

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Diseño y aplicación de un modelo de mejora de la producción en células en Visteon Cádiz Electrónica

Autor: Rodrigo A. MARTÍNEZ PÉREZ

Fecha: Febrero 2005





ÍNDICE GLOBAL

TOMO CERO

0. Resumen

A. INTRODUCCIÓN

- A1. Propósito del modelo de mejora
- A2. Presentación de Visteon Cadiz Plant
- A3. Filosofía Lean Manufacturing
- A4. Breve descripción de las etapas del modelo

B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B1. INFORMACIÓN PREVIA

- Diagrama de flujo
- Formatos

B2. OBSERVACIÓN PRELIMINAR

- Diagrama de Flujo
- Formatos

B3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

- Diagrama de flujo
- Formatos

B4. BÚSQUEDA DE OPORTUNIDADES Y PROPUESTAS DE MEJORA

- Diagrama de flujo
- Formatos

B5. ESTIMACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA

- Diagrama de flujo

B6. OBJETIVOS Y PRESENTACIÓN

- Diagrama de flujo
- Formatos

B7. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO

- Diagrama de flujo
- Formatos

C. ANEJOS

C1. Aplicación del modelo

I. Célula USE

- a. Resumen
- b. Formato A3
- c. Estudio previo de tiempos
- d. Estudio de tiempos

II. Células BSCK

- a. Resumen
- b. Formato A3 - Célula 1
- c. Estudio previo de tiempos - Célula 1
- d. Estudio de tiempos - Célula 1
- e. Formato A3 - Célula 2
- f. Estudio previo de tiempos - Célula 2
- g. Estudio de tiempos - Célula 2

III. Célula CS1A

- a. Resumen
- b. Formato A3
- c. Estudio previo de tiempos
- d. Estudio de tiempos

C2. Manual de cortesía

C3. Agradecimientos

C4. Glosario



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

TOMO CERO

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química





Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

0. Resumen

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



TOMO CERO

0. Resumen

Este proyecto fin de carrera se ha realizado para diseñar un modelo mediante el cual se dispongan las bases, principios y herramientas que sirvan para efectuar una mejora en células de producción en una industria manufacturera.

Se ha realizado el estudio y desarrollo del modelo en la planta de Visteon Corporation en El Puerto de Santa María: Cádiz Electrónica. Simultáneamente se ha llevado a cabo la aplicación y validación del modelo en células reales de la planta, logrando con ello el doble objetivo de obtener un modelo de mejora consistente y efectivo y unas células de producción mejoradas, más productivas y con niveles de calidad superiores.

Las bases teóricas de este modelo son los principios del Lean Manufacturing, filosofía de mejora continua surgida en las plantas de fabricación de Toyota en Japón y que hoy día se aplican en multitud de factorías de diferentes sectores productivos en todo el mundo.

Se ha realizado el estudio del modelo sobre células en las que la intervención de la mano del hombre es mayoritaria, aunque la automatización también resulta imprescindible. Se ha centrado el estudio en las operaciones cíclicas de los procesos productivos, estableciendo como elemento de contorno la situación en la que las operaciones no cíclicas del mismo (reposición de material, mantenimiento...) se encuentran resueltas convenientemente.

Objetivos

El objeto principal de la aplicación de este modelo de mejora es realizar la modificación o el diseño de una célula de producción para hacerla altamente productiva y de calidad.

La mejora de la célula se produce en todos los sentidos de la calidad:

- Reducción de los defectos de fabricación y gestión adecuada de los que se producen para que al cliente sólo llegue material excelente.
- Mantenimiento de los niveles de calidad del producto en todo momento mediante la estandarización del trabajo.
- Aseguramiento del cumplimiento de normativas de seguridad y medio ambiente.
- Ajuste de la producción a las variaciones en la demanda, generando calidad en el servicio como proveedor.
- Reducción de la cantidad de envíos urgentes y retrasos.
- Mejora de la imagen visual del área de trabajo.

Todos estos aspectos redundan en un abaratamiento de costes para la empresa y, por tanto, capacidad para reinvertir en más mejoras y posibilidad de ofrecer precios más competitivos en el mercado.

Lean Manufacturing se podría traducir como “producción simplificada” y es en ese sentido en el que se alcanza la máxima productividad: alcanzando los niveles de calidad y los volúmenes de producción demandados con una cantidad de recursos suficiente, pero ajustada, se logra maximizar la ecuación de la productividad.

Desarrollo

El modelo de mejora se estructura en siete etapas consecutivas que se han de seguir para lograr la mejora cierta y duradera de la célula. Estas etapas se enumeran a continuación, incluyendo un breve esquema de las acciones e ideas más importantes de cada una:

1. Información previa
 - Adquirir información básica de la célula como volumen de producción, tiempo disponible...
2. Observación preliminar
 - Comprensión del funcionamiento de la célula y el proceso
 - Primera toma de tiempos y observación de pérdidas
3. Análisis de situación actual
 - Observación exhaustiva del proceso

- Toma de tiempos
- Cálculos del estudio de tiempos
- Identificación de pérdidas, entendiendo como tales las siguientes:
 - i. Sobreproducción
 - ii. Esperas
 - iii. Transporte
 - iv. Sobreproceso
 - v. Inventario
 - vi. Desplazamientos
 - vii. Rechazos y retrabajos
- 4. Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora
 - Recopilación de posibles mejoras
 - Reducción de pérdidas
- 5. Estimación de la situación futura
 - Cálculo de estudio de tiempos de la situación objetivo
 - Balanceo
 - Estudio de layout
- 6. Objetivos y presentación
 - Establecimiento de objetivos
 - Elaboración de informe de presentación
 - Presentación con Gerencia
- 7. Implementación y seguimiento
 - Implementación de mejoras
 - Establecimiento de estándares
 - Seguimiento

Aplicación

Este modelo ha sido aplicado realmente en la planta de Visteon, Cádiz Electrónica, obteniendo excelentes resultados. Dicho trabajo se encuentra expuesto en el anejo "C1 Aplicación del modelo", donde se puede observar la labor realizada en tres células de la planta.

Algunos datos de las células han sido modificados para preservar la confidencialidad de información, pero se muestra en esencia el método aplicado para resolver los problemas existentes en la planta, la solución elegida y los resultados que se

obtienen a través de documentos utilizados realmente para la gestión y consecución de las mejoras. Las células estudiadas son USE, BSKK y CS1A. En cada una de ellas se fabrica un solo producto que da nombre a la célula.

La célula USE estaba siendo operada por tres personas y se comprueba que el trabajo puede ser realizado por una sola, si se atienden convenientemente las operaciones no cíclicas. La flexibilidad de la producción frente a la demanda se asegura mediante el sistema de producción llamado “nagare”, mediante el cual un operario realiza todo el proceso en el sentido del flujo de material desde el inicio al fin de la célula, añadiendo más personas que sigan el circuito completo, una detrás de otra, para aumentar el volumen de producción.

El producto BSKK se fabricaba en dos células contiguas independientes, con procesos y máquinas similares pero diferentes. Mediante la estandarización del trabajo, procurando igualar las operaciones en ambas células y optimizando la sincronización de tiempos hombre-máquina, se logran las ventajas.

La célula de CS1A, en la que se observan pérdidas concretas identificables, se remodela en su layout para evitar el desperdicio y ajustarse a la producción simplificada.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

A. INTRODUCCIÓN

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química





Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

A1. Propósito del modelo de mejora

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



A. INTRODUCCIÓN

A1. Propósito del modelo de mejora

Este diseño de un modelo de mejora de producción en células está particularizado para la planta de Visteon en El Puerto de Santa María, donde se ha elaborado durante nueve meses de trabajo: Cádiz Electrónica. En el siguiente capítulo se explica el origen, filosofía, objetivos y visión de esta corporación multinacional y su planta en la provincia de Cádiz.

El objetivo de este modelo de mejora es proporcionar a la comunidad industrial una herramienta útil y sencilla para aumentar la productividad, flexibilidad y calidad de sus líneas de producción. La productividad se logra aumentar con este modelo de mejora mediante la eliminación de desperdicios que consumen recursos y no generan valor añadido en el producto. El método es pues, desde este punto de vista, un sistema de gestión adecuada de los recursos existentes.

Se propone aumentar la flexibilidad mediante el uso del “motor humano”: células de trabajo en las que los operarios participen, de forma activa, en la mayoría del proceso, efectuando la mayor parte de las operaciones que generan valor añadido. Gracias a este sistema y, de nuevo, a una gestión adecuada de este recurso (el humano) se logra alcanzar la flexibilidad que las demandas del cliente pueda exigir.

La calidad del suministro a los clientes se genera mediante una correcta organización de la línea. La disminución de inventarios, simplificación de los procesos y otras medidas se encaminan a la creación del flujo continuo y aseguran una mejor producción, no sólo en cuanto a los tiempos de entrega, sino también desde todos los puntos de vista de la calidad.

Es importante destacar que este modelo de mejora no sólo es aplicable a factorías de electrónica de automoción, como es el caso de Visteon-Cádiz Electrónica, sino que se puede extender a todos los procesos del sector automovilístico e incluso a otros sectores: aeroespacial, alimentario, farmacéutico, textil, químico...

En concreto, este modelo de mejora está especialmente indicado para factorías con cierto grado de implicación manual en los procesos. Si bien la automatización es una herramienta tecnológica necesaria en muchos casos y que puede ayudar en gran

medida a la creación del flujo continuo mediante la aplicación de las técnicas reflejadas en este método, un grado de automatización excesivo puede resultar perjudicial, especialmente de cara a la flexibilidad de las líneas de producción frente a modificaciones en los diseños y procesos de fabricación, aunque también desde el punto de vista de la gestión de recursos para su máximo aprovechamiento.

A continuación se resumen las principales ventajas que se logran mediante la aplicación de este modelo de mejora.

Decálogo de Ventajas

1. Se produce a un ritmo (llamado takt time) condicionado por la distribución de tareas entre los operadores y no por el ciclo de las máquinas.
2. Se incrementa el porcentaje de valor añadido en espacio y tiempo, para reducir costes.
3. Se reducen los desplazamientos innecesarios, por lo que se gana tiempo de operación.
4. Se mejora la imagen visual de la célula, lo que facilita el control del proceso y la inmediata detección visual de problemas en ella.
5. Se eliminan los gastos (mantenimiento, gasto de luz, etc.) asociados a equipos eliminados.
6. Se asegura el cumplimiento de las demandas de los clientes, en el orden en que lo van pidiendo y en las cantidades que solicitan.
7. Se mejora la comunicación entre miembros del grupo, debido a la cercanía de las máquinas y a la distribución de tareas.
8. Se genera el sentimiento de propiedad del producto en vez de propiedad de una máquina o estación por parte de los operarios.

9. Se consigue un flujo de producción de uno en uno (no en lotes), lo que facilita la respuesta a cualquier cambio de demanda de clientes y asegura una mejora continua real.

10. Se pueden realizar mejoras sugeridas por los grupos de trabajo en periodos muy cortos al tener células versátiles en lugar de configuraciones de líneas complejas (conveyors, pallets, etc.)

En resumen:

- I. Se reduce el material inventariado entre áreas.
- II. Se optimizan los recursos mediante la correcta distribución de la carga de trabajo de los operarios
- III. Se incrementa la flexibilidad, posibilitando la adaptación de la producción a los cambios en la demanda.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

A2. Presentación de Visteon Cadiz Plant

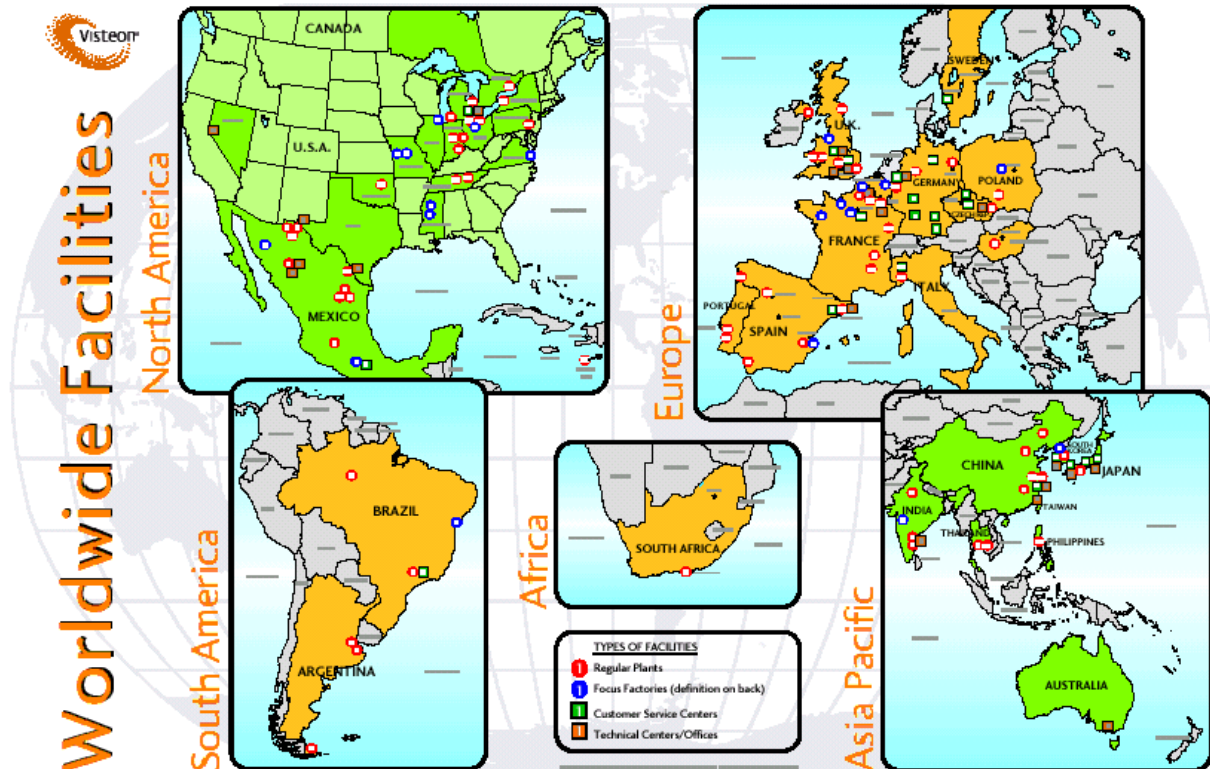
Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



A. INTRODUCCIÓN

A2. Presentación de Visteon Cadiz Plant

Visteon Corporation nace en 1997 en la Feria del Automóvil de Frankfurt, iniciando el proceso de independencia de Ford Motor Company, con la que sigue manteniendo vínculos comerciales.

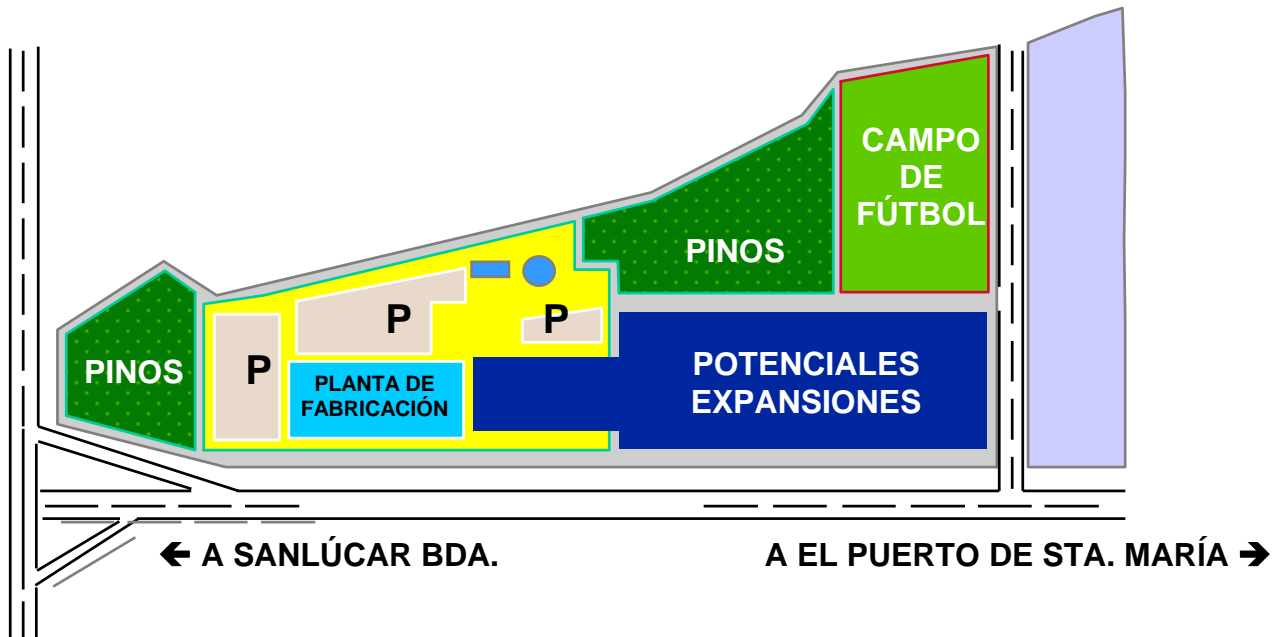


Actualmente es la segunda gran empresa proveedora del sector de la automoción y ocupa el lugar 87 en la lista Fortune 500.

