

# Optimització de la producció d'una fàbrica d'eines de tall aplicant la Teoria de les Limitacions.

Ferran Medina Sigüeiro

Estudiant a l'EPSEVG d'Enginyera Tècnica Especialitat Electrònica Industrial.

## Resum

Amb motiu de la presentació del PFC de l'autor, aquest article presenta l'estudi realitzat sobre l'optimització de la producció de dues de les línies d'una fàbrica d'eines de tall. S'ha fet servir la *Teoria de les limitacions* com a eina per definir les restriccions dels processos, introduir millores adequades i, finalment, gestionar la producció i els recursos amb un criteri més eficient. L'ús del *VSM* ha permès conèixer la cadena de valor dels estats inicial i objectiu, per tal de quantificar els resultats obtinguts. Tanmateix, s'ha implantat un sistema *Kanban* per la gestió d'inventaris. Aquestes i altres accions més concretes s'han traduït en un augment de la producció de fins un 16,9%, una reducció del *Lead Time* de fins el 66% i una reducció de l'inventari en curs de fins un 13,5%.

## 1. Introducció

La fàbrica del cas d'estudi es dedica a la producció de serres i corones de tall a partir principalment de fleix d'acer. La producció es compon de 4 línies de producte, de les que tan sols s'analitzaran en profunditat les dues amb més pes a la facturació de l'empresa: les corones de tall (40%) i les serres de mà (35%). Es tracta d'una fàbrica amb un sistema de gestió de la producció poc robust que està definit per uns inventaris de material en curs i uns *Lead Time* aparentment alts, amb un nivell de servei millorable.

En aquest escenari, l'empresa té com a objectiu millorar aquests ratis a través de la implantació d'eines que l'ajudin a definir els punts claus dels seus processos, per tal de desenvolupar-los i establir un sistema productiu que permeti assolir els objectius, millorant el servei al client i reduint els costos.

## 2. Eines metodològiques proposades

Per a arribar a decidir quines eines resulten les més adients per adaptar a l'empresa s'ha realitzat un estudi de les 4 línies de producte. Han estat analitzades les característiques dels seus productes, processos, recursos i operaris. De la mateixa manera que també s'ha tingut en compte l'estratègia de l'empresa. Un cop conegudes les necessitats reals s'ha realitzat una tria entre les eines que millor es poden adaptar.

La *Teoria de les Limitacions* (o *TOC* de les sigles en anglès) es una eina de gestió de la producció que a la vegada està enfocada a la millora continua dels processos. És visual, robusta i amb una relativament ràpida, senzilla i econòmica implantació.

Idèntiques característiques es troben entre les eines de *Lean Management* o *Lean Production*. En relació a aquestes, i als

problemes detectats amb els nivells d'inventaris en curs, una de les eines més reconegudes en molts sectors industrials és el *Kanban*. Permet mantenir els nivells òptims d'inventari i actuar en previsió als trencaments d'estoc.

Sense sortir de l'entorn Lean, i amb la necessitat encara de tenir un a eina que permeti avaluar els resultats de les decisions preses, s'ha escollit l'eina *Visual Stream Mapping (VSM)*, la qual permet conèixer en detall els processos per a detectar els malbarataments. Oferirà d'una manera visual i senzilla els valors del *Lead Time*, els temps de procés i els temps de valor afegit.

## 3. Implementació de la TOC

La *TOC* es basa en la hipòtesi principal de que en tot procés existeix un recurs limitant. Aquest recurs rep el nom de *coll d'ampolla* i definirà la limitació del sistema sencer i. La capacitat de tot el procés ve determinada per la del coll d'ampolla. Segons això, per a augmentar la producció de tota la línia, només cal actuar sobre el coll d'ampolla i aquest precisament esdevindrà l'objectiu principal de l'organització. Altra premissa a tenir en compte és que dins d'un sistema de processos dependents, les fluctuacions aleatòries (avaries, retards, etc.) que es provoquin provocaran retards en el procés que no seran recuperables. Per a evitar aquest efecte, una solució possible serà la creació de petits inventaris que serveixin per esmorteir les fluctuacions.

