transcorrerà fins que no es torni a aprovisionar un component.

α : factor de seguretat, en funció de la confiança del proveïdor, partint de 1 (molta confiança) i anant augmentant fins a 2 (poca confiança).

2.2.5.3 FIFO

Les sigles FIFO, *First In First Out*, venen a significar que el primer que entra ha de ser el primer que surt. D'aquesta forma l'últim element que entri en un sistema FIFO, serà l'últim en sortir. Aquest sistema permet mantenir l'ordre de consum dels productes reduint la variació del lead time. A més, el sistema permet tenir el menor temps possible un material emmagatzemat fet que donarà un control de l'estoc i es podrà establir un límit d'unitats FIFO acumulades, per tal d'evitar la sobreproducció, això significarà que una operació que subministri producte a un carril o sistema FIFO aturarà la seva producció quant el carril sigui ple.

El carril FIFO pot ser de moltes maneres, la més emprada és utilitzar una taula dinàmica amb rodets el qual es subministra per la part posterior i es consumeix per la part davantera, assegurant així que el producte que s'agafi sigui el primer que ha entrat.

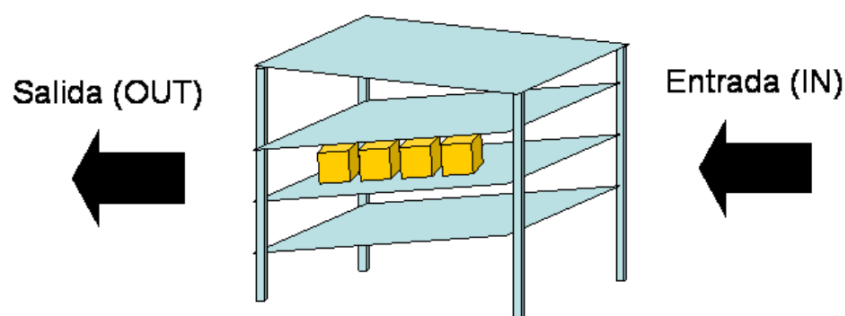


Figura 7: Exemple d'estanteria FIFO. Font: Anonim, Estanterías dinámicas (FIFO). Lean Roots.
(<http://leanroots.com/FIFO.html>, 24 d'abril de 2022)

2.2.5.4 Heijunka

La implementació del sistema Pull serveix per gestionar de forma automàtica el flux de materials en funció del consum o les comandes. Els principis d'aquesta eina és voler anivellar la producció per tal de tenir el mínim estoc possible. Aquest fet només es podrà aconseguir si es té un nivell d'implementació del *Lean Manufacturing* molt avançat dins l'empresa, ja que a partir de les comandes es pot dissenyar un estoc de seguretat que permeti fer front a futures demandes, sense tenir un excés de material al magatzem que provoqui una ocupació d'espai innecessària. Tot aquest procediment no es podrà dur a terme sinó es té un temps de canvi molt optimitzat i curt i els processos no estant adaptats a un sistema Pull com demana el mètode Lean.

La manera d'implementar aquesta eina és a través del que s'anomena una "Caixa Heijunka", que ve a ser una representació de les demandes a entregar en un període de temps, en funció de cada tipus de producte. En funció de la demanda mitjana de cada producte, es distribueix la producció de manera anivellada perquè al final d'un període de temps determinat, tota la demanda es pugui entregar.

Dins la caixa hi ha la quantitat de productes a fer, i cada partió vindria a ser un dia de fabricació, per tant, es pot distribuir equitativament el que s'ha de fabricar per cobrir la demanda, i dona una visió de si es té capacitat per fer-hi front, o en contraposició, quina és la quantitat de hores de fabricació sobrants.

2.2.5.5 Supermercat

El supermercat d'aprovisionament és una zona del magatzem on s'ubiquen els materials de més consum per tal tenir-hi més facilitat d'accés. Aquesta idea es basa en la idea de aconseguir que l'encarregat d'aprovisionar les illes tingui el material més a mà possible per tal de que el temps d'aprovisionament sigui el mínim possible. La zona on acostuma a ubicar-se un supermercat és a les ubicacions més baixes d'un magatzem, de manera que no s'hagin de despenjar cap palet per obtenir el material desitjat. Els productes inclosos dins aquests supermercat es distribuïran per famílies de productes de manera que al fer una parada, l'aprovisionador pugui agafar tot el material necessari per aquell tipus de producte. El supermercat s'ha d'organitzar de manera que primerament s'agrupin els productes de més consum i que s'utilitzin en més tipus de productes diferents, com podria ser cargolaria, juntes o productes comuns. Seguidament s'agrupen components específics d'un producte d'alt consum, de manera que al fer-se amb més freqüència farà que el temps d'aprovisionament sigui molt baix. D'aquesta forma, al anar agrupant els diferents tipus de productes s'obtindrà una distribució que permeti agrupar la major part dels productes de consum, a major estandardització dels productes, major quantitat podrà ser ubicada al magatzem.

El supermercat serà emplenat pels treballadors del magatzem, els quals a través de sistemes Kanbans o d'avisos informàtics, tindran un estímul del tipus de material que s'ha d'ubicar al magatzem, i aquests si que seran els encarregats de despenjar els palets guardats. D'altra banda, els productes ubicats al magatzem hauran de posar-se en els recipients o cubetes en la quantitat òptima perquè la zona de muntatge tingui suficient material per fabricar fins que no es torni a aprovisionar. Per exemple, si d'un producte es fan 30 peces la hora, un component que hi hagi 1000 peces per caixa, es podrà distribuir en cubetes més petites que s'ajustaran més l'autonomia mínima desitjada i ocuparan menys espai a la zona de producció.

2.2.5.6 Milkrun

El nexa entre el supermercat d'aprovisionament i la zona de muntatge serà el Milkrun, ja que es basa en els camions que repartien llet als Estats Units, d'on prové l'idea. Aquest aprovisionament s'acostuma a fer a través d'un trenet d'aprovisionament o *Mizu*⁵, aquest trenet és simplement una locomotora elèctrica que tira uns vagons, normalment de 2 a 4, i que és on s'ubica el material que és transportat des del magatzem fins a la zona d'aprovisionament.

Aquesta eina no té una implementació estandarditzada, sinó que dependrà de l'entorn industrial i el tipus de producte el que definirà quina és la millor manera d'implementar-ho. El funcionament bàsic estaria distribuït en diverses etapes:

1. L'aprovisionador porta el material necessari per començar una producció.
2. Una vegada ha iniciat la producció fa un cicle, de temps predefinit, el qual torna a passar per la zona de producció i agafa els recipients buits utilitzats, com cubetes o caixes.
3. A partir d'aquests recipients torna al magatzem on carrega el material dels recipients recollits, que estaran al supermercat i per tant, tindran fàcil accés.
4. Torna a passar per la zona de producció deixant el material recollit al magatzem i torna a recollir els recipients dels components ja consumits, fent aquests procediments repetidament.
5. Una vegada s'acabi l'ordre de fabricació d'un producte, es prepara el material de la següent ordre, i al cicle anterior a l'acabament de la primera producció, es deixa el material de la nova ordre just darrere. D'aquesta forma, quant acabin la producció i retirin el material sobrant, els apareixerà el material de la següent fabricació just darrere.

Aquesta idea és molt beneficiosa ja que eximeix als operaris de muntatge d'haver d'anar a buscar el material al magatzem, fet que produeix que es puguin dedicar al 100% a la producció i no hagin de fer moviment que suposen una pèrdua de capacitat productiva molt elevada. Aquesta eficiència també es notarà a les illes, ja que al passar tants cicles el material acumulat a la zona de muntatge serà molt petit, fet que produirà obtenir unes illes de muntatge molt reduïdes i en conseqüència, un espai de fabricació molt reduït que millorarà la productivitat.

⁵ *Mizu* o *Mizusumashi*: en japonès, aranya d'aigua, també referit a un element que pot estar entre l'aigua i l'aire. Aplicat al Lean, que pot estar entre el magatzem i la zona de muntatge.



Figura 8: Tren d'aprovisionament. Font: Anònim. Tractores de arrastre para transportar artículos individuales. en el momento preciso. Toyota Material Handling España. (<https://toyota-forklifts.es/soluciones/su-sector/fabricacion/>, 24 d'abril de 2022)

2.2.6 Millora continua

2.2.6.1 Kaizen

En japonès la paraula Kaizen és una paraula composta pel terme *Kai*, que ve a ser canvi, i *Zen*, que vol dir per millorar. Amb altres paraules, significa millorar contínuament, i aquesta és la essència principal del mètode Lean, la no conformitat amb les millores obtingudes i la busca persistent de la perfecció. El pilar fonamental d'aquest procés són els equips de progrés, que són utilitzats per a millorar els processos productius. La seva pràctica requereix de la formació d'un equip, que es reuneix diàriament i que està integrat per personal dels diferents departaments que prenen part en el procés productiu, com serien producció, manteniment, qualitat, enginyeria o compres, i demés treballadors que s'impliquen en el procés. El seu objectiu és el d'augmentar la productivitat controlant els processos de producció mitjançant indicadors. Aquests indicadors mostren els pitjors canvis de producte, la pitjor producció, o els temps d'averies més elevats. A partir d'aquestes dades es comenten entre els diferents departaments quin ha pogut ser el causant d'aquests problemes, per tal d'arribar a la causa arrel i poder-ho solucionar.

Els problemes s'acostumen a apuntar en una pissarra on es designa la persona encarregada de pilotar la solució del problema. Un problema apuntat a la pissarra pot estar un màxim de 2 dies, ja que si en 2 dies el problema no s'ha solucionat, es passa a una altra fase del sistema. el que s'anomena la resolució de problemes PDCA. La monitorització dels

problemes permetrà identificar els llocs on hi han més problemes per tal d'enfocar-se en saber què els causa i solucionar-los. Aquestes reunions són de temps reduït i són molt importants ja que la mescla de personal de diferents departaments ajuda a eliminar les barreres entre departaments i impulsar el lideratge per a trobar solucions als problemes.

2.2.6.2 PDCA

El sistema PDCA, o també conegut com la *Roda de Deming* és un metodologia de elemental de solucionar problemes. Aquest mètode analitza les dades centrant-se en causa d'ineficiències a través de l'estadística i proposa solucions orientades a la prevenció abans que la correcció. El sistema PDCA es pot aplicar en qualsevol àmbit de l'empresa i en qualsevol tipus de problema, sigui simple o complex.

Les fases fonamentals del sistema les descriu cadascuna de les 4 lletres que formen el seu nom:

- P (Plan): planificar i definir què es vol aconseguir i quins són els objectius.
- D (Do): dur a terme lo definit i plantejat en el pas anterior.
- C (Check): verificar si lo realitzat ha sigut exitós i ha complert el objectius marcats.
- A (Act): actuar en funció del resultat, si l'objectiu s'ha complert es dóna el problema per solucionat. Sinó es reformula per mirar de trobar una solució a través d'un altre camí.



Figura 9: Roda de Deming Font: Intern Sacopa

2.2.7 Resum eines Lean

Una vegada descrites i explicades totes les eines que prenen part en un procés de transformació Lean, es mostren en quin àmbit del procés s'apliquen per tal de tenir una visió global de on tenen el seu efecte:

Taula 2: Resum eines Lean

Principis i conceptes	Eines Lean
Valor	7 tipus de malbarataments
Cadena de valor	VSM (<i>Value Stream Map</i>)
Flux continu Flexibilitat i reactivitat Flux peça a peça Estandardització Ordre i neteja Observació	5S TPM OPF (<i>One Piece Flow</i>) Layout en U SMED Gestió visual Jidoka Poka Yoke
Sistema Pull Flux estirat per la demanda del client Dimensions dels lots reduïts Anviellament de la producció	Kanban Supermercats d'aprovisionament Heijunka Milkrun
Perfeccionament Millora contínua Processos sense errors	Millora contínua PDCA

3. EMPRESA SACOPA SAU

Per tal d'entendre el marc d'aplicació del projecte, es considera adequat fer una breu explicació sobre l'empresa i els tipus de tecnologies usades.

3.1 Història

L'empresa es va crear a l'any 1985 a Olot, com una planta d'injecció de plàstic per a la indústria, on la major part de la seva producció era per al grup Astralpool. Al cap de dos anys es va incorporar a l'estructura del grup Astralpool, passant a ser l'accionista majoritari de Sacopa. A partir de llavors, es va treballar pràcticament en exclusiva per aquest grup, tenint una progressió meteòrica, introduint dins la seva producció muntatges de productes acabats. A l'any 1987 Astralpool passà a dir-se Fluidra, amb seu a Sabadell, on el fonament principal d'aquest grup era el desenvolupament d'aplicacions per a l'ús sostenible de l'aigua, aportant solucions per a la conservació, conducció i tractament. A l'any 1994, es va construir unes noves instal·lacions al municipi de Sant Jaume de Llierca, on entre el 1999 i el 2001 es van traslladar els diferents centres productius de Sacopa que s'havien anat creant a la zona de la comarca de la Garrotxa. Al llarg de l'any 2003 s'integrà a la seva producció una part de l'empresa Alplister, que va significar un creixement important. Al 2005 es va crear una secció dedicada a la investigació, desenvolupament, fabricació i comercialització d'elements d'il·luminació, especialment enfocat a les tecnologies de LED i fibra òptica, ja que eren un tipus de tecnologies que permetien crear efectes de llum i colors espectaculars gràcies a la seva versatilitat amb la que s'obté una gran eficiència energètica respecte la il·luminació tradicional. Aquests llums tenien com a camp d'actuació principal la il·luminació de fonts públiques, piscines, jardins i espais arquitectònics, tant aquàtics com no. A l'any 2007 es van aconseguir les certificacions de ISO14001 i EMAS, amb les que Sacopa volia respectar els criteris de sostenibilitat i gestió ambiental eficient. En aquest mateix any, el grup Fluidra va sortir a borsa i va cotitzar a les quatre borses espanyoles. A l'any 2009, Sacopa va passar a formar part de la divisió d'indústria de Fluidra. Al 2010 es va crear una sala blanca adequada per a la injecció, on es fabricaven productes per a la indústria farmacèutica. Al llarg dels últims anys es va absorbir Maberplast, empresa situada a Sant Joan les Fonts, d'on es va traslladar la producció cap a Sant Jaume de Llierca.

3.2 Situació actual

En l'actualitat, l'empresa té un total de 11 naus al polígon industrial Poliger Sud del municipi de Sant Jaume de Llierca. A les naus s'hi desenvolupen tres activitats principals: Injecció,

muntatge i emmagatzematge de productes de plàstic. La major part dels productes són de l'àmbit de la piscina, encara que també es produeix per la indústria farmacèutica i llums amb tecnologia LED.

La funció que té cadascuna de les 11 naus és:

- Sacopa 1: fabricació i muntatge de producte acabat per a piscines com Skimmers, broquets, embornals o dosificadors, entre altres.
- Sacopa 2, 4 i 9: dedicades a l'emmagatzematge de matèria prima, components i producte acabat.
- Sacopa 5 i 6: injecció i muntatge de peces de gran dimensions, com filtres per a piscines.
- Sacopa 7: especialitzada en la investigació, producció i comercialització d'elements d'il·luminació per a piscines, fonts, jardins o elements arquitectònics.
- Sacopa 10: injecció de tot tipus de peces de plàstic, tant de piscina com d'altres àmbits. En el seu interior està ubicada la sala blanca d'injecció de productes farmacèutics.
- Sacopa 3 i 8: antigues naus que es van acabar traslladant dins la nova nau de Sacopa 10.

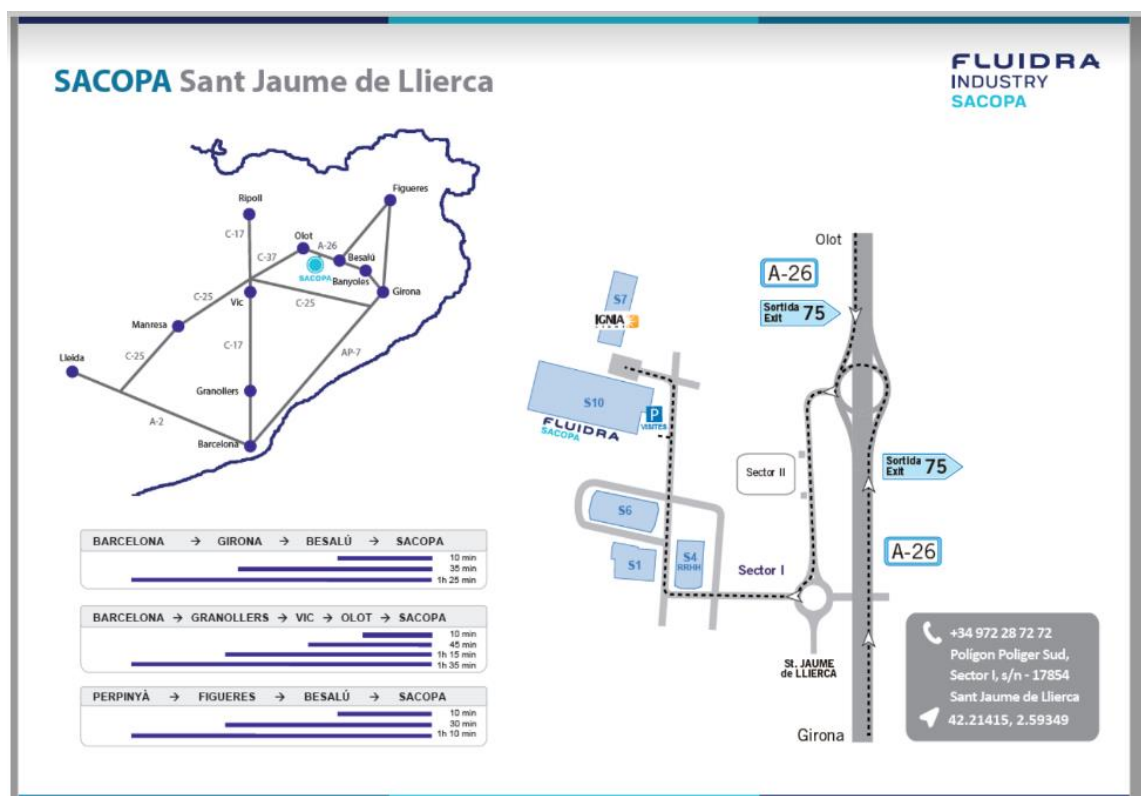


Figura 10: Mapa de la ubicació i les naus de Sacopa S.A.U. Font: Intern Sacopa

3.3 Procés productiu

La principal activitat productiva desenvolupada a l'empresa és la injecció de plàstic, amb la qual es fabriquen els diferents productes i subproductes. A partir d'aquests subproductes, es fa el muntatge dels diferents productes finals.