Emplea a más de 80.000 personas en 23 países de los cinco continentes en 84 centros de producción, 24 centros de diseño y 25 oficinas de ventas y servicios, vendiendo sus productos a 18 de las 20 principales empresas fabricantes de automóviles.

En el año 2003 facturó más de 14.450 millones de euros en todo el mundo.

En España, Visteon Corporation posee plantas de producción en las provincias de Valencia, Barcelona, Valladolid, Pontevedra y Cádiz, además de un centro técnico en Barcelona.



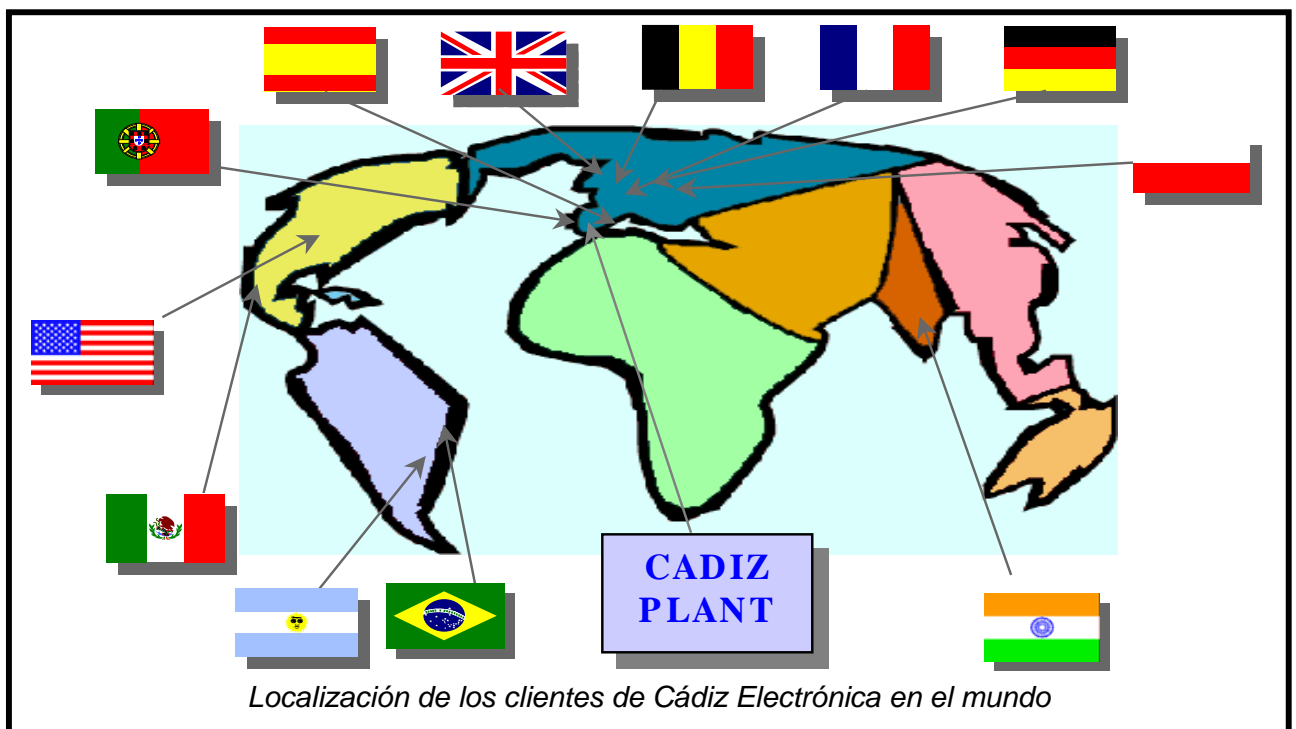
La planta de Cádiz Electrónica fue inaugurada en septiembre de 1990. En la actualidad cuenta con más de 500 empleados, de los cuales más de 60 son ingenieros. Opera a tres turnos, los siete días de la semana; enviando sus productos diariamente a clientes de España, Europa, Norteamérica, Asia y América del Sur. Anualmente factura más de 115 millones de euros (19.134.390.000 pesetas). Fabrica dispositivos electrónicos para automóviles.



Inicialmente, Cádiz Electrónica estaba dedicada a la producción masiva de muy pocos productos (controladores electrónicos del motor), con sistemas de trabajo altamente automatizados, procesos muy estables y demandas continuas. Sin embargo, posteriormente, debido a necesidades comerciales y a la separación de Ford, la variedad de

productos y clientes se amplió enormemente, con lo que actualmente se fabrican más de 500 modelos diferentes. Entre ellos se encuentran:

- Controlador electrónico del motor (Electronic Engine Controller - EEC)
- Módulos ABS
- Inmovilizador
- Panel de instrumentos
- Sistema multiplexor
- Sistema de apertura remota
- Controladores de climatizadores
- DVD
- Sistemas de audio y entretenimiento



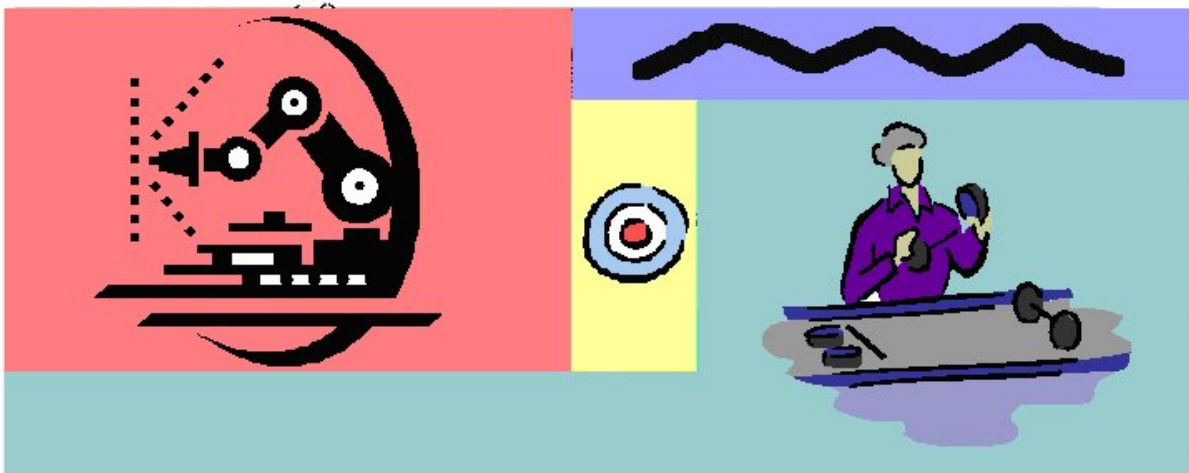
La planta de producción se encuentra dividida en tres zonas principales.

La primera es la correspondiente al área de "Assembly", donde están las líneas de SMD ("Surface Mounting Device" - Dispositivo de Montaje Superficial). Éste es el primer paso para casi todos los productos de Cádiz Electrónica. Estas máquinas se utilizan para insertar, soldar y asegurar la mayoría de componentes que deben llevar las placas electrónicas que se utilizan en los diferentes productos. Son procesos altamente automatizados y tecnológicos, de gran precisión y velocidad. No serán objetivo de la aplicación del presente modelo, ya que éste resulta mucho más adecuado para procesos de

fabricación en los que las operaciones manuales prevalezcan frente a las realizadas por máquinas.

La segunda es el área centralizada. En ella se encuentran personas y máquinas que trabajan para diferentes productos. Su razón de ser es económica, ya que se utilizan las mismas máquinas para la producción de diferentes productos que, de forma individual, no tienen suficiente producción como para dar rentabilidad a una máquina dedicada exclusivamente a ellos.

Finalmente se define un tercer área llamada "Final Assembly", donde se encuentran las células de producción. Habitualmente es el último paso de la cadena para los productos de la fábrica. Se trata de un área donde el motor de la producción es la mano de obra. La mayoría de los procesos son manuales, aunque existe cierto grado de automatización. La optimización de los recursos, especialmente en esta zona final, es fundamental para la rentabilidad de los procesos, por lo que va a ser el principal objetivo del estudio del presente modelo. Dentro de esta área de células finales se puede diferenciar el área de producción del controlador electrónico del motor (EEC), proceso altamente automatizado y con grandes diferencias conceptuales con el resto de las células.



Assembly (SMD)

Área centralizada

Final Assembly (células de producción)

EEC



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

A3. Filosofía Lean Manufacturing

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



A. INTRODUCCIÓN

A3. Filosofía Lean Manufacturing

Las acciones aplicadas para la mejora de las diferentes células de producción de Visteon Cádiz Electrónica están basadas en las teorías del Lean Manufacturing. Lean Manufacturing, cuya traducción aproximada podría ser “Producción Simplificada”, es una filosofía de fabricación para industrias manufactureras que, en concepto, pretende reducir el tiempo transcurrido entre la petición del cliente y el envío del material mediante la eliminación de desperdicio. La consecución de este objetivo básico supone gran cantidad de ventajas de cara a la productividad y calidad de la fabricación.

Para lograr reducir el tiempo transcurrido entre la solicitud del cliente y el envío del material, se han de lograr una serie de metas intermedias que son las que finalmente producen la verdadera mejora. Estas metas intermedias son objetivos particulares de diferente índole que van sumando su aportación para lograr el objetivo final, a la par que suponen, individualmente, verdaderos logros para el bien de la fábrica.

Estos objetivos son la creación del flujo continuo, la eliminación de desperdicio, la mejora de la calidad de la producción, la gestión adecuada de los recursos... todos ellos se solapan y se complementan entre sí, por eso es difícil determinar una frontera entre un objetivo y otro. En cualquier caso, es la sinergia entre todos estos aspectos la que proporciona un avance diferenciador para el bien de la factoría.

Para comprender mejor la filosofía Lean Manufacturing, es necesario hacer un poco de historia y observar sus orígenes. A principios del siglo XX, el mercado americano del automóvil era un verdadero motor económico. Al igual que en otros sectores, la producción en masa, con líneas de montaje en cadena totalmente automatizadas, suponía la mejor opción para los fabricantes, disminuyendo los costes de producción hasta valores realmente bajos. Esta situación permitió a Ford colocarse en lo más alto de la producción mundial.

Este mercado estaba claramente determinado por las necesidades de la sociedad mundial y americana especialmente. Sin embargo, esta situación no se veía de la misma forma en Toyota, competidor japonés. En Toyota, tras pasar estos años en una discreta posición en el ranking de ventas, se desarrollaba lo que hoy ha derivado en el Lean Manufacturing. Su forma de trabajar era completamente distinta a la de la empresa

americana de Ford. En Toyota se le dio una especial importancia a la calidad, por encima de la cantidad, considerándola como un valor especial, que le situaría por encima de la competencia.

Y así fue. Una vez perfeccionados sus sistemas de producción, la sociedad comenzó a demandar un tipo de productos diferente. Mientras Ford perdía parte de su auge debido a las primeras crisis del petróleo en 1973, Toyota, basándose en su sistema de producción, lograba coches más baratos, más adaptados a las necesidades del cliente, con más calidad y en menor tiempo. Mientras la producción en masa se queda obsoleta y trata difícilmente de adaptarse a las nuevas condiciones, los sistemas flexibles de producción, como el de Toyota, salieron adelante.

Ante esta perspectiva de la sociedad, con gustos cada vez más cambiantes y diversos, la producción simplificada o Lean Manufacturing se erige como la mejor opción para los fabricantes de dar respuesta a esta demanda.

Los principios en los que se basa el Lean Manufacturing son muy amplios y diversos. Algunos de ellos se describen a lo largo de este modelo de mejora, pudiendo remarcar, en líneas generales, como más importantes ideas las siguientes:

- Para obtener mayor beneficio de la producción se ha de poder hacer frente a la demanda del cliente consumiendo la menor cantidad de recursos posible.
- Para hacer frente a la demanda del cliente, se ha de asegurar mediante diversos mecanismos, que esto va a ser así.
- El Takt Time es el tiempo que debe transcurrir entre la salida de una pieza fabricada y la siguiente para que se llegue a cumplir con la producción solicitada por el cliente. Organizar la producción y los recursos en función de este tiempo supone hacerlo en función de la demanda del cliente, asegurando así que se va a producir lo solicitado.
- Producir al ritmo que permitan hacerlo las máquinas existentes es un error. Si las máquinas trabajan más lento que lo que marca el Takt Time, no se llegará a la producción necesaria. Si trabajan más rápido, se producirá más de lo requerido. Ambas situaciones son adversas.

- El flujo continuo es la situación en la que cada vez que un operario realiza una operación cíclica sobre una pieza, mueve ésta hacia la siguiente operación, sin dejarla esperar en ningún stock intermedio.
- Lograr el flujo continuo, aunque difícil, supone una verdadera ventaja, ya que se eliminan pérdidas.
- Pérdidas son todas aquellas acciones, condiciones o elementos que suponen un gasto de recursos y no aportan ningún valor al producto.
- Hay tipificadas siete pérdidas: inventario, esperas, desplazamientos, traslado de material, trabajo duplicado o sobreproceso, rechazos y sobreproducción.
- Eliminar las pérdidas supone producir lo mismo, con menor coste: más beneficio.
- Todas las acciones llevadas a cabo en la célula, deben ser realizadas exclusivamente para dar valor al producto. Esto se llama valor añadido y es lo que el cliente paga y por lo que la empresa percibirá beneficio.
- En una célula operando en flujo continuo, cada pieza se mueve de una estación de valor añadido directamente a la siguiente, que también le supondrá un valor añadido.
- Por tanto, una célula Lean es una composición de personas, máquinas, materiales y métodos con los pasos del proceso ubicados uno al lado del otro en un orden secuencial, a través del cual las piezas se procesan en flujo continuo (o en pequeños lotes uniformes) adquiriendo valor añadido en cada punto por el que discurre.
- Eliminar pérdidas supone simplificar el proceso y ello facilita la producción y aumenta la calidad.
- Una célula flexible es aquella que es capaz de producir a diferentes ritmos según la demanda del cliente sin que, por ello, aparezca desperdicio de recursos.
- Para lograr una célula flexible se ha de formar a todos los operarios en todas las estaciones del proceso, ya que podrían trabajar en cualquiera de ellas o en todas.
- La separación del operario de una estación fija implica diversas ventajas adicionales: creación de conciencia de producto, trabajo en equipo, flexibilidad...

A continuación, a lo largo de las paginas de este modelo de mejora, se amplían los conocimientos de estos principios, aplicándolos a la realidad de una célula.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

A4. Breve descripción
de las etapas del modelo

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



A. INTRODUCCIÓN

A4. Breve descripción de las etapas del modelo

El presente modelo de mejora de células de producción se puede dividir en siete etapas que deben llevarse a cabo consecutivamente para llegar a la mejora clara y segura de una célula determinada.

En realidad no se trata de etapas rígidas, ni resulta estrictamente necesario completar cada una de ellas para pasar a la siguiente. Muchas veces se pueden llevar a la práctica dos etapas simultáneamente, con lo que se gana tiempo. Sin embargo, hacer esto sólo está recomendado para analistas suficientemente experimentados y que, por otro lado, no estén demasiado habituados ni a la realidad de la célula, ni a paradigmas establecidos considerados como ciertos siempre. Esto se especifica porque uno de los principales obstáculos a la hora de la aplicación de este modelo es precisamente la dificultad que causa el hábito para ver elementos susceptibles de ser cambiados. La resistencia al cambio resulta inevitable a menudo.