Un cop explicat això, la *TOC* defineix una metodologia per a la millora continua basada en un cicle iteratiu de cinc punts.

Aquesta metodologia s'ha desenvolupat en el cas que ens ocupa de la manera que es descriu a continuació.

El primer punt proposa identificar quin és el coll d'ampolla del sistema. En aquest apartat s'ha optat per realitzar un *VSM* de l'estat inicial dels processos corresponents a la línia de corones i a la de serres de mà. Del resultat de l'anàlisi s'ha pogut extreure que el coll d'ampolla de la línia de corones és la fase 3 de corbar les corones, amb una producció diària de 1.380 unitats sobre un objectiu de 1.500. El coll d'ampolla de la línia de serres de mà s'ha situat a la fase del tall del fleix (fase tres del seu procés), la qual produeix només 3.075 unitats de les 4.000 de l'objectiu.

El segon punt està dedicat a decidir de quina manera s'explotarà el coll d'ampolla. Donat que és la restricció del sistema s'ha de procurar que no s'aturi.

En el cas de la línia de corones, es desenvolupen tres escenaris futurs possibles: un model A -d'externalització de la fase 3 a l'Àsia-, un model -també d'externalització però

a dins de la província- i un tercer model C –que produiria a dins de la línia-. un programa per a evitar els temps morts de la fase.

En el model A, es realitza la simulació de l'estat futur a través del VSM i els resultats mostren dos vessants. Una positiva, en la que simplement, el recurs es pot considerar gairebé il·limitat, ja que produeix molt i barat. I una altra negativa, i més complexa: el viatge a l'Àsia fa que el *Lead Time* es dobli respecte l'inicial fins arribar a més de 160 dies; l'inventari en curs també suposa el doble, degut a que el carregament de dos mesos implica l'enviament de 60K unitats; la manca de flexibilitat a la línia provocada per aquests lots tan grans i amb freqüència tan baixa té repercussions en el nivell de servei a client en generar-se trencaments d'estoc; els trencaments d'estoc obliguen a posar en marxa la fase 3 de dins de línia per a regenerar l'estoc. A més, s'han de sumar altres inconvenients que suposen la gestió de lots grans, com ara l'emmagatzematge, el transport, la logística interna, etc.

En el model B, el VSM mostra uns resultats amb menys contrastos. Per una banda, la capacitat d'aquesta fase passa a no representar cap problema, tret de l'increment de costos corresponent. Per altra banda, la substancial reducció de la mida dels lots i l'augment de la freqüència permeten una línia més flexible, què és capaç de reduir el *Lead Time* de l'estat inicial en un 40,4%, o reduir l'inventari en curs també un 40%. El nivell de servei augmenta i els trencaments d'estoc en cas de produir-se, poden reparar-se amb molta rapidesa.

En el model C, el VSM ofereix uns resultats semblants al B. El *Lead Time* es redueix un 43,8 respecte de l'inicial, junt amb l'inventari entre fases, que ho fa un 39,8%. No obstant, per assolir l'objectiu de les 1.500 unitats dins de la línia s'activen una sèrie de mesures per que els recursos de la fase 3 no parin de produir en tota la jornada: operaris d'altres seccions supleixen els propis de la fase durant els seus períodes de descans i de dinar; aquests altres operaris també donen suport en les tasques de preparació. Amb això s'aconsegueix un increment del temps d'ús del recurs que comporta elevar la producció fins les 1.545 unitats. A més, es quantifica que una hora extra suposarien 180 unitats extra a la producció diària.

Amb aquestes xifres, i les dels costos associats a les tres opcions, la decisió sobre quina opció escollir recau a la direcció de l'empresa. Encara que l'autor suggereix que una opció a mitges entre el model B i C pot resultar estratègicament atractiva.