3.3.1 Injecció de termoplàstics

3.3.1.1 Tipus de plàstics

La majoria dels components injectats a Sacopa s'injecten amb ABS natural, també anomenat Terluran GP-35, que té unes característiques adequades per al tipus d'acabat que se li vol donar al producte, així com de les seves prestacions, ja que té una bona resistència davant canvis de temperatura, dona una alta qualitat a les superfícies d'acabat i té unes bones característiques d'esforç i rigidesa adequades per a la injecció. La seva temperatura de fusió és d'entre 210 i 230°C.

3.3.1.2 Màquina d'injecció

Les propietats dels plàstics permeten utilitzar el mètode per injecció ràpida que aprofita la automatització de la fabricació per produir de manera més barata i ràpida que amb altres tipus d'injecció. A partir d'un model CAD de la peça a fabricar es dissenya un motlle, que acostumen a ser d'alumini o d'algun aliatge d'acer, de manera que la seva creació és més ràpida i barata en comparació als motlles tradicionals, que eren d'acer. La fabricació per injecció de plàstic és el procés de fondre grans de plàstic que, quan estant lo suficientment fosos, s'injecten a pressió en una cavitat del motlle, emplenant-lo i solidificant-se per crear el producte final.

El procés s'inicia quan la màquina fon el plàstic a través de la seva unitat d'injecció, la seva funció és la de fondre, barrejar i injectar el plàstic al motlle. A través d'una càmera escalfadora i uns sensors es manté la temperatura desitjada del material fos. Una vegada fos, el plàstic s'injecta dins la cavitat del motlle. La cavitat està situada dins el motlle i en el moment de la injecció haurà d'estar tancada, aquesta funció s'encarregarà de fer-la la unitat de tancament, que tanca el motlle amb la força suficient per aguantar la pressió exercida pel polímer fos al entrar dins el motlle. La pressió generada pot arribar a l'ordre de cents de MPa. Normalment, la unitat de tancament es dissenya a partir del valor en tones que ha de suportar.

3.3.1.3 Motlle

El motlle és un altre element fonamental per entendre aquest tipus de fabricació. El seu disseny dependrà directament de la màquina on s'instal·larà. D'aquesta forma es dissenyarà un motlle tenint en conta les dimensions, pressió màxima, força de tancament i altres paràmetres per tal d'adaptar-se a la màquina d'injecció. Aquests paràmetres són la geometria, el tipus de plàstic, les pressions de tancament, el nombre de peces a fabricar i el temps de cicle. A partir dels requeriments es dissenya els paràmetres que ha de complir el motlle, com la resistència a compressió, corrosió o tèrmica, la seva tenacitat, resiliència i resistència al desgast. Finalment es busca un material que s'adapti a aquestes condicions.

Un motlle està compost d'un seguit d'elements, que seran:

Placa fixa

Part fixada a la màquina d'injecció, no canvia la posició del motlle. És la part on s'introdueix el material a través del canal d'injecció i conté 4 forats passants per acoblar-hi la guia i la placa mòbil. Conté la part negativa de la cavitat o cavitats on s'injecta el plàstic.

Placa mòbil

És la part del motlle que es mou longitudinalment en el procés d'acoblament, injecció i expulsió. Té 4 forats passants per acoblar-ho amb la part fixa. Conté la part positiva de la cavitat en forma de la peça a injectar.

Columnes guia

La seva funció principal és la d'assegurar el tancament del motlle mantenint-lo perfectament alineat entre els dues parts del mateix. Són 4 elements acoblats a la placa fixa i que s'introdueixen sense joc a la placa mòbil assegurant el tancament del motlle evitant fugues de material.

Agulla expulsora

S'encarrega de treure la peça del motlle una vegada ha estat injectada i solidificada. En aquest temps hi ha 4 agulles que reparteixen la pressió sobre la peça per no danyar-la durant l'extracció.

Columna separada

Amb longitud i diàmetre una mica major que les agulles expulsores, la seva funció és la de separar les dos plaques del motlle (fixa i mòbil) quant es realitza l'extracció de la peça.

Placa expulsora

El seu treball consisteix en subjectar els caps de les agulles expulsores i de les columnes separadores. Està unida al carro mòbil que es desplaça longitudinalment realitzant l'obertura del motlle.

Placa d'estrenyiment

És fixada mitjançant 4 cargols a la placa expulsora per retenir les agulles expulsores i les columnes separadores. A més, té dos orificis per on s'introdueix la guia d'expulsió. Finalment, s'acobla a ella el tirant d'expulsió que connecta tot el conjunt al carro mòbil.

Guia d'expulsió

El seu paper és el de conduir el sistema d'expulsió, travessant la placa expulsora i la d'estrenyiment per guiar-les durant el procés d'expulsió de la peça.

Tirant d'expulsió

Situat entre la placa d'expulsió i la d'estrenyiment travessant la última per unir el carro mòbil amb la màquina d'injecció.

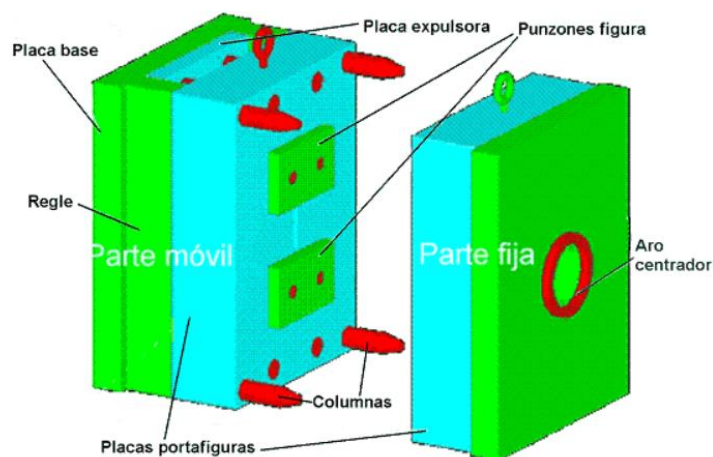


Figura 11: Exemple d'un motlle d'injecció amb les seves parts Font: Castillo, J.A. Inyección de Termoplásticos. Cursos para compartir lo que sabes. (<http://www.mailxmail.com/curso-inyeccion-termoplasticos/molde-partes-basicas>, 29 d'abril de 2022)

3.3.2 Productes

Dins l'entorn de l'empresa de Sacopa, es poden dividir en dos grups principals els productes que es fabriquen, aproximadament un 90% de la producció és dedicada a l'àmbit de la

piscina, on es gestionen les demandes a través de les diferents sucursals d'arreu del món que té el grup Fluidra, i la resta són productes venuts a tercers, sobretot productes sanitaris.

Els productes dedicats a la piscina s'inclouen pràcticament la totalitat de productes fabricats amb polímers que són presents en una piscina. Aquests articles són:

- Broquets d'absorció i d'aspiració.
- Skimmers.
- Filtres de piscines.
- Vàlvules.
- Subproductes i altres components com bombes, juntes, tuberes o dosificadors.
- Llums Leds per a piscina, fonts i exteriors.

Per altra banda, els productes dedicats a tercers estan distribuïts en:

- Sanitaris: targetes per emmagatzemar productes de laboratori, recipients per a fer diàlisi, components usats en odontologia, entre d'altres.
- Urbans: tanques o altres elements per a gestionar el tràfic, parts de contenidors de brossa, entre d'altres.
- Altres.

El productes de piscina van pràcticament amb la seva totalitat a un distribuïdor intern del grup Fluidra (Trace Logistics), que és l'encarregat de distribuir-los al client final. Aquesta metodologia permet a Sacopa ser pràcticament un centre de cost productiu, ja que les comandes venen des de la distribuïdora, que és qui s'encarrega de fer la gestió intermèdia entre el productor (Sacopa) i el client o destí final.

4. IMPLEMENTACIÓ DEL PROJECTE

4.1 Contextualització

4.1.1 Producte

El projecte neix a la nau d'injecció de Sacopa 10, en una zona on a més de injecció es realitza el muntatge d'un producte. El producte fabricat en aquest lloc és un component de piscina anomenat Skimmer, que forma part de l'equip de filtració d'una piscina conjuntament amb el filtre, les boquilles, els embornals, la boca, entre d'altres.

L'objectiu principal del Skimmer és el d'evitar que qualsevol element, com per exemple fulles o insectes, acabin al fons de la piscina. Aquest sistema funciona a partir de boquilles d'impulsió que emeten aigua a pressió en direcció al Skimmer, que acostuma a estar a l'altra banda de la piscina, i aquest, a través d'una bomba de succió recull l'aigua i amb ella tots els elements que estiguin a la superfície.

El funcionament principal del producte en si es basa en succionar lentament la superfície de l'aigua per evitar que qualsevol element es submergeixi i es dipositi al fons de la piscina. Aquest moviment no arriba a notar-se i no molesta a les persones que estiguin a la piscina. El Skimmer no funciona per si sol, sinó que necessita una bomba que s'encarregui de succionar l'aigua, fent-la entrar dins l'estructura del producte i passant-la pel filtre eliminant la brutícia i objectes que hi hagin a l'aigua, ja que tindrà una part submergida i una part no. El cistell que conté l'estructura del producte permetrà captar els elements sòlids més grans, mentre que la resta d'aigua seguirà pel circuit de filtració, per finalment recircular cap a la piscina. No és essencial tenir aquest element en funcionament 24h al dia, sinó que es podrà obrir i tancar en funció de si la superfície de l'aigua està bruta o no.

A més, té altres usos com serien:

- S'utilitza per a la correcta recirculació de l'aigua de la piscina, evitant algues i estancament.
- Pot ser usat com a desaigua durant pluges torrencials, evitant que l'aigua es desbordi.
- Es poden col·locar elements de tractament de l'aigua en ell com pastilles de cloro per optimitzar el tractament de l'aigua.

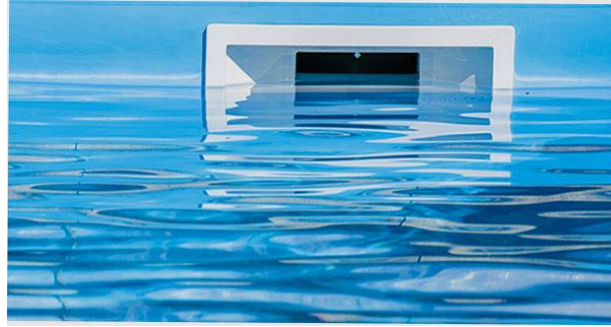


Figura 12: Skimmer integrat a una piscina. Font: Intern Sacopa

El procés realitzat per aquest element comença amb l'entrada d'aigua per la boca i estarà gestionada per la comporta, que s'encarregarà de que els elements sòlids que entrin no es puguin escapar, a partir d'aquí la bomba succionarà l'aigua fent-la passar pel cistell, on farà la funció de filtre retenint tots els elements. El cistell s'haurà de revisar periòdicament per evitar la saturació del mateix. En quant al seu dimensionament, es recomana incorporar un Skimmer per cada 25 m² d'aigua.

Aquest producte estar format per diversos components que són imprescindibles per al seu correcta funcionament, i d'altres, que són requerits en funció de les necessitats dels diversos clients. Dins els components imprescindibles es trobarien:

- El cos, que pot ser de diverses dimensions i dissenys.
- El cistell, que s'encarrega de recollir els elements sòlids.
- La comporta, que retindrà els sòlids dins el cos.
- La tapa, que servirà per tenir accés a la retirada del cistell.

Dins els altres elements hi hauran:

- Boca, en funció de la superfície que es vol cobrir.
- Allargament, si es vol tenir més quantitat d'aigua dins el cos.
- Embellidors, brides i juntes, que facilitaran l'acoblament a la piscina i milloraran el disseny.

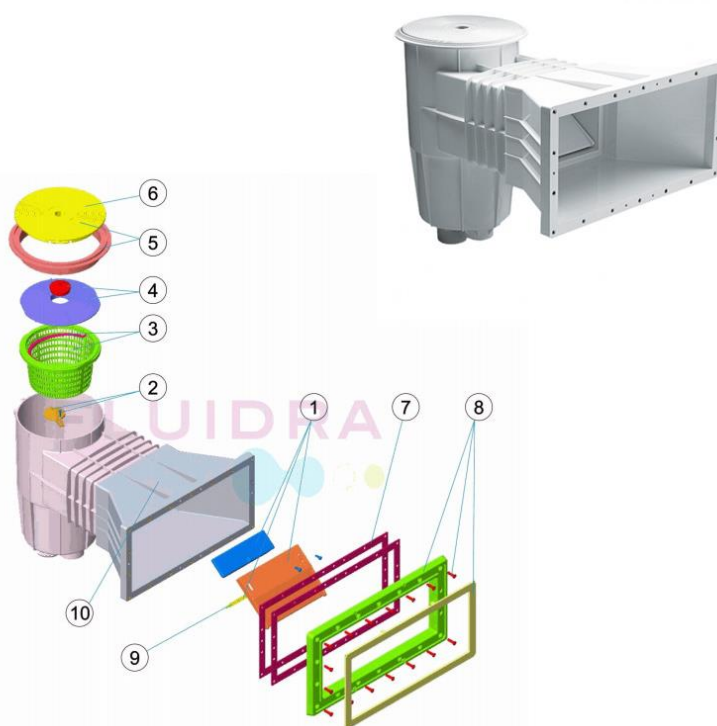


Figura 13: Conjunt i especejament del Skimmer. Font: Intern Sacopa

Dins els Skimmers es poden diferenciar diverses famílies, que aniran en funció del tipus de cos amb el qual es fabriquin, on es diferencien 4 grans famílies: cos de 15 litres, de 17,5 litres, tipus IML i SuperSkimmer. Dins de la família predominen els tipus de 15 litres i 17,5 litres, ja que són els més estàndards. A partir d'aquí cada model té diverses boques, brides, juntes, embellidors i caixes, en funció de si és d'una marca concreta o anònima. Aquests cossos són injectats a partir de 5 motlles, un per cada tipus de cos.

4.1.2 Procés

Com s'ha descrit, el procés s'inicia a la nau d'injecció de Sacopa 10, allà es dur a terme tot el procés de fabricació d'aquest producte, des de la injecció fins a la sortida del palet de producte acabat. El procés comença amb la injecció del cos d'aquest producte, el qual arriba a través d'unes cintes transportadores a la zona de muntatge, on els operaris agafen el cos i realitzen el muntatge pertinent en funció del tipus de Skimmer a fabricar, una vegada acabat el procés de fabricació, es pesa el producte per assegurar que hi ha tots els components i es precinta a través d'una precintadora automàtica, que el transporta fins a la zona de paletitzat, on un robot agafa la caixa i la paletitza. Finalment, a través d'uns rodets mecanitzats s'emporten el palet fins a l'enfardadora d'anell, que l'enfarda i el deixa a la zona de magatzem, on es prepara per enviar al client.

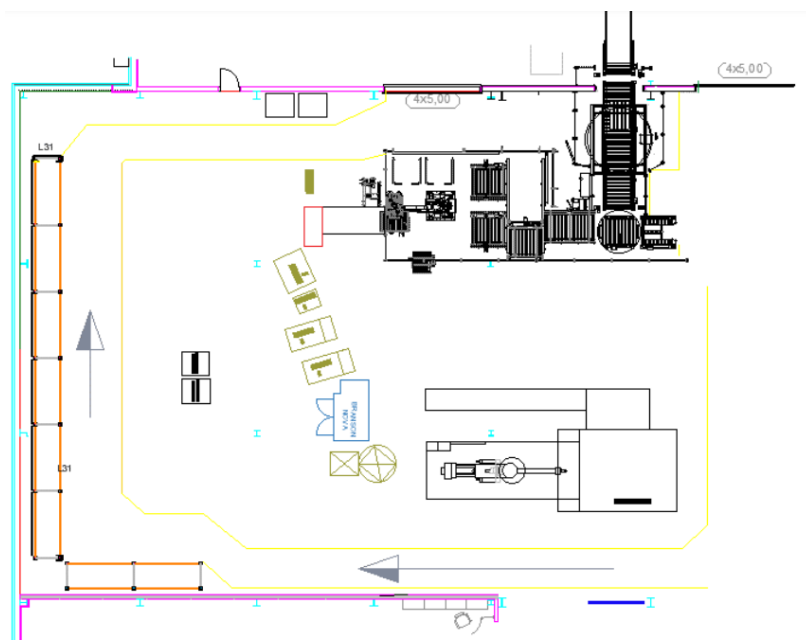


Figura 14: Layout actual

Amb la productivitat de 2021, la illa es troba a pràcticament el 100% de la seva capacitat productiva, cosa que provoca que si es compleixen les previsions per als pròxims anys, que són de creixement, la línia quedaria saturada i no es tindria capacitat per fer front a l'augment de la demanda, a més, qualsevol imprevist com una averia a algun equip provocaria l'incompliment de comandes al no tenir altra forma de fabricar aquest producte.

4.2 Necessitat

Al llarg del 2020 i de 2021 s'ha pogut observar una clara tendència a l'alça de la demanda de Skimmers, arribant a unes dades que actualment tenen al límit la màquina dedicada a la injecció dels cossos d'aquest element, fet que ha produït que s'hagi hagut de distribuir la producció en altres màquines. Al ser un element considerablement gran, les úniques màquines capaces d'injectar amb els motlles dels cossos dels diferents tipus són màquines d'injectar de 1000 tones, ja que són les úniques que aguanten la pressió exercida pel motlle al injectar.

L'objectiu d'aquest estudi es comprovar que la quantitat de productes venuts està en augment i es té una previsió de creixement en els pròxims anys. Es fabrica durant dos torns de 8 hores els dies laborables.

A partir d'aquestes previsions es fa un estudi de la capacitat de fabricació de cossos, que és el coll de botella entre els diversos components que formen el producte final, ja que només

es poden fabricar amb màquines injectores de 1000 tones, mentre que els altres components es poden injectar amb una varietat més àmplia de injectores. Això permet centrar l'atenció amb la disponibilitat d'aquest tipus de màquines.



