



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE GRADO

**APLICACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN EN UN
TALLER DE MECANIZADO**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

MANUEL CARLOS GÓMEZ DELGADO

GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

JULIO, 2017



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**APLICACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN EN UN
TALLER DE MECANIZADO**

Autor: Gómez Delgado, Manuel Carlos

Tutor: Pérez Vázquez, Elena

Departamento de Organización de Empresas y CIM

Valladolid, julio 2017

RESUMEN

Este trabajo de fin de grado propone la búsqueda de soluciones que permitan optimizar una línea de producción en serie. Buscamos reducir los despilfarros y encontrar aquellas actividades que no crean valor añadido para eliminarlas en la medida de lo posible.

La creciente competencia, entre diferentes empresas y también entre diferentes factorías dentro del mismo grupo, hace que sea imprescindible la búsqueda de óptimos de calidad, precio y tiempo que nos permitan obtener ventajas competitivas respecto a otros fabricantes.

Para la búsqueda de soluciones nos apoyaremos en las herramientas que nos proporciona la metodología de Lean Manufacturing o Toyota Production System. Nuestro campo de actuación se basará en la recopilación y análisis de datos de una línea de mecanizado, utilizando estos como punto de partida para la búsqueda de soluciones en un seminario de apertura Lean.

PALABRAS CLAVE

- Sistema de Producción Toyota (TPS)
- Lean Manufacturing
- Mejora Continua (Kaizen)
- Eliminar No Valor Añadido (NoVA)
- Seminario Lean

ABSTRACT

This final degree project proposes the search for solutions to optimize a mass production. We seek to reduce waste, find and eliminate those activities that do not create added value as much as possible.

The growing competition between different companies and also between different factories within the same group makes it essential to the search for optimum quality, price and time that will allow us to obtain competitive advantages compared to other manufacturers.

In the search for solutions we will rely on the tools that provide us with the methodology of Lean Manufacturing or Toyota Production System. Our field of action will be based on the collection and analysis of data from a machining line, using these as a starting point for identifying solutions in a Lean Workshop.

KEYWORDS

- Toyota Production System (TPS)
- Lean Manufacturing
- Continuous Improvement (Kaizen)
- Eliminate Non-Value Added (NoVA)
- Lean Workshop.

ÍNDICES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS	19
DESARROLLO.....	21
Capítulo 1 .- INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING.....	24
1.1 .- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	24
1.1.1 .- SECUENCIA HISTÓRICA.....	24
1.1.2 .- PR.ODUCCIÓN ARTESANAL.	25
1.1.3 .- PRODUCCIÓN EN MASA.....	27
1.2 .- PRODUCCIÓN AJUSTADA.	30
1.2.1 .- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	30
1.2.2 .- FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA (TPS) ..	32
1.2.2.1 .- FLUJO CONTINUO	32
1.2.2.2 .- ELIMINAR DESPILFARROS (MUDA).....	32
1.3 .- P ENSAMIENTO LEAN.	35
Capítulo 2 .- DIAGRAMA DE CASA TPS.	42
2.1 .- CIMIENTOS DEL TPS	42
2.1.1 .- ESTABILIDAD.	43
2.1.2 .- NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (HEIJUNKA).....	44
2.1.3 .- ESTANDARIZACIÓN	46

2.1.3.1 .- 5 S.....	46
2.1.3.2 .- SMED	48
2.2 .- PILARES DEL TPS.....	49
2.2.1 .- JUSTO A TIEMPO (JIT).....	49
2.2.1.1 .- INTRODUCCIÓN AL JIT.	49
2.2.1.2 .- CINCO CEROS.....	49
2.2.1.3 .- HERRAMIENTAS JIT.....	51
2.2.1.3.1 .- KANBAN	51
2.2.2 .- JIDOKA.....	53
2.2.2.1 .- ANDON.....	54
2.2.2.2 .- POKA-YOKE.....	54
2.2.3 .- MEJORA CONTINUA (KAIZEN).....	55
2.2.3.1 .- DIEZ PUNTOS CLAVE DE LA MEJORA CONTINUA.	56
2.2.3.2 .- CICLO PDCA.....	57
2.2.3.3 .- GESTIÓN TOTAL DE LA CALIDAD (TQM).....	58
2.2.3.4 .- MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	59
2.2.3.4.1 .- PILARES DEL TPM.....	59
2.3 .- TECHO DEL TPS	60
Capítulo 3 .- IMPLEMENTACIÓN EN UN TALLER DE MECANIZADO	66
3.1 .- INTRODUCCIÓN.	66
3.2 .- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DE REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.	67
3.3 .- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA.	68
3.4 .- APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING.	70
3.4.1 .- DIAGNOSTICAR.....	70

3.4.1.1 .- LÍNEA DE APLICACIÓN	71
3.4.1.1.1 .- INTRODUCCIÓN	71
3.4.1.1.2 .- MANO DE OBRA DIRECTA.....	71
3.4.1.1.3 .- MODO DE FUNCIONAMIENTO	72
3.4.1.2 .- FLUJOS FÍSICOS.....	73
3.4.1.2.1 .- SIMBOLOGÍA.....	73
3.4.1.2.2 .- CALIDAD.....	74
3.4.1.2.3 .- HERRAMIENTAS.....	75
3.4.1.2.3 .- LOGÍSTICA.....	76
3.4.1.2.4 .- MANTENIMIENTO.....	80
3.4.1.3 .- OBSERVACIÓN CONTINUA.....	80
3.4.1.4 .- SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (PSE)	82
3.4.1.5 .- MAPA DE LA CADENA DE VALOR (VSM).....	84
3.4.1.5.1 .- INTRODUCCIÓN VSM	84
3.4.1.5.2 .- SIMBOLOGÍA.....	85
3.4.1.5.3 .- CARTOGRAFIA DE FLUJO DE VALOR	85
3.4.1.5.3.1 .- CLIENTE	86
3.4.1.5.3.2 .- PROCESOS INTERNOS.....	86
3.4.1.5.3.3 .- PUNTOS DE ALMACENAMIENTO	87
3.4.1.5.3.4 .- FLUJO DE APROVISIONAMIENTO/ENTREGAS	88
3.4.1.5.3.5 .- PROVEEDORES.....	88
3.4.1.5.3.6 .- FLUJOS DE INFORMACIÓN	89
3.4.1.5.4 .- CÁLCULO DE TIEMPOS.....	89
3.4.1.5.5 .- RENDIMIENTO DEL FLUJO DE VALOR.....	91
3.4.1.6 .- CARTOGRAFÍAS DE FLUJO.....	91

3.4.1.6.1 .- CARTOGRAFIA DE FLUJO HERRAMIENTAS	93
3.4.1.6.2 .- CARTOGRAFIA DE FLUJO LOGÍSTICA.....	93
3.4.2 .- ANÁLISIS.....	94
3.4.2.1 .- TRES PILARES DEL PROCESO PRODUCTIVO	94
3.4.2.2 .- INDICADORES CLAVE DE PROCESO (KPI´S)	95
3.4.2.3 .- CUATRO CAJAS	96
3.4.2.4 .- SEMINARIO LEAN.....	98
3.4.3 .- PILOTAR.....	99
3.4.3.1 .- COMPROMISO.....	99
3.4.3.2 .- PLANING.....	100
Capítulo 4 .- ANÁLISIS MANO DE OBRA DIRECTA.....	104
4.1 .- INTRODUCCIÓN	104
4.2 .- CUANTIFICACIÓN MANO DE OBRA DIRECTA (MOD)	104
4.2.1 .- ANÁLISIS CGO Y SALA 3D.....	104
4.2.1.1 .- OBSERVACIONES CONTINUAS	105
4.2.1.2 .- CÁLCULO NÚMERO DE REGLAJES AL TURNO	105
4.2.1.3 .- CÁLCULO TIEMPOS DE REGLAJE AL TURNO	106
4.2.1.4 .- CÁLCULO DE MANO DE OBRA EN REGLAJE Y 3D	106
4.2.2 .- ANÁLISIS CONTROL DE CALIDAD INTERMEDIOS.....	111
4.2.2.1 .- BORDES DE LÍNEA	111
4.2.2.1.1 .- CRONOMETRAJES.....	111
4.2.2.1.2 .- EXCESO DE CONTROLES	113
4.2.2.1.3 .- CÁLCULO DE MANO DE OBRA DIRECTA	113
4.2.2.2 .- CONTROL DE CALIDAD POR CAMBIO DE HERRAMIENTA....	115

4.2.2.2.1 .- CRONOMETRAJES	115
4.2.2.2.2 .- CÁLCULO DE MANO DE OBRA DIRECTA	118
4.3 .- NUEVA DISPOSICIÓN	118
CONCLUSIONES.....	124
INTRODUCCIÓN.....	124
SEMINARIO LEAN Y MEJORA CONTINUA.....	124
FIABILIDAD DE LA LÍNEA.....	125
BIBLIOGRAFIA.....	130
LIBROS DE REFERENCIA	130
PÁGINAS DE INTERNET.....	131
FIGURAS	133
ANEXOS.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

FÍGURA 1. SECUENCIA HISTÓRICA DEL LEAN MANUFACTURING.....	26
FÍGURA 2. EL RÍO DE LAS EXISTENCIAS.....	34
FÍGURA 3. COMPARATIVA SOLUCIÓN TRADICIONAL VS SOLUCIÓN LEAN.....	36
FIGURA 4. CÍRCULO VIRTUOSO LEAN	37
FIGURA 5. CASA TPS	42
FIGURA 6. DIAGRAMA DE ISHIKAWA. CAUSA-EFECTO	44
FIGURA 7. LAYOUT EN FORMA DE "U"	45
FIGURA 8. ESCALERA 5S	47
FIGURA 9. CINCO CEROS.....	50
FIGURA 10. EJEMPLO PROCESO.....	51
FIGURA 11. ESQUEMA SISTEMA KANBAN.....	52
FIGURA 12. SITUACIÓN INICIAL SISTEMA KANBAN.....	52
FIGURA 13. ESQUEMA ANDON.....	54
FIGURA 14. KAIZEN VS KAIKAKU	55
FIGURA 15. CICLO PDCA	57
FIGURA 16. MODELO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD BASADO EN PROCESOS.....	59
FIGURA 17. PIRÁMIDE CALIDAD, TIEMPO, COSTO.	61
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA FACTORÍA DE MOTORES EN VALLADOLID.	68
FIGURA 19. PIEZAS MECANIZADAS EN LA FACTORÍA DE MOTORES DE VALLADOLID.	69
FIGURA 20. ZONA MONTAJE MOTOR	69
FIGURA 21. MOTORES FABRICADOS	70
FIGURA 22. FLUJO FÍSICO GRAVIMETRIA	75
FIGURA 23. FLUJO FÍSICO METROLOGÍA.	76
FIGURA 24. DIAGRAMA FLUJO BORDE DE LÍNEA	76
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN MANO DE OBRA DIRECTA.....	77
FIGURA 26. FLUJO FÍSICO LOGÍSTICA.....	78

FIGURA 27. FLUJO FÍSICO HERRAMIENTA.....	78
FIGURA 28. FLUJO A SALA 3D	78
FIGURA 29. FLUJO FÍSICO COMPLETO CALIDAD	79
FIGURA 30. FLUJO FÍSICO DESENGRASANTE	80
FIGURA 31. PLANTILLA OBSERVACIÓN CONTINUA.....	81
FIGURA 32. GRÁFICO RESULTADOS OBSERVACIÓN CONTINUA	82
FIGURA 33. PSE ORGANIZACIÓN	83
FIGURA 34. PSE ESTÁNDARES	83
FIGURA 35. PSE POLIVALENCIA OPERARIOS	84
FIGURA 36. PSE TRATAMIENTO DE PROBLEMAS	84
FIGURA 37. SIMBOLOGÍA VSM.....	85
FIGURA 38. CAJA CLIENTE.....	86
FIGURA 39. EJEMPLO DE PROCESO INTERNO.....	86
FIGURA 40. PROCESOS BASE LÍNEA	87
FIGURA 41. STOCKS PROCESO 2 LÍNEA.....	87
FIGURA 42. FLUJO APROVISIONAMIENTO	88
FIGURA 43. PROVEEDORES	88
FIGURA 44. FLUJO DE INFORMACIÓN ELECTRÓNICO.....	89
FIGURA 45. EJEMPLO CALCULO TIEMPO DE CONSUMO	90
FIGURA 46. TIEMPOS DE CONSUMO FRENTE A TIEMPO DE VA	90
FIGURA 47. VSM COMPLETO	92
FIGURA 48. CARTOGRAFIA FLUJO HTA.	93
FIGURA 49. CARTOGRAFIA FLUJO LOGÍSTICA	93
FIGURA 50. CUATRO CAJAS I.....	97
FIGURA 51. CUATRO CAJAS II	97
FIGURA 52. EJEMPLO DE 4 CAJAS	98
FIGURA 53. RESUMEN OBSERVACIÓN CONTINUA CGO Y 3D.....	105
FIGURA 54. DESGLOSE ACTIVIDADES CGO	107
FIGURA 55. MOD REGLAJE.....	108
FIGURA 56. TIEMPOS REGLAJE HERRAMIENTAS.....	111
FIGURA 57. CRONOMETRAJES BORDES DE LÍNEA.....	112
FIGURA 58. COMPARATIVA BDL.....	114
FIGURA 59. MOD BDL.....	114

FIGURA 60. CRONOMETRAJES BDL CAMBIO HTA.....	117
FIGURA 61. MOD BDL CAMBIO HTA.....	118
FIGURA 62. MOD NUEVA DISPOSICIÓN	119
FIGURA 63. NUEVA DISTRIBUCIÓN MOD.....	120

INTRODUCCIÓN

Este trabajo fin de grado surge como complemento a los trabajos de mejora continua e implantación de Lean Manufacturing desarrollados en una línea de mecanizado de cárter de cilindros perteneciente a la factoría de motores de Renault en Valladolid. Para ello se analizó diferentes procesos de la línea de mecanizado siguiendo la metodología lean del grupo Renault, con toda la información analizada se procede a realizar un seminario lean en el que se busque la causa raíz de los despilfarros y se propongan diferentes soluciones que se irán implantando de forma continua.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo será realizar los análisis necesarios para encontrar aquellos despilfarros más significativos en una línea de mecanizado.

Para ello se realizará un estudio de la evolución de los sistemas de producción desde la producción en serie ideada por Ford hasta los sistemas de producción utilizados en Toyota, donde la búsqueda de despilfarros para su posterior eliminación será una prioridad.

Tras ello y conociendo las diferentes herramientas existentes para la eliminación de despilfarros, analizaremos nuestro sistema productivo siguiendo la metodología del grupo Renault, de tal manera que podamos exponerlos en un seminario en el que intervengan diferentes actores del proceso productivo. Del seminario surgirán acciones para eliminar los despilfarros, en la medida de lo posible, ya sea a través de mejoras radicales o mediante mejoras continuas.

DESARROLLO

APLICACIÓN DE
METODOLOGÍA LEAN
EN UN TALLER DE
MECANIZADO

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING.

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

1.1.1 SECUENCIA HISTÓRICA.

El concepto de Lean Manufacturing deriva del sistema de producción Toyota “Toyota Production System” cuyos antecedentes principales fueron los estudios de Eli Whitney, Henry Ford y Frederick W. Taylor

Eli Whitney fue el precursor, junto con Honoré Le Blanc en Francia, del uso del sistema de fabricación y la línea de montaje en Estados Unidos, usando esta para la fabricación de piezas intercambiables para mosquetes en el año 1799.¹

Más tarde, en 1855 Henry Bessemer idea el proceso de refinado Bessemer², que permitió que se consiguiera acero en grandes cantidades y a bajo costo, esto en el contexto de la Revolución Industrial permitió que se generalizara el uso del acero para grandes buques, puentes, rascacielos, etc.

A finales de 1890 surgen los principios de la Ingeniería Industrial desarrollados por Frederick W. Taylor³ que buscó aplicar el método científico en la producción y en los problemas administrativos, aplico una serie de estudios analíticos sobre tiempos de ejecución y remuneración del trabajo.

Frank Gilbert desarrolló los mapas de proceso, estos se centran su atención en todos los elementos de trabajo, incluidos los elementos que no aportan valor. Permitiendo así diferenciar entre aquellos procesos que generar valor añadido al producto y los despilfarros.

Ya en 1910 Henry Ford acompañado por Charles E. Sorensen, diseñan la primera estrategia global de fabricación. En esta estrategia se tiene en cuenta todos los elementos de un sistema de fabricación: mano de obra, máquinas,

¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Eli_Whitney

² https://es.wikipedia.org/wiki/Henry_Bessemer

³ http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historia_taylor.html

herramientas y productos, de tal manera que los diferentes elementos actuaran como un sistema continuo, utilizado para la fabricación del modelo T de automóviles.

En 1930 Alfred P. Sloan de General Motors, desarrollo estrategias que se centraran en la variedad de modelos y características.

Tras la segunda guerra mundial (1945). La industria japonesa revolucionó la manera de producir. W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Kaoru Ishikawa, entre otros, estudiaron los métodos de producción de los Estados Unidos, en especial, el sistema diseñado por H. Ford y el SPC (Control Estadístico de Procesos) desarrollado por Dr. W. A. Stewart y sus colaboradores en Bell Telephone Laboratories⁴

Entre 1949 y 1975, en la industria japonesa Toyota Motor Company, Taiichi Ohno, Eijii Toyoda y Shigeo Shingo, comenzaron a incorporar las técnicas de producción Ford con otro enfoque, designándolo como "Toyota Production System". Se reconoció la importancia central de los inventarios, la motivación de los empleados, la variedad de productos, la configuración de las máquinas y reducción del tiempo empleado en el cambio de herramienta.⁵

En la figura 1 se puede ver en forma de cronograma la secuencia histórica y algunas fotos de los principales protagonistas arriba mencionados.

James P. Womack y Daniel T. Jones pertenecientes al Massachusetts Institute of Technology (MIT), estudiaron los principios en los que se basaron las empresas automotrices más exitosas y alumbraron el concepto "Lean Manufacturing".

1.1.2 PRODUCCIÓN ARTESANAL.

El productor artesano es aquel que realiza el producto con todas y cada una de las características que exige el cliente, para ello, utiliza a "trabajadores muy cualificados y herramientas sencillas, aunque flexibles, para hacer exactamente lo que pide el cliente"(Ross, 1990). Un mueble a medida u obras de arte según pedido, podrían ser ejemplos de producción artesanal.

En el año 1887 Emilie Levassor y Panhard fundadores de la factoría de herramientas P&L, se reúnen con Gottlieb Daimler y negocian la licencia para

⁴ <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta.shtml>

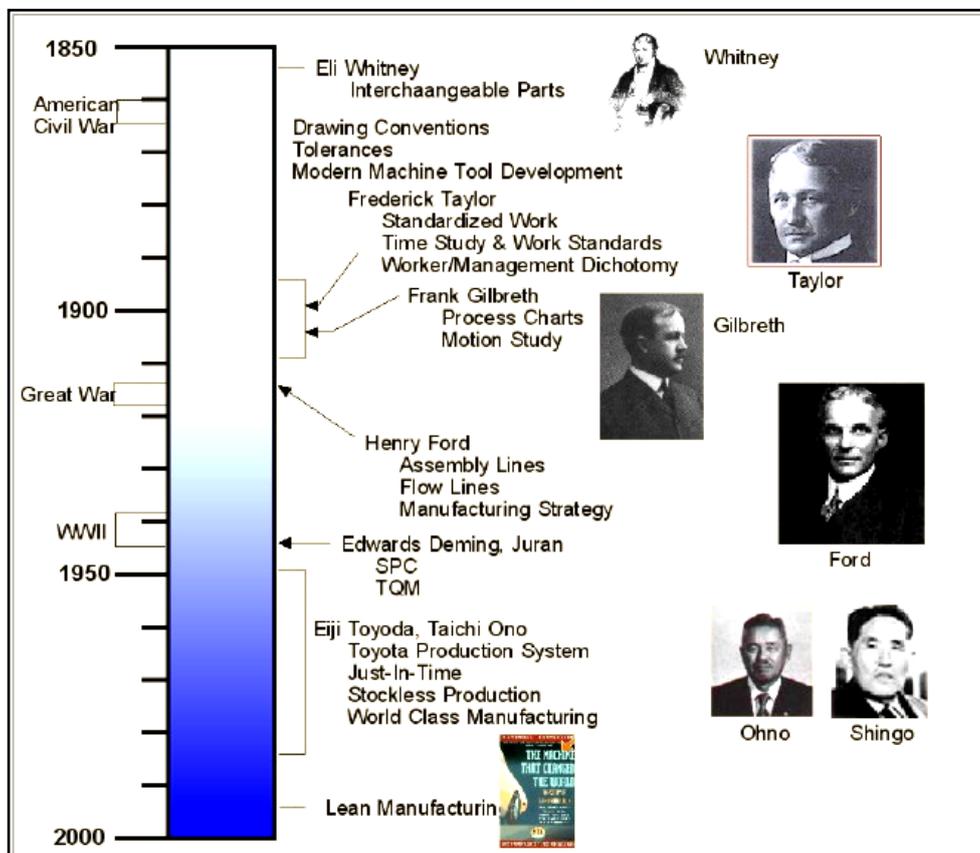
⁵ <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta.shtml>

fabricar automóviles. “Hacia principio de 1990 P&L fabricaba varios cientos de automóviles al año”(Ross, 1990). La producción de estos automóviles seguía el clásico sistema de producción artesana. En el año 1905 ya existían cientos de compañías que fabricaban vehículos en reducidas cantidades y de manera artesana.

Los grandes costes que supone esta producción exclusiva hacen que el producto no pueda llegar a un gran número de clientes, ya que estos no pueden permitírselo. El aumento de la producción en las antiguas compañías artesanas no reduciría el coste unitario del producto, sino que en muchas ocasiones no se podría fabricar en grandes cantidades debido a la baja estandarización del producto y a las limitaciones que imponían las herramientas de la época. Además, como cada producto es un prototipo era más difícil conseguir fiabilidad y consistencia debido al reducido número de controles de calidad.

Sin embargo, la producción artesanal, permite realizar grandes modificaciones entre diferentes pedidos sin excesivos problemas.

La producción artesana se vio eclipsada por la producción en masa, sin embargo aún sobrevive algunas empresas que han aprovechado un pequeño nicho de mercado y han convertido en virtud el sistema de producción artesano: exclusividad, lujo, altos precios, etc.



FÍGURA 1. SECUENCIA HISTÓRICA DEL LEAN MANUFACTURING.

1.1.3 PRODUCCIÓN EN MASA.

El productor en masa fabrica productos estandarizados en grandes cantidades, se emplea a profesionales poco cualificados que manejan máquinas costosas, las cuales, realizan productos diseñados por profesionales altamente cualificados. Estas máquinas tan costosas deben estar el máximo tiempo produciendo para amortizar su gran inversión, además, la puesta en marcha tras la parada suele ser costosa, por lo que aparecen nuevos factores de estudio en el trabajo que permitan reducir costes manteniendo las máquinas en funcionamiento el mayor tiempo posible “suministros, trabajadores y espacios extras”(Ross, 1990).

El cliente recibe un producto estandarizado, en el cual se incluirán elementos que el cliente no tiene porqué demandar en modo y/o forma, pero a cambio los costes de adquisición del producto se reducen permitiendo que el cliente pueda permitirse su adquisición.

En 1908, el modelo T de Ford, consiguió adaptar el diseño a la fabricación y dar fiabilidad al producto. La intercambiabilidad de las partes y la facilidad de ensamble fueron las claves para posibilitar la cadena de montaje. La intercambiabilidad de las partes se consigue gracias a la nivelación del sistema de medida en todas las partes a lo largo del proceso. Gracias a los avances en máquinas-herramientas, se pudo trabajar con metales endurecidos previamente, reduciendo la deformación y haciendo que Ford pudiera diseñar nuevos modelos con menor número de partes, las cuales, podían ser ensambladas con facilidad. “Por ejemplo: el bloque motor de cuatro cilindros constaba de una sola pieza” (al igual que actualmente), “en vez, de cuatro cilindros fundidos por separados y unidos mediante pernos como se hacía anteriormente”(Ross, 1990)

El sistema de Ford fue evolucionando. Al principio en 1903, un montador ensamblaba todo un coche en un taller de ensamble. Ya en 1908, antes de introducir el modelo T, cada trabajador ensamblaba una gran parte de componentes del vehículo, siempre las mismas actividades en un puesto fijo. Cuando se consigue una mejor intercambiabilidad de las partes, Ford decide que el ensamblador se debe encargar de una sola actividad y moverse por la factoría de un vehículo a otro, se produjo un incremento notable de la productividad debido a la mejor en el ensamblaje y a la especialización del personal encargado de una única tarea. En 1913 se introduce la cadena de montaje de flujo continuo, en la cual el operario está fijo y es el vehículo el que se traslada de un puesto a otro a través de dos cintas transportadoras debajo de las ruedas; incrementó la velocidad de producción drásticamente

reduciendo las existencias de partes, redujo el esfuerzo humano y permitió que el aumento del número de vehículos redujera el coste unitario. Ford alcanzó de esta manera la producción de dos millones de vehículos iguales en un año.

La visión de Ford era que su producto fuera accesible para el público con nivel adquisitivo medio. Para ello, se diseñó el modelo T con la intención de que pudiera ser reparado de forma sencilla, al menos aquellas averías sencillas y con mayor incidencia.

Estas ventajas competitivas, alzaron a Ford a la cabeza de la industria del automóvil durante más de medios siglo.

Características de la producción en masa:

- Mano de obra. La extrema división del trabajo permitía que los operarios fueran poco cualificada y muy especializada en una única tarea permitiendo que fueran formados en un tiempo muy reducido, estos operarios estaban coordinados por un “capataz” que hacía funciones de control, existían ingenieros industriales que diseñaban las piezas y los ensamblados, ingenieros de producción que diseñaban y analizaban el transporte y suministro de piezas, personal de limpieza que se encargaba de mantener limpio el puesto de trabajo de los operarios, mecánicos cualificados que reparaban las máquinas, especialistas en calidad que se colocaban al final de la cadena y comprobaban las características del producto y derivaban este si era necesario a los “repasadores” (Ross, 1990) que era la figura más parecida a los antiguos montadores que existían en la producción artesanal, ya que conservaban una cualificación completa.
- Organización. En 1915, Ford, estaba cerca de conseguir la “integración vertical completa”(Ross, 1990), es decir, fabricar la totalidad del vehículo a partir de materias primas. Se buscaba esta “integración vertical” por la necesidad de producir piezas cada vez con menores defectos y en un tiempo más reducido, por lo que, se sustituyó las compras en mercado abierto por la “mano visible de la coordinación organizativa” término acuñado por Alfred Chandler que defendía esta organización respecto a los que creían que la integración vertical perjudicaba el libre mercado. Esta integración vertical provocó a la larga problemas de burocracia, además, la excesiva estandarización hacia que el producto no siempre fuera atrayente en según qué mercados. Por lo que Ford, a principio de los años treinta, había instalado tres sistemas de fabricación que fabricaban producto según los gustos de cada uno de los mercados: Inglaterra, Alemania y Francia. Evitando así los problemas que se derivaban de la centralización en la factoría de Detroit.

- Herramientas. Se utilizó la misma filosofía que en el ensamblado: intentar reducir al máximo la facilidad del cambio de herramienta. Para ello, se diseñaron máquinas con una sola función que junto con plantillas y aparatos donde se colocaban las piezas, permitían que el operario solo tuviera que introducir las piezas en la máquina. Las herramientas de Ford eran muy precisas y en la mayor parte de los casos automáticas.
- Producto. El éxito de su producto se basaba en el precio asequible, la durabilidad de su diseño y sus materiales, y del hecho de que el usuario medio pudiera reparar algunas averías con relativa facilidad.