Las etapas a seguir, descritas en el presente modelo de mejora, para lograr una mejor productividad mediante el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles, son las siguientes:

1. Información previa: El objetivo de esta etapa es disponer de información básica acerca de la célula, tal como el tiempo disponible para la fabricación, el volumen de producción, etc. Esta información será imprescindible para la realización del resto del modelo de mejora.

2. Observación preliminar: En esta etapa se busca que el analista comprenda el funcionamiento de la célula. Además de tomar conciencia del trabajo que realizan las personas allí asignadas, se observan, de forma preliminar, las primeras pérdidas.

3. Análisis de situación actual: Ésta es una de las etapas de mayor importancia. En ella se analiza en profundidad el funcionamiento de la célula, cuantificando los tiempos de trabajo y descubriendo las pérdidas que existen.



4. Búsqueda de propuestas de mejora: En esta etapa se deben proponer acciones de mejora que favorezcan el flujo continuo y eliminen, o reduzcan al mínimo inevitable, las pérdidas señaladas en el capítulo anterior.

5. Estimación de la situación futura: El objetivo de esta quinta etapa es mostrar el modo de trabajo en la célula para llegar, verdaderamente, a lograr una mayor productividad y una reducción de los recursos empleados. También sirve para mostrar una imagen ideal de la futura célula. Es útil para obtener una medida del grado de mejora que se pretende obtener y del grado de éxito logrado cuando ya se hayan implantado las mejoras.

6. Objetivos y presentación: En esta etapa se debe intentar proponer unos objetivos realistas para lograr en la célula. De esta forma se estimula a los responsables de cada acción, que también hay que definir. También se explica en este capítulo cómo hacer la presentación del plan de mejora, incluyendo un programa de implementación.



7. Implementación y seguimiento: Finalmente se deben llevar a cabo las mejoras y realizar pruebas y acciones de depuración del sistema de trabajo. De esta manera se logra un flujo continuo consistente y se forma a los operarios para su sostenimiento. Independientemente de la labor de los operarios correctamente entrenados, resulta necesaria la supervisión y dirección de la célula para evitar que el falso flujo vuelva a aparecer, por lo que se deben establecer las pautas de trabajo para todas las personas implicadas, desde los operarios hasta el gerente de la planta y así establecer un sistema de controles, reuniones y auditorías que impidan el retorno al “fake flow” o falso flujo.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química





Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B1. Información previa

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B1. Información previa

a. Objetivo:

El objetivo de la búsqueda de información previa es el siguiente: obtener los datos previos necesarios e indispensables para la realización de los cálculos iniciales. A partir de algunos de estos datos se hallará el valor del takt time, parámetro esencial para el estudio, ya que indica cuál debe ser el ritmo de producción.



b. Recopilación de datos para el takt time:

El takt time es un dato que servirá como base para realizar posteriores cálculos y tomar decisiones respecto a la forma de trabajar en la célula. Para hallar su valor será necesario obtener previamente información del volumen y el tiempo de producción.

Dependiendo del tipo de empresa a estudiar y su sector industrial, el **volumen de producción** se puede expresar en masa de producto por unidad de tiempo (kg/día, Ton./semana...), en volumen (litros/día, m³/mes...), en unidades monetarias (€/año)... o, como es el caso de Visteon - Cádiz Electrónica, en unidades físicas: en módulos.

Los precios de mercado de los bienes recibidos de los proveedores, así como de aquellos que se venden a los clientes, pueden variar en el tiempo, por eso no resulta válido para el presente estudio de producción hablar de volumen productivo en términos monetarios. Las unidades de masa o volumen no tienen sentido en una planta de electrónica. Se centra este estudio, por tanto, en la medida del volumen de producción en módulos por unidad de tiempo.

Se entiende **tiempo de producción** como el total de horas de las que dispone la empresa para producir a la semana. Por ejemplo, tener una línea operando 24 horas diarias los siete días de la semana significan 168 horas de producción. En principio, este no es un aspecto tan variable como el volumen de producción, ya que casi todas las factorías productivas tratan de mantener sus líneas trabajando durante esas 168 horas. La

parada de maquinaria pesada supone un elevado coste que lleva a la organización de turnos de producción que supriman paradas evitables.

Sin embargo, para todas las factorías del mundo hay otras paradas que son inevitables: las paradas de mantenimiento. Muchas fábricas las tienen programadas semanal, mensual y anualmente. Este tiempo no debe contar como tiempo productivo. El tiempo de paradas de emergencia, sin embargo, al no estar previsto, no se puede tener en cuenta desde el principio, sino que será observado en otro apartado, más adelante: el “downtime”. También deben tenerse en cuenta como paradas programadas los tiempos de comida de los operarios, si es que entran dentro del turno.

Además, en Visteon Cádiz Electrónica, debido a las características de su producción, no necesita de grandes equipos cuya parada suponga una pérdida importante de dinero, sino que la mayoría de sus instalaciones está compuesta por material pequeño y versátil. Esto hace que las paradas no supongan un gasto extra, sino todo lo contrario: las horas de trabajo nocturnas y aquellas realizadas en fines de semana, por convenio, están pagadas a mayor precio, luego resulta más barato, si las exigencias productivas lo permiten, trabajar a uno o dos turnos diarios y sólo de lunes a viernes. Esto, evidentemente, disminuye el tiempo de producción, que deberá ser calculado entonces como:

Tiempo bruto de producción = N° horas por turno x N° turnos diarios x N° días semanales

Paradas programadas = Paradas por mantenimiento + Paradas técnicas + Paradas por comida

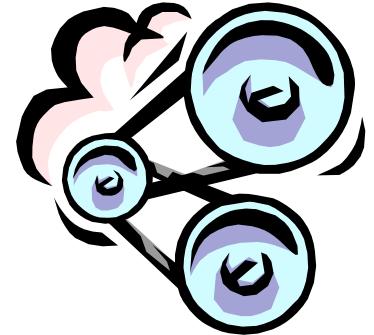
Tiempo de producción = Tiempo bruto de producción – Paradas programadas

En Visteon Cádiz Electrónica, la mayoría de los productos se trabajan a dos turnos (de 8 horas aproximadamente) y cinco días a la semana, sin embargo algunas líneas se trabajan las 24 horas todos los días, debido a la elevada demanda que tienen. Las paradas de mantenimiento y paradas técnicas están estandarizadas y las de comida son siempre de 30 minutos para los turnos de mañana y tarde y de 15 para el de noche. Las paradas por comida pueden considerarse paradas programadas, como está aquí explicado, o bien descontarse directamente del tiempo del turno, ya que son constantes. Este último sistema es el que se ha empleado en el resto del trabajo, aunque son válidas ambas opciones.

c. Cálculo del Takt Time:

Una vez se disponga de estos datos, es posible calcular el takt time.

El **takt time** es el tiempo que indica la cadencia con la que se debe producir en la célula, el ritmo de producción, o, en palabras más sencillas: "cada cuánto tiempo debe salir, por el final de la línea, un módulo terminado". Dependiendo de la demanda del cliente, este tiempo será mayor o menor.



Se define el takt time como el cociente entre el tiempo de producción disponible y el volumen de producción demandado. La producción está distribuida en turnos de 8 horas (aproximadamente), pudiendo disponer de 1, 2 ó los 3 turnos. Según sea la elección, así será el tiempo de producción disponible y, por tanto, el takt time.

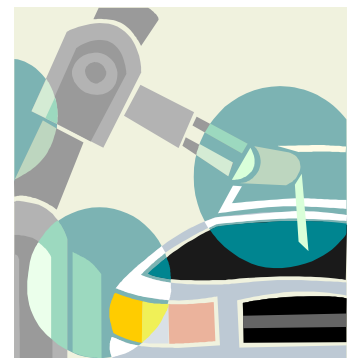
$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo Total} - \text{Paradas programadas}}{\text{Volumen de producción}}$$

d. Otros datos de interés:

Además del takt time, es importante conocer otros datos:

El **personal asignado** en la célula estará directamente relacionado con el takt time en posteriores cálculos de una forma muy directa. Hay que tener en cuenta que sólo se contabiliza el personal encargado de producir, dejando fuera del cómputo a los técnicos de reparación, supervisores, personal encargado de reposición de material (line feeding), etc...

También se deben obtener datos de la **fiabilidad y efectividad** de las máquinas y estaciones automáticas de que disponga la célula. Estos datos pueden quedar reflejados mediante índices tales como el **FTT** (First Time Through) y el **downtime**.



El FTT es una medida de la efectividad. Indica la cantidad de piezas que pasan por una máquina, estación o línea a la primera, sin dar error ni tener necesidad de ser retrabajado de ninguna forma: sólo entran en la estación y luego salen correctamente. Es decir:

$$FTT = \frac{\text{Piezas OK}}{\text{Total Piezas}} * 100$$

Este dato es importante para el cálculo del takt time, ya que se tiene en cuenta que los módulos pueden fallar, y el tiempo empleado en su manufactura no es realmente productivo.

El downtime (literalmente "tiempo de reposo") es otro índice que proporciona información acerca de otra clase de pérdida en las estaciones automáticas. El downtime indica las pérdidas debidas a que la máquina se encuentra detenida o trabajando a un ritmo menor al habitual. La relación existente entre el ritmo productivo de la máquina y el ritmo que debería llevar si no tuviera esas pérdidas de velocidad es el downtime:

$$\text{Downtime} = \frac{\text{Producción real con paradas}}{\text{Producción teórica sin paradas}} * 100$$

Este cálculo proporciona el porcentaje de pérdidas por estos motivos.

El tiempo de **Change Over** es el transcurrido entre la última pieza buena de un lote de producción y la primera pieza buena del siguiente. Hay que hacer un change over cuando se está produciendo el modelo "A" y se necesita fabricar el modelo "B", el cual tiene diferentes componentes de los que hay que proveerse antes de comenzar, o quizá requiera cambiar la aplicación informática de alguna de las máquinas, o alguna pieza...

Estos últimos factores se pueden agrupar en uno sólo llamado **O.E.E.** (Overall Equipment Efficiency), dato del que se suele disponer sin dificultades. El OEE es la medida de la disponibilidad, eficiencia de rendimiento y calidad de una máquina.

Todos estos datos serán de utilidad más adelante en el modelo de mejora.

e. En resumen:

El takt time es el tiempo medio que debe transcurrir entre la salida de dos módulos consecutivos. Depende del volumen de producción y del tiempo disponible para producir dicho volumen y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Total - Paradas\ programadas}{Volumen\ de\ producción}$$

Para posteriores cálculos, se deben obtener datos de:

- Fiabilidad, efectividad y disponibilidad de máquinas, cuantificadas a través del FTT (porcentaje de piezas que pasan a la primera), del Downtime (porcentaje de la producción que se pierde por el tiempo que la máquina está parada o trabajando a ritmo de producción menor) y del Change Over (tiempos de cambio de ciclo productivo). También se puede hallar directamente el OEE, como se hace en el resto del estudio.
- Número de personas asignadas a la célula.

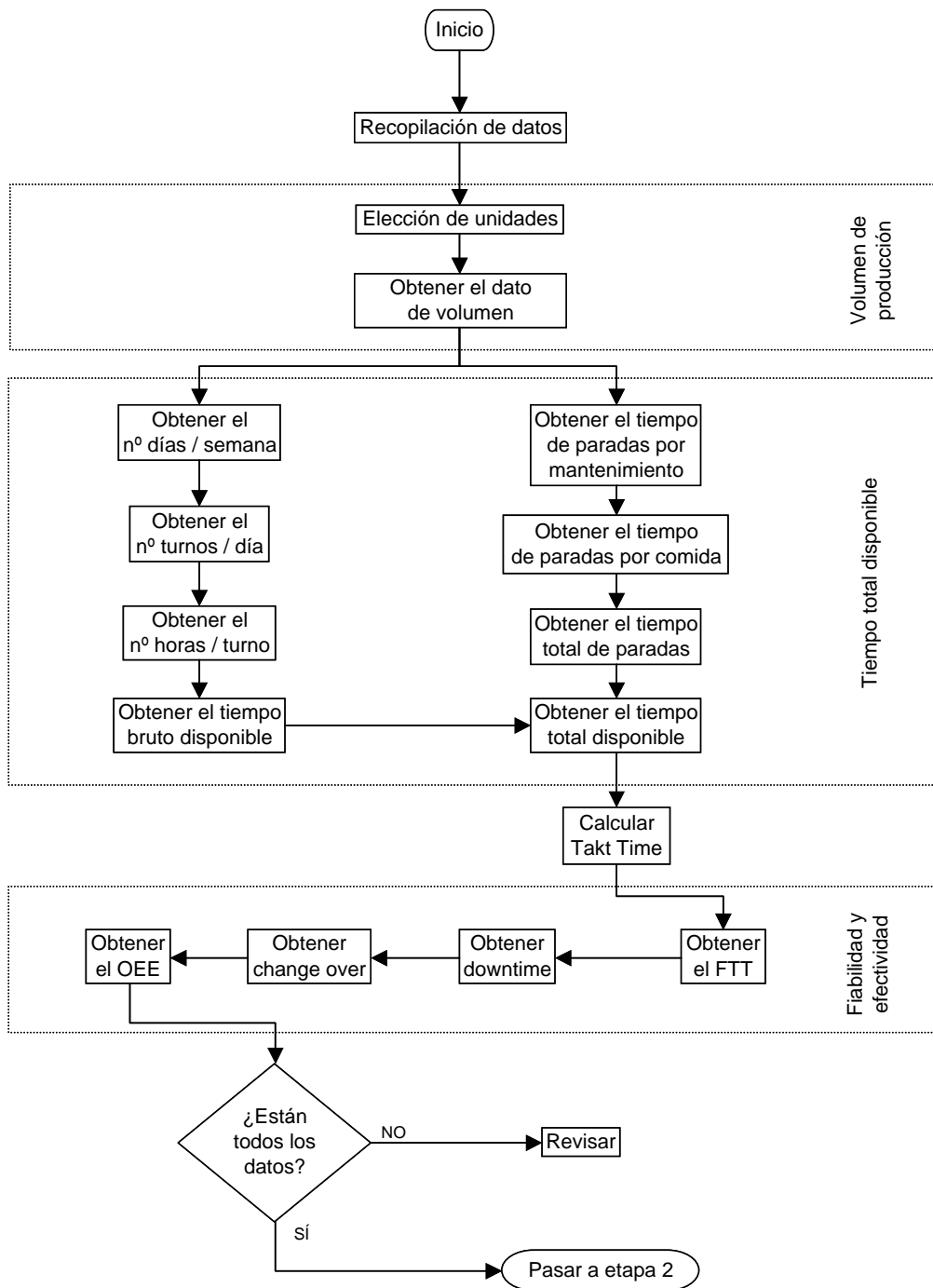


B1. Información previa

Diagrama de Flujo



1. INFORMACIÓN PREVIA





B1. Información previa

Formato





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

I. Información previa

Célula:

Elaborado por:

- Volumen actual de producción: módulos / día
- Patrón actual de producción: turnos / día
 días / semana
- Personal asignado: Operarios de producción
 Técnicos, reparadores...
 Personal auxiliar (line feeding...)

Máquinas:	OEE	FTT	Downtime	Change over (durac. / frecuenc.)	
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- Mantenimiento:
 - Parada semanal minutos / semana
 - Parada mensual minutos / mes



MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

22-SEP

I. Información previa

Célula: *Alfa*

Elaborado por:

Pedro Pérez Pérez

- Volumen actual de producción: módulos / día
- Patrón actual de producción: turnos / día
 días / semana
- Personal asignado: Operarios de producción
 Técnicos, reparadores...
 Personal auxiliar (line feeding...)

Máquinas:	OEE	FTT	Downtime	Change over (durac. / frecuenc.)	
<i>Soldadura Selectiva</i>	<input type="text"/>	<input type="text" value="10%"/>	<input type="text" value="8%"/>	<input type="text" value="10 min"/>	<input type="text" value="3/día"/>
<i>Router</i>	<input type="text"/>	<input type="text" value="15%"/>	<input type="text" value="10%"/>	<input type="text" value="-"/>	<input type="text" value="-"/>
<i>Programadora</i>	<input type="text"/>	<input type="text" value="10%"/>	<input type="text" value="6%"/>	<input type="text" value="3 min"/>	<input type="text" value="3/día"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- Mantenimiento:
 - Parada semanal minutos / semana
 - Parada mensual minutos / mes



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B2. Observación preliminar

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B2. Observación preliminar

a. Objetivo:

El objetivo de la observación preliminar en el modelo es múltiple:

- Comprender el proceso productivo.
- Tomar conciencia de la realidad de la célula y sus dificultades.
- Realizar el primer contacto con el personal.
- Medir los primeros tiempos orientativos.
- Detectar las pérdidas más importantes.