Figura 15: Nova injectora de 1000T Font: Intern Sacopa

Actualment es disposen de 4 màquines adequades per a injectar els cossos, les màquines 1, 20, 21 i 94. A partir d'aquestes 4 màquines s'extreu la seva disponibilitat per a injectar cossos.

Taula 3: Disponibilitat de hores per a la fabricació de cossos Skimmer

	M0001	M020	M021	M094	TOTAL
Hores disponibles anuals	5477	4879	4756	5004	-
% disponibilitat per a injecció de cossos	99%	3%	0%	13%	-
Hores disponibles per Skimmers	5422,2	146,4	0	650,5	6219,1

Com es pot observar a la taula anterior, les hores de disponibilitat total de màquines és de 6054,81 hores, aquestes hores venen calculades al haver de disposar de les diferents màquines per a altres tipus de productes, cosa que redueix molt la quantitat dedicada a cossos Skimmer, a excepció de la màquina 1, que es dedica pràcticament al 100% a la fabricació d'aquest component.

A partir d'aquesta dada i sabent les hores d'injecció dels cossos, calculades a la taula 3, es calcula que la dedicació a injectar cossos respecte el temps disponible de les màquines és del 88%, aquest valor es considera crític ja que hi ha la previsió de que la producció de la majoria de productes injectats amb aquest tipus de injectories augmenti en els pròxims anys. Davant aquesta previsió es vol intentar aconseguir que la màquina 1 pugui absorbir la

totalitat de la injecció de cossos, fent un estudi centrat en aquesta màquina. Aquesta decisió ve marcada perquè a la màquina 1 es pot realitzar tant la injecció de cos com el muntatge de tots els altres components, així com la paletització final del producte, mentre que amb les altres màquines s'han d'encaixar els cossos i portar-los a la zona de muntatge perquè es muntin, perdent temps i ocupant espai al magatzem. Els cossos encaixats són utilitzats en una zona al costat de la màquina 1, on es fa el muntatge, però sense rebre els cossos directament de l'injectora.

Per fer aquests càlculs es considera:

- Ampliar la producció de la M0001 a torn de nit, ampliant la producció a 24 hores diàries.
- Si fos necessari, arribar a expandir la producció a caps de setmana, tenint una totalitat de 5 torns, afegint els 2 de cap de setmana.
- S'augmenta aproximadament un 7% la demanda de Skimmers anualment.

D'aquesta manera s'obtenen els següents resultats:

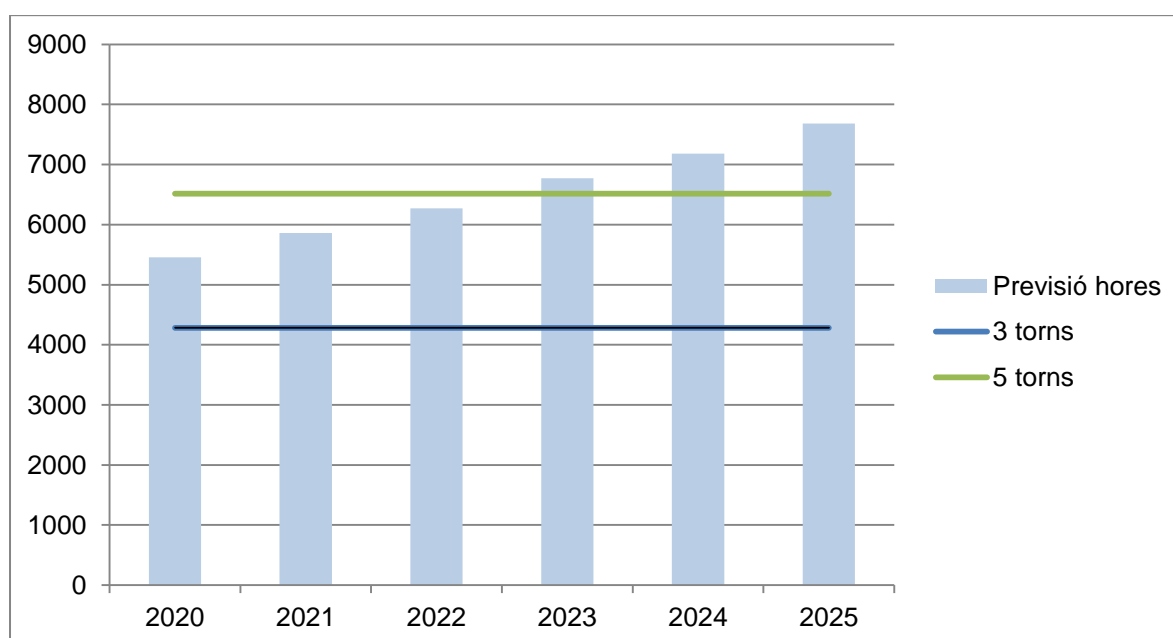


Figura 16: Gràfic previsió de producció de Skimmers

Com es pot observar, utilitzant únicament la màquina 1 amb 3 torns no es seria capaç d'absorbir la demanda en l'actualitat, inclús a partir del 2023 es superaria la capacitat dels 5 torns amb aquesta màquina, això demostra que es té la productivitat al límit. Amb aquest estudi es determina que es té la necessitat d'ampliar la capacitat productiva de cossos per poder fer front a la demanda futura.

4.3 Proposta d'inversió

Per resoldre aquesta necessitat, atenen a l'estudi desenvolupat i amb les previsions que es tenen, es proposa ampliar la línia actual implementant una altra línia d'injecció i muntatge, és a dir, duplicant la línia d'injecció i muntatge de la màquina 1, aquest fet permetria no solament absorbir la demanda creixent de Skimmers, sinó que es podria focalitzar la producció dels cossos en aquestes dos màquines. D'altra banda, es podria injectar els cossos i fer el muntatge en la mateixa ubicació, sense necessitat de transportar-los com passava al llarg de 2020 i 2021 amb les màquines 20, 21 i 94, ja que els cossos s'injectaven amb altres màquines.

Per dur a terme aquesta duplicació es necessitaria comprar diversos elements, necessaris per a la fabricació, i serien:

- Injectora de Engel de 1000 tones i perifèrics.
- Robot SEPRO, per fer la descàrrega sobre la cinta.
- Cinta transportadora.
- Màquina de soldadura Branson.
- Bàscula per a la verificació.
- Precintadora automàtica.
- Sistema de trasllat de caixes fins al paletitzador.
- Ampliació del paletitzador.
- Nova illa de muntatge.
- Integració d'un Mizu d'aprovisionament.

La nova illa aniria situada entre la màquina 1 i el robot paletitzador. Alguns dels elements necessaris ja es tenen en possessió a Sacopa, com seria la màquina Branson per a la soldadura de la boca, que actualment ja es disposa al fabricar-se Skimmer en una altra zona de muntatge. Finalment, el trasllat de caixes des de la injectora més llunyana a la zona de paletitzat es faria a través d'una cinta aèria que portarà les caixes de producte acabat a al robot paletitzador.

Fent una estimació dels preus a partir de l'estudi de mercat i dels contactes amb els diferents proveïdors es determina que es demanarà una inversió de 850.000 €, que variaran respecte el resultat final, però que haurien d'aproximar-se a les dades estimades.

Aquesta proposta es porta a gerència conjuntament amb l'estudi de la capacitat de producció al límit que s'ha calculat, i finalment s'acaba aprovant la inversió, de manera que s'inicia la planificació del projecte.




4.4 Planificació del projecte

4.4.1 Elements i màquines

Per tal de mostrar quins elements i màquines seran necessàries per implementar correctament aquest projecte a través de mostrar en quina part del procés són necessàries.

Taula 4: Elements i màquines presents en el procés

Màquina	Procés	Foto
Injectora: Engel duo 12060/1000	Injectar els cossos Skimmer.	
Robot: Sepro success S7- 45 (5 eixos)	Treure els cossos de la injectora i posar-los a la cinta.	
Cinta transportadora	Portar els cossos de la injectora a la zona de muntatge	
Màquina de soldadura per vibració: Branson M-624	Soldar la boca amb el cos (si el model ho necessita)	
Bàscula	Pesar la caixa amb el producte acabat per assegurar que no falta cap element.	

<p>Precintadora automàtica Cykop Zumet Easy F</p>	<p>Precintat la part superior de la caixa de forma automàtica.</p>	
<p>Robot paletitzador Fanuc M-900lb/360</p>	<p>Paletitzar les caixes amb el mosaic marcat.</p>	
<p>Rodets transportadors i enfardadora</p>	<p>Transportar el palet acabat fins al enfardadora, enfardar el palet i portar-lo fins al magatzem.</p>	

4.4.2 Layout

Després d'analitzar l'espai disponible i la millor manera d'obtenir un flux senzill, de manera que es pugui aprovisionar a les illes correctament, i les caixes arribin amb el recorregut més senzill al paletitzador, es conforma un layout on les dos màquines injectores estant en paral·lel i tenen un flux semblant per tal de tenir una estandardització del procés, a més, es decideix fabricar la família de Skimmers de 15L a la línia 1, que seria la més allunyada del paletitzador, mentre que la resta de Skimmers es faran a la línia 2, la més propera a la zona de paletitzat. Les taules es dimensionen aproximadament, ja que una vegada s'hagin

ubicat les dos màquines i tots els elements, es dimensionaran les taules de la millor forma i seguint les directrius del mètode Lean.

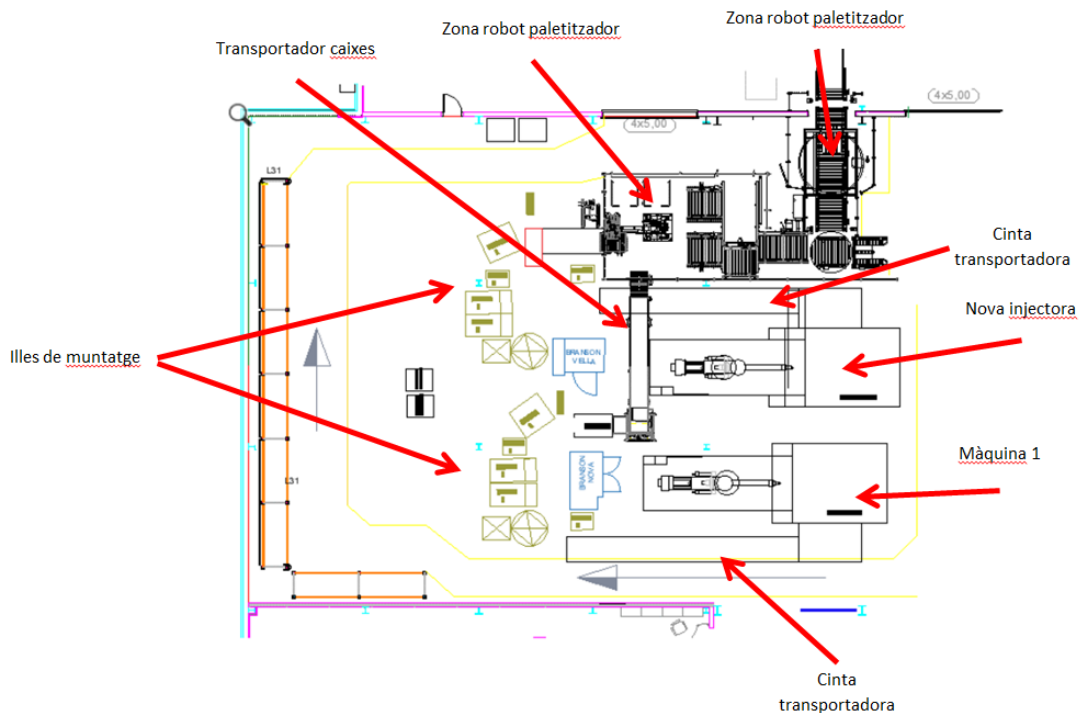


Figura 17: Proposta de Layout final

A partir de l'arribada de totes les màquines, comença el procés de transformació Lean per tenir una zona totalment optimitzada i un aprovisionament eficient i organitzat. Les illes no estant dimensionades sinó que s'han posat les taules de manera aleatòria per calcular més o menys l'espai ocupat, el mateix succeeix amb les màquines de vibració. Per darrere les illes de muntatge es muntarà un carril per on passarà el tren d'aprovisionament, que serà el que aprovisionarà la illa.

4.5 Transformació Lean

Una vegada explicat la necessitat i com s'ha desenvolupat l'aprovació del projecte i les diferents màquines a implementar, es comença a tractar el procés per tal de tenir-lo el màxim optimitzat possible, d'aquesta forma es comença el que purament és la transformació Lean. Primerament es crearà el mapa de flux VSM i a partir d'aquest estudi, s'aniran desenvolupant totes les eines. En aquesta transformació es mostrarà la transformació de la nova illa, és a dir, a dir la illa de la nova màquina de injecció. També es

farà una transformació a la illa de la màquina 1, però es considera més crítica la nova illa, i serà des d'on es podran observar amb més profunditat els canvis i millores realitzats.

En aquesta transformació s'optimitzarà des del flux de muntatge, fins al magatzem, passant per illa de muntatge, la creació del tren d'aprovisionament i del supermercat.. Aquestes transformacions són només les primeres etapes d'una transformació de tots els àmbits de l'empresa.

4.5.1 VSM

4.5.1.1 Procés

A la zona a tractar s'hi fabrica només productes del tipus Skimmer, tot hi això, és un producte molt diversificat del qual hi ha molts models de diferents tipus i variants. Arribant aquest 2021 a fabricar un total de 140 tipus diferents de Skimmer, la majoria són Skimmers on només canvia un component, ja sigui per motiu estètic, per marca del client o per funcionalitat. Els tipus de Skimmer els podem distribuir en 4 grans grups, on la diferència serà el cos amb el qual es fabriquen.

Les vendes de cada tipus de Skimmers són:

Taula 5: Unitats de venudes de cada tipus de Skimmer al 2020

Model cos	Unitats venudes	Temps d'injecció per cos	Hores d'injecció
15L	160223	70,9	3155,5
17,5L	80924	90,0	2023,1
SUPERSK	5386	90,0	134,7
IML	5813	90,0	145,3
Total	246533	-	5458,6

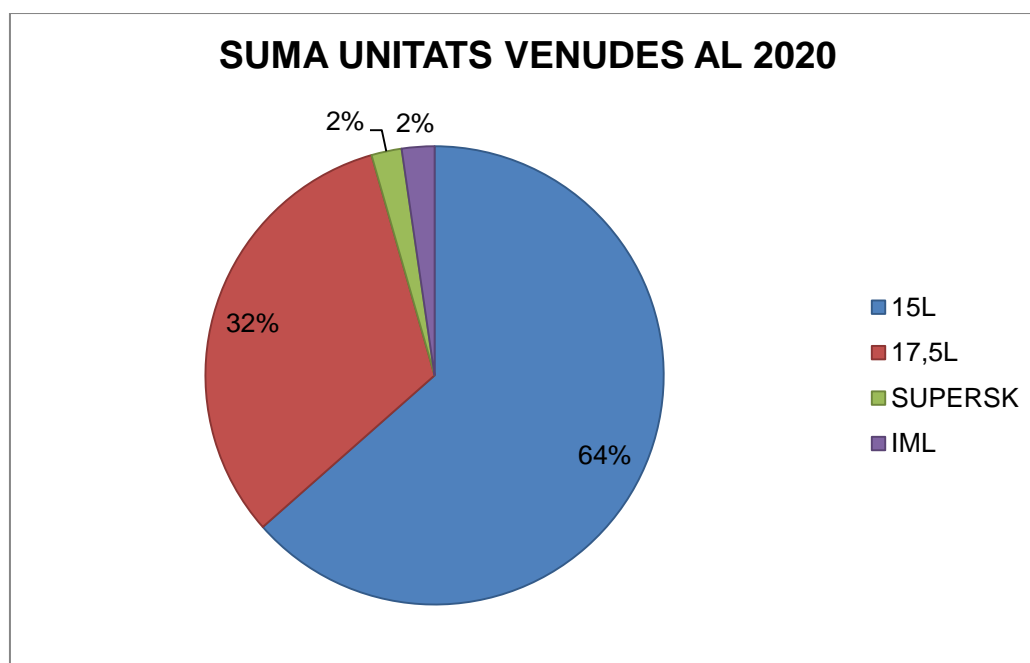


Figura 18: Gràfic vendes per família de Skimmer

A partir del gràfic podem observar com la suma dels tipus de Skimmer de 15L i 17,5L és del 96%. Veient aquests gràfics es decideix fabricar els Skimmers de tipus 15L a la màquina 1, que és la que ja es disposa, mentre que la resta de famílies es fabricaran a la illa 2, que serà la nova illa a dimensionar. Per tant, per explicar correctament tot el procés i mostrar com seria la transformació d'una família, s'elegeix agafar el producte de més demanda de tipus 17,5L, que és el que es fabricarà més a la nova illa.

Com es pot observar al gràfic, el producte amb codi 11311 és el més venut, això és degut a que és el producte més estàndard i el que més demanda té. És un tipus de Skimmer estàndard amb els seus respectius variants de color (gris clar, antracita i beige) amb boca d'ampliació soldada i tapa quadrada. A demés d'elegir-se per ser el més fabricat, també s'elegeix perquè serà el que ocupi més espai, al tenir el nombre més elevat de components, resultant el producte més crític de l'illa.



Figura 19: Skimmers 11311 i les seves variants de color Font: Intern Sacopa

Per tal de mostrar per quins codis està compost aquest producte es fa un especejament de les diferents components amb els seus respectius codis.