Sin embargo, Ford, sufría toda clase de problemas organizativos. “Nunca pudo idear el sistema organización y gestión que necesitaba para gestionar eficazmente el sistema total de factorías”(Ross, 1990). El director de General Motors en ese momento 1990, Alfred P. Sloan ⁶aplicaría un sistema de organización que junto a la base creada por H. Ford formaría lo que hoy se denomina producción en masa. El sistema de organización de Sloan se basaba en divisiones descentralizadas gestionadas por altos ejecutivos a los cuales se les valoraba por su “performance”⁷, además, Sloan empezó a introducir la idea de la alternancia entre la estandarización total y el uso de “accesorios” elegidos por el cliente, lo que supuso una revolución en el campo del marketing. Sin embargo, a nivel productivo no introdujo novedades con respecto al sistema creado por H. Ford.

Con las prácticas de fabricación de Ford, las técnicas de marketing y gestión de Sloan y el control de puestos y tareas, tenemos la producción en masa en su forma madura final(Ross, 1990)

El sistema creado por H. Ford se empezó a instalar en Europa antes de la segunda guerra mundial, sin embargo, debido a esta y a la fuerte cultura artesanal arraigada en los grandes grupos europeos hasta 1950 esta tecnología no se difundió de manera plena en Europa: Wolfsburg (Volkswagen), Flins (Renault) y Mirafiori (Fiat), ya a finales de los cincuenta producían a un nivel comparable a las grandes factorías de Detroit. Y firmas de producción artesanal como Daimler Benz (Mercedes), efectuaban también la transición hacia la producción en masa. Las marcas europeas, cuyos trabajadores percibían menores salarios, introdujeron novedades en los productos automovilísticos permitiéndoles así poder competir en el mercado. Además, siguieron innovando con nuevos accesorios y productos durante los años sesenta y setenta.

⁶ <https://history.gmheritagecenter.com/wiki/index.php/Sloan, Alfred Pritchard, Jr.>

⁷ Rendimiento de cada división.

El problema surgió cuando los trabajadores tanto de Detroit en los treinta como de las factorías europeas en los setenta, se percataron que su trabajo monótono sería para toda la vida, por lo que su motivación decreció de manera brutal y derivó en malestar al considerarse como una “pieza intercambiable” más (Ross, 1990). Se intentó actuar contra este problema con acciones de incentivo: reducción de horas, aumento de sueldos, introducción de técnicas artesanales para que el trabajador obtuviera responsabilidad. Sin embargo, ya en los años ochenta los trabajadores seguían sin estar lo suficientemente incentivados. Es cuando surge en Japón una nueva manera de hacer las cosas: la producción ajustada.

1.2 PRODUCCIÓN AJUSTADA.

La producción ajustada combina aspectos de la producción artesanal y de la producción en masa. Para ellos se emplean trabajadores multicualificados y flexibles que utilizan a su vez máquinas altamente flexibles y cada vez más automatizadas. Permitiendo así que se produzca grandes cantidades de productos muy variados.

1.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Sakichi Toyoda, nació y creció en una granja en la comunidad de Nagoya (Japón, 1867)⁸. Aprendió de su padre el oficio de carpintero. En 1894, comenzó a fabricar telares, sus telares se diferenciarían de la competencia por ser más económicos y eficientes. Sakichi estudio la posibilidad de integrar la máquina de vapor en los telares, en 1926 crea la empresa de telares automáticos Toyoda, cuyos telares automáticos a base de vapor son de gran eficiencia por lo que alcanzan fama rápidamente. Una de las características principales de estos telares era la capacidad que tenían para efectuar una parada automática en caso de fallo, esto se denominará Jidoka (“automatización con un toque humano”)⁹. La parada automática en caso de fallo permitía que el error no se acumulase y la hebra del telar no se enredase haciendo perder muchas horas productivas en desenredar la máquina.

El hijo de Sakichi; Kiichiro Toyoda fue enviado a Inglaterra para negociar la venta de la patente el telar de su padre, en 1930 utilizaron el capital de la

⁸ <http://egkafati.bligoo.com/sakichi-toyoda-de-carpintero-a-fundador-de-toyota>

⁹ <https://www.ingsoftagil.com/articulos/jidoka>

patente para crear la “corporación automotriz Toyota(Fujimoto, 1999). Kiichiro estudió ingeniería mecánica en la universidad imperial de Tokio, se enfocó en la tecnología de motores (Liker, 2004). Kiichiro viajó a Estado Unidos en 1929 a conocer el sistema de producción de Ford, al visitar los supermercados se dio cuenta que los productos se reemplazaban una vez que el cliente adquiría el producto, está será la raíz del sistema Kanban con el que Kiichiro dejará su huella en la firma Toyota(Liker, 2004). El gobierno militar había frustrado el esfuerzo de Kiichiro por construir coches de pasajeros en los años treinta y en su lugar fabricaron camiones para la guerra utilizando gran parte de la metodología artesana.

Tras la segunda guerra mundial, Japón como país derrotado estaba sometido a los Estados Unidos, la fábrica de Toyota siguió en pie tras los bombardeos por lo que fue aprovechada para la fabricación de camiones necesarios para la reconstrucción de buena parte del país. En 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra, una larga huelga obligó a dimitir a Kiichiro. En trece años (de 1937 a 1950) Toyota Motor Company había producido 2685 automóviles, mientras que en Rouge, factoría de Ford en Michigan¹⁰, producía 7000 en un solo día.

Eiiji Toyoda, sobrino de Kiichiro, también ingeniero, realizó una visita de tres meses a la planta Rouge de Ford, en Detroit, necesitaba entender por qué había un salto tan significativo entre las producciones de las factorías de Ford y las de su compañía.

Junto al ingeniero Taiichi Ohno, Eiiji Toyoda razonó que el sistema de producción en masa no podría funcionar en su factoría de Japón. El sistema de producción en masa que se utilizaba en Ford, estaba diseñado para realizar exactamente el mismo modelo, incluso con el mismo color “todos los modelos Ford T fueron pintados en negro”(Liker, 2004). Sin embargo, en Toyota necesitaban adaptarse a una pequeña demanda de un producto variado –coches de lujo para los gobernantes, camiones pequeños para los granjeros y coches utilitarios para los ciudadanos-.Además, la mano de obra japonesa no estaba dispuesta a que les trataran como piezas intercambiables, una fuente de problemas en la producción en masa.

La alternativa de la producción artesanal tampoco solucionaba los problemas de Toyota, ya que buscaban competir en el mercado de masas. Comienzan a forjarse de esta manera lo que se conocería más tarde como el Sistema de Producción Toyota (TPS).

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Ford_River_Rouge_Complex

1.2.2 FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA (TPS)

Toyota no se podía permitir el lujo de tener tantos desperdicios como Ford, no tenía superficie para grandes almacenes, ni una amplia extensión de fábrica, además tenía serios problemas de capital tras la segunda guerra mundial y necesitaba producir grandes volúmenes pero de varios modelos

1.2.2.1 FLUJO CONTINUO

Por normal general tendemos a pensar que la fabricación en grandes lotes es más eficiente y sencilla, sin embargo, una vez terminada una fase del proceso se produce una larga espera hasta que se prepara de nuevo el departamento para la siguiente fase del proceso. Mantienes ocupado al personal y las máquinas están funcionando al máximo rendimiento pero este planteamiento no siempre es el correcto.

H. Ford, se percató del potencial que tenía el trabajo en forma de flujo continuo, alineó sus máquinas en la secuencia correcta para conseguir un flujo continuo desde que la materia prima entraba en la fábrica hasta que salía de esta el vehículo montado. “Disminuyo alrededor de un 90 por ciento de esfuerzo necesario.”(Womack, 2012). Sin embargo, el verdadero desafío sería aplicar el flujo continuo a una fábrica con variedad de productos y pequeñas producciones de estos.

Taiichi Ohno reprochaba la forma de pensar en lotes y colas, las cosas funcionan mejor cuando nos concentramos en el producto y sus necesidades, en vez de hacerlo en la organización o la maquinaria, de forma que todas las actividades necesarias para diseñar, solicitar y proporcionar un producto sucedan en un flujo continuo. (Womack, 2012).

1.2.2.2 ELIMINAR DESPILFARROS (MUDA).

Muda- Palabra japonesa que significa despilfarro. En la filosofía Lean, buscaremos reducir al máximo el número de despilfarros, para ello primero debemos detectarlos.

Un sistema industrial Lean es aquel que posee una alta performance y que busca erradicar toda fuente de despilfarro, todo aquello que no cree valor a nuestro producto, se entenderá como un despilfarro.

Se han descrito principalmente 7 despilfarros: En la figura 2 se muestra en forma de comparativa como los despilfarros hacen que aumente el tiempo de producción. Al elevar las existencias ocultamos los problemas reales: No calidad, no flexibilidad, no fiabilidad.

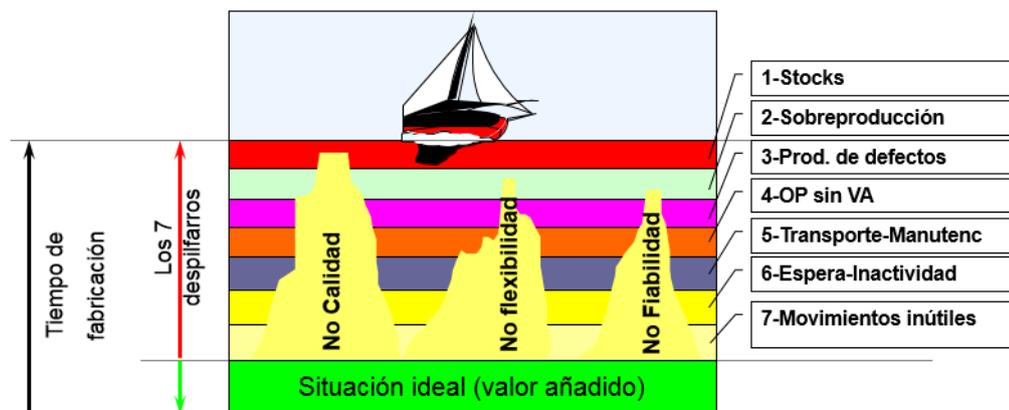
- La sobreproducción. Producir más producto del que demanda el cliente. Provocará por una parte que tengamos un activo retenido que nos producirá: pérdidas por deterioro, gasto en almacenamiento, personal ocupado en gestión del producto. Por otro lado, tendremos una utilización de recursos: máquinas, personal, energía, materias primas, etc. que puede que no recuperemos ya que nadie nos asegura que vendamos dicho producto.
- Los stocks. El exceso de inventario es un despilfarro. Tanto el material en bruto, los stocks intermedios “WIP (Work In Process)¹¹” y el producto terminado a la espera de recogida. Causan esperas, obsolescencia del producto, costo de almacenamiento, mano de obra y transporte. Además, los inventarios, suelen esconder problemas de nuestras líneas: defectos, producción no balanceada¹², máquinas no optimizadas, programación inadecuada, etc.
- La producción de defectos. Producir piezas irrecuperables o con defectos que tendremos que recuperar perdiendo así una gran cantidad de recursos: tiempo de máquina ocupada, mano de obra, material, energía, materias primas. La inspección del producto, o control de calidad, también es un no valor añadido ya que el cliente no paga por él, por lo que hay que intentar producir con una calidad óptima para reducir los controles de calidad.
- Las operaciones sin valor añadido. Operarios que realizan trabajo por debajo de su capacidad-“creatividad del trabajador sin usar” (Liker, 2004). Si tenemos operarios que están capacitados para determinadas funciones que crean valor añadido a nuestra empresa, debemos aprovechar su capacidad. Si el operario está realizando una actividad que no crea valor añadido deberemos intentar minimizar dicha actividad.

¹¹ <http://www.leanmanufacture.net/leanterms/wip.aspx>

¹² <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/balanceo-de-l%C3%ADnea/>

- El transporte y la manutención.¹³ Todo transporte de material o piezas que no esté optimizado. El transporte de piezas dentro de nuestra factoría es un no valor añadido absoluto, ya que al cliente no le importa si movemos mucho o poco las piezas durante el proceso de producción, lo que le interesa al cliente es el producto final y este es independiente de los transportes. Por ello debemos reducirlos al máximo y optimizar los flujos de materiales y piezas.
- La espera y la inactividad. Trabajadores ociosos, esperando a que acabe un proceso de unas máquinas automáticas o debido a la intervención de un tercero.
- Los movimientos inútiles. Todo movimiento que no aporte valor al proceso, si puede realizar la función a desempeñar en dos movimientos de brazo, hacerlo en tres será un desperdicio.

Los despilfarros están enmascarados por las existencias. Al tener un gran stock del que podemos ir consumiendo los problemas no salen a la luz, a medida que reducimos el inventario y ajustamos más la producción los problemas aparecen en diferentes formas.



FÍGURA 2. EL RÍO DE LAS EXISTENCIAS

Ohno consideraba a la sobreproducción el principal despilfarro del cual, generalmente, surgían el resto de desperdicio.(Liker, 2004) Al producir más de lo que el cliente demanda se generará inevitablemente inventario de producto que quedará a la espera, la empresa en este punto actuará de manera “push”¹⁴ es decir, empuja a la demanda para hacer que nuestro inventario salga de la fábrica lo antes posible, además este inventario nos afectará aguas arriba en proceso, nos ocultará problemas: fiabilidad de

¹³ Se entiende por manutención aquellos elementos de transporte de material: camino de rodillos, pasarelas, etc.

¹⁴ <http://www.manufacturainteligente.com/push-and-pull-system-lean-manufacturing/>

máquinas, cuellos de botella, excesivo tamaño en los lotes, excesivos plazos de fabricación, calidad deficiente.

En la figura 3, se muestra la diferencia a la hora de resolver los problemas mediante el método tradicional aplicado en la producción en masa y las soluciones que propone la filosofía lean.

1.3 PENSAMIENTO LEAN.

LEAN: «Palabra inglesa que traducida literalmente dice: «Flaco, sin Grasa, Limpio, ...».

Womack y Jones en su libro ‘Lean Thinking’ denominaron al nuevo enfoque dado por las empresas japonesas tras la segunda guerra mundial, en especial al Sistema de Producción Toyota: “producción lean, porque hace más y más con menos y menos” (Womack, 2012).

El objetivo de la aplicación de Lean Manufacturing será¹⁵:

- Eliminar los procesos o las actividades que no aporten valor añadido.
- Introducir la flexibilidad necesaria para adaptarnos a una demanda fluctuante.

El pensamiento lean, afirman Womack y Jones, puede resumirse en cuatro grandes principios:

- Especificar con precisión el concepto de valor. El valor lo define el consumidor final, “aquello que el cliente demanda”. Para definirlo tenemos que ser conscientes de que hablamos de un producto específico con capacidades específicas, ofrecido a un precio específico a unos consumidores específicos en un momento determinado.
- Definir el flujo de valor. Desde la materia prima hasta el producto acabado. Es el conjunto de actividades que sigue cualquier producto o servicio pasando por las tres tareas de gestión críticas:
 - tarea de solución de problemas: fase de diseño y proyecto hasta que se lanza a producción.
 - tarea de gestión de la información: desde que recibimos el pedido hasta que el producto es entregado.

¹⁵ <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta2.shtml#aplicacioa>

- tarea de transformación física: transformación de la materia prima a través de los diferentes procesos hasta obtener el producto final.

PROBLEMA (ROCAS)	SOLUCIÓN TRADICIONAL	SOLUCIÓN JIT
Máquina poco fiable	Stock de seguridad grande	Cero inventarios.
Zonas con cuellos de botella	Producción por lotes.	Producción pieza a pieza.
Tamaños de lote grandes	Sistema de empuje "Push"	Sistema de halar "Pull"
Plazos de fabricación largos	Operarios especializados.	Mejorar la fiabilidad
Calidad deficiente.	Control de calidad por muestreo.	Aumentar la capacidad y la polivalencia de los operarios y máquinas.
	Almacenar.	Control de calidad en la fuente.
	Acelerar algunos pedidos en base a prioridades.	Reducir el tiempo de
	Aumentar los controles.	Preparación.
	Departamentalización.	Reducir esperas, etc., mediante sistema de Arrastre.
		Mejorar los procesos y/o proveedores.
		Celdas de fabricación

FIGURA 3. COMPARATIVA SOLUCIÓN TRADICIONAL VS SOLUCIÓN LEAN¹⁶

El análisis del flujo de valor nos mostrará aquellas actividades que crean valor, actividades que no crean valor pero que no podemos eliminar del proceso y aquellas actividades que no crean valor y que es factible eliminarlas. Estas últimas deben ser nuestro principal foco de atención para actuar sobre ellas y eliminarlas lo antes posible.

El flujo de valor debe englobar a todas las partes implicadas en el proceso, incluidos proveedores y clientes.

- Sistema PULL. El consumidor es el que debe “tirar” de la demanda. Debemos producir la cantidad que nos demande el mercado, producir más será un despilfarro. Además, la demanda del consumidor tiende a estabilizarse si el producto le puede llegar cuando lo desea.
- Perfección. Con los tres elementos anteriores, y utilizando un flujo continuo flexible que nos permita producir pequeñas cantidades de productos variados, formamos un círculo (ver figura 4) que se retroalimenta y nos acerca a las especificaciones reales del cliente. Al

¹⁶ <http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-jit/teorias-jit.shtml>

hacer que el flujo de valor vaya más rápido, eliminamos las existencias y por lo tanto salen a la luz los despilfarros y cuanto más “pull” tengamos por parte del cliente nuestros impedimentos al flujo continuo serán más evidentes pudiendo así analizarlos detalladamente para intentar contrarrestarlos.

En el sistema industrial ideal, no existen despilfarros. Solo generamos aquellas necesidades que demanda el cliente. Sin embargo, existen limitaciones (presupuesto, plazos, técnica, etc.) que hacen que el sistema alcanzable no sea óptimo. Aun así, buscaremos un sistema industrial que se ajuste a las necesidades del cliente y obtenga el máximo beneficio que permitan las limitaciones.

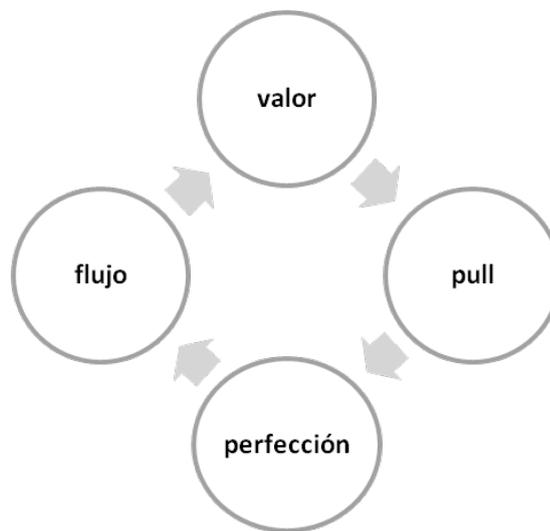


FIGURA 4: CÍRCULO VIRTUOSO LEAN

Un proyecto Lean debe tener un retorno económico medible y beneficioso. Para ello existen algunos indicadores:

- VT (Valor de Transformación) Incluye el coste de amortización, impuestos y tasas, el coste de mano de obra tanto directa como indirecta y otros gastos indirectos de producción.
- DSTR (Design Standar Time Ratio) Producción horaria/Producción de diseño (Ratio de Tiempo Estándar de Diseño)
- Coste del stock Coste de adquisición de la mercancía almacenada, coste de posesión del stock (coste de mantenimiento y de inventario, costes financieros, coste de almacenar, otros.)

- Coste de la no calidad. Genera costes relativos, (personal para retoque, recuperación de piezas, tiempo de retoque, etc.)

CAPÍTULO 2:
DIAGRAMA DE CASA
TPS.

CAPÍTULO 2. DIAGRAMA DE CASA TPS.

El sistema lean debe implicar a todas las partes de la producción, por ello Taiichi Ohno buscó una manera sencilla de representar el sistema lean. La representación consiste en una casa (ver figura 5) en donde se puede apreciar visualmente la importancia de la base, los pilares y el techo. Para poder conseguir llegar al techo debemos sustentar este sobre unos pilares fuertes y a su vez estos deberán ser soportados por una base sólida. “Una conexión débil debilita todo el sistema”(Liker, 2004)

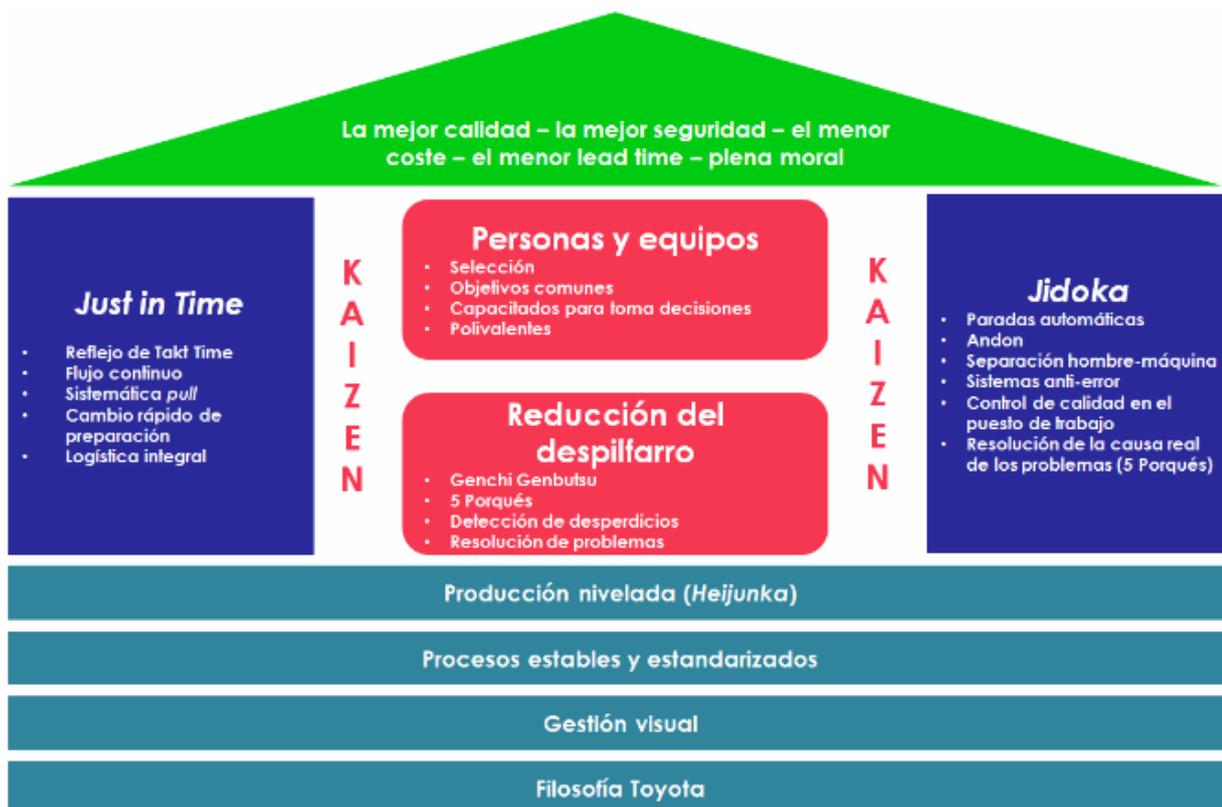


FIGURA 5: CASA TPS¹⁷

2.1 CIMIENTOS DEL TPS

Es de vital importancia para que el sistema lean funcione de manera adecuada que se cumplan unos requisitos iniciales “cimientos” sobre los que podemos construir

¹⁷ <http://www.nosololean.com/casa-del-tps/>

un proceso adecuado. Son los elementos fundamentales de los que deberemos disponer antes de estudiar la implantación de cualquier otra característica en la línea.

2.1.1 ESTABILIDAD.

“El escollo recurrente e inadvertido que se observa con más frecuencia, es la falta de “estabilidad básica” en el área de producción. Los procesos simplemente no pueden fluir porque las piezas clave de los equipos están averiadas.”¹⁸

La estabilidad de una línea implica que seamos capaces de predecir los problemas y que contemos con una fuerte disponibilidad en mano de obra, máquinas, materiales y métodos

Para conseguir la estabilidad básica nos centramos en los 5 elementos clave de disponibilidad, comúnmente se les conoce como las 5 M´s:

- Mano de obra. La mano de obra debe estar formada en consonancia con la tarea que va a desempeñar. Los trabajadores deben ser tratados como individuos y buscar resolver los problemas con talante en vez de ignorarlos. Se debe formar a los trabajadores de tal manera que el trabajo se desarrolle con seguridad. Además, se debe fomentar el espíritu crítico y la búsqueda de una mejora continua.
- Máquinas. Necesitamos que las máquinas tenga una capacidad igual o superior a la demanda del cliente. Debemos conocer la capacidad de nuestro proceso productivo, si nuestros resultados actuales son menores que la demanda del cliente entonces necesitaremos mayor disponibilidad de máquina. Para controlar estas desviaciones Ohno propuso realizar una observación de la producción de las máquinas cada cierto tiempo (entre quince minutos y una hora) comparándolo con el plan de producción. Si en cada periodo no se conseguía llegar al plan de producción, entonces se anotaría las causas para después estudiarlas e intentar atajarlas.
- Materiales: Estabilizar el nivel de inventario será clave, pero no siempre reducir el inventario es positivo. Solo el inventario que sobrepase lo necesario para que el proceso fluya de manera correcta será un despilfarro. Encontramos tres tipos de inventario:
 - Stock de ciclo: Nivel de inventario necesario para cubrir la demanda media más el tiempo necesario para reponerlo.

¹⁸ http://www.c4w.es/1/upload/estabilidad_smalley.pdf

- Stock de contención: Nivel de inventario para cubrir las variaciones que pueden existir en el flujo aguas abajo o en la demanda del cliente.
- Stock de seguridad: Nivel de inventario para cubrir las pérdidas por piezas no conformes o el tiempo de inactividad con los que normalmente trabajas en la línea.

El nivel de inventario suele ocultar problemas, si resolvemos el problema podremos reducir el inventario manteniendo estable el proceso.

- Medio Ambiente: Las condiciones ambientales son una variable que afecta a nuestro proceso y que debemos analizar ya que puede ser fuente de inestabilidad en el proceso

Estas 4 M´s forman junto con la medición forman el conocido diagrama causa-efecto o espina de pescado (ver figura 6). Fue inventado por Kaoru Ishikawa, ingeniero japonés conocido como padre de la calidad total.

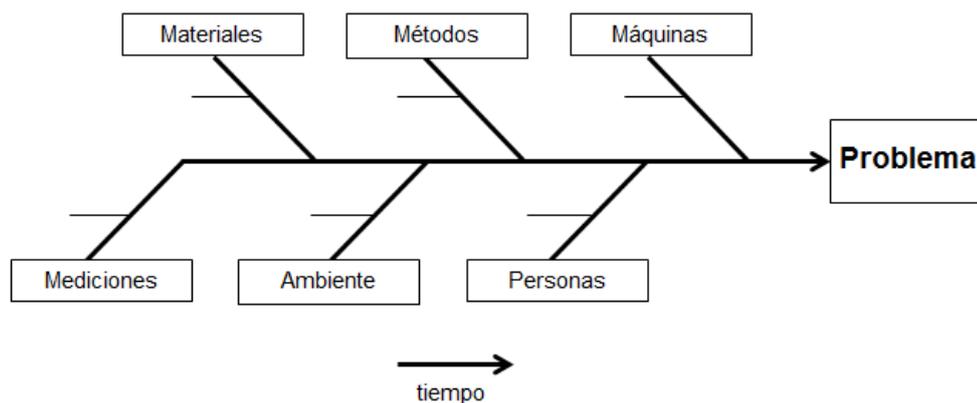


FIGURA 6 DIAGRAMA DE ISHIKAWA. CAUSA-EFECTO ¹⁹

2.1.2 NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (HEIJUNKA).

Conjunto de técnicas que sirven para nivelar la producción con la demanda del cliente tanto en volumen como en variedad, de tal manera que nos permita conseguir una producción mediante un flujo continuo pieza a pieza.

- Células de trabajo. Buscamos la creación de un flujo en la planta, lo que nos lleva a un layout²⁰ orientado al producto (Itope, 2013).