Con lo que queda reflejada la importancia de esta etapa.

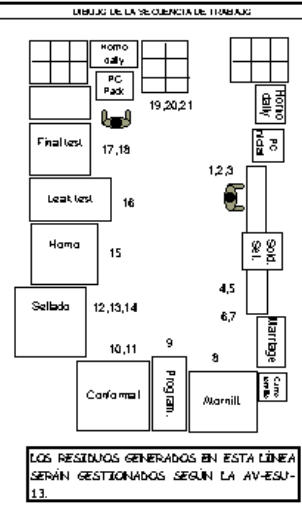
b. Comprensión general del proceso:

El estudio de mejora de células de producción se basa principalmente, en la observación real de las operaciones en la célula. Es necesario conocer perfectamente los principios del Lean Manufacturing para poder contrastarlos con la realidad de la célula y detectar dónde están las pérdidas que hacen disminuir la productividad, la eficiencia, la calidad, la rentabilidad...

En esta observación preliminar no se pretende encontrar soluciones a los problemas, ni detectar la causa raíz de los mismos. Es, como su nombre indica, un examen preliminar, una toma de contacto con la célula, el proceso y sus trabajadores.

El primer paso es la comprensión del flujo del proceso. Para ello será de utilidad disponer de un documento como la QPS (Quality Process Sheet, Hoja de Calidad de Proceso). En ella se recogen todas y cada una de las acciones que deben llevar a cabo los operarios para realizar el proceso de forma correcta, segura, rápida y con calidad. Además, se representa en la QPS un pequeño plano que da una idea visual de la disposición espacial de la célula.

QPS - HOJA DE INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN									
RF QPS	Proceso	Producto	Dpto	Velocidad de demanda del cliente	Velocidad de línea	RF QPS	Hoja 1 de 1	Fecha	4 Oct 2020
	CELULA ESU-12	ESU-12	INGENIERIA			0	Revisado por	Fecha revisión	
	PLACA						Hedinger/Markus	28 Oct 2020	
Simbolo	Stock de piezas	Seguridad	Nota	Control de calidad	Check Change	Estado	Fal	Poka	Operación
						Visual	TPM		
Paso	Descripción	Tiempo (seg)	Mano de obra	Mano de obra	Mano de obra	Mano de obra	Mano de obra	Mano de obra	Mano de obra
1	Coger la placa del mostrador de entrada e inspeccionar los componentes no listados según AV-ESU-01.								
2	Colocar la placa en la tolva de inserción y pasar al control según AV-ESU-02.								
3	Colocar la placa en el conveyer de entrada de la máquina de soldadura selectiva, según AV-ESU-03.								
4	Salir al control en la máquina de soldadura selectiva.								
5	Coger cooling y colocarlo en la tolva. Coger placa del conveyer de la soldadura y llevarla al punto 6.								
6	Si no está OK, inspeccionar el fallo manualmente. Reportar el fallo.								
7	Inspeccionar la soldadura, según AV-ESU-05.								
8	Si no está OK, pasar al punto 7.								
9	Si no está OK, cargar el fallo y repetir el proceso.								
10	Controlar la placa de pautas de la tolva y colocar la soldadura en el cooling.								
11	Preparar el módulo en la máquina de soldadura según AV-ESU-04 y pasar al punto 12.								
12	Inspeccionar el módulo en la máquina de soldadura. Si no está OK, pasar al punto 9.								
13	Si no está OK, llamar a atención con la placa listada manual.								
14	Colocar el módulo en la programación.								
15	Colocar el módulo en la máquina de control según AV-ESU-06.								
16	Una vez terminado el proceso de control inspeccionar el módulo según AV-ESU-08.								
17	Si no está OK, pasar al módulo en la máquina de soldadura según AV-ESU-07 y pasar al punto 12.								
18	Si no está OK, analizar la causa del fallo, cargar el proceso y volver al paso 10.								
19	Colocar el módulo una vez terminado el control e inspeccionarlo según AV-ESU-09.								
20	Si no está OK, llevar el módulo al área de reparación.								
21	Colocar los módulos en el área de control según AV-ESU-10 hasta que esté lleno.								
22	Tras el caso del horno y después de la inspección de los módulos según AV-ESU-11.								
23	Realizar el caso en el horno para realizar el control de los módulos según AV-ESU-12.								
24	Colocar los módulos en el LEAK TESTER según AV-ESU-10.								
25	Si no está OK, pasar el módulo al punto 17.								
26	Si no está OK, llevar el módulo al área de reparación.								
27	Coger el módulo, e introducirlo en la tolva de la línea funcional según AV-ESU-11.								
28	Colocar el módulo una vez listado.								
29	Si el módulo no está OK, pasar al punto 19.								
30	Si el módulo no está OK, cargar el fallo de la tolva de la impresión y llevar al área de reparación.								
31	Inspeccionar el módulo en la máquina de control según AV-ESU-12.								
32	Si no está OK, según datos en la inspección, pasar el fallo en un trozo de papel de la impresión, pasar la lista en el módulo y llevar al área de reparación.								
33	Lavar cada módulo con la pistola después de la OK de la aplicación de empaquetado y colocarlo en la caja CHCP.								
34	Una vez lista la caja, pasar la etiqueta en la caja, según AV-ESU-12.								

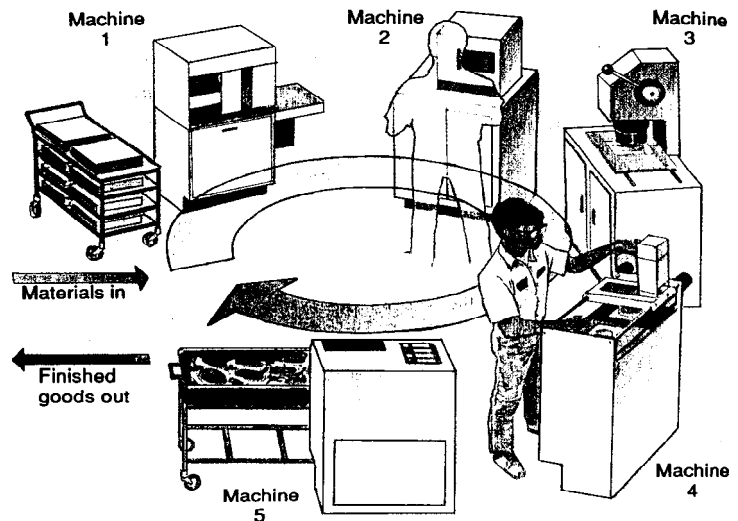


Sin embargo, para comprender realmente el flujo del proceso es necesario observarlo directamente en planta. De forma cortés se puede pedir a los operarios que expliquen cómo funciona su parte del proceso, qué tienen que hacer y dónde deben poner más atención; qué es lo más complicado o costoso y qué lo más lento desde su punto de vista. Esta información se puede utilizar después para realizar mejoras en esos aspectos, de forma que tendrán más impacto en la moral de los operarios y así también mejore la célula desde una perspectiva psicológica.

Además, la observación preliminar sirve para tomar los primeros tiempos orientativos, que indican qué procesos son los más prolongados, cuál puede ser el cuello de botella del proceso, con qué cadencia sale el producto terminado... Para ello basta con cronometrar los tiempos de ciclo de las máquinas que parezcan más lentas, el tiempo que transcurre desde que el operario deja un módulo terminado hasta que deja el siguiente... En la próxima etapa, "Análisis de la situación actual" se explica más detenidamente cómo se debe realizar la toma de tiempos para obtener resultados fiables y útiles.

c. Flujo Continuo:

La forma de trabajo ideal en una célula es el flujo continuo. Esto significa que el producto en proceso se mueve directamente desde un paso al siguiente, de pieza en pieza. Cada paso del proceso opera con una sola pieza que es la que el paso siguiente necesita justo cuando el anterior finaliza. El lote es de una sola pieza, por eso también se llama "one piece flow" (flujo de una pieza). El hecho mismo de producir mediante células tiene como objetivo llevar a cabo este tipo de flujo.



Comprender el proceso estudiado es condición necesaria para tener claro el tipo de flujo existente. Si el flujo en la célula no es continuo, realmente no es un flujo, sino que irá a saltos, de forma discontinua e incluso, a veces, con retrocesos. Es lo que se llama un fake flow (falso flujo).

El flujo continuo tiene ventajas respecto al fake flow. Supone valor añadido sobre valor añadido, ya que existen muchas menos pérdidas entre pasos; se minimiza el tiempo necesario para producir (llamado "lead time"), se reducen costes y se aumenta la productividad. Además la calidad mejora, ya que las operaciones se unen en un conjunto que tiene un mismo objetivo de satisfacción del cliente.

Observando las células, se debe centrar la atención en los tres flujos:

- Flujo de información: ¿Todos conocen el objetivo de producción por hora? ¿Con qué velocidad se advierten los problemas y anomalías? ¿Qué sucede cuando estos problemas ocurren?
- Flujo de material: ¿La pieza se mueve desde un paso del proceso en el que le agrega valor al siguiente?
- Flujo de operarios: ¿Es el trabajo del operario repetible y consistente dentro de cada ciclo? ¿Puede el operario rápida y fácilmente pasar de un trabajo en el que agrega valor al siguiente?

Con estas cuestiones se llega a reconocer fácilmente la existencia del fake flow y será de ayuda para la realización de propuestas de mejora.

d. Pérdidas:

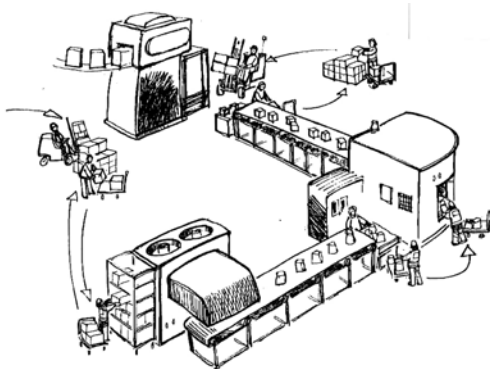
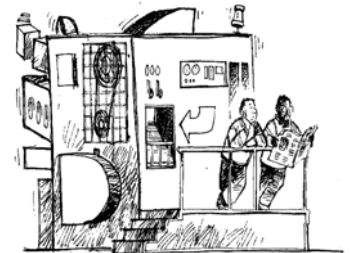
Por otro lado, a medida que se observan los elementos de trabajo y el flujo en la célula, hay que focalizar la atención en otro aspecto: las pérdidas. Puede que los operarios tengan que caminar largos recorridos para buscar piezas o esperen mientras las máquinas realizan su ciclo... Estas operaciones no le agregan valor al producto final desde el punto de vista del cliente, interrumpen el flujo y producen desperdicio.

Las pérdidas más importantes se encuentran clasificadas en la teoría de Lean Manufacturing como "Las Siete Pérdidas" y son las siguientes:



- Sobreproducción: Es producir más de lo que se requiere antes de que se necesite.

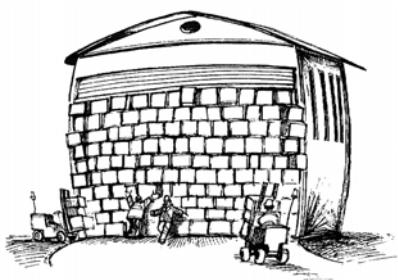
- Esperas: Las esperas de los operarios a la terminación del ciclo de una máquina, a que llegue material, a que reciba la información necesaria...



- Transporte: El movimiento innecesario de material en el interior de la célula o la planta.

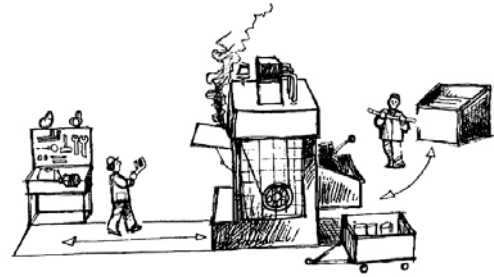
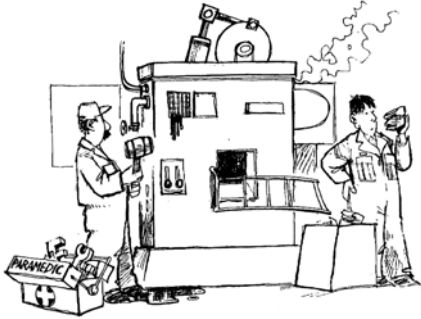


- Sobreproceso:
Hacer más operaciones que las requeridas por el cliente.



- Inventario: Un inventario mayor del necesario y la fabricación por lotes grandes puede producir problemas de calidad, exceso de movimientos, ocupación de espacio...

- Desplazamientos: De las personas mientras hacen su trabajo, causado por la mala distribución de tareas y máquinas.



- Rechazos y retrabajos: Cualquier reparación es una pérdida.

De todas estas pérdidas la mayor es la de sobreproducción, porque además es la causa de otras pérdidas, como el inventario excesivo que se genera, el transporte del mismo a zonas donde no entorpezca o a almacenes, rechazos por fallos de calidad, esperas a que las estaciones automáticas consuman el buffer creado, se requiere mano de obra y equipos extra, esfuerzo extra, espacio para su almacenamiento...

Entre las pérdidas más habituales se encuentran las esperas de operarios a que las máquinas terminen su ciclo. En procesos como los que se realizan en Visteon Cádiz Electrónica, el diseño sigue los principios de Lean Manufacturing, que indican que se debe trabajar con equipos flexibles, máquinas sencillas y baratas. Por esto es que hay que diseñar procesos en los que las máquinas terminen de trabajar antes de que el operario las requiera para la siguiente pieza. En estos procesos no es malo que una máquina quede en espera hasta que una persona realice la carga y el accionamiento, lo que sí es un desperdicio es que el operario tenga que esperar.

La llegada al flujo continuo significa, por tanto, lo siguiente:

- “Zero waste” (cero pérdidas): eliminar esperas, inventario, retrabajo, scrap (material inutilizado), desplazamientos, movimientos, espacio...
- Minimizar operaciones sin valor añadido: a pesar de que algunas de estas operaciones son inevitablemente necesarias, hay que minimizarlas: carga y descarga de máquinas, algunos test e inspecciones, limpiezas...
- Capacitar la célula para trabajar con distinto número de operarios en función, por ejemplo, del volumen de producción, ya que la distribución de las estaciones así lo permitirá.

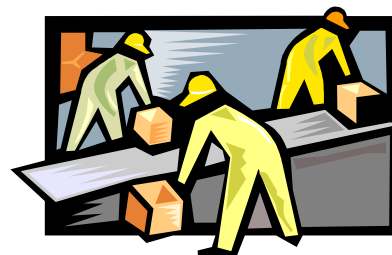
e. Elección de medibles:

Llegados a este punto, cuando ya se ha comprendido el proceso, se ha detectado la presencia o no de flujo continuo y se han encontrado las pérdidas más importantes a primera vista, el siguiente paso es la elección de los medibles que servirán para evaluar la mejora efectuada.

A continuación se detallan algunos de los medibles más habituales, sin embargo, cualquier parámetro o cualidad puede ser válido siempre que muestre claramente la diferencia entre un estado inicial y un estado mejorado.

La existencia o no de **flujo continuo** puede ser un medible muy apropiado. Pasar de un estado en el que no lo hay a otro en el que el flujo continuo marca la producción, implica haber realizado el ejercicio de mejora que lleva consigo la eliminación de desperdicio, la minimización de operaciones sin valor añadido y la versatilidad de respuesta ante fluctuaciones en cualesquiera de las condiciones de trabajo en la célula.

El **número de operarios** también es un medible significativo. Aunque por sí sólo, la reducción de este número no implica necesariamente una mejora, es un dato muy valorado por la gerencia, ya que supone reducción directa de costes. La clave está en que no influya ni en el volumen ni en la calidad del producto.