Taula 6: Estructura del Skimmer 11311

Codi	Quantitat	Nombre
27868-0001	1,00	Tap 2"bsp rosca 18 mm.sk.17,5l
05280-0007	1,00	J.P. 70x60x3 epdm-65
05280-0004	1,00	Tap regul.lacio skimmer 17,5l
022112003	1,00	Boca ampl.18 inj.sk biinjecció
05280-0200	1,00	Comporta amb flotador sk 17,5l
05280-0401	1,00	Cistell skimmer 17,5l
05280-0402	1,00	Nansa cistell skimmer 17,5l
00249E201	1,00	Manual instr. skimmer 15l
05280-0101	1,00	Cos skimmer 17,5l
05280-0102	1,00	Marc comporta skimmer 17,5l
7021439016	2,00	Cargol din 7981 a4 3,9x16
7021439025	2,00	Cargol din 7981 a4 3,9x25
026501624	1,00	Bossa polítè 16x24 gg140
05282E001	1,00	Caixa unitaria 05282
05280-0001	1,00	Anell distanciador skimm 17,5l
09342	1,00	Marc quadrat skimmer 17,5 lts.
05280-0300	1,00	Conjunt tapa skimmer 17,5l
01463-0002	1,00	Brida boca ampliació skimmer
00251-0004	1,00	Tapa brida boca ampliació skim
01463-0003	1,00	Junta adhesiva boca ampliació
PALETRACE1012	0,06	Palet trace 1000x1200 fumigat
05280-0003	1,00	Tapa cistell skimmer 17,5l
33351-0002/18	1,00	B. 18 carg. d-966 a4 m-6x24 p
7021448016	2,00	Cargol din 7981 a4 4,8x16 *k

En base a la taula de l'estructura es mostra el procés de muntatge que segueix aquest tipus de Skimmer, que és el que segueixen tots els productes de la seva família:

- Operació 1: recollir el cos de la cinta transportadora i collar el marc comporta al cos amb 4 cargols (a través d'un tornavís elèctric), muntar la comporta i posar els taps i la junta.

- Operació 2: posar el conjunt resultant de la operació 1 a la màquina de soldar juntament amb la boca, i iniciar la operació de soldat.
- Operació 3: treure el conjunt de la boca i el cos de la màquina i posar el cistell (nança, manual, bossa de cargols i tap), que s'ha muntat mentre es feia la soldadura, col·locant-lo a l'interior del conjunt. Seguidament posar el conjunt tap (tap, anell i marc quadrat) a la part superior del Skimmer.
- Operació 4: muntar la caixa i posar la brida, la tapa brida i la junta adhesiva a dins (sense muntar), posar el conjunt muntat a sobre, de manera que no xoquin els diferents elements. Pesar la caixa i comprovar si dona el pes òptim, que verificarà que hi ha tots els elements. Finalment empènyer la caixa cap a la precintadora que se l'emportarà automàticament i la precintarà, deixant-la dins el paletitzador, on es paletitzaran les caixes.

Una vegada descrit el procés i les diferents operacions a realitzar, es començarà a fer un estudi exhaustiu gràcies a l'ajuda de l'eina VSM.

4.5.1.2 VSM actual

Per iniciar la transformació és imprescindible realitzar un *Value Stream Map* per tal d'analitzar el procés de la forma més intuïtiu possible i trobar els llocs on hi ha malbarataments de temps i recursos, per tal d'ajustar al màxim els diversos processos. Al estar en procés de transformació inicial, el que es diuen les directrius del mètode Lean, és que per obtenir una transformació completa s'ha de començar per la base, fins a arribar al proveïdor dels materials, passant pels embalatges, l'aprovisionament i el magatzem.

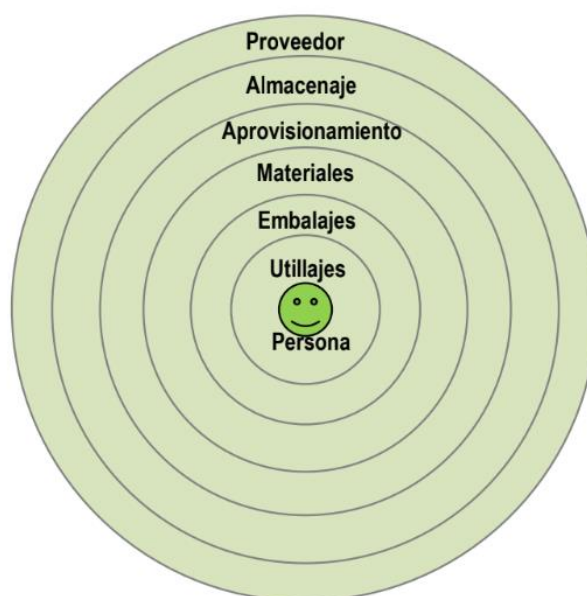


Figura 20: Procés de transformació Lean. Font: Intern Sacopa.

Analitzant on es podria millorar el procés en l'actualitat es veuen dos possibles malbarataments:

- **Injectar cossos i fer el muntatge simultàniament:** al emmagatzemar els cossos després de injectar es perd molt temps i s'acumulen molts palets al magatzem, amb la nova màquina d'injecció es podrien injectar simultàniament els cossos fent el muntatge a mesura que es van injectant. D'aquesta manera s'eliminaria l'emmagatzematge de cossos i es reduiria el lead time.
- **Reduir el temps de muntatge i millorar l'aprovisionament:** fent una nova illa de muntatge òptima a través de les eines 5S, *One Piece Flow* i cèl·lules en U que permetria reduir l'espai i el temps de muntatge, permeten augmentar la capacitat de producció. A demés, s'eliminaria que l'aprovisionament es fes pel mateix operari de muntatge, a través de crear un sistema d'aprovisionament per Mizu, i una organització del magatzem a través d'un supermercat de components.

Per identificar correctament els malbarataments que hi ha durant el procés de muntatge, es crea un mapa de flux dedicat al muntatge. Ja que es considera prioritari començar pel muntatge, l'aprovisionament i el magatzem.

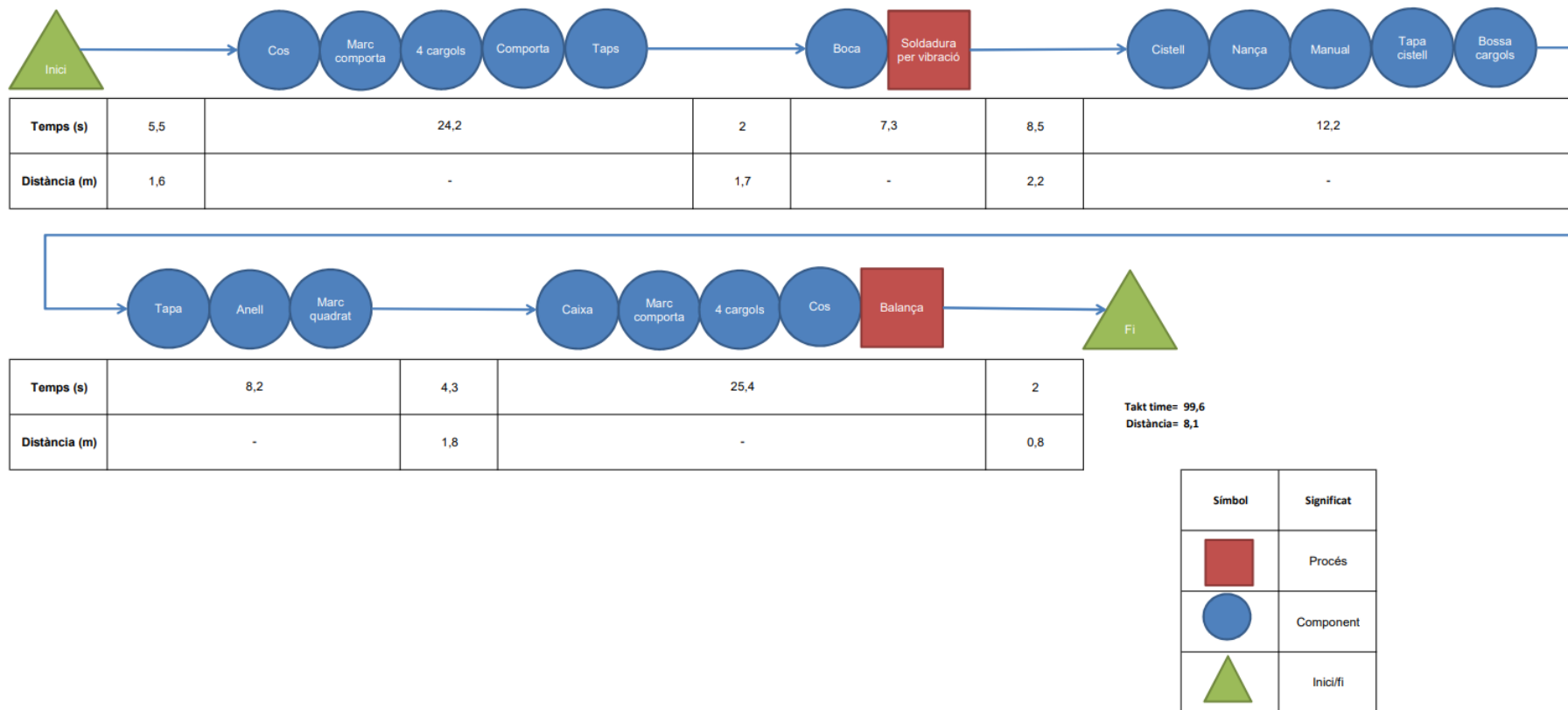


Figura 21: VSM actual

Al VSM actual podem observar com el takt time de producció està als 118,7 segons per peça i operari, ja que el mapa s'ha creat en funció a la feina que realitza un operari, i la distància recorreguda és de 8,1 metres. En l'actualitat a l'illa acostumen a haver-hi 3 persones, dos estant dedicades al 100% del seu temps al muntatge, mentre la restant s'encarrega d'aprovisionar les illes, treure palets i caixes buides de l'illa i donar suport alhora de fer els petits sub-muntatges com el de la tapa o el del cistell.

4.5.1.3 VSM futur

L'escenificació de la situació futura es farà a partir del càlcul dels paràmetres principals per dimensionar correctament un sistema de producció, com serien el lead time, el takt time i la càrrega de treball.

El valor del lead time serà més reduït degut a la reducció del temps d'espera al no haver d'encaixar els cossos, aquest canvi comportarà una reducció de 15 dies a 10 dies. Això serà un canvi significatiu ja que augmentarà la capacitat de producció tot reduint la quantitat de palets moguts.

En quant al takt time, es calcula el temps disponible per a fabricar aquest tipus de producte, sabent:

$$\text{Temps efectiu de fabricació} = (\text{Jornada} - \text{descans} - \text{altres}) * \text{disponibilitat} \quad (\text{Eq.7})$$

On:

- Jornada laboral: 86.400 s diaris (3 torns).
- Temps descans: 900 s (15 min).
- Altres: 180 s (3 min).
- Percentatge del temps destinat al 11311: 30 %.

Temps efectiu de fabricació = 25.596 segons diaris

A partir d'aquest valor es calcula el takt time sabent que la demanda màxima és de 300 peces diàries.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Temps efectiu de fabricació}}{\text{Demanda màxima}} \quad (\text{Eq.8})$$

On:

- Temps efectiu de fabricació: 25.596 segons/dia.
- Demanda màxima: 300 peces/dia.

Takt time = 85,32 segons/unitat

Seguidament es pot calcular el contingut de treball (WC), on considerant un valor similar a l'actual, que és de 98,4 segons, es calcula el nombre d'operaris mínim.

$$N^{\circ} \text{ d'operaris mínim} = \frac{\text{Contingut de treball}}{\text{Takt time}} \quad (\text{Eq. 9})$$

On:

- Contingut de treball: 98,4 segons.
- Takt time: 85,32 segons/unitat.

Nº d'operaris mínim = 1,15 operaris

Una vegada calculat aquests valors teòrics, es porten a la realitat. En quant al takt time, s'estableix que no és possible assolir aquest valor, perquè el takt time el marcarà el temps d'injecció, que és de 90 segons, és a dir, sortirà un cos injectat cada 90 segons. En cas d'haver de fer front a una demanda de 300 unitats diàries, s'haurien de fabricar paral·lelament més unitats amb cossos ja injectats que estiguessin emmagatzemats. Per altra banda, el nombre d'operaris mínim seria el valor màxim assumible, considerant que el que l'operari només realitza allò que aporta valor al producte. Eliminar tot allò que no aporta valor és molt complicat, però amb aquest estudi es vol intentar reduir el que no aporta valor, com seria la reducció de moviments per a la fabricació d'un producte, on s'aconseguiria gràcies la reducció de les dimensions de la illa de muntatge.

Valorant les restriccions que tenim es defineix el VSM futur per tal d'observar com seria la situació futura.

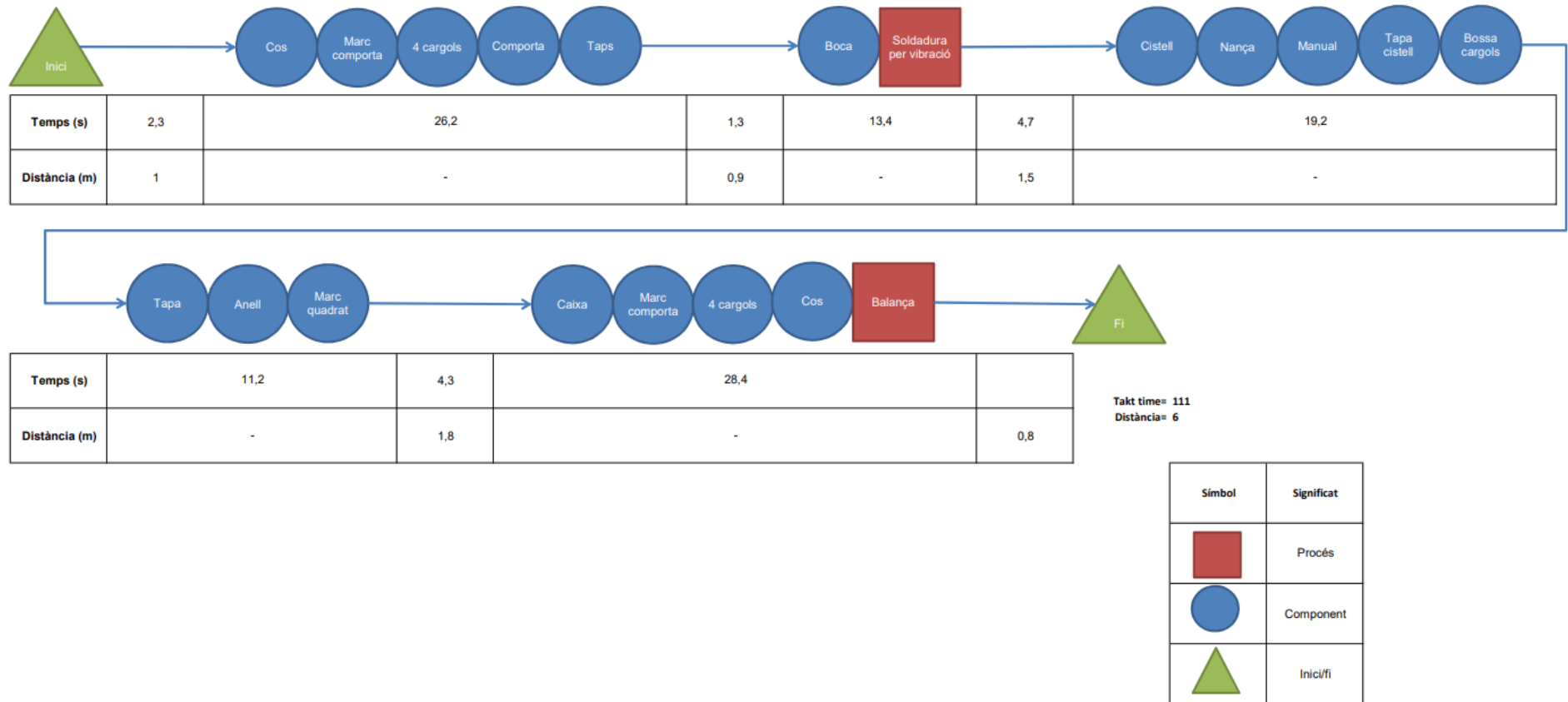


Figura 22: VSM futur

Considerant que tot allò que aporta valor al producte final està optimitzat i no es pot millorar, es vol aconseguir eliminar el temps que suposa haver d'anar al llarg de tota la illa, és a dir, els diversos desplaçaments que s'han de fer. En base a la consideració de la creació d'una illa en forma de U, es creu que es podria limitar considerablement els moviments fet que provocaria un estalvi de més de 7 segons, respecte el VSM actual. Aquest fet permetria tenir només 2 operaris a la illa, ja que a demés es preveu que un operari es dediqui exclusivament a l'aprovisionament de les illes.

4.5.2 5S

Abans de realitzar qualsevol modificació o tocar qualsevol element d'una zona s'ha de realitzar un 5S, per tal de tenir a la zona on es farà la transformació s'ha de tenir allò exclusivament necessari per a fabricar. D'aquesta manera es podrà reorganitzar la illa de muntatge amb els elements precisos per al seu correcte funcionament.

Aquesta eines pot aplicar a molt àmbits i moments, per exemple, a la illa de muntatge està previst realitzar un 5S setmanal per tal de comprovar si es compleixen els estàndards de neteja i ordre, i en cas que no es compleixin, quina és la part que dona més problemes.

Per explicar el funcionament del 5S es va a la zona de muntatge i es va aplicant cadascuna de les 5 premisses que marca el mètode, d'aquesta manera s'intenta explicar alguns exemples de 5S realitzats a la zona de muntatge al llarg del projecte.

Eliminar (Seiri): primer de tot s'elimina tot allò innecessari per a la fabricació del producte final. Com serien tenir elements productius ubicats en zones que no són necessaris, caixes que ja no s'usen o són de fabricacions anteriors etc.



Figura 23: Taula abans de la transformació



Figura 24: Taula després de la transformació.

Ordenar (Seiton): seguidament el pas essència és ordenar tot allò que resta, com per exemple es podria aplicar a estanteries les quals estant desorganitzades. A demés, amb les estanteries sorgeix la problemàtica de que si estant tancades, són una font de desordre i brutícia, per això, és recomanable substituir els armaris per estanteries sense portes.



Figura 25: Armari amb portes



Figura 26: Estanteries després del 5S

Netejar (Seiso): una vegada estar tot organitzat és imprescindible tenir la zona neta per prevenir averies, errors de qualitat o manca de qualitat de treball. Un clar exemple seria el de netejar de tant en tant els diferents útils que en aquell moment no es facin servir, per tal de quant s'utilitzin estiguin en el millor estat possible.

Estándarditzar (Seiketsu): per tal d'evitar que es repeteixin les 3S anteriors és molt important que es senyalitzi de quina manera fer les coses o d'altra banda, es marquin en cada lloc, les diferents ubicacions que tenen les coses per evitar que s'ubiquin en llocs no desitjats.