¹⁹ <https://es.linkedin.com/pulse/5-ajustes-sencillos-para-mejorar-el-espina-de-pescado-carlos-pernett>

²⁰ Distribución en planta

Las estaciones de trabajo se deben colocar una tras otra en la secuencia del proceso productivo, los procesos irán ligados uno detrás de otro. El producto avanza a medida que se le aplican las transformaciones correspondientes en cada operación. El diseño más recomendado es el de “célula flexible” en el que las actividades están muy próximas y cuya forma física suele ser una “U” donde las entradas al proceso y las salidas están en la misma posición (ver figura 7).

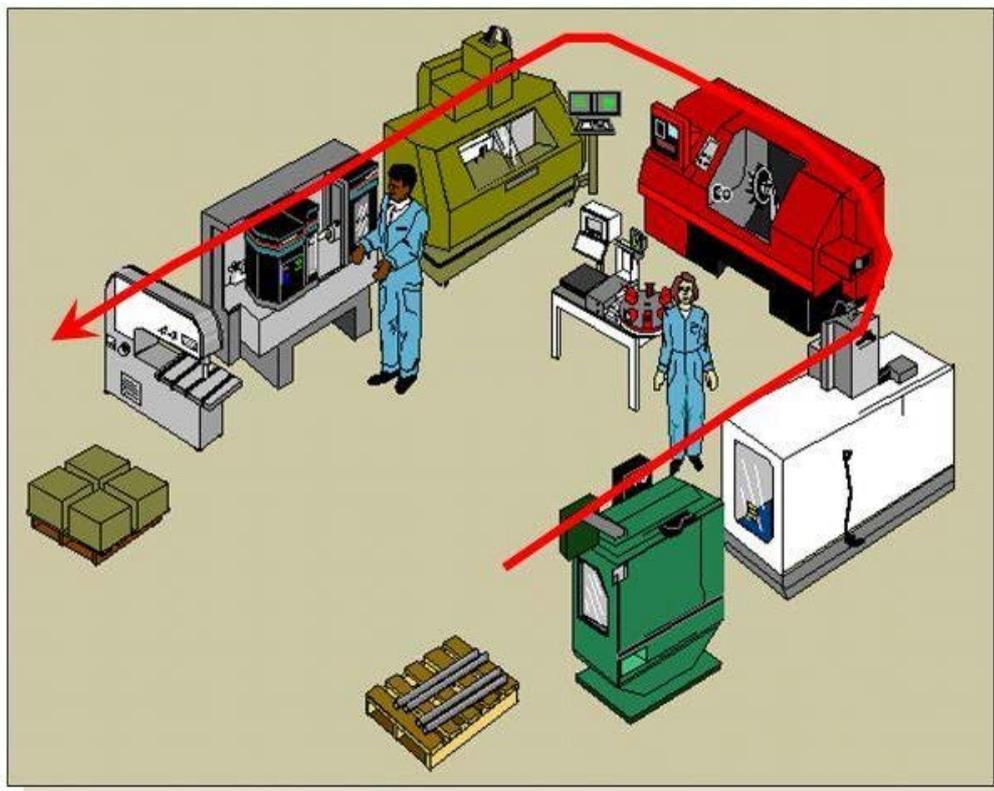


FIGURA 7. LAYOUT EN FORMA DE "U"²¹

- Flujo continuo pieza a pieza. El flujo continuo implica que una operación “aguas arriba” produzca más de lo que requiere una operación “aguas abajo”, es decir, nunca se produce más de lo que requiere el cliente.
- Tiempo de ciclo. El tiempo necesario para transformar el producto creando valor añadido en este. El tiempo de ciclo de la línea viene marcado por el tiempo ciclo de la operación cuello de botella, es decir, no podremos producir a un ritmo superior al marcado por la operación más lenta.²²

²¹ <http://www.aulafacil.com/cursos/l20026/empresa/estrategia/lean-manufacturing/celulas-de-produccion>

²² <http://qe2ingenieria.com/es/blog/tiempo-de-ciclo>

- Takt Time. Ritmo al que debemos producir para satisfacer la demanda del cliente. Debemos hacer coincidir el tiempo de ciclo con el Takt time, de esta manera nivelaremos la producción a la demanda del cliente. Si el takt time es superior al tiempo de ciclo tendremos tiempos de espera y mayor producción de la necesaria. Si por el contrario el takt time es inferior al tiempo de ciclo, entonces no podremos satisfacer la demanda del consumidor por lo que incurriremos en costes de oportunidad o en el coste de horas extras.²³

$$\text{Takt Time}^{24} = \frac{\text{Tiempo Requerido Fábrica}}{\text{Necesidad Cliente en N}^{\circ} \text{ de piezas}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Parámetros de producción}}{\text{Volumen}}$$

- Nivelar el mix y el volumen de producción. Cuando tenemos lotes con grandes volúmenes se hace muy difícil servir a clientes que desean un producto con especificaciones diferentes a la serie, para obtener una flexibilidad que nos haga ganar potenciales clientes podemos hacer un mix de productos, es decir, producir en pequeños lotes las variantes de componentes que nos demanda el cliente.

2.1.3 ESTANDARIZACIÓN

La estandarización se define como descripciones escritas o gráficas que ayudan a comprender técnicas mostrando el mejor método conocido para realizar diferentes acciones. Si se encuentra una mejor forma de realizar una acción, se estudiará para implementarla.

2.1.3.1 5 S

La herramienta 5S se basa en la aplicación de cinco principios de manera sistemática. “Es una forma indirecta de que el personal perciba la importancia de las cosas pequeñas” (Idoipe, 2013) y que adquiera la conciencia de que su lugar de trabajo “gemba”²⁵ depende de sí mismo. Se representa como una escalera (ver figura 8) en el que cada peldaño es un principio que tendremos que ir consiguiendo

²³ <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/>

²⁴ <http://www.manufacturainteligente.com/takt-time-para-obtener-lean-production/>

²⁵ <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/12021/Capitulo3.pdf>

hasta alcanzar la “autodisciplina” donde el hábito de el mantenimiento sistemático del lugar de trabajo esté totalmente asimilado.

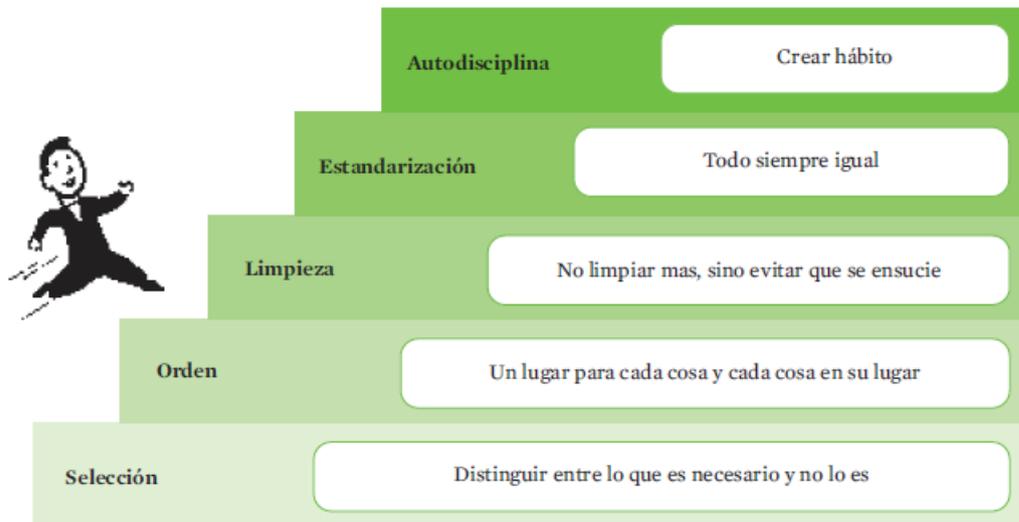


FIGURA 8. ESCALERA 5S ²⁶

- Eliminar y Seleccionar (Seiri). Se debe seleccionar todos aquellos elementos que no son imprescindibles para el desarrollo de la actividad en el puesto de trabajo y eliminarlos.
- Ordenar (Seiton). Una vez seleccionados los elementos que necesitamos para desarrollar la actividad, deberemos clasificarlos y ordenarlos de tal manera que sean fáciles de encontrar si requerimos su uso y fácil de colocar en la posición de inicio una vez utilizado, facilitando así nuestra actividad. Se debe estudiar donde colocar cada elemento atendiendo a criterios como: seguridad y frecuencia de uso. Dentro del principio Seiton incluimos:
 - Marcar límites de áreas de trabajo, elementos de seguridad y almacenaje y zonas de paso.
 - Buscar un sitio de trabajo adecuado con las características idóneas para que se cumpla la premisa: “cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa” (Idoipe, 2013)
- Limpieza e Inspección (Seiso). La limpieza es primordial para que la primera inspección de equipos sea eficaz. Si nos encontramos con una fuga hidráulica y tenemos el suelo y la maquinaria limpia podremos saber rápidamente de donde proviene y podremos atajar el problema. Sin embargo si no es así, encontrar la fuga será arduo difícil. Además, la

²⁶ (Idoipe, 2013)

limpieza promueve la limpieza, cuando tu encuentras algo limpio y cuidado intentas respetar ese estado.

- Estandarización (Seiketsu). Supone seguir un método para conseguir estabilizar y afianzar una cultura de seguimiento y constancia en las tres eses anteriores. El estándar permite simplificar el trabajo en tareas elementales para que cualquier persona pueda entender y asimilar la actividad. Por lo tanto, si una persona se incorpora a la actividad, podrá adquirir la cultura de las 5S de forma rápida y sencilla.
- Disciplina (Shitsuke). Consiste en mantener la disciplina creada por las cuatro “eses” anteriores de manera que se adhiera al sistema de trabajo de una manera sólida y perdurable.

2.1.3.2 SMED

SMED (Single Minute Exchange of Dies) que en español significa “cambio de matriz en menos de 10 minutos”²⁷. Es un conjunto de técnicas que buscan la reducción de los tiempos de preparación de máquinas. Se busca todo aquello que produzca una simplificación en el cambio de matriz o una reducción del tiempo de cambio: cambios radicales en la máquina, en el utillaje, en la herramienta, material o características del producto.

Al tener altos tiempos de cambio, los stocks que deben amortiguar dicho cambio serán altos y los lotes de producción aumentarán, estos nos producirá despilfarros.

Además, simplificar el cambio evita errores de colocación de matrices lo que a la larga nos produce piezas no conformes, defectos y chatarra.

Principios básicos²⁸ para conseguir SMED:

- Diferenciar entre preparación interna y externa: Aquellas actividades que se deben realizar con la máquina parada se entenderán como actividades de preparación interna, por el contrario si se puede realizar la actividad mientras la máquina está en marca lo denominaremos preparación externa.
- Convertir el mayor número posible de preparaciones internas en externas: De esta manera reduciremos el tiempo en el cual la máquina esta parada, aumentando productividad y reduciendo problemas de arranque de máquina.

²⁷ <http://www.fcojesuslopez.es/coningenio/que-es-smed>

²⁸ <http://www.monografias.com/trabajos57/single-minute-exchange-die/single-minute-exchange-die2.shtml>

- Eliminar procesos de ajuste. Se debe reducir al máximo los procesos de ajuste, se debe intentar simplificar al máximo todos los procesos de ajustes para conseguir reducir el tiempo total de preparación.

2.2 PILARES DEL TPS

En los pilares de la casa “Lean”, encontramos las herramientas sobre las que se apoyará nuestro objetivo.

2.2.1. JUSTO A TIEMPO (JIT).

2.2.1.1. INTRODUCCIÓN AL JIT.

JIT son las siglas de “Just In Time” o Justo A Tiempo. Es una filosofía que busca la optimización de un proceso productivo. Se basa en la idea de que las materias primas lleguen a la línea de producción exactamente en el momento que la línea lo requiere, la línea a su vez producirá cuando el cliente lo demande. Permite a una compañía entregar el producto en pequeños lotes, acortando tiempos y satisfaciendo las necesidades del cliente (Liker, 2004).

Podemos distinguir entre JIT:²⁹

- Interno. Será el justo a tiempo aplicado dentro de nuestra organización, necesitaremos un control total de la relación entre las etapas del proceso productivo. Todos los actores de nuestro sistema productivo deben estar implicados con la filosofía lean,
- Externo. Tiene que ver con las relaciones fuera de la empresa, tanto con proveedores como con clientes. Se requiere una gran comunicación y que cada componente del sistema de transacción esté implicado con la filosofía lean.

2.2.1.2 CINCO CEROS

²⁹ <http://www.manufacturainteligente.com/just-in-time-jit/>

Para optimizar el proceso productivo tendremos que buscar los cinco ceros³⁰:

- CERO STOCKS. Los inventarios reducen la rentabilidad ya que supone tener inmovilizado recursos que a la larga provoca costo por depreciación, además ocupan espacio y necesitan vigilancia.
- CERO DEFECTOS. Los defectos provocan costos por reparación, parada de máquina, duplicación de procesos, mala imagen de la organización y acaban traduciéndose en aumento de stocks.
- CERO AVERIAS. Las averías hacen que las máquinas estén paradas lo que nos lleva a producir de manera insuficiente o con retraso, al igual que los defectos acaban traduciéndose en stocks.
- CERO PLAZOS. Servir a nuestro cliente en el momento adecuado, cuando demanda el producto, será una variable competitiva de nuestros productos. Sirviendo en el momento adecuado podemos reducir stocks y aumentar la flexibilidad ante una demanda fluctuante, además de dar un buen servicio al cliente.
- CERO BUROCRACIA. Buscamos reducir la burocracia para que se pueda funcionar de forma óptima, evitando duplicidades que nos permitan reducir costos administrativos así como disponer de la información de una manera rápida y precisa.

La unión de estos “cinco ceros” nos permitirán llegar a conseguir la optimización del proceso (ver figura 9).

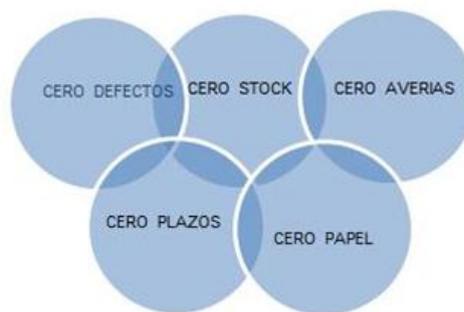


FIGURA 9. CINCO CEROS³¹

³⁰ <http://simpleproductividad.es/blog/just-in-time-teoria-de-los-5-ceros/>

³¹ <http://simpleproductividad.es/blog/just-in-time-teoria-de-los-5-ceros/>

2.2.1.3. HERRAMIENTAS JIT.

Para aplicar correctamente el justo a tiempo debemos afianzar una serie de herramientas:

2.2.1.3.1 KANBAN

Kanban en japonés significa “tarjeta”. Denominaremos Kanban al sistema de control y programación sincronizada basado en tarjetas. (Idoipe, 2013).

Utiliza como premisa la idea basada en un sistema jalar o “pull” en el cual la demanda es la que “tira” de la producción y conseguimos alcanzar esta demanda mediante un flujo continuo, sincronizado y en lotes pequeños. Para saber la cantidad, la variedad y el momento en el que tenemos que producir nos apoyamos en tarjetas. Tomamos como ejemplo la línea de procesos de la figura 10.

- En el proceso (B) necesitamos determinados productos que nos vienen del proceso anterior (A).
- El proceso (B) coge lo que necesita de (A).
- El proceso (A) se pondrá a producir aquellos productos que (B) ha cogido.
- El proceso (A) deberá sincronizarse con el proveedor (P) para que le surta lo necesario para volver a cubrir aquellos productos que (B) ha cogido.
- El proceso (B) solo producirá cuando el cliente (C) lo demande, “tire” de la demanda.



FIGURA 10. EJEMPLO PROCESO

Formándose así un flujo sincronizado de materiales y productos entre los proveedores, los talleres de la fábrica y la línea de montaje. En las tarjetas indicaremos la cantidad de producto que hemos cogido o que hemos dejado y las adjuntaremos a los contenedores donde van dichos productos (ver figura 11). Las tarjetas Kanban serán por tanto el elemento de comunicación entre procesos.

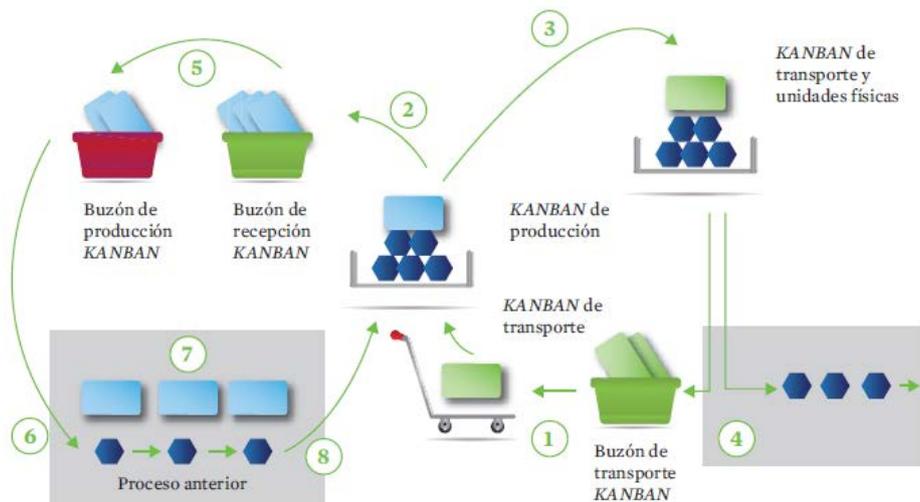


FIGURA 11. ESQUEMA SISTEMA KANBAN.³²

Situación inicial.

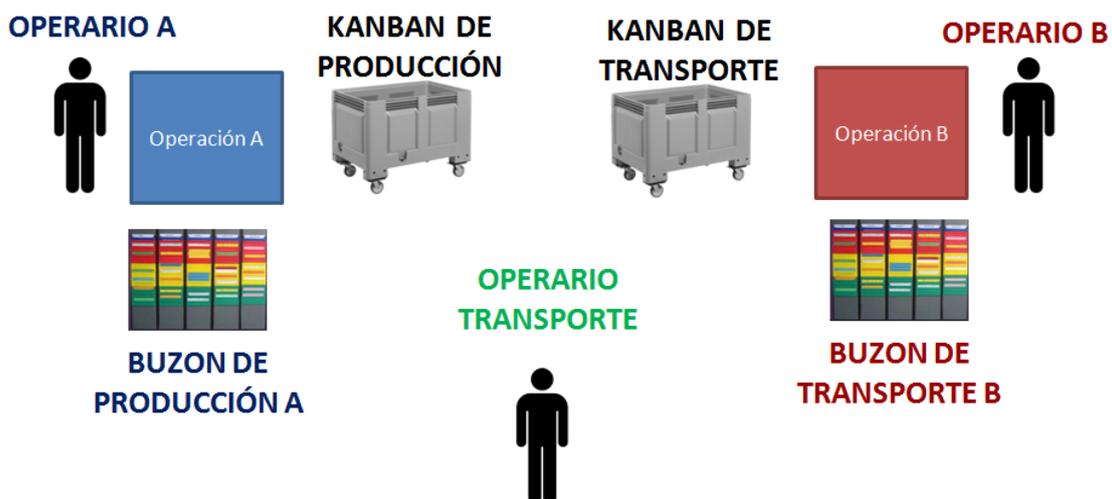


FIGURA 12. SITUACIÓN INICIAL SISTEMA KANBAN.

Pasos: Partimos de la situación inicial de la figura 12.

1. El operario del puesto (B) utiliza las piezas que necesita del contenedor que proviene de (A), despegga el Kanban de transporte y lo introduce en el buzón de transporte del puesto (B).
2. El operario de transporte coge el contenedor vacío y el Kanban de transporte y se dirige a buscar más piezas para (B)
3. El operario de transporte deja el contenedor vacío en la zona de almacenaje de la operación (A) y recoge otro lleno, comprobando que el

³² (Idoipe, 2013)

Kanban de transporte que viene de (B) coincide con el de producción de (A). Es decir, que lo que pide (B) coincide con lo que ha producido (A)

4. Cuando ha elegido el contenedor lleno de (A) despega el Kanban de producción y lo deja en el buzón de producción de (A)

5. Una vez que el contenedor está sin tarjeta, el operario de transporte colocará al contenedor lleno el Kanban de transporte que traía de la operación (B)

6. El operario de transporte deposita en la zona de almacenaje de la operación (B) el contenedor lleno para que el operario (B) pueda disponer de las piezas.

7. En el buzón de producción de (A) hay un kanban de producción por lo que el operario de (A) se encargará de fabricar las piezas que le indica la tarjeta.

8. Una vez fabricadas las piezas en (A), el operario de (A) dejará el contenedor lleno de las piezas que indicaba el kanban de producción y con su respectiva tarjeta de producción en la zona de recogida de la operación (A).

2.2.2 JIDOKA.

Jidoka es un término japonés que significa “automatización con un toque humano”¹⁰. Se basa en que el sistema tenga su propio autocontrol de calidad, de tal manera que si se produce algún fallo, el sistema se detenga ya sea manual o automáticamente haciendo que el fallo no se arrastre “aguas abajo” en la cadena de producción,

Al aplicar la herramienta Jidoka no debemos detenernos en el hecho de no arrastrar el fallo, sino que debemos investigar la causa raíz e intentar eliminarla. El proceso a seguir podría ser el siguiente:

- Detectar la anomalía.
- Detener la línea de producción
- Fijar y corregir el fallo.
- Investigar la causa raíz e implementar una mejora.

Para que el Jidoka sea efectivo existen dos elementos básicos: Andon y Poka-Yoke.

2.2.2.1 ANDON.

Andon es un término japonés que significa “ayuda”³³. Es un dispositivo de control visual y/o auditivo que permite conocer el estado actual del sistema de producción y avisa a los trabajadores si existe algún tipo de problemas (ver figura 13), de esta manera, se puede reaccionar de forma inmediata ante cualquier imprevisto.

Suele ser un tablero de luces o señales luminosas que indican las condiciones en las que se encuentra el proceso o las operaciones.



FIGURA 13. ESQUEMA ANDON³⁴

2.2.2.2 POKA-YOKE.

El término Poka-Yoke viene del japonés “poka” (error inadvertido) y “yoke” (prevenir). Podría significar “a prueba de errores”. Es un elemento preventivo. Su finalidad es detectar los fallos antes de que se produzcan.

Se utiliza tanto para evitar que las piezas con errores sigan en el proceso sino como garante de la seguridad de trabajadores y máquinas.

Los poka-yoke son herramientas simples que permiten llevar un 100% de inspección, se basa en la idea de no permitir cometer los errores. Los poka-yokes buscan: Evitar el error humano, resaltar el defecto de tal manera que sea imposible no detectarlo.

Clasificamos los métodos poka-yoke en:

³³ <https://leansixsigma.community/blog/view/353/kaizen-vs-kaikaku>

³⁴ <http://www.leanroots.com/ANDON.html>

- Métodos de contacto. Un dispositivo sensitivo detecta la anomalía en la pieza; acabado o dimensiones.
- Método de valor fijo. Las anomalías son detectadas mediante un número determinado de movimientos.
- Método de paso movimiento. Las anomalías serán detectadas mediante la inspección de movimientos estándares donde las operaciones se llevan a cabo mediante unos movimientos determinados

2.2.3 MEJORA CONTINUA (KAIZEN).

Podemos considerar la mejora continua como la búsqueda de despilfarros de manera continua, de tal manera que busquemos implantar en todas las fases del sistema productivo y en todos los trabajadores implicados la filosofía de la búsqueda de valor añadido. Este trabajo en equipo en búsqueda de la mejora se denomina “Kaizen” en japonés. (Idoipe, 2013). KAI=cambio, ZEN=bueno.

Puede llegar un momento en el que la introducción de mejoras no produce resultados significativos, en este punto, a veces interesa realizar una mejora “radical” (ver figura 14) a través de una inversión más elevada o un cambio de tecnología, en contraposición al Kaizen surge así el Kaikaku “mejora radical”³⁵

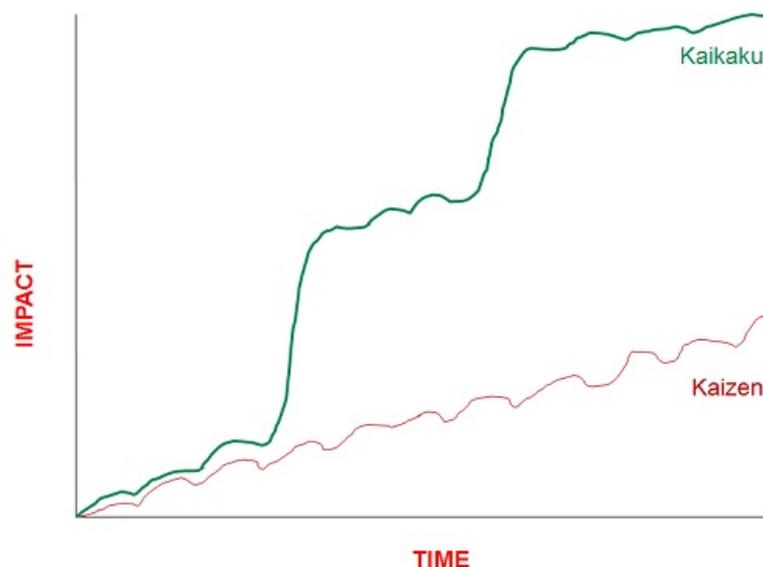


FIGURA 14. KAIZEN VS KAIKAKU³⁶

³⁵<http://www.monografias.com/trabajos57/single-minute-exchange-die/single-minute-exchange-die2.shtml>

³⁶<https://leansixsigma.community/blog/view/353/kaizen-vs-kaikaku>

2.2.3.1 DIEZ PUNTOS CLAVE DE LA MEJORA CONTINUA.

- Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas. Debemos ser críticos con cualquier cosa que nos parezca extraña y preguntarnos el porqué de las cosas. Que algo se haya hecho siempre del mismo modo no implica que se puedas modificar.
- En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo. Para poder progresar (mejorar) debemos aprender a pensar, probar y experimentar.
- Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora. Cuanto antes apliquemos la mejora antes conseguiremos obtener beneficio de esta.
- No buscar la perfección, ganar 60% desde ahora. Una mejora aunque sea pequeña siempre debe ser estudiada para poder implementarla.
- Corregir los errores inmediatamente e in situ. Uno de los principales valores que promueve la filosofía Lean es el “gemba”²⁴, hay que estar en el terreno y conocer, analizar e investigar los hechos.
- Encontrar las ideas en la dificultad. Es en los grandes retos donde se pone a prueba la capacidad de las personas y donde cada uno da lo mejor de sí, en estos momentos pueden surgir grandes mejoras.
- Buscar la causa real, respetar los por qué y después buscar la solución. Debemos buscar la raíz del problema porque actuando sobre ella es como conseguiremos solucionar el problema, si actuamos sobre causas secundarias no llegaremos a eliminar el problema de forma definitiva. Preguntándonos sobre el porqué de cada causa podremos llegar hasta la causa raíz. Esta metodología se denomina “5 por qués”, defiende que cinco por qué serán suficientes para llegar a la causa raíz del problema³⁷.
- Tener en cuenta las ideas de diez personas en vez de la idea genial de una sola. El trabajo en equipo es muy potente y debemos aprovecharlo para la búsqueda de mejoras.
- Probar y después validar. El chequeo que proponía Deming. Es de gran importancia porque hasta que no probemos la mejora no tendremos la certeza de que se han conseguido los resultados que esperábamos.

³⁷ <http://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>

- La mejora es infinita. Volver al punto de inicio y buscar de nuevo una mejora. Siempre se podrá mejorar.

2.2.3.2 CICLO PDCA

Los antecedentes de mejora continua, se encuentran en los valores que integró Deming, en materia de calidad.

El ciclo de Deming, también llamada ciclo de mejora continua (ver figura 15), describe cuatro pasos básicos que hay que aplicar de forma sistemática para lograr la mejora continua.