El **CWS** (Current Work Standard - Tiempo actual de horas hombre por pieza) es un parámetro muy apropiado para ser utilizado como medible. A diferencia del número de operarios, cuyo valor puede reducirse aparentando una mejora mientras que el volumen de producción cae en una proporción quizá mayor, el CWS es un factor que mide la carga de trabajo total que hay en la célula, independientemente del volumen de producción y del número de operarios. Sin embargo, a través de este número y del volumen de producción, se podrá establecer posteriormente el número de operarios necesarios.

El **Lead Time**, que se define como el tiempo transcurrido desde que un módulo entra en la célula como materia prima hasta que sale de ella como producto terminado. Puede ser considerado como un parámetro ideal: la suma de la duración de todas las operaciones que se realizan en la célula; o bien como un dato real, midiendo el tiempo transcurrido entre la salida y la entrada de un módulo marcado.

La **capacidad de producción** de que dispone la célula, por sí misma no es indicativa de una mejora, ya que es fácil duplicar la producción triplicando los recursos, sin embargo, añadiendo otros medibles como el número de operarios o el CWS, el aumento en la capacidad de producción sí puede ser una medida significativa de la mejora en la célula.

La **productividad**, entendida como la cantidad de módulos producidos por cantidad de operarios y por hora.

El **espacio ocupado** también puede ser un medible interesante. En células mal diseñadas, el espacio de muchas estaciones, así como la distancia entre ellas puede estar mal optimizada. Reducir las dimensiones totales de la célula puede ser una forma de mejorar, no ya sólo porque la superficie ocupada valga dinero, sino también porque de esta forma se reducen los desplazamientos que deben hacer los operarios, así como se reduce la posibilidad de la existencia de operarios aislados, alejados del flujo.

El **porcentaje de valor añadido** indica la cantidad de tiempo que emplean los operarios en realizar operaciones que agregan valor al producto respecto al tiempo total que se encuentran trabajando. Eliminar desperdicios (esperas, desplazamientos...) y minimizar el tiempo de operaciones sin valor añadido (inspecciones, cargas y descargas, limpiezas...) hace que vayan quedando únicamente las operaciones realmente útiles y que el cliente valora.

El **quality performance** (la función de calidad), indica la calidad del proceso productivo en términos de productos defectuosos: material reprocesado (reparaciones, recuperación de partes útiles en módulos inútiles) y scrap (material de desecho sin utilidad alguna).

El **tiempo de change over** es otro medible que, si bien no indica el progreso de la célula en sentido global, sí muestra la mejora de este aspecto que resulta, a veces, muy significativo. Tiempo de change over largos dificultan el trabajo en la célula ya que, debido a la pérdida de tiempo de producción que suponen en sí mismos, obligan a programar un schedule en el que existan pocos change over, lo que provoca que los inventarios crezcan, se haga producción por lotes grandes y se pierda el flujo continuo.

Finalmente, el **overtime** (horas extra de equipos humanos y materiales), es otra medida del estado de la célula. Un overtime elevado indica que la célula presenta

problemas de algún tipo que obligan a hacer gran cantidad de horas extra para hacer frente a la producción; mientras que un pequeño o inexistente overtime indica que apenas existen retrasos.

Muchos otros parámetros pueden ser utilizados como medibles, pero usando los aquí descritos se puede obtener una idea suficientemente precisa del grado de mejora logrado.

f. En resumen:

La observación preliminar es una etapa del método que sirve para tomar el primer contacto con la realidad de la célula. De esta forma se puede comprender el proceso, observar el flujo y detectar las pérdidas más importantes.

Para ello se debe presenciar en la célula la forma de trabajo de los operarios y observar la existencia o no de los flujos de material, información y personas. También se deben buscar indicios de las siete pérdidas tipificadas.

Posteriormente se eligen los medibles que se pueden utilizar para evaluar la situación previa de la célula y establecer objetivos. Los medibles pueden ser muchos y muy variados, pero se ha de buscar la máxima objetividad y posibilidad de cuantificarlos.

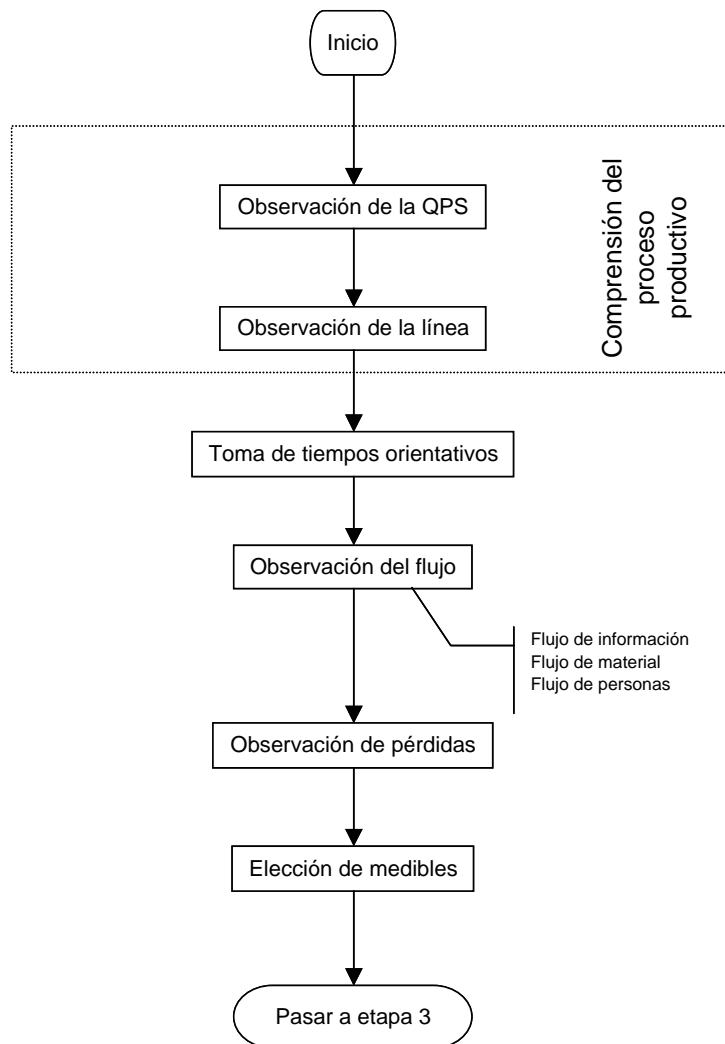


B2. Observación preliminar

Diagrama de Flujo



2. OBSERVACIÓN PRELIMINAR





B2. Observación preliminar

Formatos





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS


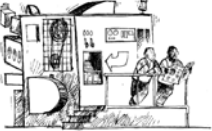
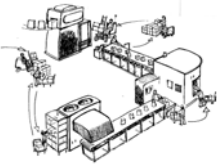




Fecha:

II. Observación preliminar

Célula:

Las siete pérdidas:

Elaborado por:

 Sobreproducción	
 Esperas	
 Transporte	
 Sobreproceso	
 Inventario	
 Desplazamientos	
 Rechazos y retrabajos	



MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

II. Observación preliminar Fake flow

Célula:

Elaborado por:

Se detecta fake flow si:

- Los operarios esperan a que acabe el ciclo de las máquinas.
- Existe más de una pieza en proceso entre estaciones contiguas.
- Los operarios pueden procesar lotes de producto sin terminar.
- Los operarios realizan tareas no cíclicas (reposición de material...)
- La salida de producto terminado fluctúa en cada hora y cada turno.
- La amplitud interior de la U de la célula es mayor a 2 metros.
- Existen operarios "anclados" a una estación.
- Los mismos problemas se repiten cada día y cada semana.
- Existen afirmaciones como "Se necesita más disciplina".
- Las estaciones se colocan más cerca unas de otras pero no existe verdadero flujo de material, de información y de personas.
- Las estaciones de trabajo funcionan como islas incomunicadas.
- Los operarios difícilmente pueden trabajar en las estaciones contiguas (izquierda y derecha) o en la que está a su espalda.

Todas las afirmaciones marcadas son pérdidas e impedimentos al flujo continuo y se debe tratar de eliminarlas o reducirlas al máximo.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B3. Análisis de la situación actual

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B3. Análisis de situación actual

a. Objetivo:

Uno de los objetivos de este análisis es comprender exactamente y documentar cuál es y cómo se hace el trabajo en la célula.



Pero el principal objetivo es hacer una "fotografía" de la situación actual de forma que, posteriormente, se pueda comparar con la situación propuesta e incluso con la situación final una vez se hayan realizado las mejoras oportunas.

b. Observación de los elementos de trabajo:

Cuando se mira el trabajo en una célula, se observa que cada operario ejecuta una serie de pasos o **elementos de trabajo** para completar su ciclo. Estos elementos, uno tras otro, suponen el total del trabajo de cada operario en la célula. Comprender cada uno de estos elementos de trabajo es algo vital para poder realizar la mejora y mantener un flujo continuo en la célula.

Se puede definir un elemento de trabajo como la porción de trabajo más pequeña realizada por una persona, que puede ser transferida a otra.

A la hora de identificarlas en la célula, no deben ser operaciones demasiado generales ni demasiado concretas. Por ejemplo:

- Coger un módulo y colocarlo en la fixture: OK
- Poner 4 tornillos: OK
- Coger un módulo (por separado de "colocarlo en mesa"): No OK, demasiado concreta. No es una operación transferible a otra persona, porque alguien no puede coger un módulo y ser otro quien lo coloque en la mesa.
- Colocar conectores, tornillos, etiquetas y ensamblar: No OK, demasiado general. Puede dividirse en varios elementos transferibles a otras personas.

El estudio del proceso solamente se puede completar mediante la observación cuidadosa y repetida del trabajo. No es conveniente fiarse de datos de archivo. Cuando se observa el trabajo, es seguro que los operarios lo harán de forma ligera o sustancialmente diferente en cada ciclo, sin embargo hay que recordar que lo que se está buscando no es "¿Cómo lo está haciendo esta persona?", sino "¿Cuál es el trabajo?". Ésta es la pregunta objetiva que se debe evaluar.

No se deben contabilizar los trabajos fuera de ciclo como elementos de trabajo, es decir, las reposiciones de material, reparaciones, tareas de house-keeping (limpieza y orden)... no deben realizarlas los operarios de línea, ya que provocaría la pérdida del ritmo de producción, dejaría en espera a máquinas y otros compañeros o provocaría la aparición de inventario. Estas tareas las debe llevar a cabo personal auxiliar (line feeding) y por tanto no deben ser contabilizadas como elementos de trabajo para la línea de producción.



Para reunir con exactitud los tiempos de trabajo es necesario ir a la línea de producción y **utilizar cronómetros**. Hay que evitar usar datos estándar o de archivo que podrían diferenciarse de la realidad de la célula.

Además, el trabajo de reunir los tiempos personalmente ayuda a comprender mucho mejor el proceso, visualizar la situación real y detectar las pérdidas que, de otra forma, quedarían ocultas.

Se deben tomar los tiempos de cada elemento de trabajo por separado, no el tiempo total requerido para cada operario, ya que la carga de cada uno probablemente varíe al final del estudio de mejora y además, al tomar el tiempo global, también se incluyen las pérdidas, que no deben ser tomadas como elementos de trabajo. Sólo se recomienda agrupar diferentes tareas cuando su tiempo de realización sea tan corto que la

medida pueda resultar inexacta (por ejemplo tres acciones que, en conjunto, duren un segundo). Conviene seleccionar un punto concreto como inicio de la acción (por ejemplo cada vez que el operario toca el mango de la atornilladora, o cada vez que coja un

Si resulta difícil tomar los tiempos directamente de la realidad de la célula, una opción muy adecuada es grabar en vídeo varios ciclos del trabajo de los operarios.

Posteriormente, en la tranquilidad de la oficina, se pueden tomar los tiempos, fraccionar los elementos de trabajo de forma más sencilla y repetir la visualización una y otra vez.

Sin embargo, también hay que mencionar que las cámaras de vídeo suelen intimidar más a los operarios, por lo que el sistema puede dejar de resultar ventajoso.

componente) para repetir la toma del tiempo en el siguiente ciclo de la forma más parecida posible.

Hay que medir el tiempo de cada elemento varias veces. Puede resultar una tarea tediosa, pero es la única manera de asegurar unos tiempos fiables que serán la base de los cálculos y estudios posteriores.

Los tiempos se deben tomar a un operario bien preparado y cualificado, ni al más rápido ni a uno desentrenado, sino más bien a un operario típico. Puede ser de utilidad pedirles que realicen su trabajo completando el ciclo completo con un módulo cada vez, evitando formar pequeños lotes; ésta debería ser su forma de trabajar en el futuro.

De entre los tiempos tomados, se descartan los que parezcan inadecuados, generalmente los más largos (que son los que incluyen algún retraso que no pertenece

La hoja de cronometraje

El modelo de formato de hoja de cronometraje que se adjunta incluye una serie de campos que pueden ser rellenados durante la visita a la línea de producción.

Se pueden anotar los elementos de trabajo y los ciclos de máquina. A continuación se especifica a qué grupo de estos pertenece el registro y luego, si es una operación manual, se indica qué operario la realiza.

Luego se anotan los tiempos tomados y se indica, en la siguiente casilla, el número de módulos que se procesan en ese tiempo, es decir, si en una máquina se introducen 6 módulos simultáneamente y salen todos juntos, en la casilla "DIV" se marcará un 6. Igual se hace con las operaciones manuales.

Finalmente, esta vez sólo para las operaciones manuales, se deja espacio para indicar el "Factor de Actividad", donde indicaremos con un 100% que el operario está realizando su trabajo a un ritmo normal, con porcentajes menores que se encuentra operando más lentamente y con valores superiores al 100% si trabaja más rápido de lo normal. Con este factor se corrige el tiempo medido y se ajusta a la realidad, eliminando las desviaciones producidas por el hecho de que el operario varíe su ritmo normal de trabajo al verse en la situación de que le están controlando el tiempo.

propia al trabajo en sí), y se toma la media entre los valores más bajos y parejos para tener un tiempo realmente fiable y representativo.

Además de tomar los tiempos de los elementos de trabajo de los operarios, la visita a la célula también sirve para registrar los tiempos de ciclo de las máquinas. Estos tiempos se utilizarán de forma diferente, ya que no deben ser entendidos como trabajo de las

personas. Hace falta explicar que los operarios no deben esperar mientras las máquinas realizan su ciclo: mientras éstas realizan su función, la persona debe estar aprovechando el tiempo en otras tareas.

Es importante, cuando se realicen estas observaciones en la célula, mantener un ambiente cordial y cortés, y dejar claro que no se está controlando la velocidad del operario, sino el tiempo que se debe emplear en hacer el trabajo: no se evalúa a la persona, sino a las operaciones.

Una vez se disponga de todos los tiempos de cada operación individual, se puede tomar el tiempo total de todas ellas y compararlo con la suma de los tiempos individuales. La diferencia será el tiempo correspondiente a las pérdidas (esperas, camino, movimientos innecesarios...).

c. Medición del espacio ocupado:

Además de realizar el estudio de tiempos, es necesario observar el área ocupada por la célula y evaluar la distribución espacial en ella.

Se debe realizar un plano o **layout** de la célula para, posteriormente, trabajar sobre él y optimizar el flujo en la célula eliminando pérdidas. Si ya existiera un layout o plano de la zona sobre la que se realiza el estudio, puede resultar conveniente actualizarlo.

d. Cálculos del estudio de tiempos:



El formato adjunto "Estudio de Tiempos" está confeccionado con la finalidad de realizar todos los cálculos necesarios para el presente estudio.

A continuación se explica cómo opera esta hoja de cálculo, que puede ser modificada a voluntad del analista según las características del proceso productivo en cuestión.

- Hoja de cronometraje

En primer lugar se encuentra una hoja de cronometraje. En ella se deben ir detallando los elementos de trabajo tal y como se han recogido en la visita a planta en el "Formato Análisis Situación Actual - Cronometraje". También se deben incluir los datos de



"DIV" (número de módulos que se procesan simultáneamente), Factor de Actividad (F.A.) y el Coeficiente de Reposo (C.R.).

El coeficiente de reposo modifica los tiempos de los operarios para reflejar el cansancio a lo largo del turno, así como las pequeñas paradas inevitables. En la hoja, el coeficiente de reposo se fija automáticamente en un valor estándar del 8%, siguiendo indicaciones de la OIT (Organización Internacional del Trabajo), aunque puede ser modificado si se desea o así se establece en el correspondiente convenio colectivo.