Figura 27: Útils sense ubicar



Figura 28: Útils amb ubicació

Mantenir (Shitsuke): com la cultura Lean és la de millora contínua es programa unes auditories setmanals per tal de comprovar que tots les elements estant ubicats on toca, la zona està neta i ordenada i es manté lo aconseguït, a més, a mesura que es vagin fent auditories aniran sorgint nous problemes o millores, que faran que la zona sigui cada cop més neta i ordenada.

4.5.3 Cèl·lula de muntatge

En dimensionar una cèl·lula s'han de tenir en conta diversos factors claus que aconseguiran tenir una illa ben optimitzada podent extreure-li el màxim rendiment, aquestes claus seran:

- Dimensionament de recipients per als components.
- Creació d'un flux de treball òptim.
- Distribució de la illa en forma de U.
- Taules dinàmiques.
- Estándardització del procés.

Aquests factors han de realitzar-se ordenats ja que si no es té una visió clara del que ocuparan els diferents components a la illa no es podrà saber del cert quin és l'espai que ocupa. A més s'ha de tenir en conta la ubicació de les diferents taules per tal de intentar

crear un flux en forma de U alhora que l'aprovisionament sigui de fàcil realitzar. Com s'ha demostrat anteriorment, a la illa a dimensionar hi treballaran dos operaris.

4.5.3.1 Dimensionament recipients

El que definirà l'espai que ocuparà la illa serà el material que sigui necessari ubicar-hi perquè el procés de muntatge sigui el més eficient possible. A més, es té en conta l'entorn i la quantitat de material que es vol tenir a la illa per fabricar, que hauria de ser el mínim possible. Com la majoria de productes tenen components molt semblants però de dissenys diferents s'agafa el mateix producte amb codi 11311.

Per dimensionar les cubetes s'ha de tenir en conta cada quan s'aprovisionarà la zona de muntatge per tal de dimensionar les cubetes correctament i que la zona de muntatge no es quedi sense material. D'aquesta forma i tenint en conta les variables logístiques de Sacopa es decideix establir un temps d'aprovisionament de mitja hora, ja que hi ha elements de volum considerable que s'hi s'aprovisionessin amb més espai de temps, ocuparien massa espai dins la illa. A partir d'aquesta premissa es desenvolupa un estudi per tal de dimensionar tots els productes en els respectius recipients amb els quals arribaran a la illa de muntatge, la idea és que cada recipient tingui com a mínim autonomia per a 1 cicle, i com que està previst que hi hagi 2 recipients a la illa.

Per tant, havent explicat la metodologia de dimensionament es decideix aprovisionar a través de 2 recipients, en cas de productes grans, seran amb les mateixes caixes que s'hagin emmagatzemat durant la seva injecció, mentre que els components més petits s'aprovisionaran amb cubetes, on hi ha diverses mesures en funció de la quantitat que es requereixi, que es buscarà que sigui de les dimensions més petites possibles. A partir del nombre de components per caixa es comença a fer el recompte d'autonomia que es tindria en cada tipus de component utilitzat per a la fabricació del Skimmer 11311.

	Dimensiones ext. Lo x An x Alt (cm)	Volum (m3)	Referència	Ús habitual
Cubeta 1	8,5 x 10,2 x 5,0	0,0004335	SK 1	Cargolera, juntes petites (només per quan no disposem d'espai a la taula de muntatge).
Cubeta 2	22,0 x 10,2 x 7,5	0,001683	SK 2L	Cargolera, juntes petites, peces plàstic molt petites... model ús molt comú.
Cubeta 3	40 x 11,7 x 9	0,004212	RK 4109	Cargolera gran, peces de plàstic petites, fulls de garantia i manuals de poques fulles... model per taules de 80cm de fundària.
Cubeta 4	50 x 11,7 x 9	0,005265	RK 5109	Cargolera gran, peces de plàstic petites, fulls de garantia i manuals de poques fulles... model per taules de 100cm de fundària.
Cubeta 5	50 x 15,6 x 9	0,00702	RK 51509	Peces de plàstic mitjanes, cubeta amb més amplada i més profunditat. També està disponible la versió curta per taules de 80cm.
Cubeta 6	50 x 23,4 x 14	0,01638	RK 5214	Per peces de plàstic mitjanes o grans o peces s'utilitzen en referències de productivitat alta. També està disponible la versió curta per taules de 80cm.
Cubeta 7	50,0 x 31,0 x 20,0	0,031	SK 5	Per peces de plàstic grans. Model més petit que la caixa petita de cartró de Sacopa.
Cubeta 8	50,0 x 31,0 x 30,0	0,0465	SK 5H	Per peces de plàstic grans. Model més petit que la caixa petita de cartró de Sacopa. Alçada superior, en taules amb 2 nivells no és gens ergonòmica.

Figura 29: Tipus de cubetes, dimensions, codi i productes de ús. Font: Intern Sacopa

Sabent els recipients disponibles, s'aniran distribuint en funció del tipus de component i del seu volum, per tal de que es tingui una autonomia suficient per a què no s'esgoti el material abans de que l'aprovisionador torni a passar. La premissa vindria a ser, que l'autonomia d'un recipient sigui d'almenys 1 cicle, i considerant que hi haurà 2 recipients a la illa, l'autonomia seria de 2 cicles en total cosa que permetria seguir fabricant en cas de que l'aprovisionador no pogués realitzar un cicle.

Taula 7: Components amb el tipus de recipient i els seus cicles d'autonomia

Nombre	Recipients o cubetes	Cicles d'autonomia
Tap 2"bsp rosca 18 mm.sk.17,5l	Cubeta 6	5
J.P. 70x60x3 epdm-65	Cubeta 2	12
Tap regul.lacio skimmer 17,5l	Cubeta 6	5
Boca ampl.18 inj.sk biinjecció	Palet	2,25
Comporta amb flotador sk 17,5l	Caixa mitjana	5,5
Cistell skimmer 17,5l	Caixa gran	4,5
Nansa cistell skimmer 17,5l	Cubeta 6	12,5
Manual instr. skimmer 15l	Cubeta 5	4

Cos skimmer 17,5l	(Arribada per la cinta)	1
Marc comporta skimmer 17,5l	Caixa mitjana	4,5
Cargol din 7981 a4 3,9x16	Cubeta 2	30
Cargol din 7981 a4 3,9x25	Cubeta 2	28
Bossa polítè 16x24 gg140	Cubeta 2	50
Caixa unitaria 05282	-	3
Anell distanciador skimm 17,5l	Caixa mitjana	1,3
Marc quadrat skimmer 17,5 lts.	Caixa gran	3
Conjunt tapa skimmer 17,5l	Caixa gran	3
Brida boca ampliació skimmer	Caixa mitjana	1,5
Tapa brida boca ampliació skim	Caixa mitjana	1,5
Junta adhesiva boca ampliació	Caixa mitjana	4
Palet trace 1000x1200 fumigat	-	-
Tapa cistell skimmer 17,5l	Caixa mitjana	3,5
B. 18 carg. d-966 a4 m-6x24 p	Cubeta 4	2,5
Cargol din 7981 a4 4,8x16 *k	Cubeta 2	28

A la taula 7 es pot observar com tots els components s'han distribuït amb els recipients adequats, considerant els recipients més petits possibles, per ocupar el mínim espai, i que tinguin com a mínim autonomia per 1 cicle. S'ha intentat no traspassar molts components a cubetes, pel fet de que es carregaria en excés el magatzem a l'hora d'haver d'emplenar cubetes.

4.5.3.2 One Piece Flow

Com ja s'ha calculat, la illa de muntatge necessita 1,15 operaris com a mínim, al haver de fer altres operacions que no aporten valor, es decideix que es necessitaran 2 operaris per funcionar a ritme de takt time (reduint 1 persona de les 3 que hi havia en l'actualitat), per tant es dimensionarà la illa per a que 2 persones puguin fabricar un Skimmer cada 90

segons. Per poder tenir el flux més senzill es dissenyarà la ubicació de cada component a la illa en funció del moment en què es necessita per fabricar. D'aquesta forma es comença a dissenyar un flux que permeti fer el mínim de moviments possibles i aporti valor al producte el màxim del temps possible de fabricació.

Al haver de tenir 2 persones treballant dins la illa s'ha de distribuir correctament el temps de muntatge perquè els temps estiguin equilibrats, d'aquesta forma es tindrà en conta l'espai per on hauran de treballar i quin serà el punt mig entre els operaris. Per aquest motiu es decideix que el punt de traspàs serà en acabar el procés de soldadura per part de la màquina de vibració, és a dir, el primer operari farà des de la recollida del cos fins a l'inici del procés de soldadura, mentre que el segon operari, farà des de la finalització del procés, fins a l'encaixat final. Es deixa com a comodí la retirada del cos de la màquina en funció de la càrrega de treball que acumuli cada operari en el resultat final de la illa. Els muntatges dels subconjunts es distribuïran en funció de la càrrega de cada operari.

A partir d'aquest estudi es comença a dissenyar el flux i la ocupació de cada element dins el muntatge, es decideix dissenyar la illa a partir de 4 taules, on a cada taula aniran ubicats els elements necessaris per realitzar la operació oportuna.

Taula 8: Distribució de components per taula

Taula	Pis	Component
Taula 1	Pis 0	Marc comporta
		Cargols
	Pis 1	Comporta
		Taps
Palet	-	Boca
Taula 2	Pis 0	Nança
		Manual
		Bossa de cargols
		Tapa cistell
	Pis 1	Cistell
Taula 3	-	Taula per a fer el muntatge
Taula 4	Pis 0	Tapa
		Anell
		Brida
	Pis 1	Marc quadrat
		Junta

		Tapa brida
--	--	------------

4.5.3.3 Layout illa

Una vegada definida cada taula, es comencen a dimensionar perquè hi tinguin espai tots els elements que hauran d'ubicar-s'hi. Seguidament al tenir les taules dimensionades es comencen a distribuir al llarg de la zona on s'ubicarà la illa de muntatge, també s'ha de tenir en conta que hi ha d'anar ubicada la màquina de soldadura per vibració. Es fan dos possibles dissenys de les illes per tal de veure quina seria la millor opció.

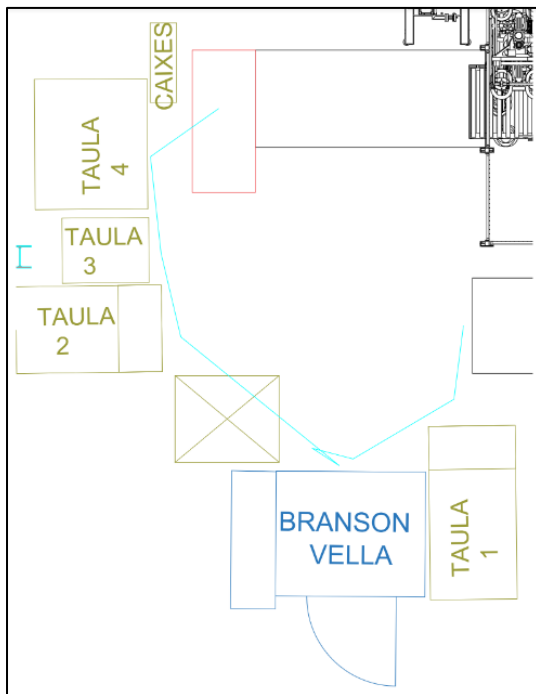


Figura 30: Opció 1 illa

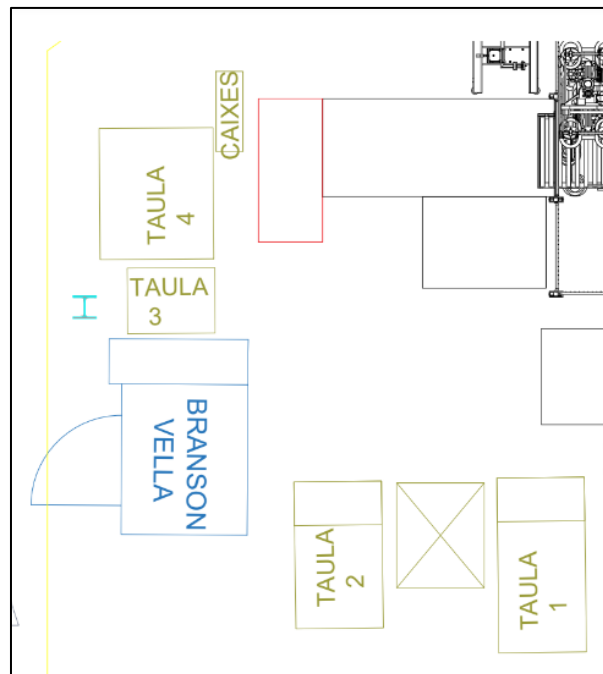


Figura 31: Opció 2 illa

Dels dos dissenys, s'elegeix el primer disseny ja que la ubicació de la màquina de soldadura Branson es considera molt millor a la primera opció. Aquesta opció ajudarà molt a l'aprovisionament, ja que a l'opció 2 l'aprovisionador havia de recórrer molt d'espai per portar els diferents components.

4.5.3.4 Taules dinàmiques

L'estudi realitzat del flux i la creació del Layout de la illa s'ha de portar a la realitat a partir de les taules dinàmiques, marcades de color blanc sobre el Layout. Aquest tipus de taules són especials per a zones de muntatge, la seva sistemàtica consisteix en tenir diversos carrils inclinats, els quals es posaran les caixes una darrera l'altra, de manera que quan es retiri la de davant, la posterior baixarà automàticament. Aquest sistema no deixa de ser un sistema FIFO, és a dir, es consumeix la primera caixa que s'introdueix al carril. Les taules són

formades per tubs d'acer buits, els tubs formen l'estructura que es sosté a partir d'unes juntes que connecten els diferents tubs, aquestes juntes poden ser de diversos tipus en funció del dibuix de taula que es necessiti i són molt senzills de muntar. Sobre aquests tubs es col·locaran els diferents carrils, on al ser de rodets i estar inclinats, facilitaran el descens de les caixes.

A través d'unes guies les caixes o cubetes es mantindran al seu carril. Cada component tindrà el seu carril on s'ubicaran un mínim de dues caixes, que suposin una autonomia suficient per no quedar-se sense material abans que l'aprovisionador porti més material. D'altra banda, hi hauran uns carril situats a la part superior o inferior, que tindran la inclinació inversa als d'aprovisionament, i seran els carrils de retorn, on es retornaran els recipients buits perquè els reculli l'aprovisionador, i en cas que no s'hagi acabat l'ordre de fabricació, portin el mateix material el següent cicle. El sistema de petició de material per aquests carrils es regirà pel sistema Kanban, però en comptes de tenir targetes Kanban es tindran cubetes o caixes buides, on hi haurà el codi escrit amb la ubicació al magatzem.



Figura 32: Taula dinàmica

Per últim, un aspecte important a tenir en conta és l'ergonomia a l'hora de treballar, ja que no és el mateix agafar una peça a 1,8 metres d'altura, que agafar-la a 0,9 metres, on la posició serà molt més natural i còmode. D'aquesta manera s'intentarà col·locar els elements de més pes a la part més ergonòmica, mentre que les de menys pes es situaran a pisos superiors de les taules.



Figura 33: Taula dinàmica amb carrils marcats

4.5.3.5 Comparativa illes

Finalment, al tenir tots els elements regulats es crea la illa final, on el resultat és satisfactori, ja que s'ha aconseguit reduir l'espai, millorar l'aprovisionament i l'ergonomia, que en definitiva significa millorar la qualitat i ritme de fabricació.

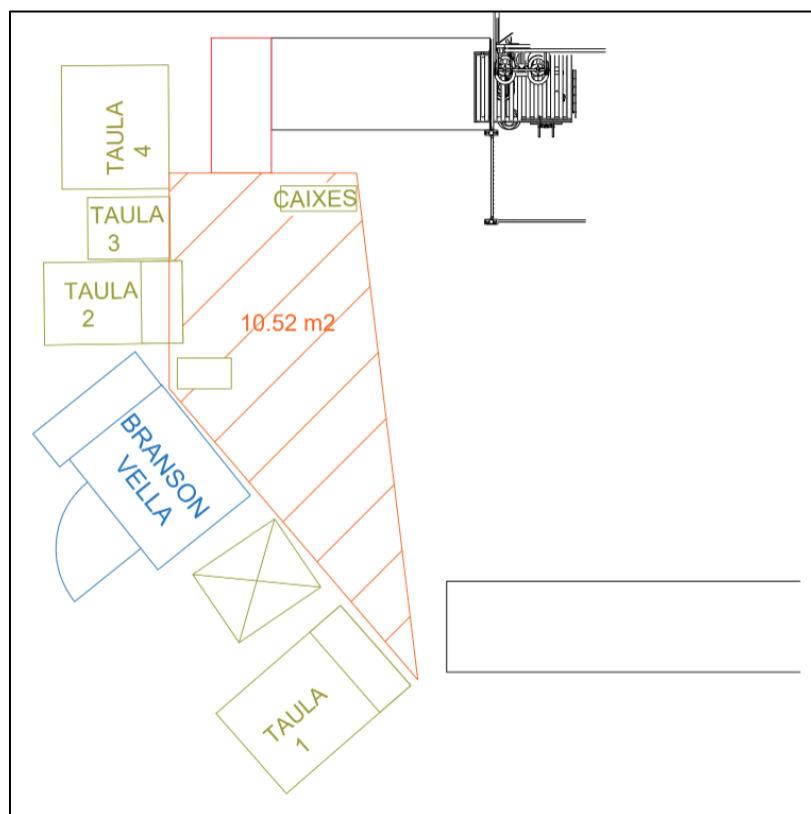


Figura 34: Illa antiga

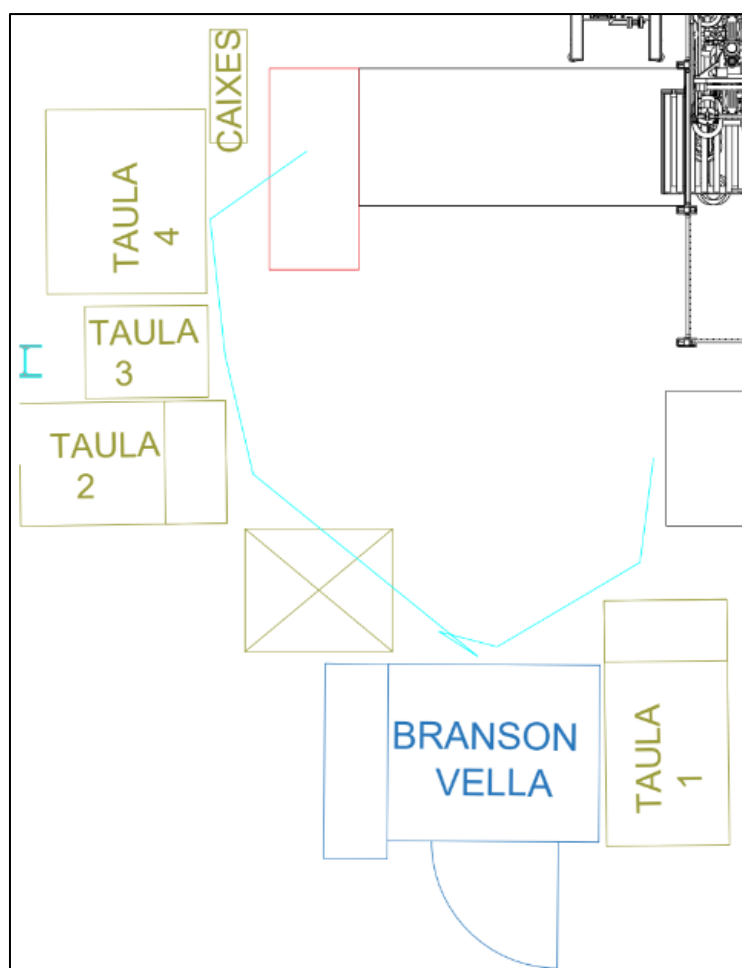


Figura 35: Nova illa

L'últim pas en la creació de l'illa es la comparativa amb l'illa prèvia a la transformació que com es pot observar clarament hi ha un canvi en la forma del flux de muntatge, on abans era pràcticament lineal, i ara té forma de U, cosa que permet realitzar molts menys moviments a l'hora de fabricar, i que esdevindrà en una reducció de temps de muntatge clau per a poder fabricar a ritme de takt time.