- Planificar (Plan). Se buscan y analizan las actividades susceptibles de mejora y se diseña un plan de acción
- Hacer (Do). Se implantan los cambios diseñados, en general es recomendable hacer una prueba a menor escala para comprobar que los cambios son eficaces.
- Verificar (Check). Control del correcto funcionamiento de la mejora implantada. Si la mejora no cumple con las expectativas planificadas tendremos que rediseñarla y modificarla.
- Actuar (Act). Una vez comprobado el correcto funcionamiento de la mejora, se implantará la mejora de forma definitiva, asegurando la mejora mediante estandarización y formación

Una vez asegurada la mejora, volveremos al paso uno para buscar una nueva actividad susceptible de mejora.



FIGURA 15. CICLO PDCA ³⁸

³⁸ <http://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

2.2.3.3 GESTIÓN TOTAL DE LA CALIDAD (TQM)

La Gestión Total de la Calidad o Total Quality Management (TQM) es la estrategia de gestión para conseguir la calidad total en todos los procesos.

Kaoru Ishikawa define la Calidad Total como “Filosofía, cultura, estrategia o estilo de gerencia de una empresa según la cual todas las personas en la misma; estudian, practican, participan y fomentan la mejora continua de la calidad”

La filosofía de la calidad total busca la implicación de todos los miembros de la organización en la búsqueda de la mejora continua, centrándose en conseguir la satisfacción del cliente, tanto interno como externo.

7 principios de la Calidad Total según ISO 9001³⁹:

- Enfoque al cliente. Buscamos satisfacer las necesidades del cliente y superar las expectativas del cliente respecto a nuestro producto.
- Liderazgo. Los dirigentes de los diferentes niveles deben fomentar la implicación activa de las personas para la consecución de los objetivos de calidad.
- Compromiso y competencia de los trabajadores. El compromiso total de los trabajadores permitirá alcanzar la calidad total.
- Enfoque basado en procesos. Administrar todas las actividades y sus recursos como si fuera un proceso. “Resultados consistentes y predecibles se alcanzan de manera más eficaz y eficiente cuando se entienden y gestionan actividades como procesos interrelacionados que funcionan como un sistema coherente.”⁴⁰ (ver figura 16)
- Mejora continua. No conformidad de la organización, búsqueda de una mejora constante.
- Toma de decisiones informadas. Las decisiones eficaces deben basarse en datos confiables y no deben tomarse de forma unilateral.

³⁹ <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>

⁴⁰ <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>

- Gestión de las relaciones. Se debe fomentar la relación entre las partes del proceso implicadas, incluidos clientes y proveedores.

2.2.3.4 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total o TPM (Total Productive Maintenance). Es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y la fiabilidad prevista de los medios de producción. Se basa en los conceptos de mantenimiento preventivo desarrollados en los años cincuenta.

La evolución de la programación hacia un plano no solo de prevención sino también de mejoras incrementales en los equipos, buscando la reducción de defectos y de averías y la mejora de la seguridad, nos lleva al concepto del TPM.

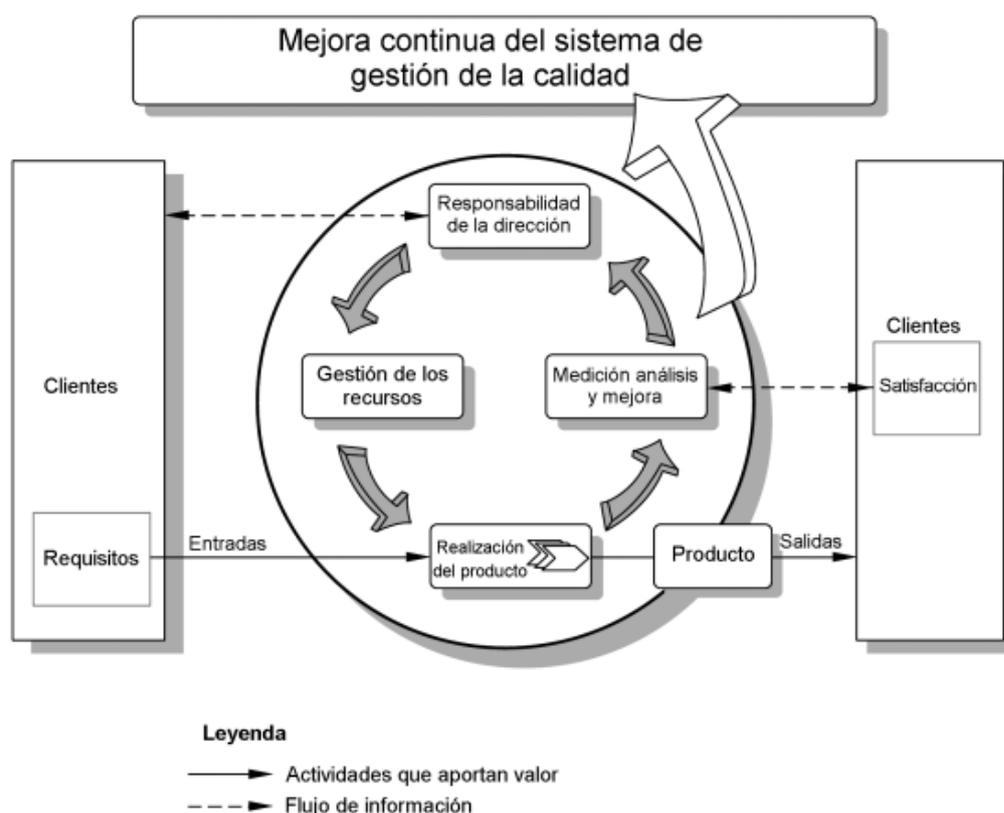


FIGURA 16: MODELO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD BASADO EN PROCESOS⁴¹

2.2.3.4.1 PILARES DEL TPM

⁴¹ <http://www.imre.uh.cu/wordpress/wp-content/uploads/2015/06/NC-ISO-9001-2008.pdf>

- Mejoras enfocadas (KOBETSU KAIZEN). Mejoras que buscan mejorar la eficiencia global de los equipos, las operaciones y del sistema general. Se busca la eliminación de las limitaciones de los equipos aplicando la metodología PDCA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar).
- Mantenimiento autónomo (JISHU HOZEN). Se lleva a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Se trata de actividades no especializadas, como pueden ser la limpieza, lubricación, pequeños ajustes, etc. Estas actividades contribuyen a la preservación de los equipos mediante la prevención.
- Mantenimiento planificado (KEIKAKU HOZEN). El mantenimiento planificado o preventivo consiste en actividades planificadas de revisión parcial de los medios de producción, de tal manera que se puedan sustituir, modificar, asegurar, limpiar y otras actividades de prevención. De esta manera evitaremos gran cantidad de fallos que en plena producción nos pueden causar grandes distorsiones. Esta planificación requiere una programación periódica, teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas del fabricante y el histórico de averías de los medios.⁴²
- Mantenimiento de calidad (INSHITSU HOZEN). Se busca mejorar y mantener las condiciones óptimas de los equipos que permitan el aseguramiento de la calidad. En el mantenimiento de calidad es necesario contar con herramientas y tecnología adecuada, como técnicas de control de calidad o instrumentos precisos de medición y control.

2.3. TECHO DEL TPS

El techo es el elemento sostenido por el resto de la estructura, está constituido por las metas que hemos fijado. Lo identificamos como el aumento de la calidad, la disminución del costo y la disminución del tiempo de entrega.

- Rentabilidad. Es la performance económica y/o financiera. (ej.: Ganancia de 1 euro por pieza).
- Competitividad. Es la performance QCT (Riesgo Coste Tiempo) (Plazo Velocidad) de los procesos que nos permite compararnos con los mejores. (Ej.: Chatarra/MU, piezas por persona, tiempo de proceso de fabricación,...)

⁴² <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>

- Tiempo de entrega (Lead Time). Es el tiempo medio necesario para que la pieza recorra todo el proceso productivo desde que se recepciona del proveedor hasta que se envía al cliente.

$$\text{Tiempo de proceso} = \frac{\text{n}^\circ \text{ piezas (stocks+proceso)}}{\text{Demanda del cliente}}$$

Para satisfacer de una forma más rápida al cliente podemos reducir el tiempo de proceso:

- Eliminando stocks inútiles.
- Trabajando la reducción de las tallas de los lotes de fabricación.
- Mejorando la fiabilidad de nuestros medios.
- Disminuyendo los tiempos de cambio de fabricación, ráfaga, útil, ...
- Disminuyendo los defectos de calidad y siendo reactivos en los retoques.
- Disminuyendo la cantidad de piezas por embalaje.
- Aumentando la frecuencia de aprovisionamientos.

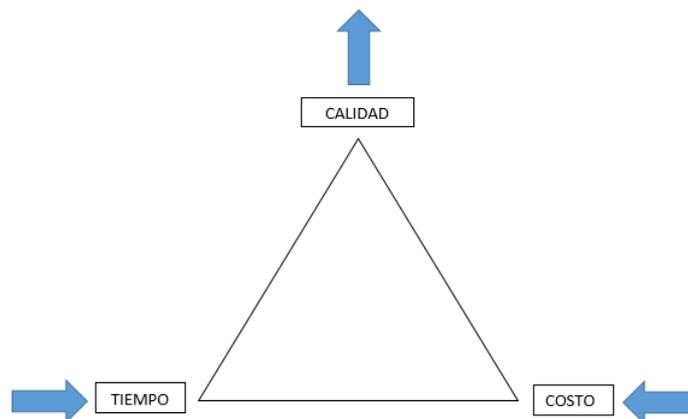


FIGURA 17. PIRÁMIDE CALIDAD, TIEMPO, COSTO.

Se busca “estirar” la pirámide (figura 17) aumentar CALIDAD y reducir TIEMPO (plazo y rapidez) y COSTO.

CAPÍTULO 3.

IMPLEMENTACIÓN EN UN TALLER DE MECANIZADO.

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN EN UN TALLER DE MECANIZADO

3.1 INTRODUCCIÓN.

Desarrollados los temas uno y dos vemos la importancia que supone para una empresa la acumulación de despilfarros. A lo largo del siguiente capítulo analizaremos datos obtenidos en el taller utilizando la metodología lean del Grupo Renault, con los datos obtenidos se buscaran soluciones para aplicar los cambios necesarios que nos ayuden a eliminar el no valor añadido (NoVA) del proceso en la medida de lo posible.

Introducir cambios en una línea con una elevada producción diaria tiene gran dificultad, por lo que he podido comprobar en el terreno los principales problemas son:

- Priorizar la producción a corto plazo. Tanto operarios como mandos intermedios priorizan la producción frente a otra actividad diaria por lo que muchas mejoras son difíciles de implantar si eso implica la parada de máquina.
- Resistencia al cambio. Toda novedad es difícil de asimilar ya que cambia los modos de funcionamiento habituales en la fabricación por lo que se presentan reticencias a introducir nuevas mejoras.
- Inversión en línea amortizada. La línea de mecanizado en la que trabaje es una línea antigua por lo que se tiende a priorizar la inversión en otras líneas más novedosas.
- Conformismo. Se choca de pleno con nuestras aspiraciones de mejora continua pero muchas veces se presenta en los talleres que prefieren continuar con un trabajo que no siempre está bien hecho a tener que adaptarse a nuevas mejoras.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DE REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.

La empresa donde se ha llevado a cabo las prácticas relacionadas con el Lean Manufacturing es la factoría de motores de RENAULT ESPAÑA MOTORES S.A. situada en el kilómetro 185 de la carretera de Madrid.

Renault es fabricante desde 1898, ha adquirido una dimensión global gracias a su Alianza con Nissan en 1999, a la compra del constructor rumano Dacia, del coreano Samsung Motors, a su participación en la empresa Avtovaz y al acuerdo de cooperación con Daimler.

Con 36 factorías, 2,7 millones de vehículos vendidos en 2014 en 124 países y alrededor de 117.000 trabajadores, el Grupo ofrece una amplia gama de vehículos que se caracterizan por su diseño e innovación, ya que ofrecen numerosos servicios de conectividad al más alto nivel. La calidad de fabricación y de servicio en el taller es otra de las máximas de la marca, que destaca dentro del sector por fabricar vehículos respetuosos con el Medio Ambiente.

FUERTE PRESENCIA EN ESPAÑA

El Grupo Renault en España está integrado por diferentes sociedades. Renault España, que cuenta con cuatro factorías: dos de Carrocería Montaje (en Valladolid y Palencia), una de Motores (Valladolid) y una de Cajas de Velocidades (Sevilla). A esta sociedad pertenece también la Dirección de Ingeniería de Renault en España, así como el Corporate. La sede central de la empresa en España se encuentra en Madrid.

El Grupo Renault en España lo integran otras sociedades como Renault España Comercial, que abarca la venta de vehículos y piezas de recambio, RCI Banque, dedicada a la financiación de los clientes, Renault Consulting, especializada en consultoría y formación y Renault Retail Group, que es la filial de ventas propia.

La Factoría de Motores de Valladolid exporta entorno al 80% de su producción. Desde el mítico motor C, que montó Renault 8 a partir de 1965, la factoría ha sabido adaptarse siempre a los cambios. La filosofía del Motor E, que buscaba reducir el consumo y adelantarse a las nuevas normas antipolución manteniendo las prestaciones, sigue revolucionando el mercado, ahora con los nuevos motores de la familia Energy. Con los 21 millones de motores alcanzados este año, las 5.000 unidades diarias la convierten en la fábrica de mecánica más importante del Grupo Renault por volumen.

3.3 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA.

La actividad dentro de la Factoría se distribuye de la siguiente manera:

- Motores 1 y 2: (sombreado en morado en la figura 18) En estas unidades se realizan los procesos de mecanizado de una parte de las piezas que componen los motores.
- Motores 3: (sombreado en verde en la figura 18) Aquí se realiza el montaje final de todos los elementos que conforman el motor. En esta planta trabaja casi el 50% de la plantilla y cuenta con dos líneas de montaje para el motor. Una completa red de comunicaciones permite asegurar el adecuado flujo de aprovisionamiento y suministro de los productos fabricados. En la figura 20 se puede ver uno de las operaciones de la zona de montaje motor.



FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA FACTORÍA DE MOTORES EN VALLADOLID.

A su vez, motores 1 y 2 se divide en dos grandes departamentos:

- Departamento de Piezas Cilíndricas se realiza el mecanizado del cigüeñal, árbol de levas, biela y volante. (Figura 19).
- Departamento de Piezas Prismáticas se realiza el mecanizado del cárter de cilindros, tapa de bancada y las culatas de sendos motores. (Figura 19).



FIGURA 19. PIEZAS MECANIZADAS EN LA FACTORÍA DE MOTORES DE VALLADOLID.

Después del proceso de ensamblaje en las líneas de montaje, existen cuatro bancos de rodaje con el fin de realizar un seguimiento porcentual de los motores fabricados en sus diferentes versiones y poder garantizar que se cumplen los objetivos de calidad establecidos.



FIGURA 20. ZONA MONTAJE MOTOR

En la figura 21 se muestran los motores producidos⁴³ en la factoría de Valladolid:

- Motor diesel 1.5 dCi
- Motor gasolina ENERGY TCe 85 kW (115 CV)
- Motor de gasolina ENERGY TCe 66kW (90CV).

⁴³ <http://www.renault.es/descubre-renault/grupo-renault-espana/fabricas-espana.jsp>



FIGURA 21: MOTORES FABRICADOS

También existen bancos de ensayo en el edificio de Calidad, donde los motores son sometidos a ensayos más severos y de mayor duración para garantizar la conformidad de la producción.

Existen otros edificios anexos a los talleres de fabricación, como el edificio de Dirección, el edificio de Ingeniería Producto o el Servicio Médico que es compartido con la fábrica de montaje vehículo.

La Ingeniería de Producto, la Ingeniería de Proceso, los Ensayos y las Compras se encuentran igualmente dentro de la Factoría, aunque no pertenecen a la Dirección de Fabricación, sino a la Dirección de la Mecánica de Renault.

3.4 APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING.

El procedimiento de aplicación de Lean Manufacturing no se encuentra normalizado, cada empresa realiza su propio procedimiento en función de sus características: personal, medios, productos, visión, misión, etc.

Muchos fracasos en la aplicación de Lean Manufacturing han derivado de copiar el sistema Toyota de manera estricta, sin tener en cuenta las características únicas de cada empresa.⁴⁴

3.4.1 DIAGNOSTICAR

Se trata de caracterizar el sistema actual y el objetivo, se busca encontrar despilfarros y eliminarlos en la medida de lo posible.

⁴⁴ <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta2.shtml#aplicacioa>

3.4.1.1 LÍNEA DE APLICACIÓN

3.4.1.1.1 INTRODUCCIÓN

La línea donde se ha llevado a cabo el estudio es una línea donde se realiza el mecanizado de piezas de cárter de cilindros proveniente de un fundido de acero y el mecanizado de las tapas de bancada también provenientes de un fundido de acero y que se ensamblaran al cárter de cilindros.

Las diferentes operaciones de la línea transforman la piezas en bruto, en un punto de la línea se produce una operación de ensamblado para unir la tapa de bancada al cárter de cilindros y se continua con los procesos de mecanizado hasta obtener dos tipos de producto (según tengan determinados mecanizados o no) cárter A y cárter B.

3.4.1.1.2 MANO DE OBRA DIRECTA

En el proceso encontramos nueve operarios como mano de obra directa (MOD) por tres turnos al día más un operario de mantenimiento durante un turno al día. En la figura 22 se puede apreciar la distribución de los puestos de trabajo directos de la línea.

- 5 conductores. Los conductores de máquinas se ocupan de mantener la máquina en marcha el mayor tiempo posible, para ello cuentan con indicadores luminosos y sonoros en caso de parada (*Andon*). Cada conductor está destinado a una zona de la línea que cuenta con diferentes operaciones. También debe ocuparse del cambio de herramienta de aquellas máquinas que pertenecen a su zona. Además el conductor debe realizar controles de calidad frecuentemente en aquellas operaciones de su zona que sean críticas y realizar controles de calidad tras el cambio de las herramientas de mecanizado.
- 1 operario de descarga. Los operarios se encargan de descargar el cárter de cilindros de la línea y cargarlos a un embalaje mediante un medio de elevación, el cárter de cilindros se carga en bases rodantes que posteriormente el departamento de logística recogerá para entregar el producto al cliente.

- 1 operario de control visual. El control visual es el control de calidad que se hace a la pieza una vez que se han producido todos los mecanizados de la línea. Se comprueban visualmente diferentes características del cárter de cilindros para valorarlo como válido para ser entregado al cliente. Si no es válido puede enviarse al taller de retoque donde intentan modificar aquellas características que no cumplen con la calidad requerida.
- 1 operario de taller de reglaje. En la línea existe un taller de reglaje, también llamado CGO, en el cual un operario se encarga de preparar las herramientas para que el mecanizado sea óptimo. Para ello utiliza diferentes útiles de reglaje con los que comprobar que las herramientas nuevas y su ajuste y colocación en el portaherramientas es válido.
- 1 operario de la sala tridimensional. El operario de la sala tridimensional se ocupa de introducir piezas en una máquina de medición tridimensional en la que se miden características que a simple vista no se podrían medir, de esta manera aseguramos la calidad de las piezas. En la sala tridimensional se miden características específicas de algunas operaciones críticas o todas las características de la pieza tras haber completado el proceso completo, pero también existen cambio de herramientas que requieren paso por la sala tridimensional para comprobar el correcto funcionamiento de la nueva herramienta.
- 1 operario de mantenimiento. El operario de mantenimiento se encarga de labores de revisión, cambios de aceite de máquinas y pequeñas reparaciones. El operario de mantenimiento trabajará durante un turno al día.

3.4.1.1.3 MODO DE FUNCIONAMIENTO

Cada conductor se sitúa en de su zona, por lo que tenemos 4 zonas diferenciadas en la zona de fabricación de cárter de cilindros y una zona de fabricación de tapa de bancada. Cada conductor se ocupará de todas las tareas concernientes a su zona en lo relativo a calidad (controles de calidad intermedios en cada zona), cambio de herramienta de las máquinas pertenecientes a cada zona y supervisión para mantener las máquinas en funcionamiento y resolver los problemas menores puntuales.

Esta distribución en la que un operario se encarga de gran parte de las funciones relativas a la producción se denomina “aleas”, se referirá a una producción no repartida eficientemente. Lo que buscaremos es compensar el trabajo de todos los operarios y desarrollar una producción que denominaremos a la “gama” en la cual existirán operarios encargados de cada función específica:

- Operario de cambio de herramienta.
- Operario de controles de calidad intermedios.
- Operario mantenimiento.
- Operario control visual (calidad final).
- Operario descarga
- Operario de reglaje de herramienta.
- Operario de sala tridimensional.

Aprovecharemos la metodología lean del Grupo Renault para analizar la cantidad de mano de obra directa que es necesaria para producir la cantidad de producto demandado por el cliente.

3.4.1.2 FLUJOS FÍSICOS.

Representación esquemática de las diferentes etapas del proceso de producción de un órgano/pieza. Se analizan todas las partes del proceso productivo (herramienta, calidad, logística y mantenimiento).

Será una herramienta importante para poder visualizar nuestro proceso de forma gráfica y detectar despilfarros de manera rápida.

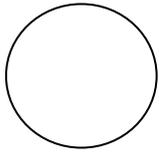
3.4.1.2.1 SIMBOLOGÍA.

Los elementos más usados en un flujo físico serán:

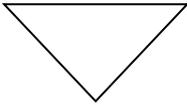


- PROCESO. Actividad de transformación de nuestro producto, consideraremos que genera valor añadido⁴⁵. Se representa con un rectángulo.

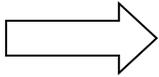
⁴⁵ Existen procesos que mal proyectados no aportan valor al producto. Por ejemplo mecanizar un taladro que no tiene un uso posterior será realizar un proceso sin valor añadido.



- TRANSPORTE. Aquella actividad en la que la pieza es trasladada ya sea a través de manutenciones o mediante medios de elevación. Se representa con un círculo.



- INVENTARIO. Piezas a la espera de transformación o transporte. Se representa con un triángulo.



- FLECHAS. Indican la dirección del flujo de material.

Todo lo que no sea proceso, no generará valor por lo que habrá que intentar eliminarlo o reducirlo en la medida de lo posible.

3.4.1.2.2 CALIDAD

En la figura 29 se puede ver el flujo completo de calidad en forma esquemática donde se muestra todos los flujos tanto de material (piezas) como de personas que se realizan para realizar controles de calidad. Los controles de calidad incluyen:

- Control de calidad frecuencial o Bordos de Línea: Son los controles de calidad intermedios que se hacen tras operaciones críticas, los realizan los conductores de las máquinas con una frecuencia prefijada. En la ilustración se puede ver como los bordes de línea se realizan doce veces al día (4 veces al turno). Ver figura 24. En los bordes de línea se mide la pieza con útiles de medición para comprobar que el mecanizado es correcto, de esta manera si hay un fallo en el mecanizado paramos la línea y no dejamos pasar el defecto a las operaciones siguientes. (Jidoka).
- Control de calidad tras cambio de herramienta. Cuando las herramientas de mecanizado llegan a su frecuencia, es decir se desgastan lo suficiente como para no hacer la calidad requerida o existe riesgo de rotura de material, se debe cambiar la herramienta de mecanizado. Antes de realizar el cambio de herramienta se mide las características del mecanizado para comprobar que la última pieza que mecanizo dicha herramienta es válida. Tras el cambio de herramienta se vuelve a realizar otro control de calidad para comprobar que la nueva herramienta da la calidad requerida. Se intenta coincidir el control de calidad frecuencial con el cambio de herramienta (ver figura 24) optimizando recursos.
- Control de calidad en la sala tridimensional. En la sala tridimensional se miden características específicas de algunas operaciones críticas, pero

también existen cambio de herramientas que requieren paso por la sala tridimensional para comprobar el correcto funcionamiento de la nueva herramienta. Un conductor se encarga de recoger las piezas de cada zona y llevarlas a la sala tridimensional. En el diagrama se aprecia la gran cantidad de desplazamiento para llevar las piezas a la sala tridimensional. Tres piezas de cada zona al día, ver figura 28.

- Control de gravimetría. Una pieza a la semana tras haber pasado por todas las operaciones de la línea debe pasar por control de gravimetría. Donde se somete a un control de estanqueidad y un análisis del material, ver figura 22.

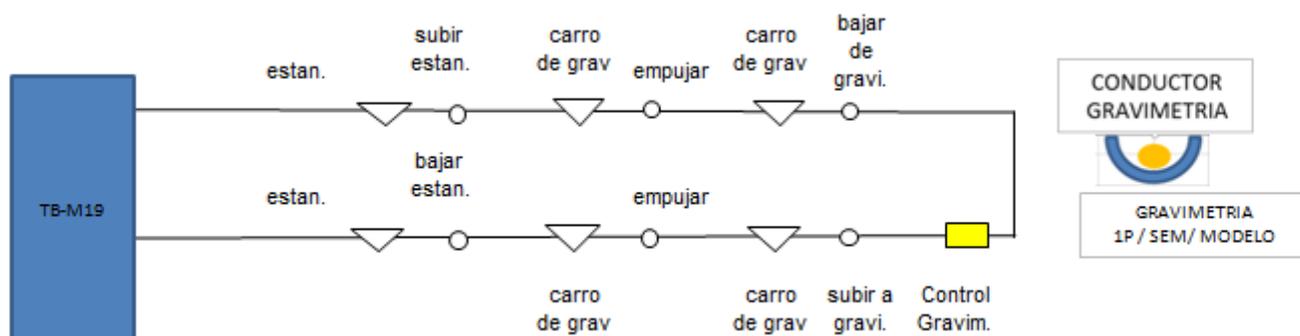


FIGURA 22. FLUJO FÍSICO GRAVIMETRIA

- Control metrología. Una pieza al día tras haber pasado por todas las operaciones de la línea debe someterse a un análisis de calidad en una máquina tridimensional que analice todas las características de la pieza. Una pieza al día, ver figura 23.

3.4.1.2.3 HERRAMIENTAS.

El flujo físico de herramientas (ver figura 28) muestra como el conductor del CGO⁴⁶ debe ir a buscar las herramientas que necesitan ser regladas a una estantería situada fuera del taller de reglaje, teniendo que realizar muchas salidas y entradas (movimientos) de su taller de trabajo. El flujo físico de las herramientas de toda la línea se puede ver en la figura 27.

⁴⁶ CGO: Taller de reglaje de herramientas.

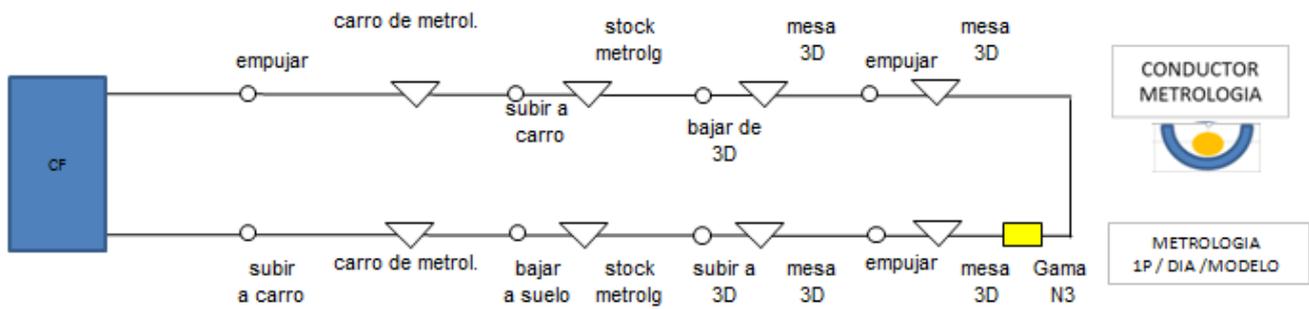


FIGURA 23. FLUJO FÍSICO METROLOGÍA.