Además, para las máquinas, se ha de añadir el valor de su O.E.E. (Overall Equipment Efficiency, ver cap.1). Si no se dispone de datos de O.E.E., se puede suponer un valor medio común de un 15%, desglosado de la siguiente forma:

Scrap:	1%
Paradas de mantenimiento preventivo:	6%
Paradas imprevistas:	4%
Set-up / Ajustes:	2%
Downtime:	2%
TOTAL:	15%

*Valores típicos de la industria electrónica, que pueden variar en otro sector.

La hoja devolverá automáticamente los valores medios de los tiempos recogidos en planta, así como un valor "Tiempo total" en el que se presentan los tiempos medios modificados con los porcentajes de corrección (F.A., C.R. Y O.E.E.).

En el caso de operaciones manuales se aplican el factor de actividad y el coeficiente de reposo:

$$Tiempo\ total = \frac{\sum\ tiempos}{DIV} \times \frac{1}{F.A.} \times (1 + C.R.)$$

Si se trata de operaciones automáticas (máquinas) solamente se utiliza el O.E.E. como factor de corrección:

$$Tiempo\ total = \frac{\sum\ tiempos}{DIV} \times \frac{1}{O.E.E.}$$

En el caso de operaciones manuales se usarán los valores de la columna "tiempo total" para introducirlos en las hojas posteriores, ya que cada ciclo realizado por una persona será inevitablemente diferente y serán más largos cuando el operario se encuentre más cansado. De ahí que se utilicen los tiempos "inflados" mediante los factores correctores adecuados.

Por otro lado, las operaciones realizadas por las máquinas siempre duran el mismo tiempo: no hay ciclos más largos y más cortos, sino que hay ciclos que resultan fallados y generan errores en el módulo, por lo que el tiempo empleado en el ciclo de la máquina no ha sido útil. Este hecho es lo que refleja el OEE, por lo que este factor sirve para examinar la capacidad de las máquinas de llegar a un volumen de producción, no así para sincronizar tiempos con los elementos de trabajo de los operarios.

- **Cálculo del takt time**

La siguiente hoja calculará el takt time. Se deben introducir los datos de volumen de fabricación, número de turnos diarios, número de días laborables a la semana y tiempo de parada semanal por cuestiones técnicas y de mantenimiento.

En primer lugar calcula el tiempo total disponible a la semana en función del número de turnos diarios, teniendo en cuenta que en la planta de Visteon en Cádiz, los turnos de trabajo se establecen de la siguiente manera:

- 1^{er} turno: de 06:30 a 14:45 (8 horas 15 minutos) 30 minutos para comer.
- 2^o turno: de 14:45 a 23:00 (8 horas 15 minutos) 30 minutos para comer.
- 3^{er} turno: de 23:00 a 06:30 (7 horas 30 minutos) 15 minutos para comer.

De esta forma, con los datos del patrón de producción, es fácil calcular el tiempo semanal del que se dispone para trabajar.

Para 1 turno diario:

$$\text{Tiempo semanal de trabajo} = (8,25 - 0,5) \times N^{\circ} \text{ días de producción a la semana}$$

Para 2 turnos:

$$\text{Tiempo semanal de trabajo} = (16,5 - 1,0) \times N^{\circ} \text{ días de producción a la semana}$$

Y para 3 turnos diarios:

$$\text{Tiempo semanal de trabajo} = (24,0 - 1,25) \times \text{N}^\circ \text{ días de producción a la semana}$$

A este tiempo semanal de trabajo hay que restarle el tiempo semanal de trabajos de mantenimiento y paradas técnicas para obtener el tiempo real de producción. Este valor aparece, expresado en segundos, en el numerador de la fracción que se usa para el cálculo final del takt time.

En el denominador de la fracción aparece el volumen de producción semanal, de forma que el takt time resulta ser:

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

Este dato es muy importante para el resto de operaciones y medidas que se han de realizar para la mejora de la producción en la célula.

- **Hojas de operarios**

Las siguientes hojas corresponden a cada uno de los operarios. Partiendo de los datos recopilados en la hoja de cronometraje y conociendo qué persona realiza cada operación (esta información también debe aparecer en la hoja de cronometraje), se introducen todos los elementos de trabajo y su duración, clasificándolos en las categorías disponibles:

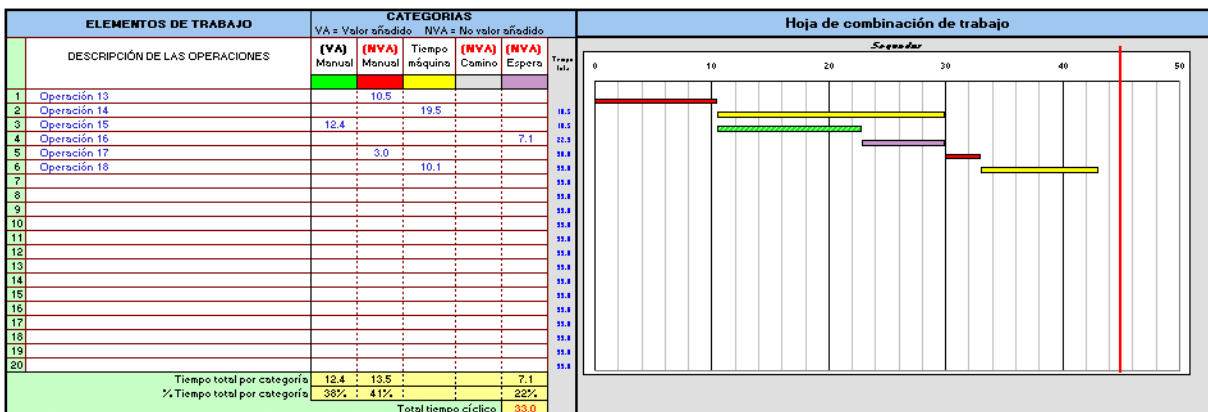


- **VA (valor añadido)**: Las operaciones que realiza manualmente una persona y que hacen que el producto adquiera valor para el cliente (inserción de componentes, ensamblado de partes...)
- **NVA (no valor añadido)**: Aquellas operaciones manuales que no hacen que el producto adquiera ese valor (inspecciones, etiquetados no solicitados por el cliente, descarga de máquinas...)
- **Tiempo máquina**: Los ciclos automáticos también se introducen aquí, aunque la hoja de cálculo no los incluye como tiempo de trabajo.
- **Camino**: Los desplazamientos significativos realizados de forma cíclica también deben ser tenidos en cuenta, ya que muchas veces no se podrán

evitar y deberán ser tomados como parte del trabajo (aunque ya es conocido que esto son pérdidas que hay que eliminar).

- **Esperas:** Este apartado es difícil de registrar en una hoja de cronometraje, ya que lo normal no es que los operarios se queden sin hacer nada, sino que se dedican a realizar tareas que no les corresponden, ocultando estos tiempos de espera. Para incluir correctamente estos tiempos se debe hacer la resta entre los tiempos de ciclo automáticos y las operaciones que realiza el trabajador durante los mismos. Esa diferencia es el tiempo de espera a la máquina. Posteriormente se deberán eliminar, pero eso está incluido en otra etapa de este modelo.

Una vez se hayan introducido todas las tareas y sus tiempos perfectamente clasificados en las diferentes categorías, la hoja de cálculo ofrecerá un diagrama similar a un diagrama de Gantt, donde se observa la consecución de las tareas cíclicas del operario, pudiendo observar si existe cualquier anomalía. Se observa que los tiempos de ciclos de las máquinas no retrasan el trabajo de los operarios, ya que éstos se dedican a realizar otras tareas mientras tanto, sin embargo hay que asegurarse de que no se muestran tareas como las descargas de las mismas máquinas al mismo tiempo que sus ciclos automáticos. También hay que asegurarse de que un ciclo automático y el siguiente no se superponen, ya que es evidente que la máquina no puede comenzar un ciclo sin haber terminado el anterior.

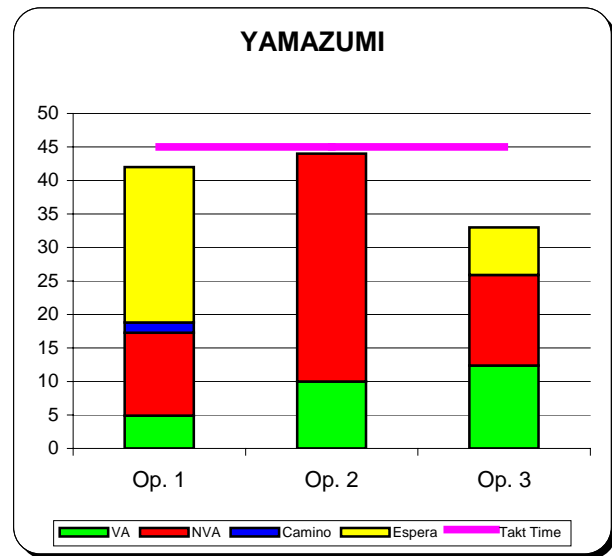


En este gráfico se puede ajustar manualmente el takt time, mediante una barra roja, comprobando así la concordancia con la siguiente hoja que se presenta: el yamazumi.

- **Yamazumi**

El yamazumi es una representación en el tiempo de la carga de trabajo que cada operario tiene asignada y su comparación con el takt time. En el ejemplo de la figura se representan tres operarios en una célula cuyo takt time es de 45 segundos. La suma de las operaciones que cada uno de los operarios realiza no puede ser superior a este valor; si fuera así, aquellos operarios cuya carga de trabajo superara el takt time no podrían realizar cada ciclo operativo a tiempo. En el gráfico también se puede ver la distinción entre operaciones de distinto carácter desde el punto de vista del valor añadido.

Sin embargo, en el yamazumi no sólo se observa que las cargas de trabajo no estén por encima del takt time, sino también cuánto por debajo se encuentran. El desbalanceo es una medida de esto último. Cargas de trabajo muy por debajo del takt time significan que los operarios realmente pueden trabajar más rápido de lo que les exige el cliente, con lo que se están desaprovechando los recursos.



El desbalanceo es, por tanto, el porcentaje de tiempo desaprovechado por el hecho de que las cargas de trabajo de los operarios no llegan al takt time:

$$\%Desbalanceo = \left[1 - \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Nº operarios} \times \text{Takt Time}} \right] \times 100$$

En el ejemplo del gráfico ninguno de los operarios llega al takt time, luego podrán realizar su producción en el tiempo disponible. Para calcular el desbalanceo hay que conocer los tiempos de ciclo completo de cada operario. En este caso son de 42, 44 y 33 segundos respectivamente. El desbalanceo corresponde al tiempo que les falta a los tres para llegar al takt time:

$$\%Desbalanceo = \left[1 - \frac{42 + 44 + 33}{3 \times 45} \right] \times 100 = 11,85\%$$

Es posible que el resultado de desbalanceo que devuelva la hoja resulte negativo. Esto se debe a que la suma de tiempos de operaciones de los operarios de la célula supera al takt time multiplicado por el número de operarios. Si esto ocurre, significa que los operarios tienen asignadas operaciones por más tiempo que el takt time y, por tanto, no pueden hacer frente a la producción en el tiempo disponible: se pasan del takt time. Se necesitará subir el takt time (ampliando el tiempo disponible), aumentar el número de operarios o reducir el tiempo de operaciones (eliminando desperdicios). Pero todas estas medidas se deberán tomar después, en las siguientes etapas del modelo.

Además, esta hoja proporciona datos de los porcentajes de tiempo que los operarios se encuentran realizando cada categoría de operación (con valor añadido, sin valor añadido, esperas y camino).

- **Personas necesarias y producciones máximas**

La utilidad de esta hoja es mayor en el capítulo 5, donde se usa para conocer el número mínimo de operarios necesarios para producir el volumen requerido en el tiempo disponible. Sin embargo, en este capítulo de análisis de situación actual resulta útil esta hoja para poder comparar posteriormente los resultados con la situación futura.

Para comenzar se introduce el producto y las operaciones que se realizan en la zona estudiada (por ejemplo producto "VIS-32" y operaciones "Célula final"). Tras esto se proporciona a la tabla el valor de la suma de todas las operaciones que deben realizar los operarios en la célula, dato que se puede obtener de la hoja yamazumi. La siguiente celda corresponde al desbalanceo, donde también se puede utilizar el dato obtenido de la hoja yamazumi.

Introducidos todos estos datos se obtiene un tiempo total de operaciones "corregido" con el desbalanceo y se indica el número óptimo de operarios para trabajar en la célula. Este número de operarios se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Nº personas necesarias} = \frac{\text{Total tiempo de operaciones}}{\text{Takt time}}$$

Este valor saldrá expresado con un número decimal, por lo que se redondea a la baja hasta valores de 5 décimas y a la alta a partir de las 5 décimas. Debido a que se

realiza este redondeo, la hoja de cálculo también muestra la producción máxima teórica alcanzable por el número redondeado de operarios.

El resultado obtenido se puede comparar con el valor real de operarios que trabajan en la célula según la información previa de que se dispone (etapa 1) y según las observaciones realizadas en planta (etapas 2 y 3 del modelo).

Por otro lado, en esta hoja se presenta el CWS (Current Work Standard), cuyo significado está explicado en el documento "B1 Información Previa". Se calcula de la siguiente manera:

$$CWS = \frac{N^{\circ} \text{ personas} \times \text{Tiempo disponible diario}}{\text{Volumen de producción}}$$

- **Equilibrado de máquinas**

En esta hoja del estudio se observa la capacidad de las máquinas para producir el volumen que se les requiere en el tiempo del que se dispone.

Para ello se deben introducir los siguientes datos:

- Operación: ¿Qué se le hace al módulo? No hace falta ser muy explícito, sino sólo insertar unas siglas o una palabra que sirva para reconocer el proceso. Si varias máquinas diferentes realizan el mismo proceso de forma paralela en el flujo, la hoja de cálculo atenderá al código aquí introducido para "sumar" la producción de ambas máquinas.
- Equipo / máquina: Introducir el nombre o código de la máquina en concreto que realiza la operación.
- Número de máquinas: Si hay dos máquinas iguales con idénticas características, en este apartado se introducirá un 2, de forma que el software multiplique por 2 la capacidad de producción.
- Tiempo de ciclo: De la parte exclusivamente automática.
- Tiempo de carga y descarga: Se incluye aquí todo el tiempo de ciclo de la máquina que el operario debe controlar manualmente (carga y descarga, manejo de controles...)

- Nº de módulos por ciclo: Si se introduce más de un módulo en la máquina de forma simultánea, debe indicarse en esta casilla para que la hoja de cálculo lo tome en cuenta.
- Pérdidas por OEE: Este coeficiente se explica en el capítulo 1. De esta forma se "inflan" los tiempos de ciclo y se comprueba si, incluyendo las pérdidas inevitables de las máquinas, éstas tienen capacidad suficiente para dar la producción requerida.