Pel que fa a la línia de serra de mà, la decisió de com explotar el coll d'ampolla resulta més senzilla que a la línia de corones. La premsa que talla el fleix de la fase 3 és molt semblant a la que talla el fleix per a les corones, i aquesta només té una ocupació del 53%. D'aquesta manera, realitzant unes petites adaptacions, quasi sense cost, queda un recurs disponible al 47 % d'ocupació. El model que ofereix el VSM mostra l'estat futur en el que el coll d'ampolla assoleix l'objectiu de les 4.000 unitats amb cert marge de millora fins els 4.520 en cas necessari.

Seguint amb el tercer punt de la metodologia TOC, aquest assenyala que tot s'ha de subordinar tot a la decisió presa en el punt 2.

És en aquest punt a on s'adopta la gestió de la producció proposada per la TOC. Aquesta gestió té tres elements: el *tambor*, el *pulmó* i la *corda* (D-B-R dels seus termes en anglès).

El *tambor* és la fase que marca el ritme de la producció. La fase que marca el ritme en un procés és el seu coll d'ampolla, ja que és el seu limitant.

El *pulmó* és aquell inventari situat davant del recurs que ha de garantir que no s'aturi el coll d'ampolla. Recordem que és la solució per a evitar que les fluctuacions aleatòries deixin el coll d'ampolla sense material. Per extensió, un pulmó de seguretat davant de cada fase, les defensarà davant d'aquestes fluctuacions en el flux de material.

La *corda* serà un mecanisme per a garantir que totes les fases van al mateix ritme que el marcat pel coll d'ampolla.

La traducció d'aquests tres termes, *tambor* – *pulmó* – *corda*, com a sistema de gestió de la producció dins de la línia de corones queda definida de la següent manera:

En el Model A, el *tambor* està externalitzat a l'Àsia i el *pulmó* que s'ha de mantenir té un volum de 60K unitats i passa prop d'un mes viatjant. La funció de la corda la desenvolupa la gestió d'un sistema Kanban que s'implanta a la fase 8, què vincula les necessitats del mercat amb el pulmó del coll d'ampolla.

En el Model B, el *tambor* ha incrementat la seva capacitat i els lots es mouen amb dos dies de freqüència, el *pulmó* varia amb la mateixa freqüència, pel que la *corda* del sistema Kanban es mostra com una eina imprescindible per a poder ajustar la producció a la demanda real.

En el Model C, els recursos interns de la planta garanteixen que el *tambor* de la fase 3 no s'atura. Aquests recursos s'han pogut identificar gràcies al VSM i s'han format i capacitat gràcies a la gestió de la polivalència dels operaris de la planta. El *pulmó* té el valor d'una sola jornada de feina. La *corda* gestionada pel sistema Kanban és indispensable per a mantenir la producció alineada amb la demanda.

En la línia de les serres de mà la gestió és idèntica. El *tambor* de la fase 3 ha augmentat la capacitat i ara pot satisfer la demanda. S'ubiquen pulmons visuals a totes les fases amb unes consignes clares del nivell d'inventari. La *corda*, en aquest cas no la farà cap Kanban sinó els propis nivells d'inventaris: cap fase produirà material per sobre del que tingui definit el pulmó al que alimenta.

El quart punt de la metodologia TOC, indica que s'ha d'actuar per a elevar la capacitat del coll d'ampolla i superar així la limitació del sistema. En aquest sentit, tant per a la línia de corones com per a la de serra de mà, tots els models presentats han elevat la seva capacitat i segons els resultats oferts pels models del VSM el coll d'ampolla podria moure's cap a una altra fase amb un recurs més limitant. En el cas de serra de mà, per exemple, la fase 3 passaria a satisfer la producció amb un 88,5% d'ocupació.

El cinquè i darrer punt de la metodologia TOC, convida a tornar a iniciar el cicle en el cas que la restricció del sistema hagi estat superada. També fa especial èmfasi en que no s'ha de continuar incrementant la capacitat del coll d'ampolla que ha deixat de ser-ho, ja que només es pot incórrer en malbarataments per sobreproducció i inventaris innecessaris.