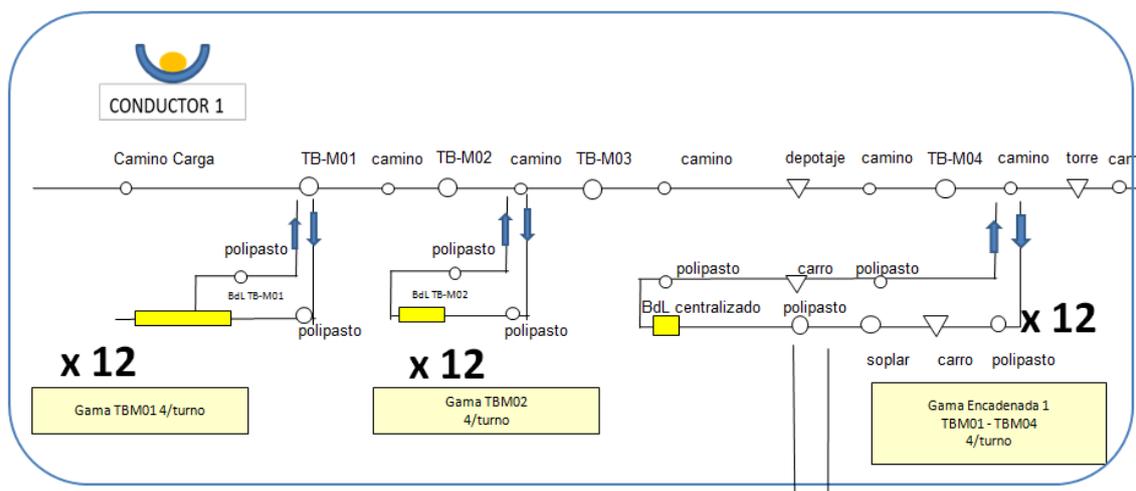


FIGURA 24. DIAGRAMA FLUJO BORDE DE LÍNEA

3.4.1.2.3 LOGÍSTICA.

En el flujo físico de logístico (figura 28) solo incluimos aquellas tareas logísticas que pertenecen a la línea de producción a estudio, en nuestro caso será la descarga que consistirá en trasladar el cárter terminado a los embalajes situados en bases rodantes para que posteriormente el departamento de logística los recoja y se encargue de la entrega al cliente.

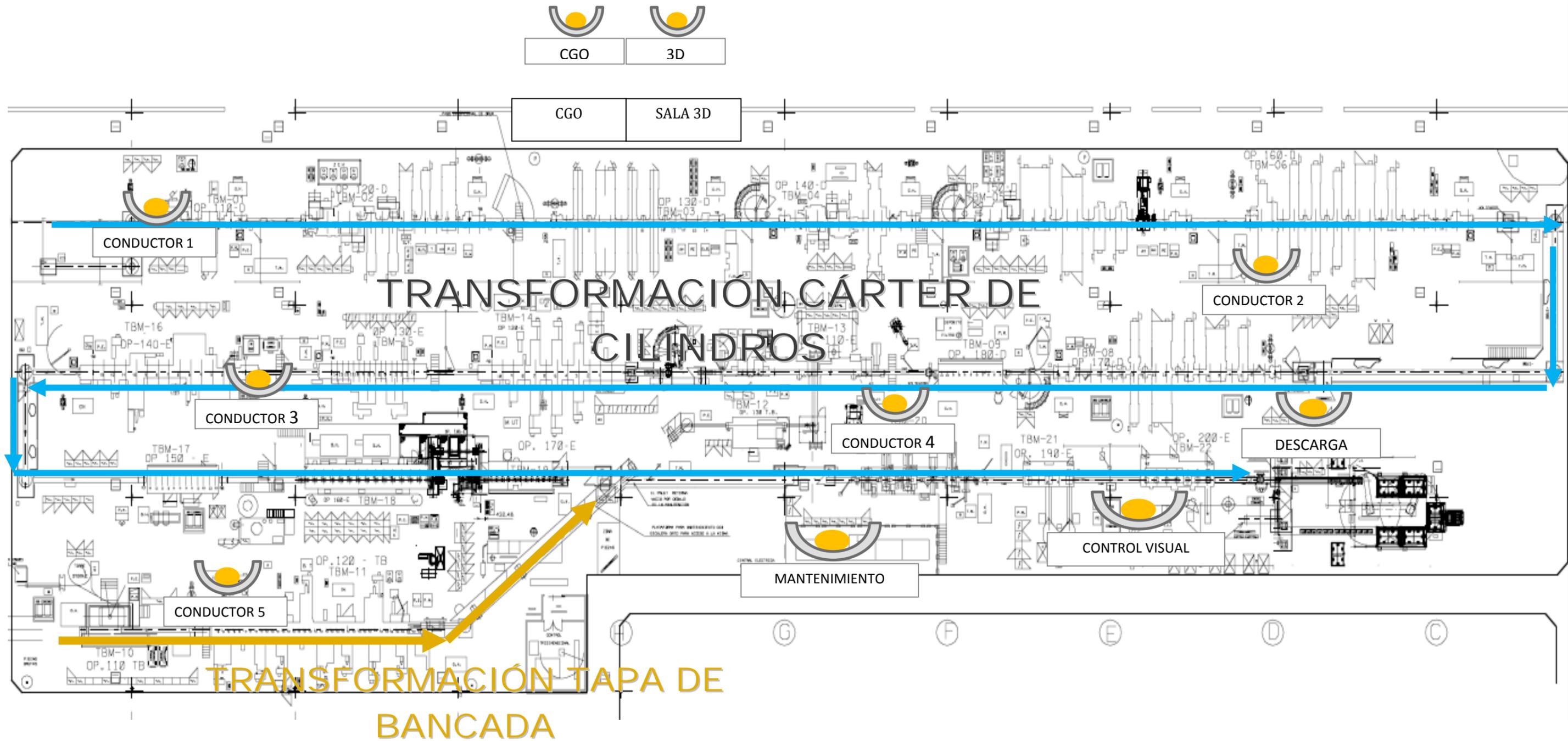


FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN MANO DE OBRA DIRECTA

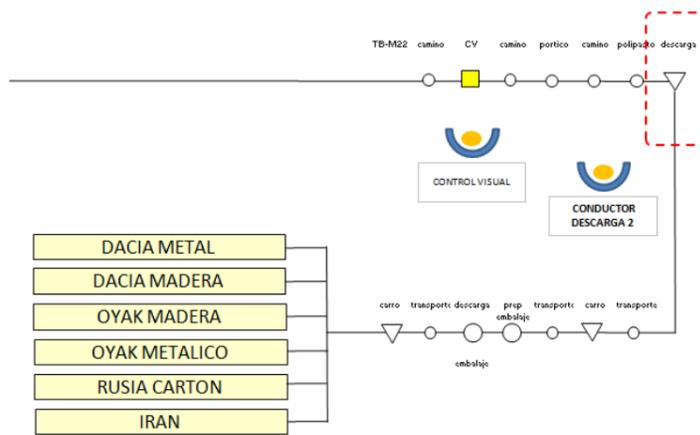


FIGURA 26. FLUJO FÍSICO LOGÍSTICA

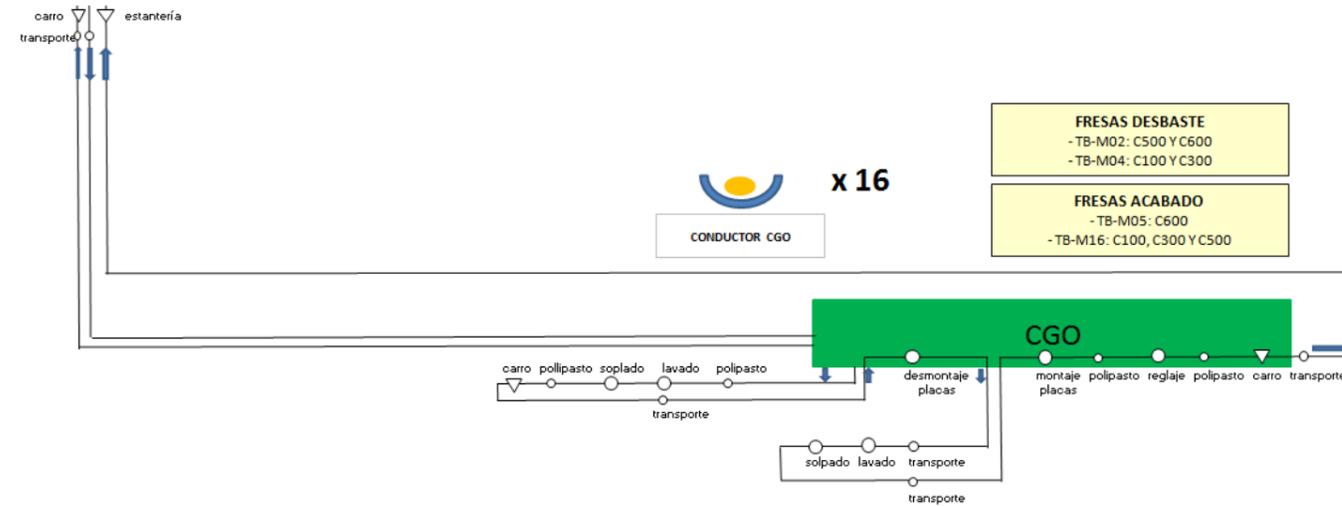


FIGURA 27: FLUJO FÍSICO HERRAMIENTA

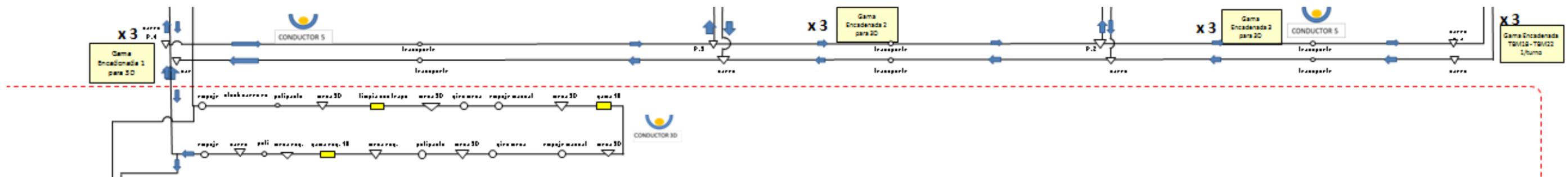


FIGURA 28. FLUJO A SALA 3D

FLUJO FISICO - CALIDAD FRECUENCIAL CARTER L1

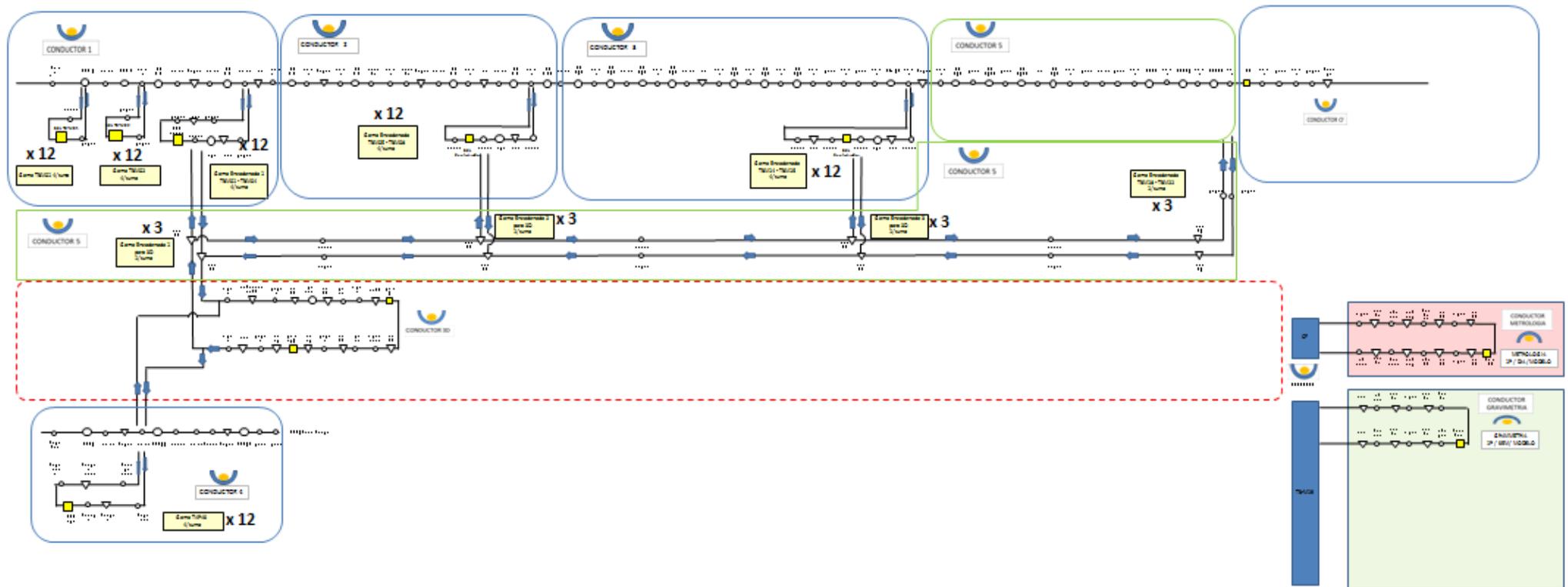


FIGURA 29. FLUJO FÍSICO COMPLETO CALIDAD

3.4.1.2.4 MANTENIMIENTO.

Para el flujo físico de mantenimiento se divide las operaciones del personal de mantenimiento en productos/objetos utilizados. A modo de ejemplo se incluye figura 30 en la que se puede ver el flujo físico que el operario sigue para el producto desengrasante.

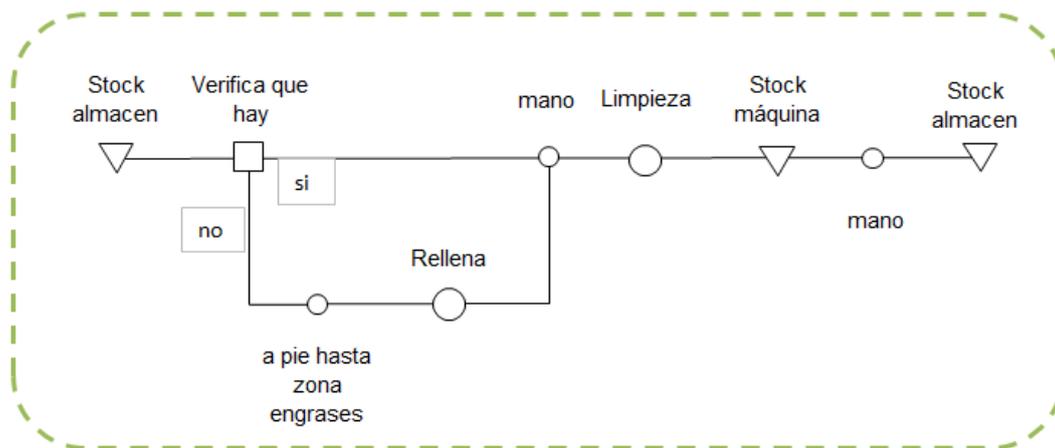


FIGURA 30. FLUJO FÍSICO DESENGRASANTE

3.4.1.3 OBSERVACIÓN CONTINUA.

La observación continua es una herramienta muy potente que permite analizar detalladamente todos los procesos de una actividad industrial.

Primero hay que conocer la actividad o el proceso a analizar, se desglosa este en sus tareas principales actividades o subactividades, pudiendo así clasificar cada tarea que se realiza en la operación.

Una vez desglosado el proceso en actividades elementales, se construye una plantilla específica (ver figura 31) para el proceso o actividad a analizar en el que aparezcan las posibles subactividades del proceso, se activa el cronometro y se va marcando la subactividad que se realiza en cada momento. Cuando se observa que esa actividad ha cambiado se anota el tiempo marcado en el cronometro. Así sucesivamente. De esta manera, restando el tiempo de "fin de actividad" con el tiempo "inicio de actividad" (ver figura 31) podemos saber el tiempo empleado en dicha actividad. Y con la suma total de todos los tiempos por actividad podremos saber el tiempo total de todas las subactividades y obtener porcentajes de (ver figura 32) cada una de ellas con respecto al total. Además se pueden contar pasos para cuantificar si el traslado en la actividad es excesivo.

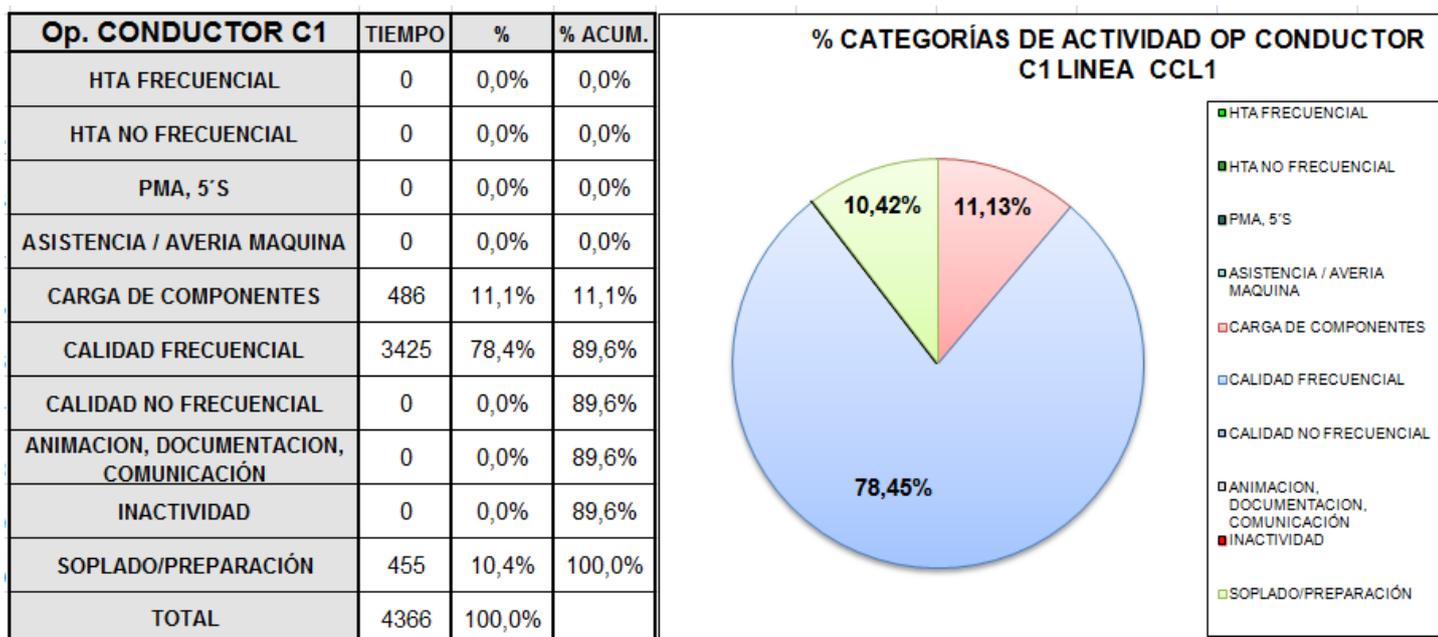


FIGURA 32. GRÁFICO RESULTADOS OBSERVACIÓN CONTINUA

3.4.1.4 SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (PSE)

Nos permite caracterizar el sistema industrial actual y objetivo, se analizan diferentes aspectos para valorar el nivel de satisfacción alcanzado. Buscamos controlar diferentes aspectos del taller: Organización de la jornada (figura33), madurez de los estándares (figura 34), polivalencia de los operarios (figura 35) y tratamiento de problemas (figura 36).

Para ello, verificamos las actividades desarrolladas en el taller y comparamos la forma de trabajar actual en el taller con un punto clave para cada aspecto. Obtenemos así el nivel de cumplimiento de cada aspecto. La puntuación que asignaremos a cada aspecto, es decir, lo cerca que nos encontramos del punto clave de cada aspecto irá del valor 1 (lejos del cumplimiento) al valor 5 (punto clave conseguido y asimilado por lo trabajadores). El valor 5 se denominará valor “cible”⁴⁹.

Esta herramienta nos permite comparar el desarrollo actual de nuestra línea con el objetivo a alcanzar, pudiendo comprobar la evolución de nuestro sistema.

⁴⁹ Es el objetivo al que aspiramos a medio plazo, es un paso más ambicioso que el simple objetivo.

ELEMENTO CONTROLADO		¿QUÉ VERIFICAR?	PUNTO CLAVE	NIVEL ACTUAL POR LÍNEA
				CCL1
Organización de la jornada		Los turnos de trabajo	¿Existe un estándar para adaptar los turnos a la producción?	4
		Los horarios de una jornada	¿Existe un estándar para adaptar los horarios a la producción?	4
		Las prolongaciones de jornada (horas extra)	¿Existe un estándar para realizar horas extras según la producción?	5

FIGURA 33. PSE ORGANIZACIÓN

ELEMENTO CONTROLADO		¿QUÉ VERIFICAR?	PUNTO CLAVE	NIVEL ACTUAL
				CCL1
Madurez de los estándares (Operaciones cíclicas)	Perímetro de estandarización	El número de operaciones cíclicas realizadas por los operarios que están estandarizadas	¿Tienen los operarios un estándar para cada una de sus	2
	Calidad de los estándares	Los estándares están contruidos de acuerdo con las reglas del grupo.	¿Las operaciones estándar están claramente descritas?	4
	Calidad de los tiempos	Los tiempos estándar existentes en los estándares: tiempo total, tiempos máquina, tiempos por etapas principales,...	¿Los tiempos estándar son reales?	4
Madurez de los estándares (Operaciones no-cíclicas)	Perímetro de estandarización	Número de operaciones no-cíclicas realizadas por los operarios que están estandarizadas	¿Tienen los operarios un estándar para cada una de sus	3
	Calidad de los estándares	Los estándares están contruidos de acuerdo con las reglas del grupo.	¿Las operaciones estándar están claramente descritas?	3

FIGURA 34: PSE ESTÁNDARES

ELEMENTO CONTROLADO	¿QUÉ VERIFICAR?	PUNTO CLAVE	NIVEL ACTUAL POR LÍNEA
			CCL1
Polivalencia y Policompetencia	El management implantado para gestionar el nivel de polivalencia y las competencias de mis operarios.	¿Cómo aprovecho mi organización para aumentar las competencias de los operarios?	3

FIGURA 35. PSE POLIVALENCIA OPERARIOS

ELEMENTO CONTROLADO		¿QUÉ VERIFICAR?	PUNTO CLAVE	NIVEL ACTUAL POR LÍNEA
				CCL1
Tratamiento de problemas	Protección cliente	Mecanismos implantados para proteger al cliente en caso de problema de calidad o cualquier situación imprevista.	¿Conoce cualquiera cómo proteger al cliente en el caso de un problema de calidad?	5
	Visualización y notificación de problemas	Mecanismos de alerta y comunicación de un problema, disfuncionamiento,...	¿Cualquier puede ver inmediata y precisamente un problema?	4
	Resolución de problemas	Mecanismos implantados para resolver los problemas a través de la búsqueda de las causas raíz.	¿Las causas raíz son eliminadas?	5

FIGURA 36. PSE TRATAMIENTO DE PROBLEMAS

3.4.1.5 MAPA DE LA CADENA DE VALOR (VSM).

3.4.1.5.1 INTRODUCCIÓN VSM

El “Mapa de la Cadena de Valor” o “Value Stream Mapping” (VSM), figura 47, es una representación esquemática del proceso que nos permite identificar las operaciones que añaden valor al proceso con respecto a aquellas actividades que podríamos considerar despilfarros, de esta manera podremos focalizar nuestros esfuerzos en la dirección adecuada para eliminar los despilfarros. El VSM contiene además el análisis de todas las comunicaciones e informaciones del proceso, reflejando así todas las variables que intervienen en el sistema.

En el VSM se reflejará el flujo de materiales junto con el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente, es decir, reflejamos todas aquellas actividades que conforman la organización, obtenemos así la cadena de valor (actividades necesarias para transformar las materias primas en el producto final).

3.4.1.5.2 SIMBOLOGÍA

Para representar el mapa de la cadena de valor utilizaremos la simbología de la figura 37.

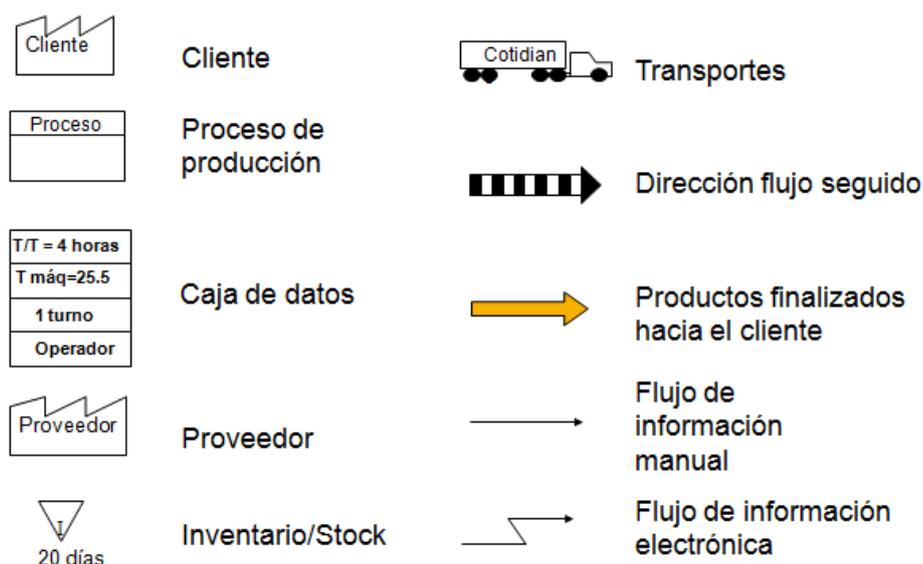


FIGURA 37. SIMBOLOGÍA VSM.

3.4.1.5.3 CARTOGRAFIA DE FLUJO DE VALOR

Empezaremos analizando las necesidades del cliente, remontando los procesos hasta la recepción de materias primas. Dividiremos el Value Stream Map en:

- Flujos físicos de material. Incluirá todas las etapas del proceso, en el caso de que exista diversidad de productos se incluirá. Además debemos representar los puntos de almacenaje de stocks y los modos de desplazamiento de los productos.
- Flujos de información. Representaremos el origen y destino de la información, su naturaleza y el modo de transmisión de la misma.

La cartografía se realizará inicialmente en el terreno a modo de croquis, de forma que intentemos reflejar lo mejor posible la cadena de valor observada.

Comenzaremos con los procesos relativos al cliente y recorreremos la totalidad de la cadena de valor del conjunto de procesos observados hasta llegar a la recepción.

3.4.1.5.3.1 CLIENTE

Posicionaremos el símbolo del cliente en la parte superior derechas del documento. Cada cliente tendrá una caja asociada donde figurarán los datos relativos al cliente que creamos que es de utilidad reflejar: número de piezas, diversidad, etc. En la figura 38 se puede ver un ejemplo de uno de los clientes de la línea.



FIGURA 38. CAJA CLIENTE

3.4.1.5.3.2 PROCESOS INTERNOS

Se representaran únicamente los procesos de producción de base, indicando el número de trabajadores en cada proceso. Al igual que en la representación del cliente incluiremos en una caja asociada aquella información que creamos que es relevante para que pueda ser interpretado posteriormente de forma óptima. En la figura 39 se muestra a modo de ejemplo la caja de un proceso interno, en la figura 40 se puede ver los dos procesos de producción base de nuestra línea. Indicaremos en la parte superior de la caja el número de operarios que requiere el proceso.

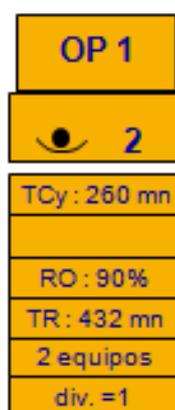


FIGURA 39. EJEMPLO DE PROCESO INTERNO

- TCy (Tiempo de ciclo). Representa la duración de la operación desde que la pieza entra en la primera máquina de la misma hasta que sale del último proceso de la operación.
- RO (Rendement Opérationnel). Rendimiento operativo de cada operación.
- TR (Temps requis). Tiempo necesario para realizar la operación.
- div. Diversidad de fabricación que produce la línea, también lo llamaremos mix de fabricación.