De forma automática la hoja de cálculo devolverá el tiempo medio de ciclo, incluyendo las pérdidas y el tiempo de carga y descarga; el número máximo de placas que la máquina es capaz de procesar cada hora, así como la suma de esta cantidad máxima que se pueden procesar en máquinas diferentes que realizan el mismo proceso en paralelo; a continuación ofrece el dato más importante que es el tiempo medio de ciclo por módulo (la cantidad de segundos por módulo), dato que sirve para hacer el diagrama inferior; y finalmente, como dato informativo, proporciona el número máximo de placas que es capaz de procesar la máquina al día. Estos cálculos los realiza de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo medio de ciclo} = \text{Tiempo de ciclo} + \text{Tiempo de carga y descarga}$$

$$\text{Nº placas por hora y máquina} = (\text{Nº máquinas} \times \text{Nº placas por ciclo} / \text{Tiempo medio de ciclo}) \times 3600$$

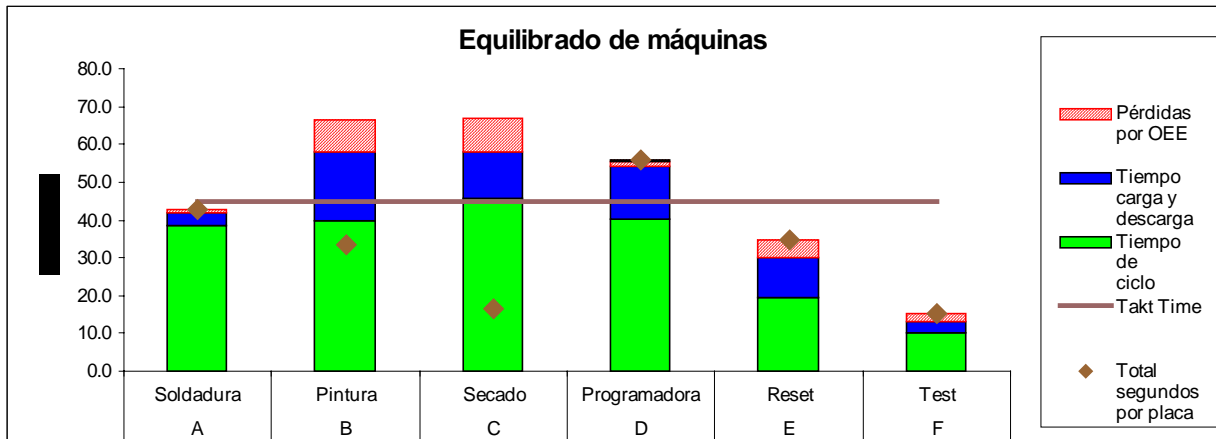
$$\text{Total placas por hora} = \Sigma \text{Nº placas por hora de todas las máquinas que realizan la misma operación}$$

$$\text{Total segundos por placa} = 3600 / \text{Total placas por hora}$$

$$\text{Máxima capacidad diaria} = \text{Tiempo disponible diario} / \text{Total segundos por placa}$$

El gráfico que se muestra está realizado en una escala de tiempos donde se marca el takt time mediante una línea horizontal cuyo valor no debe sobrepasar ningún tiempo de ciclo unitario ("Total segundos por placa"), representado en el gráfico mediante un rombo. Si algún rombo está por encima de la línea, quiere decir que esa máquina o proceso no tiene capacidad suficiente para producir la cantidad que el cliente requiere en el tiempo de que dispone. Si no es así, todas las máquinas son capaces de procesar módulos a suficiente velocidad.

En la figura de ejemplo se observa que la máquina D, que realiza la programación, no tiene suficiente capacidad. En este caso habría que disponer de más tiempo, de una máquina más rápida o de otra máquina adicional que trabaje en paralelo.



e. En resumen:

En esta etapa se realiza un análisis que describe la situación previa de la célula con los objetivos de proporcionar el máximo conocimiento de qué y cómo se hacen las cosas en la célula y de obtener una "fotografía" que servirá posteriormente para evaluar la mejora lograda.

Se deben cronometrar exhaustivamente los elementos de trabajo y ciclos de máquinas teniendo en cuenta que serán la base de los cálculos posteriores. Para llevarlos a cabo se usa la hoja de cálculo correspondiente ("Estudio previo de tiempos") con la que se obtienen parámetros necesarios para definir matemáticamente la célula y poder evaluar su grado de ajuste a la producción simplificada.

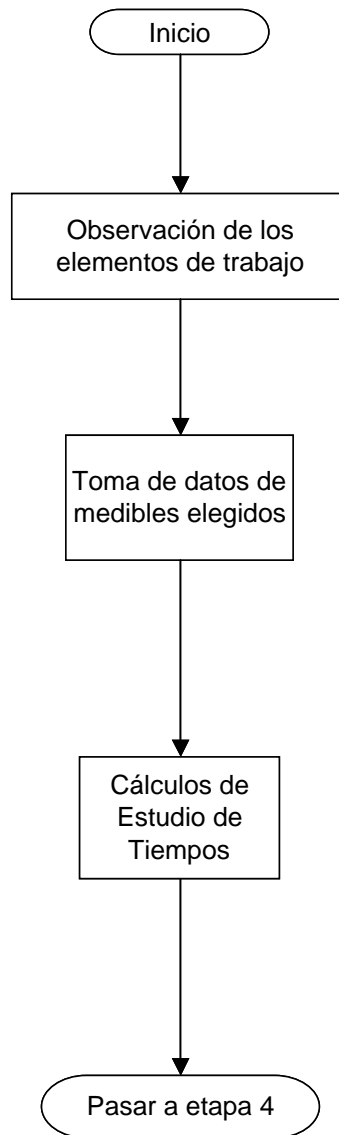


B3. Análisis de la situación actual

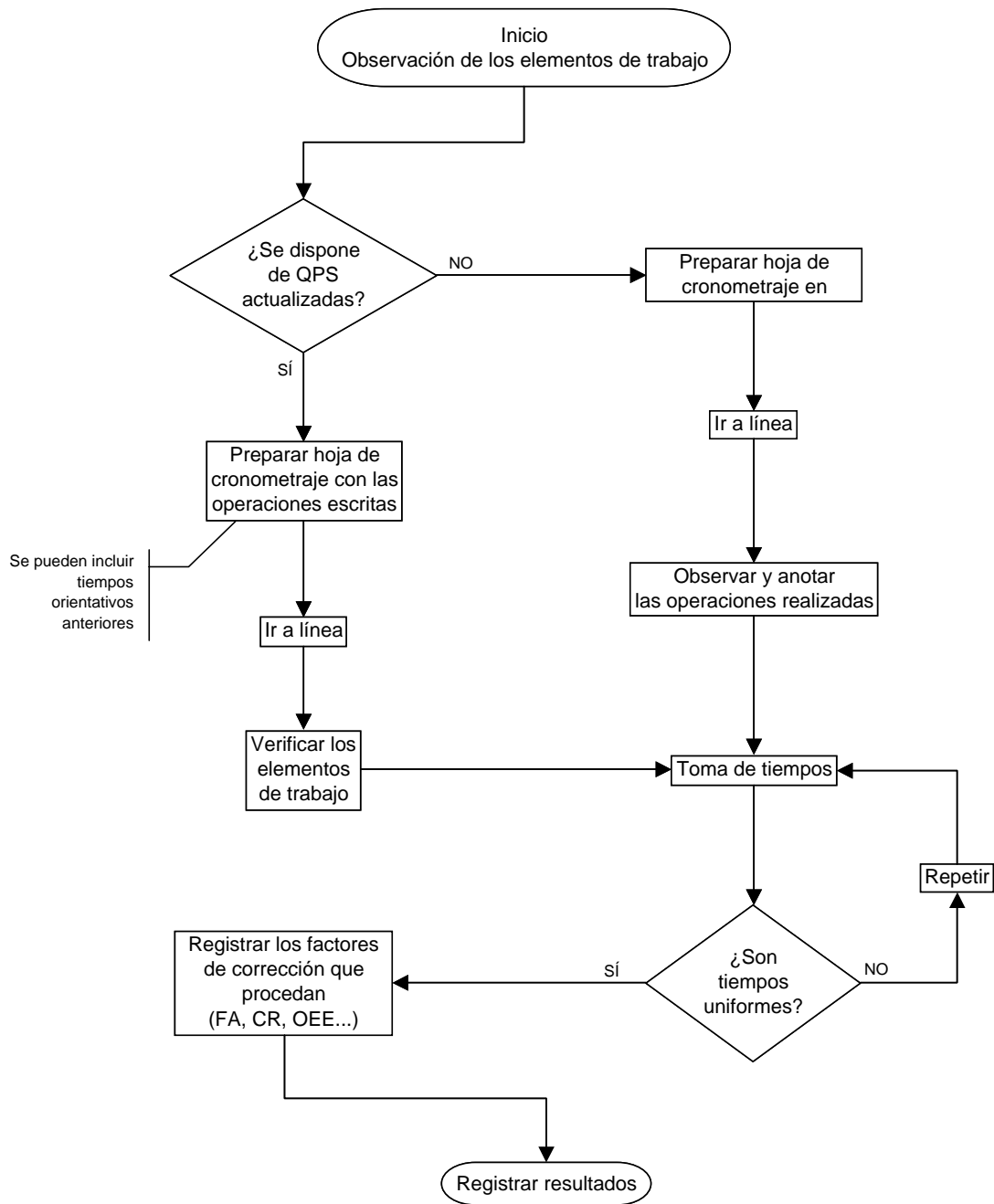
Diagrama de Flujo



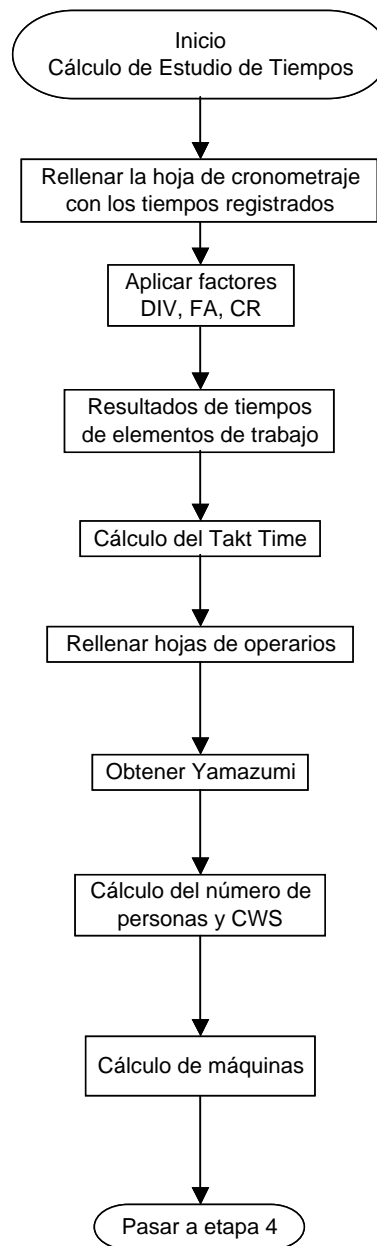
3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL



3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL



3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL





B3. Análisis de la situación actual

Formatos





-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:

Volumen de fabricación (Anual)	280.896 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	6.080 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.216 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{6080 \text{ mód./semana}}$	=	45,0 seg/mód
------------------	---	--	---	-----------------

Rellenar sólo las celdas amarillas. El resto lo harán automáticamente.



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORÍAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																															
		VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				Segundos																															
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES		(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera																																	
1	Operación 1	4,9					4,9																																
2	Operación 2		1,8				6,7																																
3	Operación 3			38,5			6,7																																
4	Operación 4				1,5		8,2																																
5	Operación 5		8,9				17,1																																
6	Operación 6			20,0			17,1																																
7	Operación 7		1,7				18,8																																
8	Operación 8			11,4			18,8																																
9	Operación 9					23,2	42,0																																
10							42,0																																
11							42,0																																
12							42,0																																
13							42,0																																
14							42,0																																
15							42,0																																
16							42,0																																
17							42,0																																
18							42,0																																
19							42,0																																
20							42,0																																
Tiempo total por categoría		4,9	12,4		1,5	23,2																																	
% Tiempo total por categoría		12%	30%		4%	55%																																	
		Total tiempo cíclico				42,0																																	

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																											
		(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos																											
1	Operación 10		13,6				13,6	[Bar chart showing time distribution for Operación 10]																											
2	Operación 11			40,4			40,4	[Bar chart showing time distribution for Operación 11]																											
3	Operación 12		20,4				20,4	[Bar chart showing time distribution for Operación 12]																											
4	Operación 13	10,0					10,0	[Bar chart showing time distribution for Operación 13]																											
5							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 5]																											
6							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 6]																											
7							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 7]																											
8							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 8]																											
9							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 9]																											
10							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 10]																											
11							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 11]																											
12							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 12]																											
13							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 13]																											
14							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 14]																											
15							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 15]																											
16							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 16]																											
17							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 17]																											
18							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 18]																											
19							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 19]																											
20							44,0	[Bar chart showing time distribution for empty row 20]																											
Tiempo total por categoría		10,0	34,0				44,0	[Bar chart showing time distribution for total row]																											
% Tiempo total por categoría		23%	77%				44,0	[Bar chart showing time distribution for total row]																											
						Total tiempo cíclico	44,0	[Bar chart showing time distribution for total row]																											

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 3**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs. 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES								
1 Operación 13		10,5				10,5	[Gantt chart bar]	
2 Operación 14			19,5			19,5	[Gantt chart bar]	
3 Operación 15	12,4					12,4	[Gantt chart bar]	
4 Operación 16					7,1	7,1	[Gantt chart bar]	
5 Operación 17		3,0				3,0	[Gantt chart bar]	
6 Operación 18			10,1			10,1	[Gantt chart bar]	
7						33,0	[Gantt chart bar]	
8						33,0	[Gantt chart bar]	
9						33,0	[Gantt chart bar]	
10						33,0	[Gantt chart bar]	
11						33,0	[Gantt chart bar]	
12						33,0	[Gantt chart bar]	
13						33,0	[Gantt chart bar]	
14						33,0	[Gantt chart bar]	
15						33,0	[Gantt chart bar]	
16						33,0	[Gantt chart bar]	
17						33,0	[Gantt chart bar]	
18						33,0	[Gantt chart bar]	
19						33,0	[Gantt chart bar]	
20						33,0	[Gantt chart bar]	
Tiempo total por categoría	12,4	13,5			7,1			
% Tiempo total por categoría	38%	41%			22%			
	Total tiempo cíclico				33,0			

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 4**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs. 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORIAS VA = Valor añadido NVA = No valor añadido					Hoja de combinación de trabajo																												
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA)	(NVA)	Tiempo	(NVA)	(NVA)	Tiempo total	Segundos																												
	Manual	Manual	máquina	Camino	Espera		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
1																																			
2																																			
3																																			
4																																			
5																																			
6																																			
7																																			
8																																			
9																																			
10																																			
11																																			
12																																			
13																																			
14																																			
15																																			
16																																			
17																																			
18																																			
19																																			
20																																			
Tiempo total por categoría																																			
% Tiempo total por categoría																																			
Total tiempo cíclico																																			

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 5**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs. 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				Segundos	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Tiempo total por categoría								
% Tiempo total por categoría								
	Total tiempo cíclico							

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 6**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs. 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																															
	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos																															
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES							0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	
1																																						
2																																						
3																																						
4																																						
5																																						
6																																						
7																																						
8																																						
9																																						
10																																						
11																																						
12																																						
13																																						
14																																						
15																																						
16																																						
17																																						
18																																						
19																																						
20																																						
Tiempo total por categoría																																						
% Tiempo total por categoría																																						
Total tiempo cíclico																																						

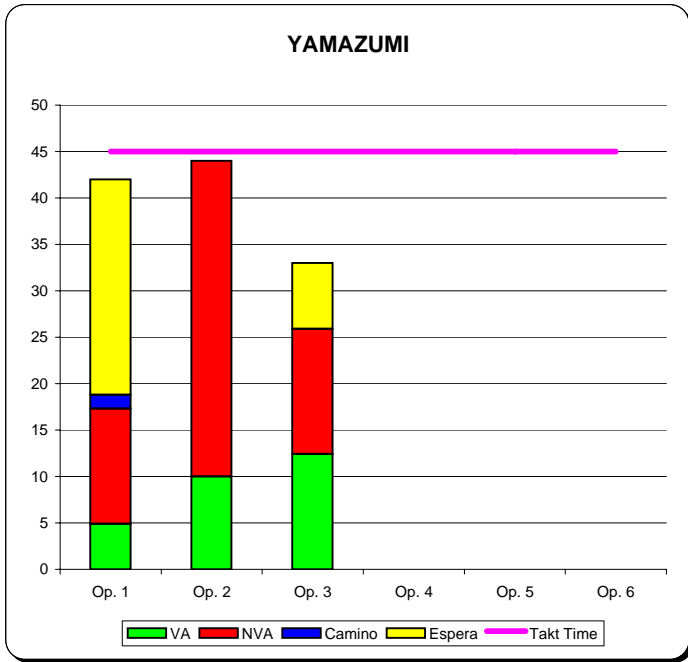
Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



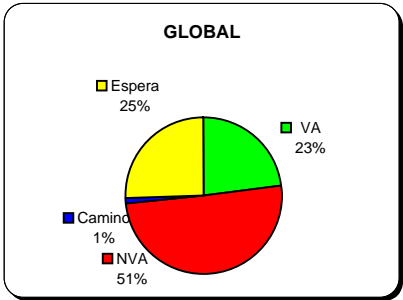
**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

Célula:

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	4,90	10,00	12,40				27,30
NVA	12,40	34,00	13,50				59,90
Camino	1,50						1,50
Espera	23,20		7,10				30,30
Total	42,00	44,00	33,00	0,00	0,00	0,00	119,00
Takt Time	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	