4.5.4 Milkrun

4.5.4.1 Disseny

Un dels aspectes clau en unes illes de muntatge és tenir un sistema d'aprovisionament molt optimitzat, sense tenir un sistema fiable i estable no es pot aconseguir tenir un flux de material correcte, i per tant, es poden produir parades per culpa de falta de material. Aquesta eina permetrà donar autonomia suficient a les taules de muntatge perquè puguin fabricar durant un període de temps curt però suficient, sense acumular material innecessari

dins la zona de muntatge. Per tenir un sistema Milkrun ben dimensionat s'han de fer un seguit de consideracions i càlculs, per després poder-los aplicar de forma pràctica.

Els elements a dissenyar són:

- **Definir freqüència d'aprovisionament:** atenen que hi ha productes de volum elevat i que al fabricar unes 40 peces la hora no permetrà tenir una gran autonomia, d'aquesta forma es decideix dissenyar un cicle del tren d'aprovisionament de 30 minuts.
- **Mètode d'aprovisionament:** la sistemàtica usada en l'aprovisionament serà la de recipient buit, recipient ple, és a dir, quan l'aprovisionador s'emporti una caixa o cubeta buida, el següent cicle l'haurà de portar plena, que seria la idea de Kanban.
- **Disseny de la capacitat del tren:** al considerar l'aprovisionament cada mitja hora s'ha de tenir en compte quina capacitat es necessita tenir per a dimensionar els vagons del tren adequadament. Per això es fa un càlcul del nombre de cubetes que es consumiran cada cicle, vegeu la taula 9.
- **Càlcul contenidors a transportar per cicle:** és necessari calcular la quantitat de recipients per poder dimensionar el tren correctament. Es calcularà en base a la inversa de l'autonomia dels recipients calculats anteriorment.

Taula 9: Components i embalatges consumits per cicle

Nombre	Embalatges consumits per cicle
Tap 2"bsp rosca 18 mm.sk.17,5l	0,2
J.P. 70x60x3 epdm-65	0,1
Tap regulació skimmer 17,5l	0,2
Boca ampl.18 inj.sk biinjecció	-
Comporta amb flotador sk 17,5l	0,2
Cistell skimmer 17,5l	0,2
Nansa cistell skimmer 17,5l	0,1
Manual instr. skimmer 15l	0,3
Cos skimmer 17,5l	-
Marc comporta skimmer 17,5l	0,2
Cargol din 7981 a4 3,9x16	0,0
Cargol din 7981 a4 3,9x25	0,0
Bossa polítè 16x24 gg140	0,0
Caixa unitaria 05282	0,3
Anell distanciador skimm 17,5l	0,8

Marc quadrat skimmer 17,5 lts.	0,3
Conjunt tapa skimmer 17,5l	0,3
Brida boca ampliació skimmer	0,7
Tapa brida boca ampliació skim	0,7
Junta adhesiva boca ampliació	0,3
Palet trace 1000x1200 fumigat	-
Tapa cistell skimmer 17,5l	0,3
B. 18 carg. d-966 a4 m-6x24 p	0,4
Cargol din 7981 a4 4,8x16 *k	0,0

Es determina que el nombre mitjà d'embalatges a portar cada cicle és de 5,6. No es considera les boques perquè van amb palet, ni els palets per a paletitzar el producte acabat perquè s'aprovisionen directament dins el paletitzador. Amb aquest valor i considerant les mides dels diferents embalatges es determina que es necessitarà un vagó per portar el palet de boques i un altre vagó amb estanteries per portar els diferents embalatges dels altres components a aprovisionar. El vagó amb estanteries té una capacitat d'aproximadament 9 embalatges de mida mitjana, fet que permetrà portar fins 9 referències en el cas més crític.

4.5.4.2 Funcionament Mizu

El disseny final del tren serà d'1 vagó amb estanteries i 1 vagó per portar el palet de boques per illa, és a dir, el tren portarà un màxim de 4 vagons. La seva missió serà la de portar tot el material necessari per a la fabricació des del magatzem a la zona de muntatge. Les seves tasques es distribuïran en:

- Portar el material necessari per iniciar la producció d'una ordre de fabricació a les illes de muntatge, 2 recipients per component.
- Als següents cicles passar per la zona de muntatge recollint caixes o cubetes buides.
- Al tornar al magatzem, deixar els recipients buits a una zona habilitada, i al passar pel supermercat d'aprovisionament (dissenyat més endavant), recollir els components dels recipients buits que s'han recollit durant l'anterior cicle. Comprovar si ha d'agafar un palet de boques, ja que va en un vagó a part.
- Passar per la zona de muntatge al cap de mitja hora i tornar a emplenar els productes que ha recollit al magatzem, i recollir els buits fent la mateixa seqüència.
- El tren té habilitada una pantalla on li apareixen les ordres de fabricació en procés i la següent ordre, a més d'un indicador de quantes unitats falten per acabar la ordre en procés, per tal de que puguin preparar el canvi correctament.

- Una vegada vegin que queden aproximadament 2 cicles per acabar la OF en procés (unes 40 unitats per la illa 2 i unes 60 per la 1), començar a preparar el canvi que s'ubicarà en un vagó apart, on hi haurà dos recipients per component.
- El vagó del canvi es deixarà a la zona de muntatge en el següent cicle, carregant els diversos components just darrere els de l'ordre de fabricació actual, perquè quan s'acabi la ordre actual, es retornin tots els components pel carril de retorn i automàticament els hi apareixin el components de la següent ordre a darrere, de manera que es pugui començar a fabricar seguidament, sense parar la producció.

4.5.5 Supermercat d'aprovisionament

4.5.5.1 Situació i recorregut

En un sistema Lean, tots els elements han d'anar cohesionats de tal manera que funcionin com a un sol sistema, d'aquesta manera el que farà de pont entre el magatzem i l'aprovisionador serà el supermercat. La idea de supermercat es basa en l'agrupació de productes d'alta rotació en una zona accessible del magatzem, és a dir, que sense fer ús de cap element de transport, com seria un elevador o un toro mecànic, es pugui tenir accés als diferents components.

Les premisses a dissenyar un supermercat òptim es basen en:

- Ha de disposar, de almenys, el 80% dels components consumits a la zona de muntatge.
- El recorregut ha de ser en forma de circuit, el més rectilini i senzill possible.
- Ha d'anar situat a les ubicacions més baixes de les estanteries del magatzem ja que s'han de poder agafar els recipients amb els components sense haver de necessitar un element de transport com un elevador o un toro mecànic.
- Els components han d'estar ordenats i agrupats per famílies per facilitar les parades.

Definides les premisses d'aquest element s'agafen el 80% dels components consumits i es comencen a ubicar en funció del número d'unitats consumides l'any anterior i el grup o família al que pertanyen.

El supermercat estarà ubicat al llarg de dos passadissos del magatzem de Sacopa 10, que està molt a prop de la zona de muntatge. Seguidament a través d'un portal entrarà a la zona d'injecció i amb un passadís del costat de la màquina 1 accedirà a la zona de muntatge, donarà al volta a la mateixa zona de muntatge, i tornarà pel mateix recorregut cap al magatzem.

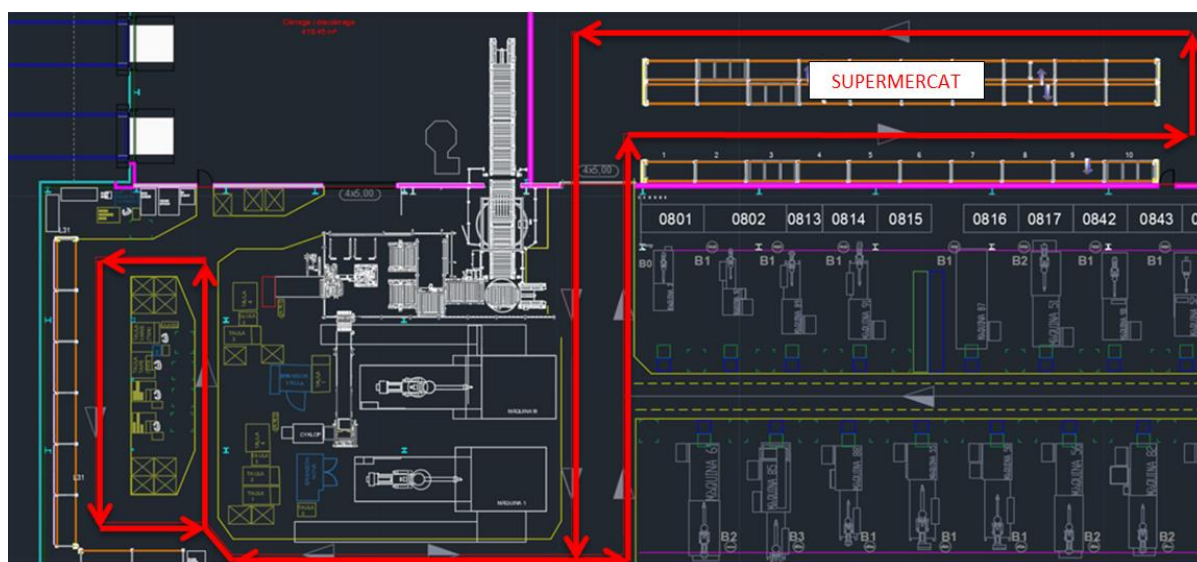


Figura 36: Recorregut per cycle del Mizu

4.5.5.2 Disseny

Una vegada elegit el recorregut més òptim, es comença a dissenyar el supermercat, i s'aconseguirà a través d'un seguit de passos, necessaris perquè sigui el més adequat i perquè el tren d'aprovisionament tingui accés a la recollida dels diversos components.

Els passos per a dissenyar els supermercat de Skimmers són:

1. Ordenar tots els components i agafar-ne el 80%, que suposen unes 240 referències en el cas d'aquest producte.
2. Dimensionar els embalatges de tots aquests components com s'ha fet anteriorment amb els del Skimmer 11311.
3. Agrupar els components per famílies, i si algun component és comú entre diverses famílies, s'ubicarà a una zona de productes comuns.
4. Començar a ubicar els components per famílies, els que van amb recipients més petits, que es posaran en taules dinàmiques semblants a les de les illes de muntatge, amb rodets inclinats.
5. Ubicar els diversos elements informàticament i posar una etiqueta a davant amb un codi que permeti al proveïdor, demanar al magatzem els materials que va consumint a través d'un programa informàtic. Els components de més volum s'ubicaran amb un palet.
6. Es deixaran aproximadament 6 ubicacions buides que seran zones del que s'anomenen productes no estàndard, és a dir, productes que formen part del 20% restant que no estant ubicats al magatzem. D'aquesta manera quan es necessitin,

s'ubicaran en aquestes zones i funcionaran com a un component més del supermercat.

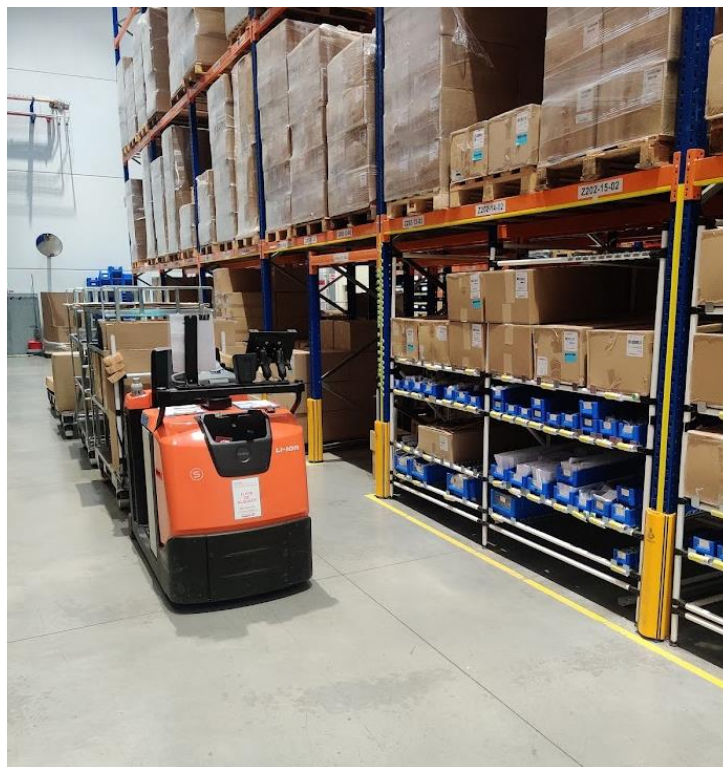


Figura 37: Mizu parat al supermercat

4.5.6 Magatzem i sistema informàtic

Finalment l'últim element a transformar serà el magatzem, que serà essencial per al correcte funcionament de l'aprovisionament i les illes de muntatge. És molt important tenir-lo completament controlat ja que un descontrol i falta de previsió provocarà que el material no estigui al lloc adequat quan se'l necessita.

Gestionar una quantitat tant gran de palets resulta pràcticament impossible sense una eina robusta que permeti tenir controlat l'estoc i saber on està ubicat cada material en tot moment, i es puguin realitzar canvis de manera ràpida i senzilla. Per aquest motiu a Sacopa, es va demanar al departament informàtic que es crees una aplicació que resolgués aquestes necessitats. El programa funciona a partir d'ubicacions dins el magatzem, és a dir, es dona un codi a cadascuna de les ubicacions, per tal de que es pugui associar un o uns productes a aquella ubicació dins el programa informàtic. El codi estarà format per 4 números de dos dígit cadascun, que donaran informació sobre la nau, el passadís, la ubicació i el pis.

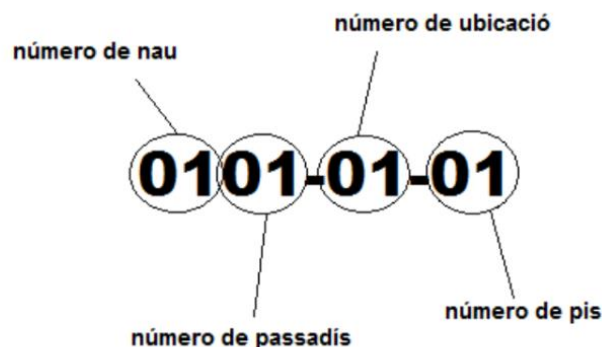


Figura 38: Codificació ubicacions del magatzem.

Amb aquesta codificació es permet enllaçar un codi d'un producte i les seves unitats, amb una ubicació del magatzem, tenint un control senzilli fent el canvi simplement indicant les 3 característiques necessàries (codi ubicació, codi producte i unitats a moure). Aquesta eina s'usa principalment pel personal de magatzem i l'aprovisionador. El personal de magatzem ho utilitza per fer els canvis d'ubicació d'elements entrants i sortints, com seria l'entrada de material provinent de injecció o de fora la nau, o la sortida de palets de producte acabat o d'injecció cap a altres naus. També usaran l'aplicació per ubicar material al supermercat d'aprovisionament. Per part del encarregat d'aprovisionar les illes, la seva funció serà la de demanar components amb estoc baix del supermercat, per tal de que el personal de magatzem rebí aquest avís i pugui ubicar el material demanat al supermercat sense haver de comunicar-se directament amb l'aprovisionador.

Per altra banda, el programa també disposa d'un sistema d'avisos, a part dels avisos que fa l'encarregat del tren als operaris de magatzem. Aquest sistema es basa amb l'agrupació dels diferents components en 2 grups, els components estàndard i els no estàndard. Els components estàndard són components que tenen una alta rotació i un alt consum, i tots aquests productes seran els que aniran ubicats al supermercat, mentre que els productes de menys rotació, els no estàndards, aniran ubicats fora de la zona del supermercat. Una vegada definits els grups, el sistema d'avisos pren importància al ser l'encarregat d'avisar el personal de magatzem, quant es necessiti un producte no estàndard, és a dir, 2 dies abans de la fabricació d'un producte amb algun component no estàndard, ja que disposarà de les ordres dels següents dos dies, sabent quins components són estàndards i quins no al tenir-ho ponderat dins la seva base de dades. D'aquesta forma, dos dies abans llançarà un avís a les pantalles del personal de magatzem, que seran els encarregats de gestionar el moviment d'aquest component a les ubicacions del supermercat habilitades per a productes no estàndard. L'avís l'hi proporcionarà la informació bàsica per a saber que quin codi té el

producte, la descripció, la quantitat necessitada, la ubicació d'origen, la ubicació a on ha d'ubicar-se, a més de si és estàndard o no.

NAVIS	CODI	DESCRIPCIO	QUA	ORIGEN	DETI	SUPER
A002780	56176E001EM09	CAIXA UN. SKM BOCA ESTR *ANONI	320	SACOPA01	SACOPA01	NO STD

Figura 39: Exemple d'avís de producte no estàndard.