PROCESO 1	
9 personas/turno	
Turnos:	15
Chatarra	0,020%
Ro real:	81%
OP Cuello bot	OP D
Tcy CB	0,65
CR Min	
Mix fab	MODELO 1/2
Prod media/d	1770
Tiempo Proceso	4

PROCESO 2	
CCL1	
1 pers/turno	
Turnos:	15
Chatarra	
Ro real:	
OP Cuello bot	11
Tcy CB	0,65
CR Min	
Mix fab	MODELO 1/2
Prod media/d	7080
Tiempo Proceso	2

FIGURA 40. PROCESOS BASE LÍNEA

3.4.1.5.3.3 PUNTOS DE ALMACENAMIENTO

Localizaremos todos los stocks intermedios y los cuantificaremos. Cuantificaremos el stock en número de piezas o en días de cobertura. Lo representaremos con un triángulo invertido (figura 37) y junto a él indicaremos el stock existente. En la figura 41 se muestra parte del stock inicial de uno de los procesos de la línea.

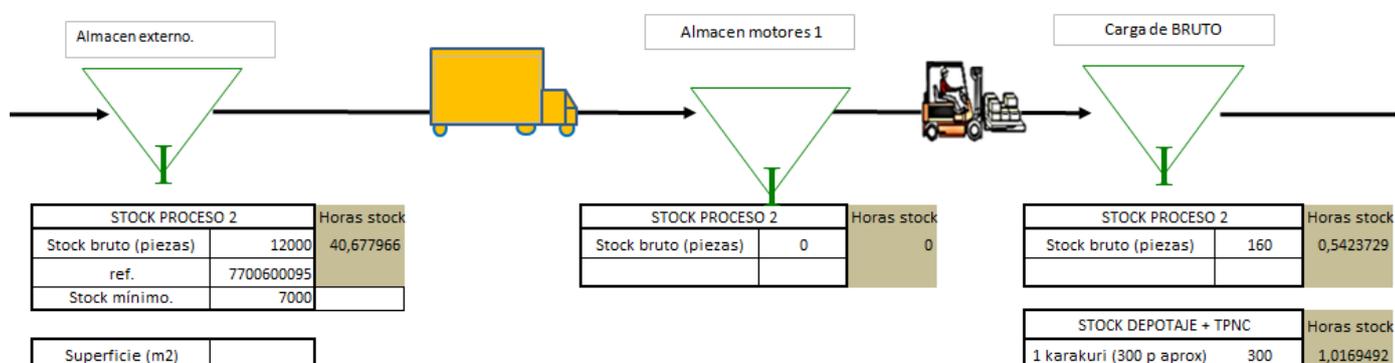


FIGURA 41. STOCKS PROCESO 2 LÍNEA

3.4.1.5.3.4 FLUJO DE APROVISIONAMIENTO/ENTREGAS

Los flujos de aprovisionamiento y de entrega se representa con una flecha grande inclinada con un icono de transporte, figura 42. Si la flecha esta inclinada hacia arriba indicará que el flujo es de salida, serán nuestros clientes. Si la flecha por el contrario se inclina hacia abajo nos indicará que el flujo de material está entrando en el proceso, serán nuestros proveedores. Ver figura 42, en la que aparece la representación del flujo de material de aprovisionamiento proveniente de uno de los proveedores de la línea.



FIGURA 42. FLUJO APROVISIONAMIENTO

3.4.1.5.3.5 PROVEEDORES

Representaremos los flujos de aprovisionamiento de las materias primas principales, en nuestro caso bruto de cárter de cilindros y bruto de tapa de bancada. Cada proveedor tendrá una caja asociada en la que indicaremos toda la información que consideremos relevante, ver figura 43 en la que se muestra los proveedores de materias principales de la línea. Se situarán en la parte superior izquierda del diagrama.

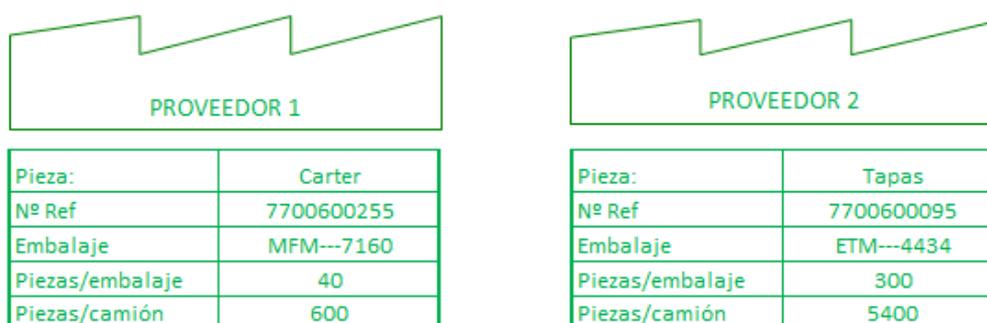


FIGURA 43. PROVEEDORES

3.4.1.5.3.6 FLUJOS DE INFORMACIÓN

Los flujos de información se representaran en la parte superior del diagrama. Podremos tener dos tipos de flechas dependiendo del tipo de flujo de información:

- Flujo de información físico. Se representará mediante una flecha recta y nos indicará que la información se transmite de forma física, por ejemplo papel.
- Flujo de información electrónico o informático. Se representará mediante una flecha en forma de relámpago y nos indicará que la información se transmite mediante medios electrónicos. Ver figura 44.

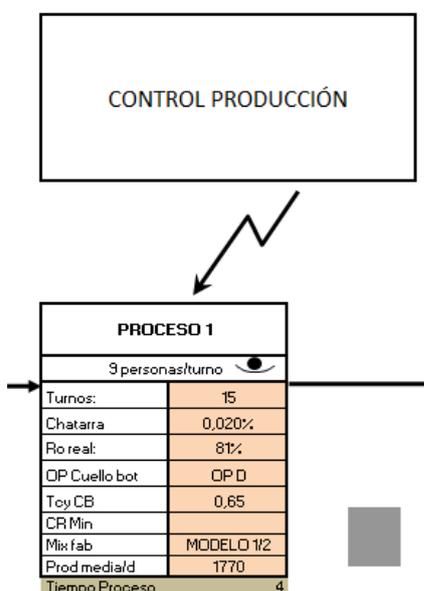


FIGURA 44. FLUJO DE INFORMACIÓN ELECTRÓNICO

3.4.1.5.4 CÁLCULO DE TIEMPOS

1. Convertir los stocks en tiempo de consumo.

$$\text{Tiempo de consumo} = \frac{\text{n}^\circ \text{ piezas (stocks+proceso)}}{\text{Consumo diario}}$$

Por ejemplo: En nuestra línea se consumen 1770 piezas al día. Es decir, 590 piezas al turno o lo que es lo mismo 73,755 piezas en una hora, el tiempo de consumo de la célula de carga de la figura 45 será:

$$\text{Tiempo de consumo} = \frac{320 \text{ piezas}}{73,75 \text{ piezas/hora}} = 4,3389 \text{ horas}$$

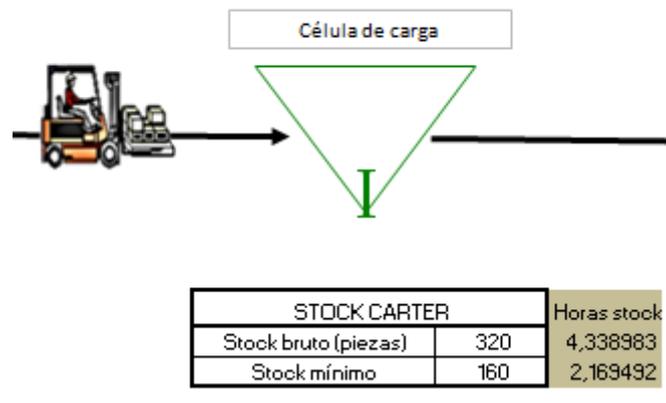


FIGURA 45. EJEMPLO CALCULO TIEMPO DE CONSUMO

Realizaremos el mismo procedimiento para todos los stocks, obteniendo así el tiempo de consumo total de la línea, ver figura 46.

2. Añadir en paralelo los tiempos de Valor Añadido. Consideraremos tiempo de valor añadido aquellos en los que la pieza está transformándose mediante mecanizado, ya que este proceso es el que el cliente demanda. Ver figura 46.
3. Calcular el tiempo de duración de los procesos haciendo la suma de todos los tiempos, este tiempo será el Lead Time o Tiempo de Proceso.

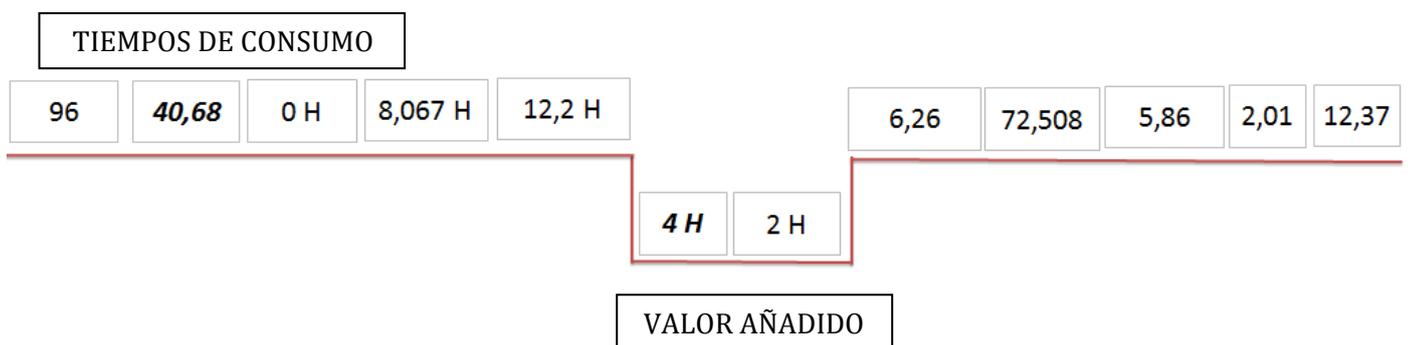


FIGURA 46. TIEMPOS DE CONSUMO FRENTE A TIEMPO DE VA

$$\text{Tiempo de proceso} = \frac{\text{nº piezas (stocks+proceso)}}{\text{Demanda del cliente}} = 261,955 \text{ horas}$$

3.4.1.5.5 RENDIMIENTO DEL FLUJO DE VALOR.

Con los tiempos de consumo calculados y sabiendo el tiempo que empleamos en realizar los procesos que generan valor añadido, podremos saber el rendimiento del proceso:

$$\text{Rendimiento proceso} = \frac{\text{Tiempo Valor Añadido}}{\text{Tiempo Proceso}}$$

Antes de realizar la división es importante transformar el tiempo de proceso en función del tiempo de apertura diario.

Contamos con tres turnos de 8 horas pero en cada turno hay un descanso de 15 minutos, por lo tanto el tiempo de apertura diario será 23,15 horas

$$\text{Tiempo de apertura} = 23,15 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 1389 \frac{\text{min}}{\text{día}}$$

$$\text{Tiempo de proceso} = 261,955 \text{ horas} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 10,9148 \text{ días}$$

Entonces el Tiempo de proceso en función del Tiempo de apertura será:

$$\text{Tiempo de proceso} = 1389 \frac{\text{min}}{\text{día}} * 10,9148 \text{ días} = 15160,6 \text{ min}$$

El rendimiento del proceso quedará:

$$\text{Rendimiento proceso} = \frac{360 \text{ min}}{15169,6} * 100 = 2,37455\%$$

3.4.1.6 CARTOGRAFÍAS DE FLUJO.

Utilizamos las cartografías de flujo para representar los distintos flujos de la línea de forma global y sobre el mapa de la línea. Esta herramienta nos permite tener una visión global de los flujos de la línea y servirnos de referencia para la búsqueda de despilfarros. En las figuras 48 y 49 podemos ver las cartografías de flujo de la línea para herramienta y logística respectivamente.

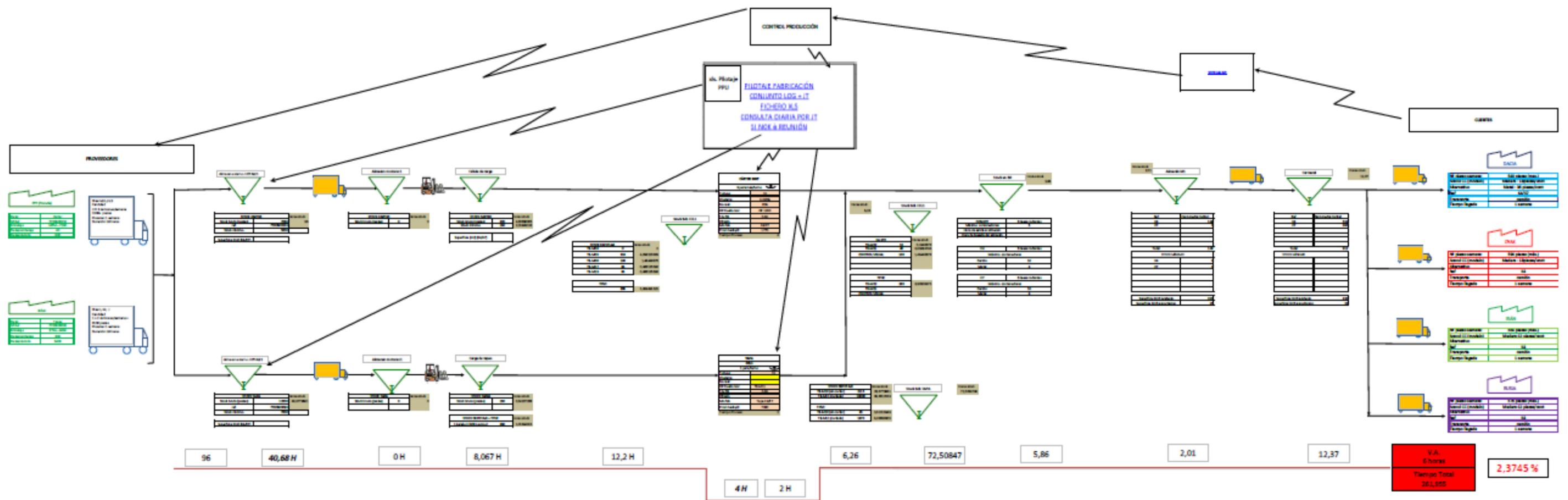


FIGURA 47. VSM COMPLETO

3.4.1.6.1 CARTOGRAFIA DE FLUJO HERRAMIENTAS

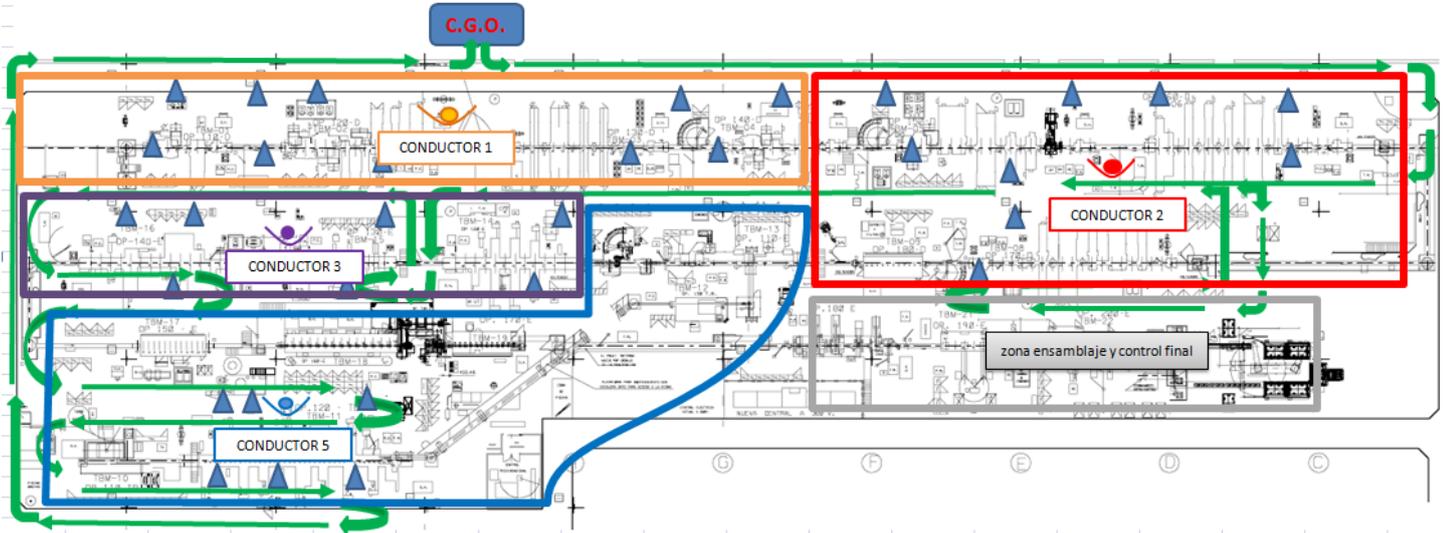


FIGURA 48. CARTOGRAFIA FLUJO HTA.

3.4.1.6.2 CARTOGRAFIA DE FLUJO LOGÍSTICA

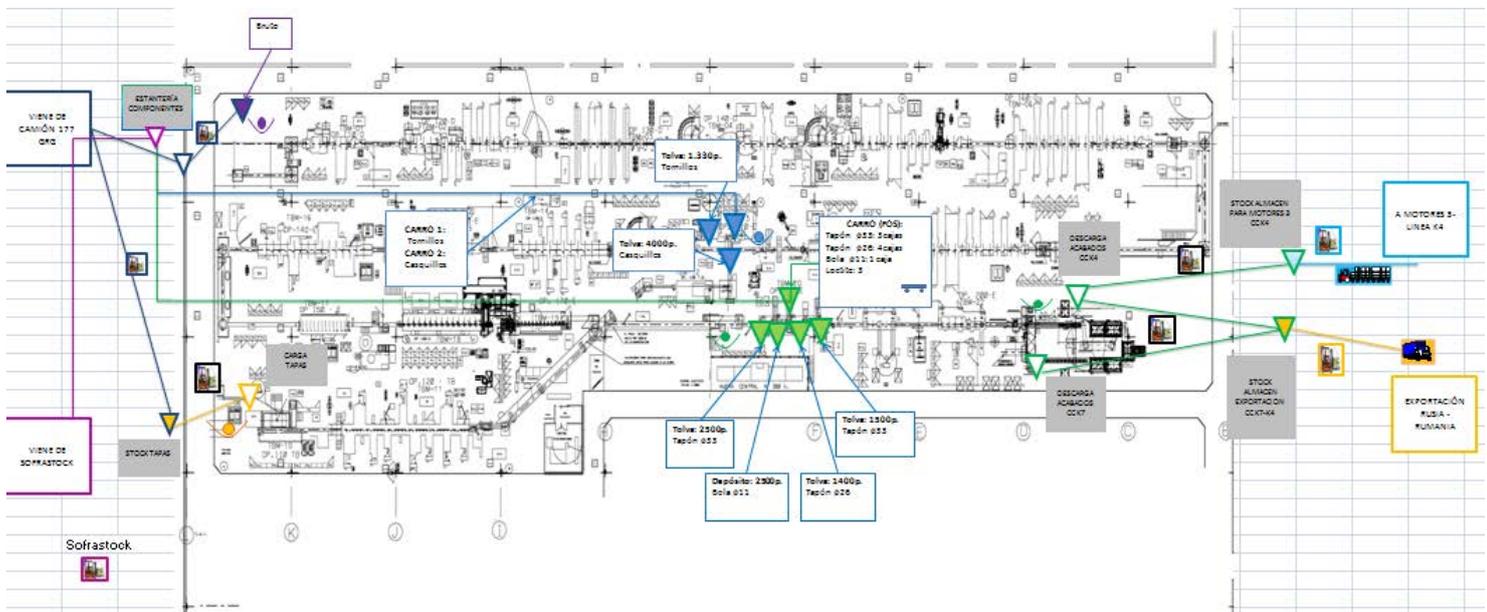


FIGURA 49. CARTOGRAFIA FLUJO LOGÍSTICA

3.4.2 ANÁLISIS

3.4.2.1 TRES PILARES DEL PROCESO PRODUCTIVO

A la hora de clasificar las acciones para introducir las mejoras dividiremos las actividades de producción en tres pilares básicos.

3 pilares del sistema industrial:

- 1er Pilar Mecanismo de transfert.
 - Organización de la producción
 - Tamaño de los lotes de aprovisionamiento
 - Organización de los stocks
 - Tamaño de los lotes de producción
 - Tipo de embalaje
 - Medio de transporte

- 2º Pilar Mecanismo de proceso.
 - Edificios
 - Características de las instalaciones
 - Instalaciones auxiliares
 - Concepción proceso
 - Útiles especificados
 - Implantación

- 3er Pilar Mecanismo de gestión de actividades.
 - Organización y flexibilidad del trabajo
 - Estandarización
 - Tratamiento de problemas

3.4.2.2 INDICADORES CLAVE DE PROCESO (KPI´S)

Todos los objetivos y planes de acción se deberán evaluar con indicadores fiables, de esta manera tendremos una visión objetiva del estado de nuestro proceso. Se utiliza para designar a estos indicadores el acrónimo KPI (Key Performance Indicator o Indicador LLave de Proceso) serán los indicadores clave de que evalúan nuestro sistema y nos permiten obtener un dato objetivo para poder medir nuestra evolución o compararnos con otras líneas o factorías.

Dividiremos los indicadores clave según su naturaleza en indicadores de rentabilidad o de competitividad, ver cajas 1 y 2 de la figura 50:

- Rentabilidad. Será la productividad económica y/o financiera:
 - Euros/pieza
 - FIP (Financial Improvement Plan). Plan de mejora financiera.⁵⁰
- Competitividad. Será la productividad de los procesos que nos permitirán compararnos con el resto de fabricantes.
 - DSR (Design Standar Time). Será el tiempo teórico calculado a partir del diseño de concepción del producto o del proceso.
 - DSRT (Design Standar Time Ratio). Será el ratio entre el tiempo real empleado en la fabricación de un producto y el tiempo teórico de diseño (DST). Utilizamos este “KP”I para medir la productividad de nuestro proceso o producto, si nos alejamos del tiempo de diseño significará que tenemos actividades de no valor añadido que debemos eliminar.
 - TE (Temps d’ecoulement). Lo hemos denominado arriba como Lead Time o Tiempo de Proceso. Tiempo necesario para fabricar una pieza desde el inicio hasta el final del proceso completo.
 - MU. Hace referencia a la cantidad de chatarra que genera la línea, es decir, piezas que no pueden ser reparadas.
 - JPMH (Job Per Man Hour). Trabajo realizado por un operario a la hora.

⁵⁰ <https://gnpec.org/institutional-effectiveness-resources/financial-improvement-plan/>

3.4.2.3 CUATRO CAJAS

Dividiremos la planificación para la introducción de mejoras en cuatro cajas. Ver figuras 50 y 51.

- Caja 1. En esta caja reflejaremos los resultados de la línea o del sistema de producción a mejorar. Es importante que los resultados sean objetivos utilizando indicadores fiables ya que estos indicadores nos servirán de comparativa para análisis posteriores.
- Caja 2. En esta caja quedará reflejado los resultados que tenemos como objetivo, deberán ser unos objetivos ambiciosos pero que consideremos alcanzables dentro de las características de nuestra línea. A estos objetivos se los denominará WTB (Want To Be).
- Caja 3. Reflejamos el modo de funcionamiento actual de todas aquellas actividades que creemos que no se están realizando de la manera óptima, dividiendo estas en los tres pilares arriba mencionados según el tipo de actividad
- Caja 4. En esta caja se representará como queremos que sea el modo de funcionamiento futuro de todas aquellas actividades que hemos reflejado en la caja tres y que consideramos que pueden ser mejorables

En las cajas 3 y 4 dividiremos los diferentes modos de funcionamiento (actual y futuro) en tres pilares, ver figura 50, según el tipo de actividad.

Para nuestra línea podríamos completar la figura 52 con el modo de funcionamiento de las actividades actualmente a la izquierda y como queremos que se desarrollen las mismas en el futuro a la derecha.