#### 4. Implementació del Value Stream Mapping

S'ha utilitzat el Value Stream Mapping per tal de representar la cadena de valor dels processos. En la descripció dels processos s'ha considerat des del proveïdor fins al client identificant totes les tasques o subprocessos que hi tenen relació. Entre les dades més rellevants estan: Temps de Cicle, Temps de canvi de referència, Temps de procés, número d'operaris, nº de torns, nº de canvis de referència per torn. Dels quals s'han calculat: temps de disponibilitat, temps d'us, capacitats diàries i mensual, Lead Time i temps d'espera.

Tots els fluxos de material han estat representats. De la mateixa manera que els fluxos d'informació i de dades. S'ha pres especial atenció en representar tots els transports.

Com a resultat de compondre totes les característiques del procés s'han obtingut els valor del Lead Time total del procés, el Temps Total de valor afegit i la mitjana de l'inventari a la línia.

Partint de la imatge de l'estat present, s'ha analitzat tots els malbarataments del procés. S'han pogut identificar amb l'observació d'aquells temps d'espera llargs o inventaris grans a la línia.

El resultat de l'eliminació dels malbarataments ha estat plantejat a través d'un nou model de VSM, basat en l'estat inicial però a on s'han actualitzat totes les dades corresponents.

#### 5. Implementació del Kanban

S'ha definit una gestió Kanban per a la gestió de l'inventari de material del tipus supermercat que alimenta a la fase 8 de pintura de la línia de corones.

Durant l'observació de l'estat inicial de la línia s'ha detectat que la manca d'un sistema robust per a la seva gestió i la del Picking provoca que els trencaments d'estocs es succeeixin.

Es tracta d'un inventari molt important a la línia perquè essent la primera fase d'acabats, és aquí a on les comandes del client es componen segons el material que hi ha disponible. Es cas de produir-se un trencament d'estoc en aquesta fase el Lead Time per restituir-lo és de varis dies.

La seva importància es veu redoblada en el moment que s'erigeix com a un dels pilars de la gestió de la producció TOC definida en el punt 3.

En la implementació física del Kanban, s'han renovat els contenidors de corones per uns altres més adequats. La zona d'emmagatzematge s'ha reduït i les quantitats d'estocs s'han adequat a les mitjanes de les demandes del mercat. S'han afegit les corresponents targetes als contenidors a on es pot llegir clarament el tipus de corona, la quantitat d'unitats, la fase d'origen i la fase de destí.

En quant a la part metodològica, es tracta d'un Kanban del tipus producció, que indica que el material es demana a una fase productiva (i no a un magatzem). El mecanisme és molt senzill. L'operari que buida una caixa agafa la tarja Kanban i la fa arribar a la fase destí que la tarja indica. A la fase de destí interpreten aquesta tarja com a un ordre de treball i processaran la petició per ordre FIFO, tot creant un flux pull de producció. En la senzillesa del sistema rau la seva robustesa.

El Kanban implementat a la línia de corones té la mateixa fase d'origen, que és la fase 8 de pintures, però pot tenir una fase de destí o una altra dependent del model. Així doncs, la fase de destí del Kanban per als models B i C serà la fase 2, i per al Model A serà la fase 5, sempre i quant aquesta disposi del material per treballar, sinó s'haurà de passar igualment a la fase 2 per a tractar de manera urgent a la planta.

#### 7. Conclusions

En el PFC elaborat per l'autor s'han aplicat tres eines de millores de processos com són el Kanban, el Value Stream Mapping i La Teoria de les Limitacions, utilitzant aquesta darrera com a fil conductor.

S'ha comprovat que les tres eines s'han complementat de manera perfectament coherent i que d'aquesta simbiosi s'han extret resultats que proporcionen una millora significativa a l'empresa objecte de l'anàlisi.

No només s'han donat solucions concretes a les limitacions de les capacitats, sinó que s'han aconseguit interessants millores en els valors dels Lead Time i en els inventaris de producte en curs.