Per veure la sistemàtica de creació d'un avís, vegeu l'Annex 2: Estàndard generació d'avís.

4.5.7 Millora contínua

La transformació del procés no seria realista si no es seguis la premissa més important del mètode Lean, que és la cultura Kaizen o millora contínua. Per tant, dins el procés de transformació serà important aconseguir un seguiment i una intenció de voler seguir millorant. Aquest objectiu s'aconseguirà gràcies a les reunions que es faran diàriament a planta per buscar la manera de solucionar els problemes que vagin sorgint, i recolzant-se amb eines Lean que ajudin a solucionar els problemes, com serien l'estandardització i el PDCA.

4.5.7.1 Equip de progrés

Aquest neix en base a millorar la comunicació entre departaments i mostrar problemes que en altres ocasions quedarien ocults. D'aquesta forma es crea l'equip de progrés de la secció de Skimmers, que estarà format per:

- Encarregat de muntatge.
- Tècnic de qualitat.
- Personal de manteniment.
- Injector de la secció.
- Enginyer d'Industrialització-Lean.

Aquest equip es reuneix a la zona de muntatge diàriament de 15 a 30 minuts, on es comenten els problemes que han anat sorgint al llarg del dia anterior. Aquí es disposa d'una pissarra habilitada per escriure el problema, la data d'entrada del problema i la persona que el pilota. La reunió s'inicia comentant els problemes escrits a la pissarra, on el pilot comenta si l'ha pogut resoldre i com ho ha fet, si el problema s'ha resolt es borra de la pissarra, i si es necessita un dia més per resoldre, es posa un +24h al costat i l'endemà es torna a comentar si s'ha pogut solucionar. Seguidament els participants comenten si han vist algun problema nou i l'apunten a la pissarra, després es decideix qui serà l'encarregat

de pilotar el problema, que normalment anirà en funció del àmbit del que pertanyi el problema. Els nous problemes se'ls hi assignarà un valor, que anirà de 1 a 5 en funció d'un diagrama de flux anomenat el filtre del estàndard, que es basa principalment en definir en quin estat es troba un problema i realitzar una acció associada al seu estat. Si el número assignat a un problema és el 5, s'haurà d'obrir una carpeta PDCA. Una vegada assignats els problemes es comproven els indicadors per veure amb què es pot millorar i en quina situació es troben. Finalment es fa el recompte de problemes tancats i oberts, el temps de reunió i l'assistència dels diferents integrants, per tenir estadístiques de les reunions.

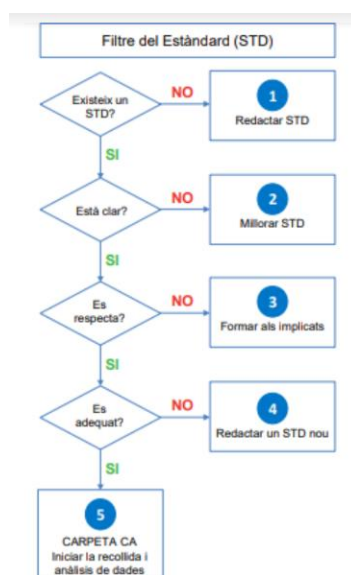


Figura 40: Filtre de l'estàndard. Font: Intern Sacopa

4.5.7.2 Carpetes PDCA

Com s'ha comentat anteriorment, una carpeta PDCA s'obrirà en el moment en què un problema se li assigni el valor de 5 del filtre de l'estàndard, aquest valor s'acostuma a assignar als problemes que no tenen una solució senzilla i han passat tots els 4 punts anteriors, d'aquesta manera s'inicia un estudi més exhaustiu de la resolució del problema. En aquesta carpeta s'apunta la descripció del problema i es planifica quin és l'objectiu final per donar el problema com a resolt (P), seguidament s'apunten les accions reactives realitzades i es van apuntant les accions realitzades en un futur (D), una vegada es cregui que s'han realitzat totes les accions pertinents es comprova si s'ha resolt el problema correctament (C), per finalment actuar en funció de la comprovació, tornant a iniciar el procés si el problema no s'ha resolt, o tancar-lo en cas que s'hagi resolt adequadament.



Figura 41: Panell de carpetes PDCA

El format de les carpetes PDCA és sempre el mateix per estandaritzar la sistemàtica de la resolució de problemes. Vegeu Annex 3: Format carpetes PDCA.

4.6 Indicadors i seguiment

L'objectiu d'un projecte és el de satisfer la necessitat pel qual ha estat dissenyat, i com la majoria dels projectes industrials són projectes complicats, encara dona més importància a realitzar un bon seguiment i tenir els indicadors necessaris per a saber si el projecte ha estat un èxit, va en la correcta direcció o no estar resultant com s'esperava i s'ha de redissenyar. Aquests indicadors seran el reflex dels resultats del projecte i ajudaran a calcular el *Value Improvement* del projecte, que donarà una idea de si les previsions que es van donar al presentar-se, s'han complert.

4.6.1 Productivitat

El motiu més important pel qual es va implementar aquest projecte va ser la manca de capacitat productiva que venia provocada per l'augment de la demanda, que comportava portar al límit les diferents màquines de 1000 tones, d'aquesta forma el principal objectiu, que era el de poder augmentar la capacitat i absorbir la demanda, queda resolt amb la implementació d'aquest projecte. Aprofitant la introducció de la nova màquina també es va marcar la idea de transformar tota la zona de muntatge i aprovisionament per poder

observar si es podia seguir fabricant a ritme de màquina (1 cos injectat cada 90 segons) amb 2 operaris, cosa que provocaria una reducció del cost de producció.

El primer indicador a comprovar és el de la productivitat, ja que ajudarà a comprovar si s'ha pogut fabricar a temps d'injecció amb dos operaris. Per tenir una idea es comproven els gràfics de productivitat de les 4 referències més fabricades. L'eina emprada per fer aquest seguiment és el *Power Bi*, on s'agafen les dades directament de la sortida de caixes, i s'emmagatzemen a una base de dades, que és d'on extreuen les dades el programa.

Vegeu indicadors a l'Annex 4: Indicadors productivitat dels Skimmers més fabricats.

Com es pot observar als 4 gràfics, la tendència de la productivitat és clarament a l'alça. En aquests gràfics es mostren els ritmes de producció de les diverses ordres de fabricació realitzades durant l'any 2022. Es tenen només en consideració les ordres de fabricació de més de 150 unitats, per tenir uns valors més acotats, normalment les ordres es mouen al voltant de les 300 unitats, que seria un dia sencer de fabricació d'aquests tipus de Skimmer. La millora és significativa, passant de fer unes 17 unitats/hora/persona, a les 20 que marca el temps d'injecció, que suposa un augment d'un 15% en la producció. Aquesta dada demostra que les illes funcionen i el flux de muntatge i la transformació de les illes ha estat exitosa.

Aquest augment del ritme de producció també es notarà en la capacitat productiva de la fabricació de Skimmers, ja que es tindran 2 màquines dedicades exclusivament a aquest producte, a més de poder fer el muntatge juntament amb la injecció. D'aquesta manera al inici del projecte la capacitat d'injecció de cossos era d'aproximadament 6219 hores, mentre que amb la nova màquina, ascendeix a més de 10.000 hores, alliberant les altres màquines del mateix tipus i tenint capacitat per afrontar la previsió d'augment de demanda. Durant el 2021 s'han superat les previsions arribant a doblar-les o triplicar-les. Amb aquest projecte la capacitat quedarà coberta per a futurs augments de la demanda.

4.6.2 OEE

La finalitat del projecte, a més d'augmentar la capacitat, és la d'estalviar recursos i optimitzar els processos. Al aconseguir reduir un operari per illa de muntatge, i afegint un operari encarregat de l'aprovisionament, s'acaba estalviant el cost d'un operari, que pot servir per donar suport a altres àrees de Sacopa. Aquests càlculs es fan per demostrar l'èxit de la transformació Lean, i com els recursos invertits tenen un impacte en diners estalviats, no només en quant al operari, sinó en l'augment de la productivitat, que es traduirà en un

augment d'ingressos. Simplement estalviant un operari (que es calcula que té un cost de 20€/hora) durant els 3 tornos de funcionament, l'estalvi ascendeix a més de 60.000 euros.

L'eina adequada per a realitzar aquest tipus de càlcul és l'*Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que és un indicador senzill que mesura com de bé funcionen les diferents parts d'una operació (disponibilitat de temps, rendiment i qualitat) comparant els valors reals de d'aquests elements amb el potencial màxim de la operació. Bàsicament identifica el percentatge de temps d'operació que és realment efectiu. Per tal de calcular aquest valor s'han de calcular els OEE de cadascun dels elements que prenen part en l'operació.

En quant a la disponibilitat, es calcula el percentatge entre el temps productiu i el temps disponible. El rendiment es troba amb la relació entre la producció real, en aquest cas s'ha agafat la producció mitjana actual, i la capacitat productiva total. Finalment, el valor de qualitat es trobarà relacionant el nombre de peces bones per torn entre la quantitat real de peces fabricades.

Taula 10: Càlcul del OEE actual

Càlculs OEE	Valor	Unitats	Resultats
Disponibilitat			96,9%
Temps disponible	8	h/torn	
Temps productiu	7,75	h/torn	
Rendiment			90,5%
Capacitat productiva	20	peces/h	
Producció real (mitjana)	18,1	peces/h	
Qualitat			98,4%
Producció real	140	peces/torn	
Peces bones	138	peces/torn	
OEE 2022 (maig)			86,3%

Com es pot observar l'OEE actual es troba al 86,3%, aquest valor es considera correcte encara que no arriba al objectiu del 90%, que s'havia marcat en un inici. El valor més crític és el del rendiment, ja que en l'actualitat la mitjana encara no s'ha apropat a les 20 unitats/hora, ja que als inicis d'any encara no s'havia implementat el projecte i la productivitat era més baixa, si es segueix amb la tendència vista als gràfics de productivitat,

aquest valor hauria d'anar en augment. Es calcula que mantenint la tendència actual, que està al voltant del es 20 unitats/hora, el valor mitjà s'enfilaria fins a les 19 unitats/hora, fet que faria arribar el valor del OEE al 90% previst.

L'estalvi econòmic es calcularà a partir del nombre d'hores de màquina disponibles, el valor de OEE de l'any anterior, i el cost mitjà d'injecció d'una màquina.

$$Estalvi = (OEE\ 2022 - OEE\ 2021) * hores\ disponibles * cost\ màquina \quad (eq.\ 10)$$

On:

- OEE 2022 (maig)= 86,3%.
- OEE 2021= 82,5%.
- Hores disponibles=10.800 hores.
- Preu màquina= 88,24 €/màquina·hora.

L'estalvi calculat amb el valor actual de OEE serà de 35.737,20€ anuals, ja que la pujada del quasi 4% del OEE és significativa i el seu impacte és elevat com es pot observar.

4.6.3 Reducció d'estoc

L'últim element important a considerar és el de la reducció de moviments i estoc acumulat, com ja s'ha anat parlat al llarg del projecte, un dels objectius era reduir el nombre de palets de cossos emmagatzemats, ja que els cossos són elements de gran volum i només hi caben 8 cossos per caixa (utilitzant la caixa gran) i 8 caixes per palet, és a dir, 64 cossos en total. Per tenir una visió senzilla amb un ritme de 40 peces/hora amb 2 operaris, en 1 hora es necessitaria un altre palet de cossos. Amb aquesta premissa i contant també que s'haurien d'aprovisionar la resta de components, aquest procediment eleva de forma significativa el nombre de palets acumulats al magatzem i amb el muntatge a peu d'injecció s'eliminarà aquesta quantitat de palets moguts. Per aquest motiu es vol demostrar la quantitat de palets que es deixen de moure amb la implementació d'aquesta nova sistemàtica.

Per fer aquest càlcul es tenen en conta que es consumeixen 92.123 cossos que seria el valor de Skimmers fabricats al 2020 de les famílies produïdes a la illa 2 (17,5L, IML i SuperSK), com es mostra a la taula 4. Considerant que hi ha 64 unitats de cossos per palet, el nombre de palets de cossos anuals que es deixen de moure seria de 1440, aproximadament. Aquest valor és elevat i ajudarà en gran mesura a reduir l'estoc al magatzem, de manera que es tingui més flexibilitat i no es depengui de altres magatzems

de Sacopa perquè facin de pulmó davant l'alt moviment de palets. No només es deixarien de moure palets, sinó que s'estalviaria temps de personal de magatzem, que podrien dedicar aquest temps a mantenir el supermercat ben aprovisionat o a fer la gestió dels palets de producte acabat.

5. RESUM DEL PRESSUPOST

En aquest apartat es farà una breu explicació del cost que ha suposat el procés de transformació, deixant de banda el cost de la maquinària. D'aquesta manera es vol demostrar com amb un pressupost reduït s'ha aconseguit millorar la productivitat, les illes de muntatge i l'aprovisionament. Es vol demostrar que no es requereix una elevada inversió per millorar la producció, ja que aquest mateix projecte es podria haver implementat sense la necessitat de comprar cap tipus de nova maquinària.

Taula 11: Resum pressupost transformació

Inversions	Cost
Taules dinàmiques per les illes i el supermercat	5.600 €
Cubetes	1.900 €
Tren d'aprovisionament i vagons	5.800 €
Sou encarregats d'implementar el projecte	15.200 €
Total	28.500 €

Els costos són aproximats però el que venen a reflectir és la poca inversió envers la quantitat de millores que s'han realitzat, que ve a ser l'essència del Lean. S'han considerat els elements més importants que han conformat el projecte, ja que en menys mesura, també hi han participat personal de manteniment a l'hora de crear les taules o d'informàtica per a fer el programa d'avisos.

6. CONCLUSIONS

Des de l'arriba del Lean a Sacopa, s'han anat intentant fer canvis a través de les directrius d'aquest mètode que han donat uns fruits molt importants i han suposat una millora en la optimització i la qualitat del treball. En aquest projecte, es va voler aprofitar la entrada d'una nova màquina i el disseny d'una nova illa per transformar el procés i millorar-lo a través del tren d'aprovisionament, el supermercat i la reorganització del magatzem.

En quant als objectius marcats a l'inici del projecte, es pot afirmar que la majoria s'han complert de manera òptima. El més important era el de poder augmentar la capacitat de producció dels cossos, unificant la producció en aquestes dos màquines, i amb l'èxit de la implementació de la nova màquina i la nova illa, l'objectiu ha quedat complert i s'ha augmentat al voltant d'un 40% la capacitat productiva de Skimmers. Tot aquest projecte no hauria tingut sentit sense fer un bon estudi previ per mostrar la necessitat a gerència i que aquests aprovessin la inversió, ja que sense una bona demostració de la capacitat límit a la que es trobava la producció hauria sigut molt més difícil l'aprovació del projecte. El *Value Improvement* ha quedat demostrat a partir del càlcul de l'estalvi que ha suposat l'augment del OEE, on simplement amb aquest valor el pressupost del projecte ha quedat amortitzat. A demés, la implementació d'un supermercat ha alliberat un operari de la zona de muntatge, ja que amb un aprovisionador que aprovisioni les dos illes s'ha pogut eliminar un operari de cada illa. La creació del supermercat al magatzem ha resultat ser un èxit, que ha permès reduir en gran quantitat el material acumulat a la zona de muntatge, podent fer unes illes més reduïdes i disposar d'espai per ubicar-hi tots els elements imprescindibles per a la fabricació. En quant a l'OEE, no s'ha assolit el valor de 90 que s'havia marcat en un inici, però estar previst que s'aconsegueixi arribar a aquest valor per finals d'any, ja que la productivitat als últims mesos ha augmentat fins als valors preestablerts.

Havent demostrat l'augment de la productivitat i l'estalvi, es dona valor també a l'augment de la qualitat de treball de les persones que estant dia a dia fabricant Skimmers. Aquest producte és un dels productes estrelles de Sacopa i un pilar fonamental en les vendes de l'empresa, d'aquesta manera encara s'ha incrementat més l'èxit del projecte. La qualitat de treball ha crescut en gran part gràcies a l'ordre i neteja que ha aportat l'eina 5S, que es fa periòdicament per mantenir la zona amb aquests estàndards. L'estandardització del procés de fabricació i dels diferents elements presents ha comportat una unificació de la manera de treballar que ha ajudat molt a millorar la productivitat i els processos. D'altra banda el sistema Kanban ha donat una gran robustesa al procés d'aprovisionament, ajudat per la creació de les taules i dels diversos carrils habilitats per a la càrrega i el retorn d'embalatges. A demés, un sistema informàtic pràctic i senzill de usar ha permès tenir un

control més exhaustiu de l'estoc. Per últim, el que engloba i dona valor a tots aquests elements són les reunions del equip de progrés, ja que són un lloc de reunió entre departament que permet gestionar el problemes amb les persones directament implicades en el procés, millorant la les resolucions dels problemes, que sense aquestes reunions, serien molt més complicats de resoldre. Totes aquestes eines creen intangibles dins l'empresa que no s'observen a simple vista, però que tenen gran part de la culpa de les millores assolides, ja sigui de manera directa o indirectament.

Un valor que es considera molt important dins el mètode Lean ha estat que els operaris s'han pogut sentir participants de la transformació, podent tenir veu i sentint-se escoltats. Tots els canvis s'han fet i implementat amb els personal a través de formacions, que han tingut com a objectiu demostrar el perquè dels canvis i les millores que aportaran. D'aquesta forma, el personal ha pogut comprovar que la seva feina milloraria, aconseguint que s'interioritzin les bases del mètode i facilitant en gran mesura la implementació del projecte i la transformació.

En la situació actual, el projecte està apunt de tancar-se, a falta d'acabar de fer el seguiment a petits problemes que han anat sorgint al llarg de la implementació, com problemes amb els Layouts d'alguns productes, falta d'estandardització d'alguns processos menors o dubtes amb la nova metodologia per part del personal. Tots aquests problemes es consideren que s'aniran resolen a les pròximes setmanes i el projecte quedarà tancat.

Per últim, destacar que la transformació feta en aquest projecte són només els primers passos d'una transformació més gran i que englobi tots els elements de l'empresa, com serien planificació o els proveïdors, per tal d'aconseguir un sistema Pull. El projecte ha demostrat l'eficàcia del mètode i actualment s'estan implementant més projectes del mateix tipus al llarg de tot Sacopa.

6. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El present treball de fi de màster: Implementació d'una línia de producció a una empresa d'injecció de plàstic a través del Lean Manufacturing, estar constituït pel document:

- Memòria i Annexos

7. BIBLIOGRAFIA

Llibres:

JONES, D.T., WOMACK, J.P. La máquina que cambio el mundo. Profit editorial. Madrid. 2017.

RIES, E. El método Lean Startup. Deusto S.A. Ediciones. Barcelona. 2012.

SOCCONINI, LV. Lean Manufacturing. Paso a Paso. Marge Books. Barcelona. 2019.

PLENERT, G. J. Reinventing Lean: Introducing Lean Management into the Supply Chain. ScienceDirect eBooks. 2006.

GIL VILDA, J. Milkrun. Artyplan S.L. Colección herramientas Lean. Barcelona. 2017.

DEL CERRO, A. Gestión Industrial y Lean Manufacturing: Fundamentos, Herramientas e Indicadores. Independently published. 2022.

CUATRECASAS LL. Ingeniería de procesos y planta. Profit editorial. 2017.

Pàgines web:

Bogotá D.C., Lean Solutions. contacto@leansolutions.co. Colombia. 2018.
<https://leansolutions.co/>, abril 2022.

McKINNON, T. Lucidchart. Create your own diagram. Holanda. 2020. <https://lucidchart.com>,
maig 2022.

PLANES E. Astralpool. Barcelona. 2017. <https://www.astralpool.com/>, maig 2022.

NOREN A. Geslean. Suècia. 2019. <https://www.geslean.es/>, abril 2022.

8. GLOSSARI

Muda: paraula d'origen japonès que significa desapfitament o malbaratament.

Sistema Pull: mètode de producció basat en el les necessitats reals del consumidor.

Diagrama de Pareto: eina gràfica que permet identificar el problemes principals a partir de les seves freqüències absolutes.

Autonomation: automatització amb un toc humà.

Mizu o Mizusumashi: en japonès, aranya d'aigua, també referit a un element que pot estar entre l'aigua i l'aire. Aplicat al Lean, que pot estar entre el magatzem i la zona de muntatge.

ANNEXOS

Annex 1: Layout explicatiu Sacopa 10



Annex 2: Estàndard generació d'avís.

CAS 1: EL MATERIAL DEMANAT ES TROBA AL 0120 AMB LA QUANITAT IGUAL O SUPERIOR.

S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12
627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ARTICLE	DESCRIPCIO	UNITATS	UBICACIO	V
49818-0001	REIXA SUP.FIXA BROQ.IMP.AIRE	627	0120-00-00	OK

UNA VEGADA MOGUT EL MATERIAL FÍSICAMENT, FER EL MOVIMENT INFORMÀTICAMENT.

NO MARCAR EL BOTÓ DE REVISAT!

NÚMERO AVIS : A002894 CODI : 49818-0001

DESCRIPCIO : REIXA SUP.FIXA BROQ.IMP.AIRE

MOVIMENT AL MOVEX

ORIGEN : 0120-00-00

DEMA : 432

DESTI : SACOPA01

FET / FI AVIS

S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	398	1225	0

ARTICLE	DESCRIPCIO	UNITATS	UBICACIO	V
05280-0102CL129	MARC COMPORTA SK 17,5L G R7004	398	SACOPA10	OK
05280-0102CL129	MARC COMPORTA SK 17,5L G R7004	55	1103-01-01	OK
05280-0102CL129	MARC COMPORTA SK 17,5L G R7004	1170	1101-16-02	OK

CAS 2: EL MATERIAL DEMANAT NO ES TROBA NI A SACOPA 1 NI AL MAGATZEM 0120.

BUSCAR A L'UBICACIÓ ON HI HA MATERIAL SUFICIENT PER COBRIR LA DEMANDA.

NÚMERO AVIS : CODI : 05280-0102CL129

DESCRIPCIO : MARC COMPORTA SK 17,5L G R7004

MOVIMENT AL MOVEX

ORIGEN : 1101-16-02

DEMA : 1170

DESTI : 01RED1

FET / FI AVIS

REVISAT

CREAR UN AVÍS AMB EL SÍMBOLE + DE LA PANTALLA D'AVISOS, SELECCIONAR LA UBICACIÓ D'ON VOLEM EL CODI I ON EL VOLEM RECEPCIONAR.

CLICAR EL BOTÓ DE REVISAT INDICANT QUE LE MATERIAL ESTÀ DEMANAT! CLICAR OK.

Annex 3: Format carpetes PDCA

	+		
Dificultat	+	7	8
	-	3	4
		1	2
		5	6
		9	-
			+
		-	Impacte

CARPETA DE RESOLUCIÓ DE PROBLEMES

CARPETA CA




Pilot / Equip



Tipus de Problema

- 5S i Seguretat
- Producció
- Qualitat

Carpeta # :







Identificat per:



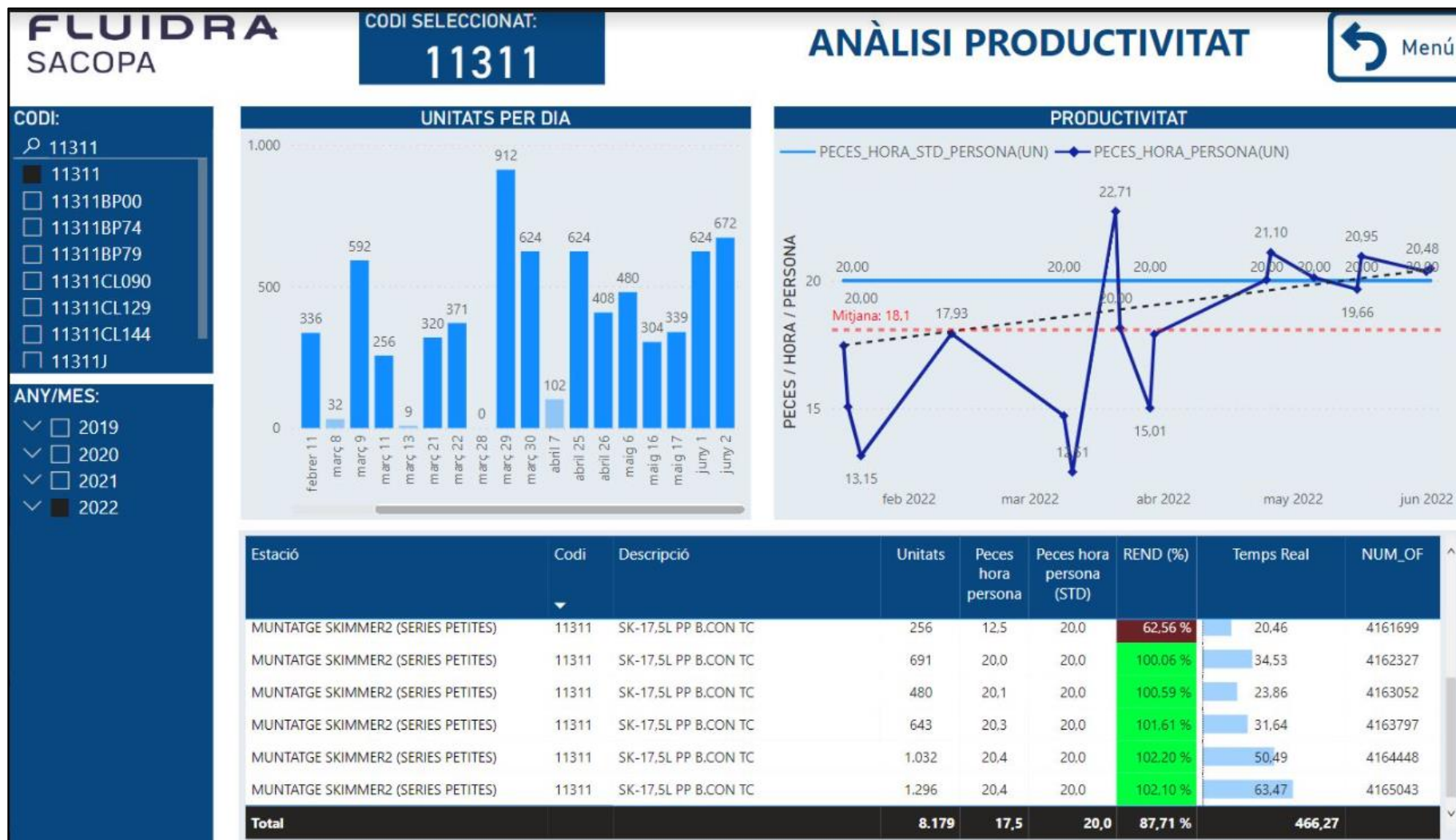
Data:

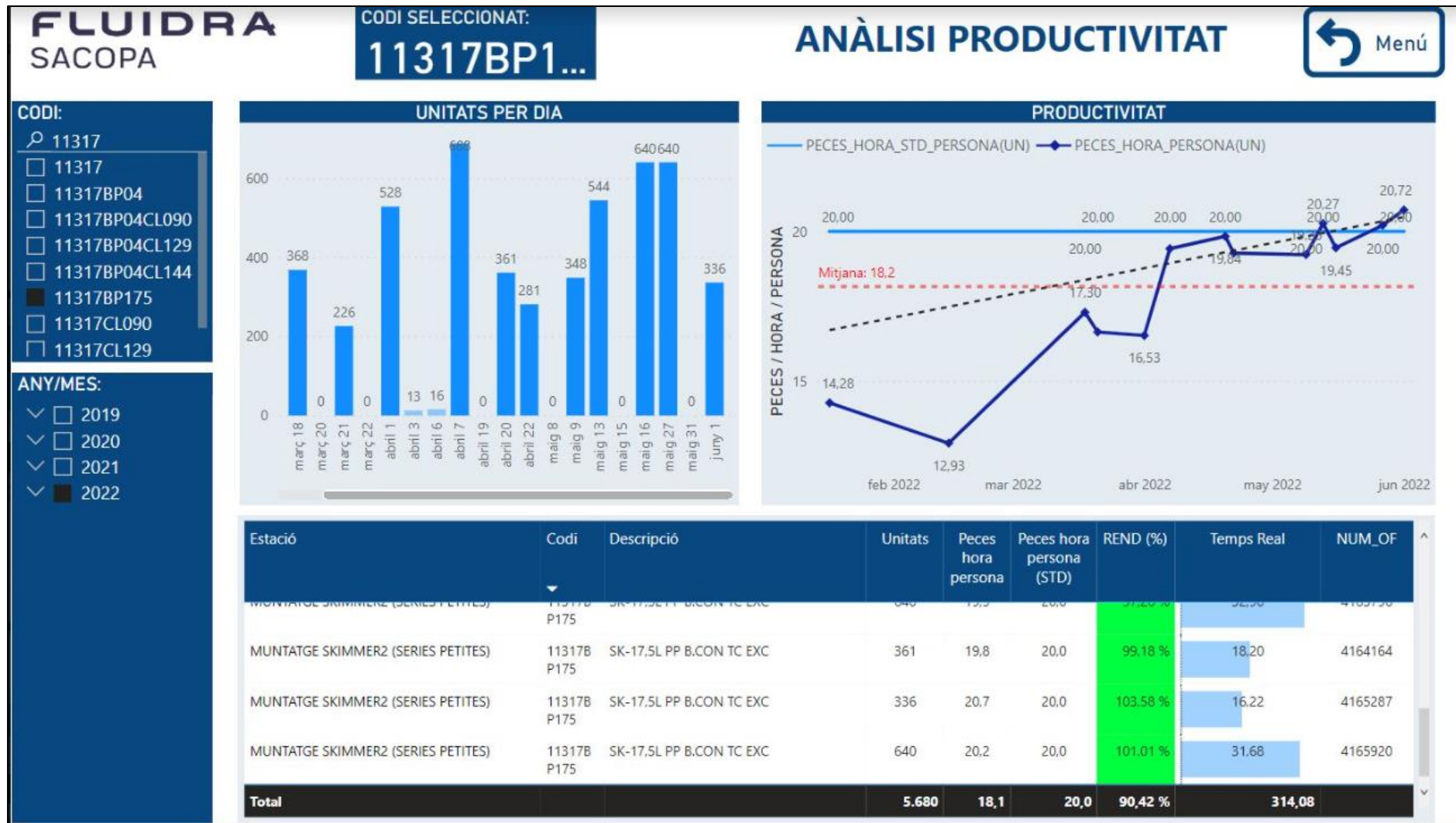


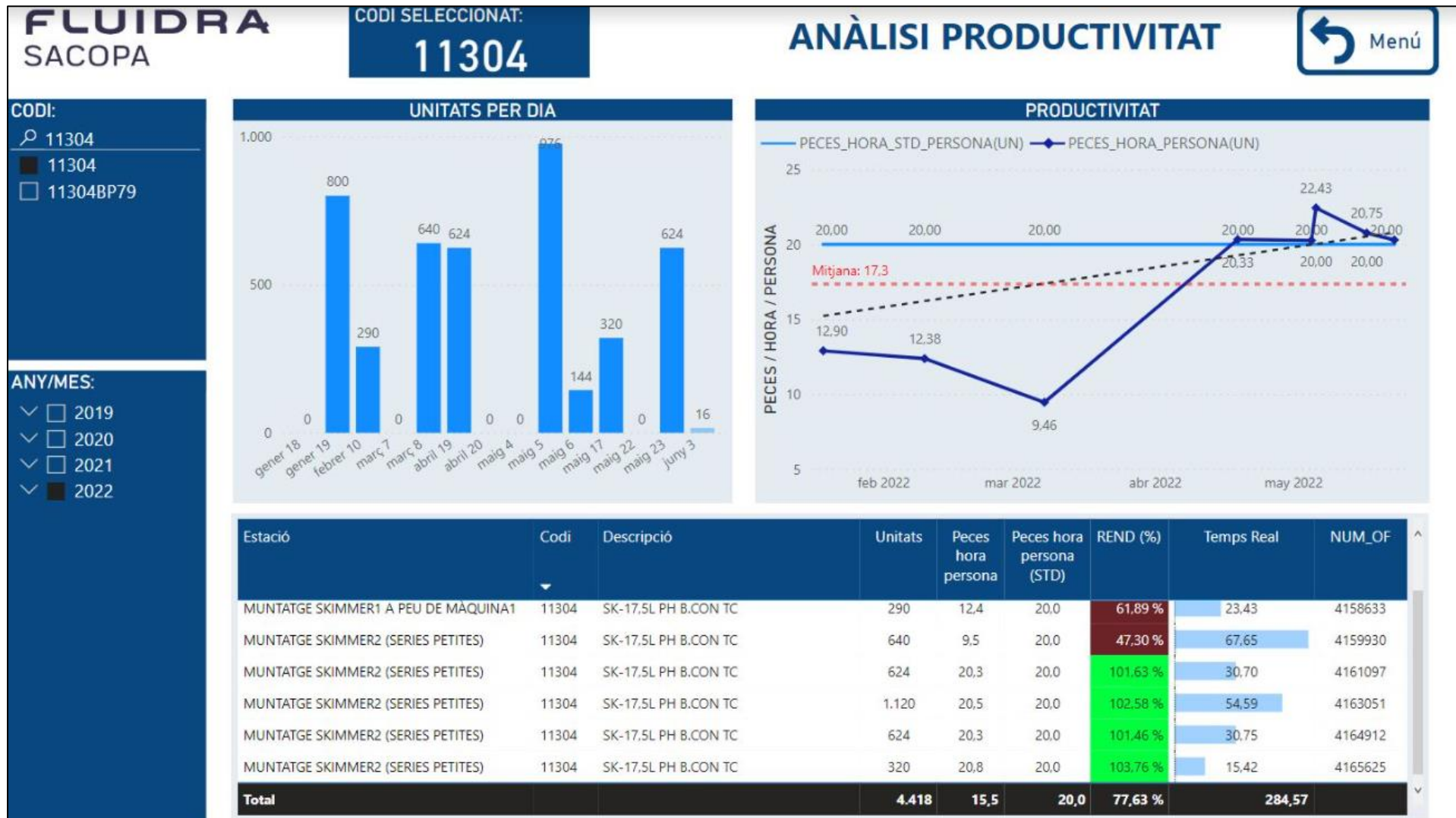
 INVESTIGACIÓ GENBA - GENBUTSU - GENJITSU		
CLARIFICACIÓ DEL PROBLEMA (què, qui, com, quan, on, quant)		
Contramesures d'urgència	Identificar les causes arrel	
 Causes arrel no identificades	 Causes arrel identificades amb acció PDCA	 Causes arrel identificades amb acció immediata




Annex 4: Indicadors productivitat dels Skimmers més fabricats









CODI SELECCIONAT:

11317

ANÀLISI PRODUCTIVITAT

← Menú

CODI:


🔍 11317

- 11317
- 11317BP04
- 11317BP04CL090
- 11317BP04CL129
- 11317BP04CL144
- 11317BP175
- 11317CL090
- 11317CL129


ANY/MES:

- ✓ 2019
- ✓ 2020
- ✓ 2021
- ✓ 2022

UNITATS PER DIA



PRODUCTIVITAT



Estació	Codi	Descripció	Unitats	Peces hora persona	Peces hora persona (STD)	REND (%)	Temps Real	NUM_OF
MUNTATGE SKIMMER1 A PEU DE MÀQUINA1	11317	SK-17,5L PP B.CON TC TA	400	20,2	20,0	101,01 %	19,80	4161106
MUNTATGE SKIMMER2 (SERIES PETITES)	11317	SK-17,5L PP B.CON TC TA	624	12,3	20,0	61,54 %	50,70	4161697
MUNTATGE SKIMMER2 (SERIES PETITES)	11317	SK-17,5L PP B.CON TC TA	288	20,6	20,0	102,86 %	14,00	4163337
MUNTATGE SKIMMER2 (SERIES PETITES)	11317	SK-17,5L PP B.CON TC TA	176	19,5	20,0	97,35 %	9,04	4164956
MUNTATGE SKIMMER2 (SERIES PETITES)	11317	SK-17,5L PP B.CON TC TA	656	20,9	20,0	104,39 %	31,42	4165286
MUNTATGE SKIMMER2 (SERIES PETITES)	11317	SK-17,5L PP B.CON TC TA	683	19,7	20,0	98,70 %	34,60	4165939
Total			3.627	17,0	20,0	85,00 %	213,36	