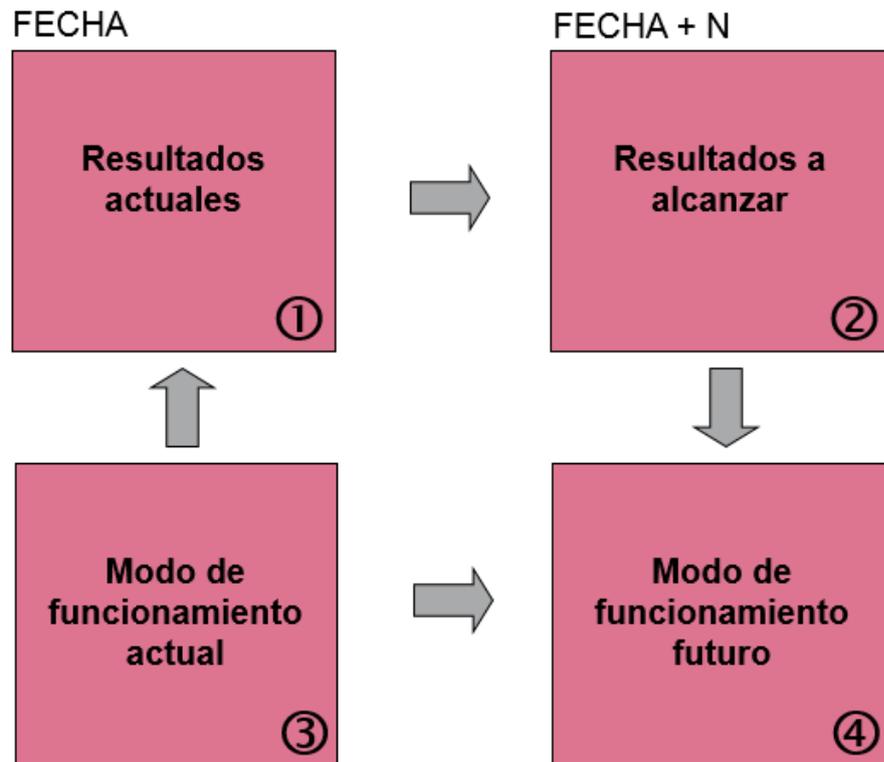


FIGURA 50. CUATRO CAJAS I

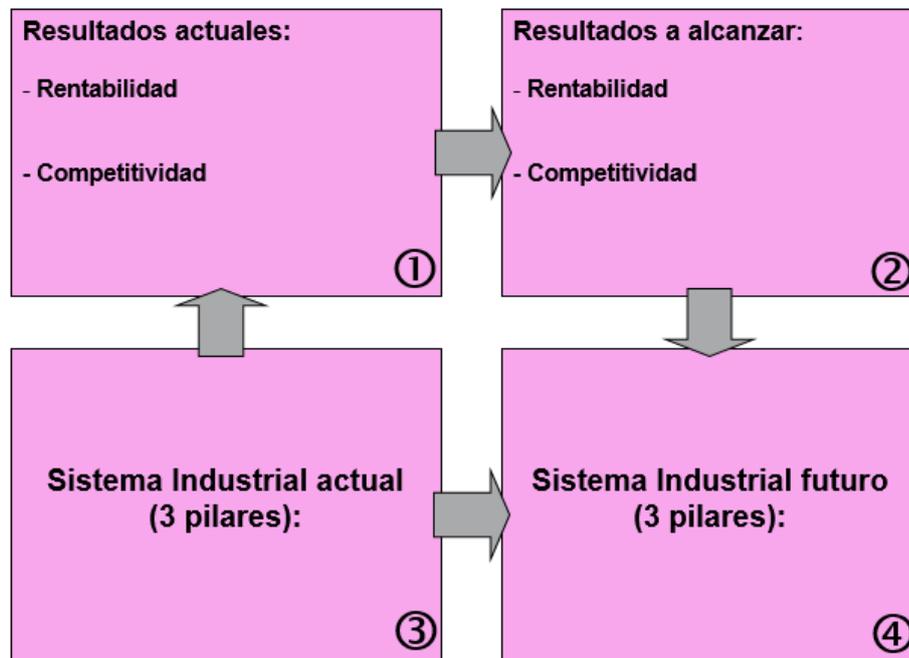


FIGURA 51. CUATRO CAJAS II

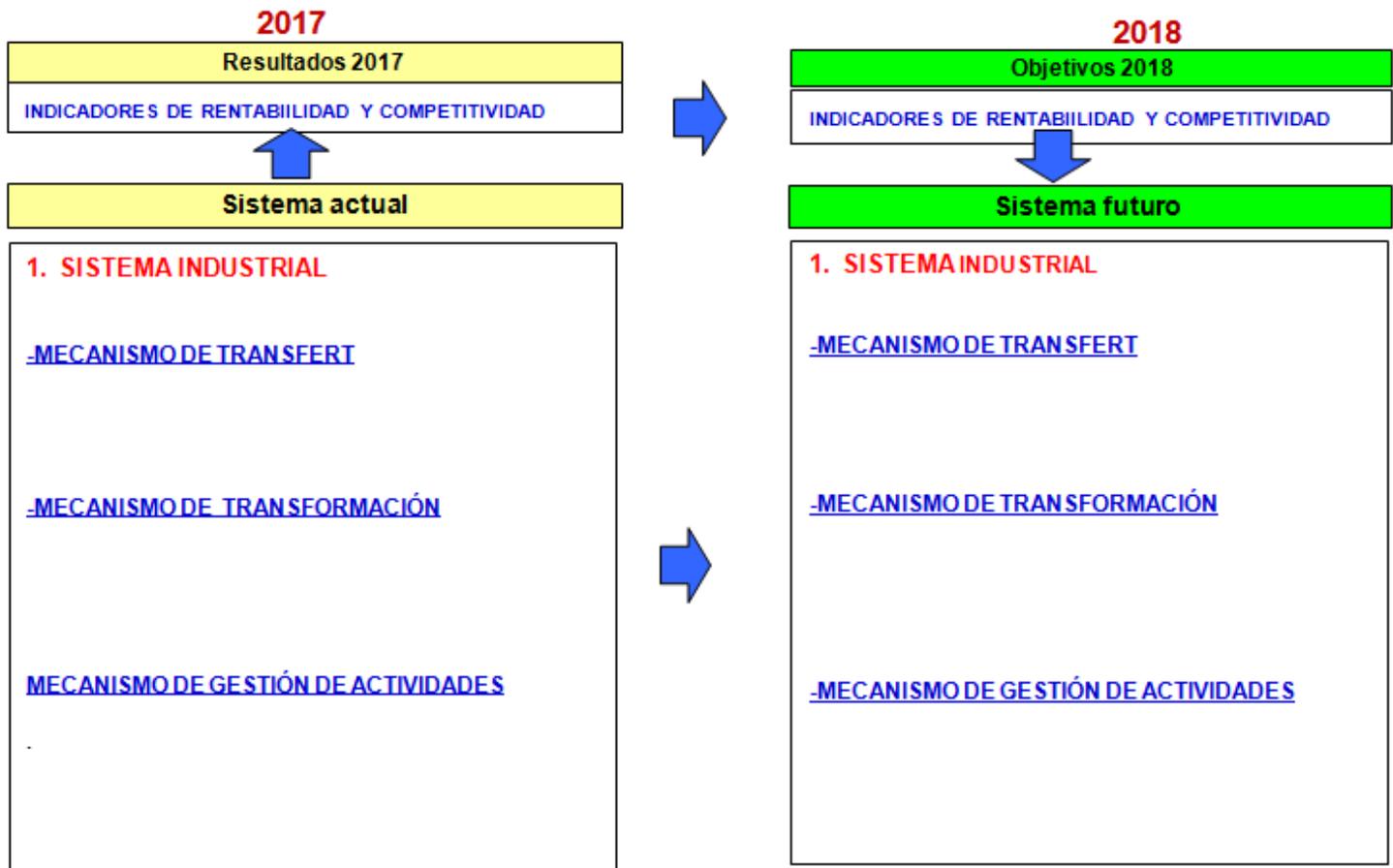


FIGURA 52. EJEMPLO DE 4 CAJAS

3.4.2.4 SEMINARIO LEAN

Una vez recogidos datos de diferentes aspectos de la línea según la metodología del grupo, se procede a realizar un seminario que llamaremos “Seminario Lean”.

En el “Seminario Lean” participarán todos los actores principales de nuestro proceso productivo:

- Jefe de Departamento
- Adjunto al Jefe de Departamento
- Jefe de Mantenimiento
- Jefe de Taller
- Jefe de Mejora Continua
- Jefes Unidad de la línea
- Responsable de Logística
- Responsable de Calidad

- Personal de Mejora Continua encargado de recoger datos.

Inicialmente el Jefe de Taller explicará los objetivos marcados hasta la fecha y el nivel de consecución de los mismos. Si no hemos llegado a los objetivos marcados hasta esa fecha será porque hay cosas que siguen sin hacerse de forma eficiente. Si hemos conseguido los objetivos no deberemos ser conformistas y tendremos que buscar nuevas vías de mejora para conseguir nuevos objetivos más ambiciosos.

Para ello, se analizará toda la información recogida de la línea con la finalidad de encontrar despilfarros, es decir, actividades o procesos que no crean valor añadido a nuestro producto y que por lo tanto deberemos intentar eliminar.

Según se vayan exponiendo la información recogida de la línea, cada actor participante en el seminario deberá anotar en un pequeño folio todas aquellas actividades que a su juicio son un despilfarro o todos aquellos problemas que crea que presenta la línea. Contar con un equipo multidisciplinar en el seminario nos permitirá obtener diferentes puntos de vista de la información obtenida de la línea, haciendo mucho más potente la búsqueda de despilfarros.

Cuando se haya expuesto toda la información recogida de la línea, se dividirán los problemas recogidos en los folios en función de los tres pilares del proceso productivo. El grupo de trabajo también se dividirá en función de los tres pilares encargándose cada grupo de un pilar y proponiendo posibles soluciones a los problemas detectados.

El “Seminario Lean” será el punto de partido para la aplicación de las mejoras de manera continua que se pilotará a través del Jefe de Taller.

3.4.3 PILOTAR.

3.4.3.1 COMPROMISO.

En este punto debemos validar el perímetro preciso de actuación para cada acción de mejora, componer el grupo que va a intervenir en la acción con sus funciones claramente indentificadas.

Se realiza una carta de compromiso en la que los responsables de las acciones deberán indicar su propósito de mejora, la identificación de las posibles ganancias y el plan de acción de recogida de riesgos.

3.4.3.2 PLANING.

En este punto del proceso nos deberemos asegurar del respeto de los compromisos y de los planes de acción que hemos definido, para ello se realizará una reunión semanal en la que se pilote el seguimiento de las acciones de mejora abiertas y se abran nuevas siguiendo el plan marcado en las cuatro cajas (ver figura 52).

El responsable de las reuniones, designado en la carta de compromiso, asignará las acciones de mejora a los jefes de unidad (responsable del grupo de trabajo en un turno de la línea) y se marcará una fecha de cierre para dicha acción. En la reunión semanal se pondrá en común los avances en las mejoras y se abrirán nuevas acciones si se requiere. A la reunión deberán asistir los responsables de calidad, herramienta y mantenimiento así como los jefes de unidad del taller que en ese momento se encuentren en la factoría. De esta manera la “tormenta de ideas” para resolver los problemas y encaminar las acciones de mejora será muy potente al contar con un equipo multidisciplinar.

CAPÍTULO 4.

ANÁLISIS MANO DE OBRA DIRECTA.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS MANO DE OBRA DIRECTA.

4.1 INTRODUCCIÓN

Como ya se comentó en la sección 3.4.1.1.3 la línea funciona con un modo de trabajo que denominamos “trabajo en aleas” la idea de mejora es intentar que se trabaje a la “gama” es decir que exista un operario dedicado a cada una de las tareas fundamentales de la línea: mantenimiento, reglaje de herramienta, medición sala tridimensional, cambio de herramienta, control de calidad intermedios (también llamados bordes de línea), control calidad final (también llamado control visual) y descarga de la línea.

Para poder cambiar la distribución de los puestos de trabajo lo que debemos hacer es cuantificar el tiempo que necesitamos para poder realizar las funciones de la línea de forma óptima y traducir dicho tiempo a mano de obra directa, además, se debe buscar despilfarros de tiempo que puedan ser eliminados de forma rápida y sencilla.

4.2 CUANTIFICACIÓN MANO DE OBRA DIRECTA (MOD)

4.2.1 ANÁLISIS CGO Y SALA 3D

Se realizó un análisis para determinar el número de operarios, mano de obra directa, necesarios para desarrollar los trabajos de reglaje de las herramientas de mecanizado que necesita la línea y la mano de obra directa necesaria para realizar la tareas de medición de piezas en la máquina tridimensional. Actualmente el reglaje de herramientas y la medición de piezas en la máquina tridimensional la realizan dos personas que se dedican a realizar ambas actividades según las necesidades diarias de la línea.

4.2.1.1 OBSERVACIONES CONTINUAS

Para poder comprobar el tiempo que invierten en cada una de las actividades se realizaron observaciones continuas que nos permitan obtener datos objetivos de las necesidades de la línea en dichas actividades, además de permitirnos encontrar despilfarros y poder separar las actividades de valor añadido con las que no lo tienen. En la figura 53 podemos ver el desglose de las observaciones continuas y obtener porcentajes de cada una de las actividades permitiendo discernir entre actividades que debemos eliminar y reducir con aquellas que debemos mejorar, ver figura 54.

Actividades	Día 1	Día 2	Día 3	SUMATORIO		%
REGLAJE DE HERRAMIENTAS	8972	2300	8301	19573	0,577988	57,79884
DESPLAZAMIENTOS A LA LINEA REPARTOS	3006	2828	1315	7149	0,211109	21,11091
DOCUMENTAR	223	112	0	335	0,009893	0,989251
INACTIVIDAD	180	0	0	180	0,005315	0,531538
SOPLAR HTAS Fuera CGO	525	0	1090	1615	0,047691	4,769076
COMUNICACIÓN Cond/JU	814	333	0	1147	0,033871	3,387078
CALIBRAR MAQUINA COMIENZO TURNO	0	0	423	423	0,012491	1,249114
MEDICIONES TRABAJOS 3D	1780	0	0	1780	0,052563	5,256319
LAVAR HTAS	0	0	734	734	0,021675	2,167494
PMA - 5s	0	838	90	928	0,027404	2,740373

FIGURA 53. RESUMEN OBSERVACIÓN CONTINUA CGO Y 3D

4.2.1.2 CÁLCULO NÚMERO DE REGLAJES AL TURNO

Sabiendo el frecuencial de cada herramienta, es decir el tiempo que la herramienta puede estar trabajando antes de ser reglada de nuevo, podemos obtener el número de veces que cada herramienta debe ser reglada al turno.

Por ejemplo: Para una herramienta con un frecuencial de 1000 piezas, es decir, no tendríamos que reglarla hasta que haya mecanizado 1000 piezas y teniendo en cuenta que solo se utiliza en 1 centro de mecanizado. Podríamos saber el número de veces que debe ser reglada al turno dividiendo la producción al turno entre el frecuencial de cada herramienta.

$$\text{Reglajes al turno} = \frac{\text{Producción diaria}^{51}}{\frac{\text{n}^{\circ} \text{ centros de mecanizado}}{\text{frecuencial herramienta}}}$$

$$\text{Reglajes al turno} = \frac{600}{\frac{1}{1000}} = 0,6$$

4.2.1.3 CÁLCULO TIEMPOS DE REGLAJE AL TURNO

El tiempo de reglaje de una herramienta al turno lo podremos obtener de multiplicar el tiempo de reglaje de la herramienta por la cantidad de reglajes que es necesario realizar al turno para que dicha herramienta mecanice de manera correcta. En la figura 55 se muestra el listado de los tiempos de reglaje al turno de todas las herramientas que componen la línea.

De esta manera podemos poner un valor límite para considerar una herramienta como penalizante o no, es decir aquellas herramientas cuyo reglaje nos supone un gran tiempo ya sea por el número de reglajes que necesita o por el elevado tiempo que supone el propio reglaje. En la figura 56 se muestran en rojo las herramientas que consideramos penalizantes considerando un valor límite de 20 min (2000 cmin). Aquellas herramientas penalizantes centraran en mayor medida nuestros esfuerzos de mejora.

4.2.1.4 CÁLCULO DE MANO DE OBRA EN REGLAJE Y 3D

Sumando el tiempo de reglaje al turno de todas las herramientas de nuestra línea podremos saber el tiempo total que necesitamos en mano de obra directa para mantener todas las herramientas de la línea correctamente regladas. Sabiendo los minutos totales que necesitamos para reglar las herramientas en un turno y que un operario trabaja 465 minutos al turno⁵² podremos obtener la necesidad de mano de obra directa para el reglaje de

⁵¹ Consideramos la producción diaria como 600 para redondear los valores e intentar cuadrar los cambios de herramienta con los controles de calidad intermedios y las paradas programadas de manera más sencilla.

⁵² Jornada de 8 horas menos 1 minutos de almuerzo,

herramientas. En la figura 55 se ve el número de operarios de reglaje que son necesarios en un turno.

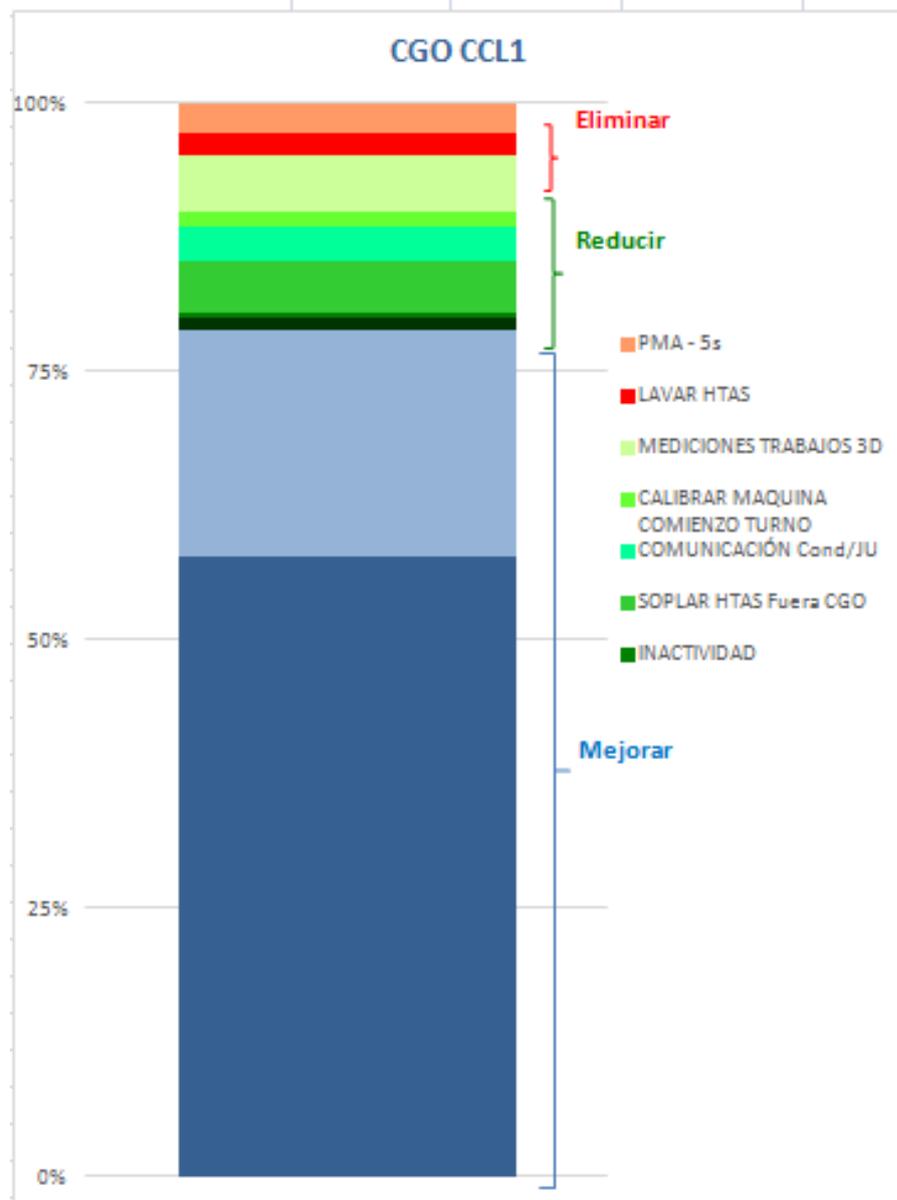


FIGURA 54. DESGLOSE ACTIVIDADES CGO

Tiempo de reglaje		1operario= . 465		
	cmin	min	horas	operarios(TOTAL)
Turno	83023,48	830,2348214	13,8372	1,785451229
3 turnos	249070,45	2490,704464	41,5117	5,356353687
15 turnos	1245352,23	12453,52232	207,559	26,78176843

FIGURA 55. MOD REGLAJE

Comprobamos en la figura 55 que necesitamos 1,785 personas para reglar herramientas. Como no podemos tener un número no entero de personas, repartiremos dicho trabajo entre 2 personas y el tiempo sobrante lo dedicaremos a otras tareas.

Nombre cesta.	OP	Hta.	Frecuencial	Tiempos de reglaje	Turno	Tiempo Reglaje Turno (cmin)
BA0221	110D	Fresado 411/412	1000	40	0,60	2400,00
BA0521	110D	Lamados 401/403/415/417	1500	20	0,40	800,00
BA0522	110D	Fresado 340	2000	60	0,30	1800,00
BB0221	120D	Desb. C600-Fresado	800	60	0,75	4500,00
BB0411	120D	Desb. C500-Fresado	800	60	0,75	4500,00
BB0621	120D	Desbaste cil. Ø78,2	800	60	0,75	4500,00
BB0821	120D	Desbaste cil. Ø78,2	800	60	0,75	4500,00
BB0911	120D	Cota 27 + Desb. L.C.	1000	30	0,60	1800,00
BB1111	120D	Marcado	15000	5	0,04	20,00
BB1311	120D	Fresado ancho palieres	6000	60	0,10	600,00
BC0211	130D	P1-P3	10000	15	0,06	90,00
BC0213	130D	633/634	10000	10	0,06	60,00
BC0221	130D	502/504	10000	15	0,06	90,00
BC0411	130D	606/602-605,607-611/633/634	32000	60	0,02	112,50
BC0212	130D	602-611	10000	50	0,06	300,00
BC0412	130D	P1-P2-P3 semi	32000	15	0,02	28,13
BC0421	130D	502/504	32000	10	0,02	18,75
BC0422	130D	505/514	32000	10	0,02	18,75
BC0511	130D	P1-P2-P3 acabado	20000	15	0,03	45,00
BC0512	130D	602/603/604	20000	15	0,03	45,00
BC0513	130D	605/606/607	20000	15	0,03	45,00
BC0514	130D	608/609/610	20000	15	0,03	45,00
BC0515	130D	611-633/634 Acabado	20000	15	0,03	45,00
BC0522	130D	505-514	20000	10	0,03	30,00

BC0711	130D	612-627	10000	80	0,06	480,00
BC0721	130D	505/514	10000	0	0,06	0,00
BC0722	130D	506-513	10000	50	0,06	300,00
BC0911	130D	612-627/633/634	5000	80	0,12	960,00
BC0912	130D	Macho M10x1,5	5000	60	0,12	720,00
BC0921	130D	Macho M10x1,5	5000	60	0,12	720,00
BD0311	140D	Desb. C100	1500	60	0,40	2400,00
BD0521	140D	Desb. C300	1000	60	0,60	3600,00
BD0811	140D	124	400	5	1,50	750,00
BD0821	140D	324	400	5	1,50	750,00
BE0211	150D	Desb. C100	800	60	0,75	4500,00
BE0611	150D	Pic. y chaf. p.central / 219 -Ancho palier central	4000	30	0,15	450,00
BE0811	150D	1ª parte 635	8000	5	0,08	37,50
BE0821	150D	1ª parte 501	6000	10	0,10	100,00
BE0911	150D	1ª Parte 503	8000	5	0,08	37,50
BE0921	150D	Taladrado 2ª fase 501 y 503	2500	10	0,24	240,00
BE1111	150D	1ª parte 628-632	2500	25	0,24	600,00
BE1311	150D	2ª parte 628-632	2500	25	0,24	600,00
BE1511	150D	Pissettes 642-645 K4M	1400	10	0,43	428,57
BF0211	160D	Fresado 201-204/206-207, Fresado 205/209,	2000	50	0,30	1500,00
BF0221	160D	Lamado del 416	1400	5	0,43	214,29
BF0222	160D	416	8000	5	0,08	37,50
BF0411	160D	209-207-201/204/205/206- 202-203	8000	40	0,08	300,00
BF0412	160D	Tal. + Lam. 216	600	15	1,00	1500,00
BF0413	160D	220	2000	10	0,30	300,00
BF0421	160D	416	6000	5	0,10	50,00
BF0611	160D	Lamado 208	2000	5	0,30	150,00
BF0612	160D	Taladrado del 208	6000	5	0,10	50,00
BF0613	160D	Mandrinado del 213- Chaflán 216	600	10	1,00	1000,00
BF0621	160D	405/406/407/414/418	6000	25	0,10	250,00
BF0622	160D	Lamados 405-407/414, 418	2000	10	0,30	300,00
BF0811	160D	209/209/216	5000	30	0,12	360,00
BF0812	160D	201/207/219/220	5000	5	0,12	60,00
BF0821	160D	405/406/407/414/418	5000	15	0,12	180,00
BF1011	160D	211	2000	5	0,30	150,00
BF1012	160D	Taladrado 2ª fase 210	2000	5	0,30	150,00
BF1013	160D	213	10000	5	0,06	30,00
BF1021	160D	401/406 escariado 402	10000	5	0,06	30,00
BF1022	160D	Lamado del 401/402/403	2000	15	0,30	450,00
BF1111	160D	210	10000	5	0,06	30,00

BF1121	160D	311/323/Fresado amarre alten P442365200	2000	20	0,30	600,00
BF1611	160D	290 Playa "rusa"	300	5	2,00	1000,00
BG0321	170D	Torre Ø62 Torre Ø35,8 Ø36,5 H8 Torre Ø34 Torre Ø35,5 Chaflán int. bomba agua 210/211/213/401/403/105 Desb. Ø34 en 360 Desb. Ø35,8+ch. Bomba	800	15	0,75	1125,00
BG0521	170D	Chaflán bomba/Acabado Ø36,5 Bomba/Chaflán Bomba	800	8	0,75	600,00
BG0522	170D	Voluta bomba de agua	800	15	0,75	1125,00
BG0821	170D	302/305/316/317	10000	60	0,06	360,00
BG1011	170D	105	10000	5	0,06	30,00
BG1012	170D	105	2000	10	0,30	300,00
BG1021	170D	Lamado del 124	8000	10	0,08	75,00
BG1022	170D	308/322	1500	5	0,40	200,00
BG1111	170D	Taladrado 324	1500	5	0,40	200,00
BG1112	170D	104	8000	30	0,08	225,00
BG1311	170D	Taladrado 124	10000	25	0,06	150,00
BG1321	170D	101/102/103/106	6000	5	0,10	50,00
BG1322	170D	301/302/303/304a306/307/313/314/315/316/317a319	6000	50	0,10	500,00
031-H	170D	Desb. retén Ø98/Desb. Aloj.Cig. Ø50,7 P1-P2/Desb. Chaf. retén Ø98	6000	10	0,10	100,00
032-H	120E	Desb. Aloj.Cig. Ø50,7 P3-P4-P5/Semi-acab. Aloj. Cig. Ø51,4	500	2	1,20	240,00
051-H	120E	Semi-acab. retén Ø99,6/Acab. Chaf. retén Ø100/Semi-acabado L.C.	500	15	1,20	1800,00
051-H	120E	Semi-acab. retén Ø99,6/Acab. Chaf. retén Ø100/Semi-acabado L.C.	500	10	1,20	1200,00
051-H	120E	Semi-acab. retén Ø99,6/Acab. Chaf. retén Ø100/Semi-acabado L.C.	1500	15	0,40	600,00
051-H	120E	Semi-acab. retén Ø99,6/Acab. Chaf. retén Ø100/Semi-acabado L.C.	500	10	1,20	1200,00
052-H	120E	Broca Ø7,5/11	32000	20	0,02	37,50
071-H	120E	Acab. Aloj. Cig. Ø51,872/Acab. Al.Retén Ø100	12000	15	0,05	75,00
071-H	120E	Acab. Aloj. Cig. Ø51,872/Acab. Al.Retén Ø101	500	5	1,20	600,00
071-H	120E	Acab. Aloj. Cig. Ø51,872/Acab. Al.Retén Ø102	500	5	1,20	600,00

071-H	120E	Acab. Aloj. Cig. Ø51,872/Acab. Al.Retén Ø103	16000	10	0,04	37,50
072-H	120E	Escariador Ø8	16000	20	0,04	75,00
031-V	130E	Mandrino Ø78,6/81	1500	40	0,40	1600,00
031-V	130E	Mandrino Ø78,6/81	750	20	0,80	1600,00
081-V	130E	Mandrino Ø77,95	1000	40	0,60	2400,00
031-1	140E	Plato fresado Ø315	1500	60	0,40	2400,00
052-1	140E	Plato fresado Ø315	1250	60	0,48	2880,00
101-1	140E	Plato fresado Ø250	1000	60	0,60	3600,00
EB0221	120TB	Fresado apoyo tornillos	2000	30	0,30	900,00
EB0511	120TB	Fresa Ø160 Izqdas	3000	30	0,20	600,00
EB0921	120TB	302 303	6000	10	0,10	100,00
EB1321	120TB	Cara 300 Ø93	6000	40	0,10	400,00
EB1321	120TB	Cara 300 Ø94	3000	20	0,20	400,00
EB1712	120TB	Taladrado paso tornillos	6000	50	0,10	500,00
EB2121	120TB	Ø109 tapa	2000	20	0,30	600,00
EB3011	120TB	601-610	15000	30	0,04	120,00
EB3013	120TB	601-610	30000	30	0,02	60,00
EB3521	120TB	Tronzado tapas	6000	60	0,10	600,00
						83023,48

FIGURA 56. TIEMPOS REGLAJE HERRAMIENTAS

4.2.2 ANÁLISIS CONTROL DE CALIDAD INTERMEDIOS

El control de calidad intermedio, como ya se comento en el apartado 3.4.1.2.2, se divide en el control intermedio frecuencial también llamado bordes de línea y en el control de calidad tras el cambio de herramienta.

4.2.2.1 BORDES DE LÍNEA

4.2.2.1.1 CRONOMETRAJES

Se realizaron cronometrajes en los “bordes de línea” de cada una de las 4 zonas de mecanizado de la línea, de esta manera podremos saber el tiempo que la línea necesita para realizar los controles de calidad intermedios programados. En la figura 57 se pueden ver los cronometrajes realizados en cada uno de los “bordes de línea”.

bdl/día			
4			
ZONA 1	cmin	min	bdl/día
TB-M01	464	4,64	18,56
TB-M02	832	8,32	33,28
TB-M03	2805	28,05	112,2
TB-M04	265	2,65	10,6
TOTAL	4366	44	174,64

bdl/turno			
4			
ZONA 2	cmin	min	min/día
TB-M05	653	6,53	26,12
TB-M06	1831	18,31	73,24
TB-M08	2003	20,03	80,12
TB-M09	1039	10,39	41,56
TOTAL	5526	55,26	221,04

bdl/turno			
4			
ZONA 3	cmin	min	min/día
TB-M14	1474	14,74	58,96
TB-M15	726	7,26	29,04
TB-M16	360	3,6	14,4
TOTAL	2560	25,6	102,4

bdl/turno			
4			
ZONA 4	cmin	min	min/día
TB-M10	513	5,13	20,52
TB-M11	743	7,43	29,72
TB-M12	363	3,63	14,52
TB-M17	258	2,58	10,32
TB-M18	747	7,47	29,88
TB-M19	177	1,77	7,08
TOTAL	2801	28,01	112,04

FIGURA 57. CRONOMETRAJES BORDES DE LÍNEA

4.2.2.1.2 EXCESO DE CONTROLES

Tras comprobar los diagramas de flujo de calidad, ver apartado 3.4.1.2.2, fue evidente que los controles de calidad intermedios eran excesivos. Se comentó que había un exceso de calidad con respecto al plan de control marcado por el departamento de calidad. Este exceso de calidad ocurre por:

- Problemas de calidad antiguos. En determinadas operaciones han surgido problemas de calidad en determinados momentos, estos problemas han requerido un aumento de los controles de calidad intermedios en dichas operaciones, pero una vez resueltos los problemas no se ha vuelto al nivel de control de calidad anterior.
- Miedo a la no calidad. La calidad es vital para que el cliente confíe en nuestro producto, por ello se tiene una gran reticencia a disminuir el número de controles, sin embargo si estos controles son innecesarios y no aseguran reducir la mala calidad serán un despilfarro que debemos intentar eliminar.

Se propuso comparar el nivel en el que se estaba trabajando en la línea con el plan de control propuesto por calidad, en la figura 58 se puede ver el tiempo que necesitamos actualmente para realizar los “bordes de línea” y el tiempo que necesitaríamos si cumplimos el plan de control (PC en la figura 58).

4.2.2.1.3 CÁLCULO DE MANO DE OBRA DIRECTA

Sabiendo el tiempo que necesitamos para realizar los controles de calidad intermedios y teniendo en cuenta el tiempo que un operario nos aporta, como hemos dicho en el apartado 4.2.1.4 cada operario trabaja 465 minutos, podemos calcular la mano de obra directa necesaria para cumplir con los controles de calidad intermedios requeridos por la línea. En la figura 59 podemos ver los operarios que necesitamos actualmente para realizar los controles de calidad intermedios y las necesidades de la línea si cumpliéramos el plan de control (PC).

bdl		cmin	min	frec. Actual (bdl/turno)	frec. Plan de control (bdl/turno)	exceso	min. al turno (ACTUAL)	min. al turno (PC)	cible
ZONA1	110-D TB-M01	464	4,64	4	2	SI	18,56	9,28	9,28
	120-D TB-M02	832	8,32	4	2	SI	33,28	16,64	16,64
	130-D TB-M03	2805	28,05	4	3	SI	112,2	84,15	84,15
	140-D TB-M04	265	2,65	4	5	NO	10,6	13,25	10,6
ZONA2	150-D TB-M05	653	6,53	4	3	SI	26,12	19,59	19,59
	160-D TB-M06	1831	18,31	4	3	SI	73,24	54,93	54,93
	170-D TB-M08	2003	20,03	4	3	SI	80,12	60,09	60,09
	180-D TB-M09	1039	10,39	4	4	NO	41,56	41,56	41,56
ZONA 3	120-E TB-M14	1474	14,74	4	3	SI	58,96	44,22	44,22
	130-E TB-M15	726	7,26	4	3	SI	29,04	21,78	21,78
	140-E TB-M16	360	3,6	4	4	NO	14,4	14,4	14,4
ZONA 4	110 TB TB-M10	513	5,13	4	4	NO	20,52	20,52	20,52
	120 TB TB-M11	743	7,43	4	4	NO	29,72	29,72	29,72
	130 TB TB-M12	363	3,63	4	4	NO	14,52	14,52	14,52
	150-E TB-M17	258	2,58	4	4	NO	10,32	10,32	10,32
	160-E TB-M18	747	7,47	4	6	NO	29,88	44,82	29,88
	170-E TB-M19	177	1,77	4	4	NO	7,08	7,08	7,08
TOTAL		15253	152,53				610,12	506,87	489,28

FIGURA 58. COMPARATIVA BDL

Tiempo de bdl		1operario= 465 min			CIBLE
	cmin	min	horas	nº operarios(actual)	
Turno	61012,00	610,12	10,16866667	1,312086022	1,052215054
3 turnos	183036,00	1830,36	30,51	3,94	3,16
15 turnos	915180,00	9151,80	152,53	11,81	9,47

FIGURA 59. MOD BDL

Necesitaríamos 1,3 operarios para realizar los controles de calidad actuales, si reducimos los controles para llegar al plan de control programado podremos realizar los controles de calidad intermedios con un solo operario. Cabe destacar que esta reducción de mano de obra directa no implica reducir la calidad, solo ponernos al nivel de exigencia que propone el departamento de calidad y con el cual nuestra calidad con el cliente no empeorará.

El hecho de reducir la mano de obra directa no implica que se vaya a despedir a operarios sino que estos se redistribuirán de una manera más eficiente. El tiempo que antes empleabamos en hacer controles de calidad “innecesarios” ahora lo dedicaremos a otras tareas como pueden ser: mantenimiento de máquinas, 5S, etc. Que nos permitan fiabilizar en mayor

medida nuestra línea, lo que nos permitirá reducir aún más nuestros controles de calidad de manera continua.

4.2.2.2 CONTROL DE CALIDAD POR CAMBIO DE HERRAMIENTA

4.2.2.2.1 CRONOMETRAJES

Se realizó un cronometraje para saber el tiempo dedicado al cambio de cada una de las herramientas de la línea y su control de calidad correspondiente, ver figura 60. Esto es: control de calidad de la última pieza con la herramienta a cambiar, cambio de herramienta y control de calidad de la primera pieza que mecaniza la nueva herramienta ya reglada

OP	hta.	Frecuencial	Tiempo cambio cesta (seg.)	Tiempo tomar y dejar pieza (seg.)	Tiempos de b.d.l. de la hta. Última pieza (seg.)	Tiempos de b.d.l. de la hta. Primera pieza (seg.)	Total (min)	turno	tiempo cambio +bdl/turno (cmin)
110D	BA0221	1000	310	0	120	120	9,17	0,60	550,00
110D	BA0521	1500	340	0	120	120	9,67	0,40	386,67
110D	BA0522	2000	280	0	120	120	8,67	0,30	260,00
120D	BB0221	800	170	0	150	150	7,83	0,75	587,50
120D	BB0411	800	190	0	0	0	3,17	0,75	237,50
120D	BB0621	800	110	0	0	0	1,83	0,75	137,50
120D	BB0821	800	0	0	0	0	0,00	0,75	0,00
120D	BB0911	1000	180	0	0	0	3,00	0,60	180,00
120D	BB1111	15000	0	0	0	0	0,00	0,04	0,00
120D	BB1311	6000	0	0	0	0	0,00	0,10	0,00
130D	BC0211	10000	335	120	0	0	7,58	0,06	45,50
130D	BC0213	10000	220	120	0	0	5,67	0,06	34,00
130D	BC0221	10000	290	120	0	0	6,83	0,06	41,00
130D	BC0411	32000	140	600	0	0	12,33	0,02	23,13
130D	BC0212	10000	220	210	0	0	7,17	0,06	43,00
130D	BC0412	32000	130	600	0	0	12,17	0,02	22,81
130D	BC0421	32000	485	130	0	0	10,25	0,02	19,22
130D	BC0422	32000	260	130	0	0	6,50	0,02	12,19
130D	BC0511	20000	210	300	46	46	10,03	0,03	30,10
130D	BC0512	20000	210	300	0	0	8,50	0,03	25,50
130D	BC0513	20000	210	300	0	0	8,50	0,03	25,50
130D	BC0514	20000	210	300	0	0	8,50	0,03	25,50
130D	BC0515	20000	210	300	0	0	8,50	0,03	25,50
130D	BC0522	20000	240	300	0	0	9,00	0,03	27,00

130D	BC0711	10000	550	260	0	0	13,50	0,06	81,00
130D	BC0721	10000	780	130	60	60	17,17	0,06	103,00
130D	BC0722	10000	180	220	60	60	8,67	0,06	52,00
130D	BC0911	5000	330	600	0	0	15,50	0,12	186,00
130D	BC0912	5000	50	100	0	0	2,50	0,12	30,00
130D	BC0921	5000	280	375	240	240	18,92	0,12	227,00
140D	BD0311	1500	200	0	22	22	4,07	0,40	162,67
140D	BD0521	1000	200	0	22	22	4,07	0,60	244,00
140D	BD0811	400	485	0	160	160	13,42	1,50	2012,50
140D	BD0821	400	485	0	0	0	8,08	1,50	1212,50
150D	BE0211	800	140	0	40	40	3,67	0,75	275,00
150D	BE0611	4000	480	0	300	300	18,00	0,15	270,00
150D	BE0811	8000	90	0	6	6	1,70	0,08	12,75
150D	BE0821	6000	110	0	25	25	2,67	0,10	26,67
150D	BE0911	8000	90	0	6	6	1,70	0,08	12,75
150D	BE0921	2500	110	0	25	25	2,67	0,24	64,00
150D	BE1111	2500	205	0	60	60	5,42	0,24	130,00
150D	BE1311	2500	205	0	60	60	5,42	0,24	130,00
150D	BE1511	1400	400	0	300	300	16,67	0,43	714,29
160D	BF0211	2000	440	0	40	40	8,67	0,30	260,00
160D	BF0221	1400	150	0	20	20	3,17	0,43	135,71
160D	BF0222	8000	150	0	20	20	3,17	0,08	23,75
160D	BF0411	8000	1200	0	260	260	28,67	0,08	215,00
160D	BF0412	600	190	0	25	25	4,00	1,00	400,00
160D	BF0413	2000	190	0	35	35	4,33	0,30	130,00
160D	BF0421	6000	150	0	35	35	3,67	0,10	36,67
160D	BF0611	2000	190	0	15	15	3,67	0,30	110,00
160D	BF0612	6000	190	0	50	50	4,83	0,10	48,33
160D	BF0613	600	190	0	20	20	3,83	1,00	383,33
160D	BF0621	6000	180	0	230	230	10,67	0,10	106,67
160D	BF0622	2000	380	0	30	30	7,33	0,30	220,00
160D	BF0811	5000	200	0	500	500	20,00	0,12	240,00
160D	BF0812	5000	100	0	185	185	7,83	0,12	94,00
160D	BF0821	5000	130	0	335	335	13,33	0,12	160,00
160D	BF1011	2000	190	0	30	30	4,17	0,30	125,00
160D	BF1012	2000	0	0	30	30	1,00	0,30	30,00
160D	BF1013	10000	120	0	0	0	2,00	0,06	12,00
160D	BF1021	10000	360	0	0	0	6,00	0,06	36,00
160D	BF1022	2000	260	0	190	190	10,67	0,30	320,00
160D	BF1111	10000	240	0	0	0	4,00	0,06	24,00
160D	BF1121	2000	130	0	70	70	4,50	0,30	135,00
160D	BF1611	300	160	0	15	15	3,17	2,00	633,33
170D	BG0321	800	60	0	30	30	2,00	0,75	150,00

170D	BG0521	800	60	0	0	0	1,00	0,75	75,00
170D	BG0522	800	90	0	0	0	1,50	0,75	112,50
170D	BG0821	10000	720	0	90	90	15,00	0,06	90,00
170D	BG1011	10000	0	0	0	0	0,00	0,06	0,00
170D	BG1012	2000	165	0	15	15	3,25	0,30	97,50
170D	BG1021	8000	120	0	35	35	3,17	0,08	23,75
170D	BG1022	1500	60	0	10	10	1,33	0,40	53,33
170D	BG1111	1500	60	0	10	10	1,33	0,40	53,33
170D	BG1112	8000	240	0	60	60	6,00	0,08	45,00
170D	BG1311	10000	150	0	50	50	4,17	0,06	25,00
170D	BG1321	6000	390	0	115	115	10,33	0,10	103,33
170D	BG1322	6000	0	0	0	0	0,00	0,10	0,00
170D	031-H	6000	185	0	0	0	3,08	0,10	30,83
120E	032-H	500	0	0	0	0	0,00	1,20	0,00
120E	051-H	500	560	0	0	0	9,33	1,20	1120,00
120E	051-H	500	0	0	0	0	0,00	1,20	0,00
120E	051-H	1500	400	0	0	0	6,67	0,40	266,67
120E	051-H	500	150	0	0	0	2,50	1,20	300,00
120E	052-H	32000	300	0	0	0	5,00	0,02	9,38
120E	071-H	12000	560	0	330	330	20,33	0,05	101,67
120E	071-H	500	0	0	0	0	0,00	1,20	0,00
120E	071-H	500	150	0	0	0	2,50	1,20	300,00
120E	071-H	16000	300	0	0	0	5,00	0,04	18,75
120E	072-H	16000	370	0	85	85	9,00	0,04	33,75
130E	031-V	1500	250	0	10	10	4,50	0,40	180,00
130E	031-V	750	510	0	210	210	15,50	0,80	1240,00
130E	081-V	1000	270	0	30	30	5,50	0,60	330,00
140E	031-1	1500	270	0	30	30	5,50	0,40	220,00
140E	052-1	1250	220	0	30	30	4,67	0,48	224,00
140E	101-1	1000	0	0	0	0	0,00	0,60	0,00
120TB	EB0221	2000	0	0	0	0	0,00	0,30	0,00
120TB	EB0511	3000	0	0	0	0	0,00	0,20	0,00
120TB	EB0921	6000	0	0	0	0	0,00	0,10	0,00
120TB	EB1321	6000	0	0	0	0	0,00	0,10	0,00
120TB	EB1321	3000	0	0	0	0	0,00	0,20	0,00
120TB	EB1712	6000	0	0	0	0	0,00	0,10	0,00
120TB	EB2121	2000	0	0	0	0	0,00	0,30	0,00
120TB	EB3011	15000	0	0	0	0	0,00	0,04	0,00
120TB	EB3013	30000	0	0	0	0	0,00	0,02	0,00
120TB	EB3521	6000	22420	0	0	0	373,67	0,10	3736,67
							1013,15		21504,49

FIGURA 60. CRONOMETRAJES BDL CAMBIO HTA.

4.2.2.2 CÁLCULO DE MANO DE OBRA DIRECTA

Podremos saber el tiempo que necesitamos para el cambio de cada herramienta y su control de calidad correspondiente multiplicando el tiempo que tardamos en cambiar cada herramienta y hacer su “borde de línea” correspondiente al número de veces que debemos cambiar cada herramienta, es decir el número de piezas que fabricamos entre el frecuencial de cada herramienta (explicado en apartado 4.2.1.2). Sumando los tiempos que necesitamos para cambiar cada herramienta y hacer su “borde de línea” correspondiente podremos saber la mano de obra directa necesaria para realizarlo.

En la figura 61 podemos ver el número de operarios que necesitaríamos (teniendo en cuenta su disponibilidad de 465 minutos) para realizar los cambios de herramienta necesarios en nuestra línea.

Tiempo de bdl cambio hta.	1operario= . 465			
	cmin	min	horas	operarios
Turno	21504,49	215,044854	3,5840809	0,46246205
3 turnos	64513,46	645,13	10,75	1,38738616
15 turnos	322567,28	3225,67	53,76	6,93693078

FIGURA 61. MOD BDL CAMBIO HTA.

4.3 NUEVA DISPOSICIÓN

Con los análisis realizados podremos distribuir la mano de obra teórica de la siguiente manera, ver figura 62:

Con la nueva disposición tendríamos en mano de obra real la siguiente distribución:

- 1 operario de cambio de herramienta y control de calidad correspondiente al cambio. Que ocupará parte de su jornada a realizar acciones varias en la línea (“aleas”)
- 2 operarios de reglaje y máquina tridimensional.

- 1 operario de control de calidad intermedio o borde de línea.
- 2 operarios en final de línea: control visual y descarga.
- 1 operario de mantenimiento. Hemos aumentado la carga de mantenimiento 2/3 lo que nos dará mayor fiabilidad a la línea
- 2 operarios que se ocuparán a realizar acciones de apoyo en la línea “aleas”

MOD		1operario= 465							
ACTIVIDAD	BdL cambio hta	Reglaje	3D	BdL frecuencial	Control visual	Descarga	PMA	ALEAS	TOTAL
Turno	0,462462052	1,79	0,21	1,052215054	1	1	1	2,485	6,51467711
3 turnos	1,39	5,36	0,64	3,16	3,00	3,00	3,00	7,46	19,54
15 turnos	4,16	16,07	1,93	9,47	9,00	9,00	9,00	22,37	58,63

FIGURA 62. MOD NUEVA DISPOSICIÓN

Con esta nueva distribución reducimos de 5 operarios a 2,5 los operarios dedicados a “aleas”, además conseguimos afianzar el puesto de mantenimiento poniendo en valor la fiabilidad y la consistencia de la línea. En la figura 61 podemos ver la nueva distribución en planta de la mano de obra directa.

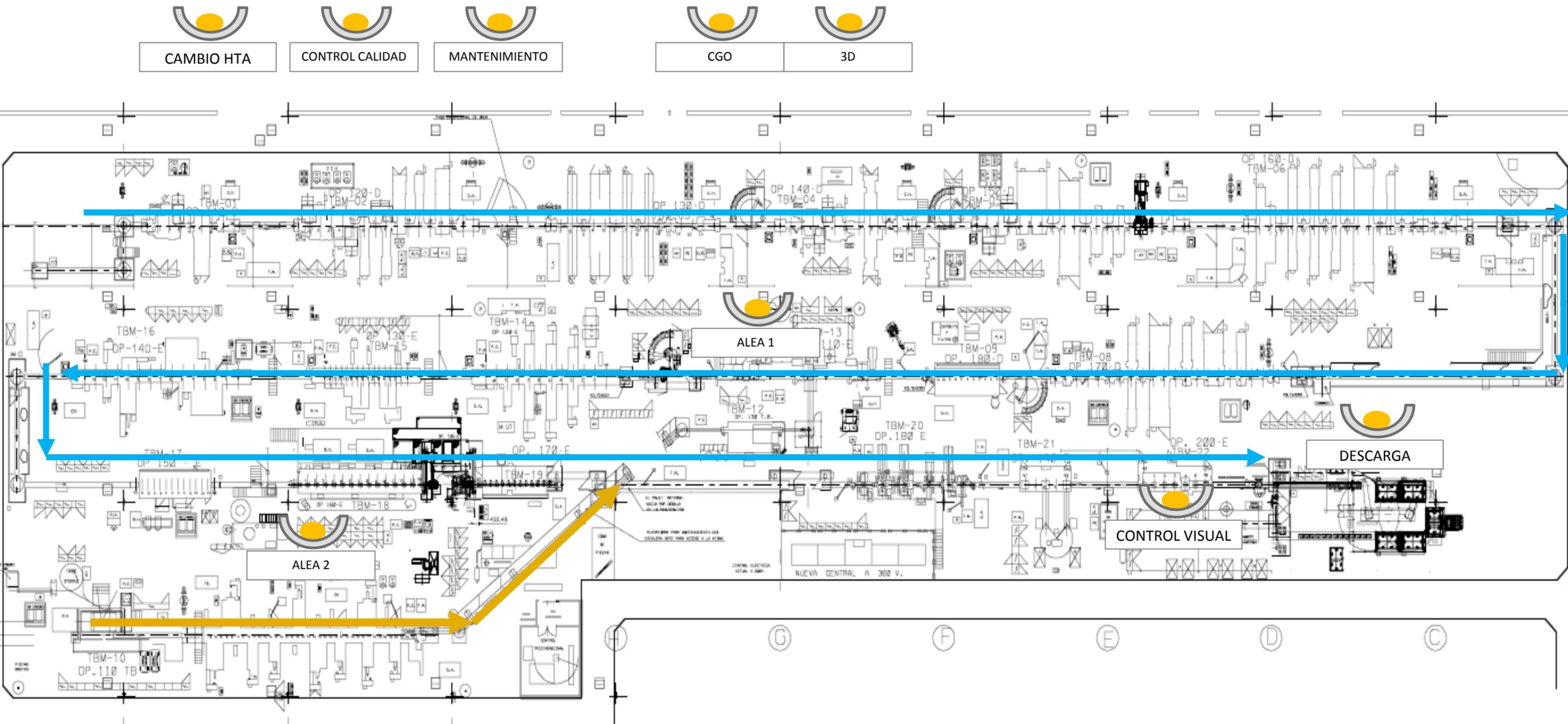


FIGURA 63. NUEVA DISTRIBUCIÓN MOD

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

INTRODUCCIÓN.

En este apartado se hará una reflexión sobre los temas tratados durante el trabajo y las posibles vías de mejora. La importancia de que todo el sistema sea participe de una filosofía de mejora continua que guiada de forma responsable pueda llevarnos a la consecución de los objetivos de competitividad del grupo.

SEMINARIO LEAN Y MEJORA CONTINUA.

El seminario lean permite que los diferentes actores del proceso productivo interaccionen y pongan en común sus ideas, potencia una retroalimentación entre departamentos que puede ayudar a obtener soluciones potentes a problemas recurrentes en las líneas.

Nos permite tener una metodología de trabajo para focalizar nuestros esfuerzos en la mejora continua del sistema.

Además, fomenta que la filosofía de la mejora continua pueda llegar a toda la organización y sea asimilada por todos los trabajadores. Permitiendo que aflore el espíritu crítico en todos los puestos de trabajo, donde se cuestione el modo de funcionamiento y se busquen soluciones a los problemas. De esta manera el trabajador será consciente de que mejorando su puesto de trabajo podrá trabajar de manera más segura y sencilla y podrá conseguir que su empresa consiga mejores resultados. El trabajador sentirá que su esfuerzo permite que el sistema funcione mejor y será consciente de que, el trabajo bien hecho, le repercutirá de forma positiva a corto, medio y largo plazo.

Con los análisis reflejados en este trabajo se consiguió mostrar parte de los problemas que presenta la línea de mecanizado y ser punto de partida para la búsqueda de planes de acción que nos lleven a intentar eliminar el mayor número de despilfarros posible, permitiendo que la línea sea cada vez más eficiente y competitiva.

FIABILIDAD DE LA LÍNEA.

Asegurar el buen funcionamiento de la línea de manera constante en el tiempo será de vital importancia.

En una línea en la cual la demandada del cliente se cumple sin dificultad y la calidad ofrecida al cliente es sólida. Cobra mayor importancia fiabilizar nuestras máquinas, lo cual nos ofrecerá mejoras de seguridad y rentabilidad.

Fiabilizar las máquinas que componen la línea nos permitirá:

- Aumentar la seguridad de las máquinas y por lo tanto reducir accidentes. Garantizar un puesto de trabajo seguro permite que las personas que trabajen en la línea se sientan protegidas y puedan desempeñar sus funciones de manera óptima. Además de reducir costes derivados de los accidentes.
- Reducir número de piezas malas (MU´s o chatarra⁵³). Fiabilizar la maquinaria reducirá los fallos y las paradas de máquina no programadas que en muchas ocasiones provocan rotura de herramienta y por lo tanto piezas defectuosas. Reducir al máximo el número de roturas de herramientas y el número de piezas defectuosas nos procurará una mayor rentabilidad.
- Facilidad de organización de la línea. Una línea fiable que funciona según la programación diseñada nos facilitará desarrollar las funciones organizativas de la misma, como por ejemplo: programar la producción para que coincidan los controles de calidad frecuencial con los motivados por el cambio de herramienta⁵⁴, distribución eficiente de mano de obra, reducción de inventarios, etc.

Con el cambio en el modo de funcionamiento conseguimos dar solidez al puesto de mantenimiento y con ello poner en valor la fiabilidad y la consistencia de nuestra línea

⁵³ Ver apartado 3.4.2.2

⁵⁴ Mencionado en apartado 3.4.1.2.2

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

LIBROS DE REFERENCIA

Fujimoto, T. (1999). *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. Oxford University Press.

Goldratt, E. M. (2013). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua*. Diaz de Santos.

Idoipe, J. C. (2013). *Lean manufacturing*. EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. McGRAW-HILL.

Ross, J. P. (1990). *La máquina que cambio el mundo*. McGRAW-HILL.

Sánchez, M. R. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Diaz de Santos.

Universidad Politecnica de Catalunya. (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *UNIVERSIA BusinessReview* .

Womack, D. T. (2012). *Lean Thinking*. Gestión 2000.

PÁGINAS DE INTERNET

- Páginas activas en fecha: 03/07/2017

(1) https://es.wikipedia.org/wiki/Eli_Whitney

(2) https://es.wikipedia.org/wiki/Henry_Bessemer

(3)

http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historia_taylor.html

(4) <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta.shtml>

(5) <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta.shtml>

(7)

https://history.gmheritagecenter.com/wiki/index.php/Sloan,_Alfred_Pritchard,_Jr.

(9) <http://egkafati.bligoo.com/sakichi-toyoda-de-carpintero-a-fundador-de-toyota>

(10) <https://www.ingsoftagil.com/articulos/jidoka>

(11) https://en.wikipedia.org/wiki/Ford_River_Rouge_Complex

(12) <http://www.leanmanufacture.net/leanterms/wip.aspx>

(13) <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/balanceo-de-l%C3%ADnea/>

- (15) <http://www.manufacturainteligente.com/push-and-pull-system-lean-manufacturing/>
- (16) <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta2.shtml#aplicacioa>
- (17) <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta2.shtml#aplicacioa>
- (19) http://www.c4w.es/1/upload/estabilidad_smalley.pdf
- (22) <http://qe2ingenieria.com/es/blog/tiempo-de-ciclo>
- (23) <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/>
- (24) <http://www.manufacturainteligente.com/takt-time-para-obtener-lean-production/>
- (25) <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/12021/Capitulo3.pdf>
- (27) <http://www.fcojesuslopez.es/coningenio/que-es-smed>
- (28) <http://www.monografias.com/trabajos57/single-minute-exchange-die/single-minute-exchange-die2.shtml>
- (29) <https://leansixsigma.community/blog/view/353/kaizen-vs-kaikaku>
- (31) <http://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>
- (33) <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>
- (34) <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>
- (36) <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>

(37) <http://www.manufacturainteligente.com/just-in-time-jit/>

- Páginas activas en fecha: 06/07/2017

(39)

https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwjrcyupOPUAhUKaVAKHUEeDqwQjxwIAw&url=http%3A%2F%2Fsimpleproductividad.es%2Fblog%2Fjust-in-time-teoria-de-los-5-ceros%2F&psig=AFQjCNH0mBqUoA6QOnuuYyoUGr_eTHdbiQ&ust=1498833573021116

(41) <https://leansixsigma.community/blog/view/353/kaizen-vs-kaikaku>

(43) <http://www.renault.es/descubre-renault/grupo-renault-espana/fabricas-espana.jsp>

(42) <http://www.pymesycalidad20.com/los-7-principios-de-la-gestion-de-calidad-disiso-90012015.html>

(44) <http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta2.shtml#aplicacioa>

- Páginas activas a fecha: 08/07/2017

(51) <https://gnpec.org/institutional-effectiveness-resources/financial-improvement-plan/>

FIGURAS

(6) FIGURA 1:

http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm

(16) FIGURA 3:

<http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-jit/teorias-jit.shtml>

(18) FIGURA 5:

<http://www.nosololean.com/casa-del-tps/>

(20) FIGURA 6: <https://es.linkedin.com/pulse/5-ajustes-sencillos-para-mejorar-el-espina-de-pescado-carlos-pernett>

(21) FIGURA 7: <http://www.aulafacil.com/cursos/l20026/empresa/estrategia/lean-manufacturing/celulas-de-produccion>

(26) FIGURA 8: (Idoipe, 2013)

(31) FIGURA 9:

<http://simpleproductividad.es/blog/just-in-time-teoria-de-los-5-ceros/>

(32) FIGURA 11: (Idoipe, 2013)

(34) FIGURA 13: <http://www.leanroots.com/ANDON.html>

(38) FIGURA 14: <https://leansixsigma.community/blog/view/353/kaizen-vs-kaikaku>

(38) FIGURA 15: <http://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

(41) FIGURA 16: <http://www.imre.uh.cu/wordpress/wp-content/uploads/2015/06/NC-ISO-9001-2008.pdf>

FIGURAS 18/19/20/21: intranet Renault, material no confidencial.

ANEXOS

ANEXOS

No se incluirán anexos en este documento. Los archivos con los que se ha trabajado para la obtención de los diferentes datos reflejados en este documento son de carácter confidencial y pertenecen al Grupo Renault.