Todos los operarios tienen cargas de trabajo por debajo del Takt Time. Se puede hacer frente a la producción



**Rellenar sólo el título.
El resto de celdas se rellenarán automáticamente cuando estén completas el resto de hojas del estudio**

El valor de desbalanceo aquí mostrado indica el grado de desaprovechamiento del tiempo de los trabajadores de que se dispone

Nº operarios = 3
%Desbalanceo real= 11,85%



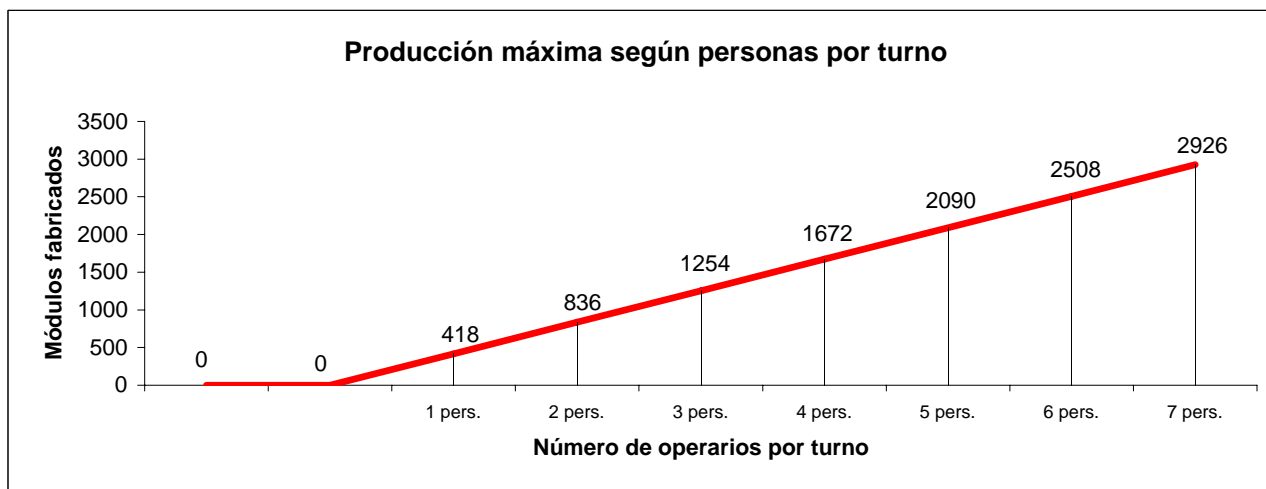
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

Célula:

Takt Time	45,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,03636

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	418
						2 pers.	836
VIS32	Célula Final	119,00 seg.	10%	130,9 seg.	2,9 pers.	3 pers.	1254
						4 pers.	1672
						5 pers.	2090
						6 pers.	2508
						7 pers.	2926



**Rellenar sólo las celdas amarillas.
Las celdas blancas se completarán cuando rellene las hojas de los operarios.**

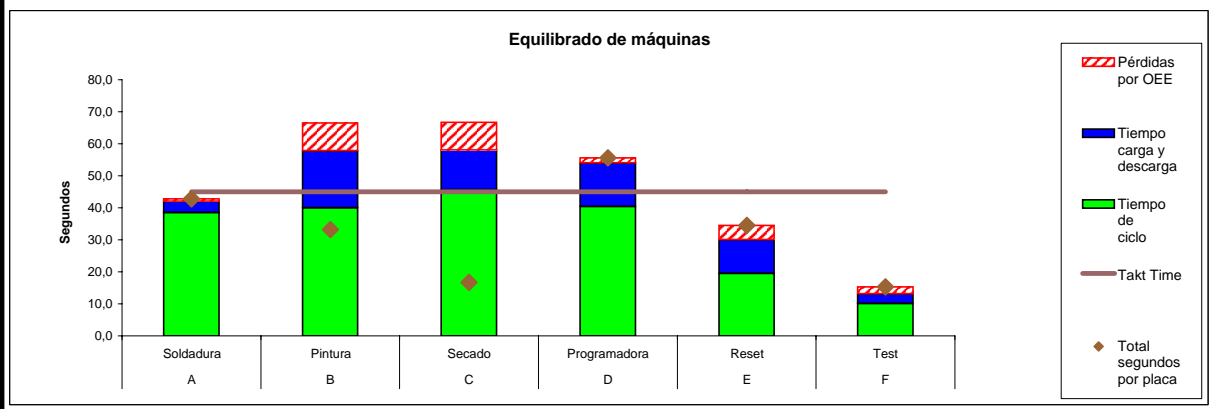


**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
CAPACIDAD DE MÁQUINAS**

Célula:

Takt Time	45,0 seg. mód.
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día
Tiempo disponible diario	54720 seg. 2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas OEE	Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
A	Soldadura	1	38,5	3,5	1	2%	42,84	84	84	42,84	1277 mod.
B	Pintura	1	40,0	17,8	2	15%	66,47	108	108	33,24	1646 mod.
C	Secado	1	45,6	12,4	4	15%	66,70	216	216	16,68	3282 mod.
D	Programadora	1	40,4	13,6	1	3%	55,62	65	65	55,62	984 mod.
E	Reset	1	19,5	10,5	1	15%	34,50	104	104	34,50	1586 mod.
F	Test	1	10,1	3,0	1	17%	15,33	235	235	15,33	3570 mod.



Rellenar sólo las celdas amarillas. Las celdas blancas se completan automáticamente.

Pérdidas por OEE	Takt Time
0,84	45,0
8,67	45,0
8,70	45,0
1,62	45,0
4,50	45,0
2,23	45,0



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B4. Búsqueda de oportunidades
y propuestas de mejora

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B4. Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora

a. Objetivo:

El objetivo principal de esta etapa es encontrar la forma concreta de optimizar el proceso, eliminar pérdidas, mejorar el flujo continuo y reducir operaciones sin valor añadido.



b. Desarrollo:

Para la realización de esta etapa del modelo existen muchas y diferentes técnicas que pueden ayudar al analista a resolverlo del modo más acertado.

En primer lugar, el **trabajo en equipo** es una de las mejores ayudas que puede encontrar quien pretenda realizar una propuesta de mejora en una célula de producción. A menudo, los ojos del observador están acostumbrados a una realidad y unos paradigmas que no ayudan para nada a encontrar esos puntos de la célula donde se rompe el flujo continuo de personas, información y material, donde existe más inventario de lo necesario, desplazamientos que pueden ser evitados, etc... Mediante el trabajo en equipo, personas que estén más alejadas de esa realidad de cada día, personas entrenadas en las teorías del Lean Manufacturing y la búsqueda de desperdicios, o simplemente personas con distinto punto de vista van a ayudar a encontrar esas pérdidas en la célula que no son más que oportunidades de mejora.



Las soluciones deben ir encaminadas a convertir la célula en algo más cercano a lo que los principios del Lean Manufacturing indican que debe ser. Aunque, muchas veces, estas teorías parecen señalar únicamente los detalles que no son correctos, en lugar de lo que sí se debe hacer, la idea del flujo continuo es el modelo al que se

pretende llegar para alcanzar los máximos objetivos productivos de la línea estudiada con el mínimo de recursos.

Hay que **evitar dejarse llevar por paradigmas aprendidos** y aceptados tradicionalmente. Es importante preguntarse el por qué de cada decisión que se toma, de la ubicación de cada elemento en el área, etc... Es muy común el hecho de que existe material en la célula porque "siempre ha estado ahí" o "por si acaso"... o formas de operar que se hacen "por costumbre". Es necesario preguntarse el por qué de todo hasta llegar a la verdadera causa, si es que la hay; de lo contrario, quizá sea conveniente cambiar la forma de trabajar, la distribución de las estaciones o el material almacenado en la célula.

Para mayor facilidad del usuario de este modelo, se han preparado listas de chequeo que sirven de ayuda para comprobar si la célula sigue los principios de la teoría de Lean Manufacturing. Cada elemento señalado negativamente supone una oportunidad de mejora a la que se debe buscar solución.

c. Factoría Visual:

Tanto de forma paralela al estudio de valor añadido y desperdicios, como independientemente a éste, se puede llevar a cabo una herramienta de mejora adicional en la célula: la factoría visual.

La factoría visual es una técnica utilizada para detectar la desviación respecto a un estándar y así poner en evidencia las ineficiencias y defectos de una célula. Está basada en otro sistema de gestión de la organización, orden y limpieza muy utilizado en todo tipo de empresas: "**las cinco eses**". Se llama así porque las cinco palabras japonesas que sirven como guía para realizar el sistema tienen como inicial la letra "S": Seiri (organización), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (disciplina y hábito).

La factoría visual tiene como principales objetivos los siguientes:

- Disminución del riesgo de cometer errores.
- Se hace más rápido el trabajo, disminuyendo operaciones sin valor añadido y pérdidas.
- Simplificación del trabajo.

- Disminución del inventario.
- Disminución del número de accidentes.
- Disminución de movimientos y traslados inútiles.
- Disminución del tiempo de cambio de herramientas.
- Despejado del área de trabajo.
- Mejora de la imagen.

Para llegar a ello más fácilmente, se han definido cinco claves para organizar el puesto de trabajo. Incluso realizando estas claves de forma sucesiva, como está previsto, resulta complicado llegar a disponer de un área limpia, ordenada y segura. Se necesita mucha disciplina y motivación desde los operarios hasta los responsables. Las cinco claves son las siguientes:

- Clasificar: distinguir entre lo que se necesita y lo que no. En el área no debe haber más material que el necesario diariamente para producir. Tras definir unos criterios de utilidad o necesidad, hay que separar las cosas necesarias de las que no lo son. Dentro de los armarios y encima de ellos se encuentran a menudo muchos materiales que no se utilizan, obsoletos, o que se utilizan con muy poca frecuencia. También se ven a menudo herramientas rotas, no correspondientes al área en cuestión, trapos, cosas particulares... Incluso en racks de material productivo se pueden ver partes obsoletas o material sin uso. Todo este material debe ser desechado. Una posibilidad es llevarlo a un área de "mercadillo". De esta forma, si se está realizando la factoría visual en diferentes áreas de la planta simultáneamente, material que a unos no les sirve, puede ser útil para otros.
- Ordenar: Identificar un lugar para cada cosa y colocar cada cosa en su lugar. El objetivo es eliminar la necesidad de buscar las cosas que hacen falta en un momento dado, con la consiguiente pérdida de tiempo, ritmo y flujo continuo. Para ello se deben eliminar las cosas innecesarias (mercadillo o desecho); definir y acondicionar un lugar para cada cosa necesaria; identificar el lugar de cada cosa mediante etiquetas, colores... ; registrar el lugar de cada cosa en documentos; y respetar y mantener todo lo anterior.
- Limpiar: Limpiar el área y mantenerla limpia. Para ello, resulta muy importante evitar, en la medida de lo posible, el ensuciamiento del área. Hay que mantener las indicaciones del lugar de cada cosa, no desecharlas si se

estropean, sino cambiarlas o volver a marcar la zona. Realizar una limpieza programada, periódica, a ser posible de forma diaria. Y, en todo caso, es muy importante hallar el origen de la basura para eliminarlo cuanto antes.

- Estandarizar: Repetir las mejores prácticas de estas tres primeras claves exactamente igual en todas las áreas, líneas, operaciones y turnos. Crear normas y conseguir que todos trabajen igual.
- Mantener: La autodisciplina en el puesto de trabajo es muy necesaria para mantener los estándares. Además hay que realizar revisiones periódicas por parte de los superiores para comprobar la desviación de los estándares y la modificación de estos si se considera necesario.

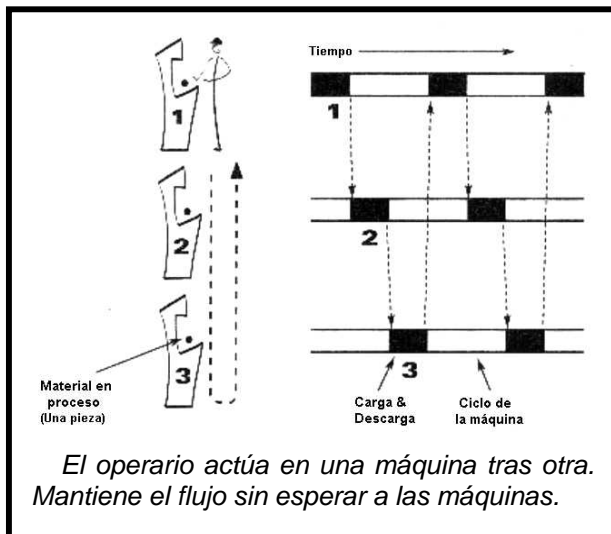
Mediante el sistema de factoría visual, disciplina, esfuerzo, motivación y compromiso de los responsables, se puede llegar a tener un área de trabajo mucho más adecuada para la realización del trabajo requerido. De esta forma también se eliminan pérdidas y se mejora el flujo continuo.

d. Relación persona - máquina:

La automatización puede ayudar a mantener un flujo continuo y eficaz, sin embargo, si se utiliza mal, puede llegar a detenerlo. En el cuadro se observa una clasificación de lo que se conoce como los **niveles de automatización**.

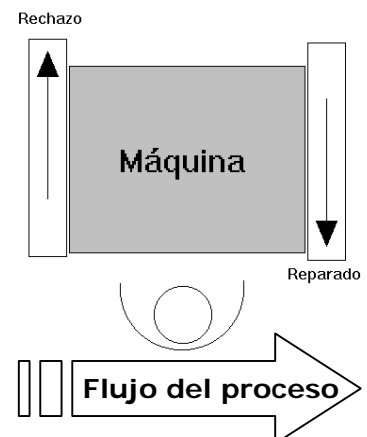
NIVEL	Carga de máquina	Ciclo de máquina	Descarga de máquina	Transferencia de la pieza
1				
2				
3				
4				
5				

En el nivel 1 de automatización no existe ningún tipo de operación automática.

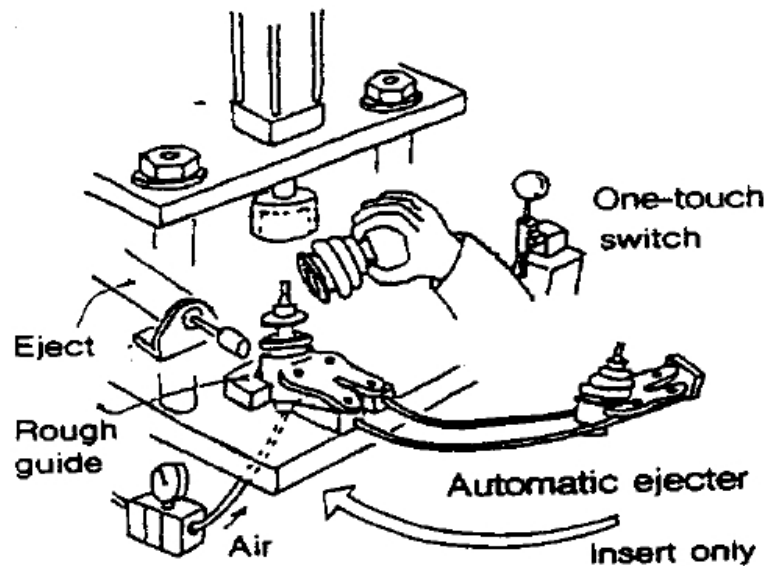


Con el nivel 2, la máquina permite al operario realizar otras acciones y agregar valor mientras ésta trabaja. Esta progresión permite a los trabajadores manejar múltiples procesos dentro del tiempo de demanda, tal como se muestra en el diagrama: mientras la máquina trabaja, el operario se desplaza y pone en funcionamiento otra máquina. El operario nunca espera a la máquina, con lo que se elimina este desperdicio.

Si existiera cualquier problema durante el ciclo automático, la máquina debería disponer de un sensor que detectara el fallo y detuviera el proceso. Cuando el operario llega de nuevo a la máquina esperando tener un módulo listo para pasar a la siguiente estación, encuentra que el módulo ha fallado. Para evitar perder el flujo en estas ocasiones, el Lean Manufacturing aconseja disponer de dos rampas para módulos: una de salida, para material rechazado; y otra de



entrada, para material reparado. De esta forma, cada vez que se produzca un fallo el flujo no se rompe, sino que continúa con la pieza reparada.

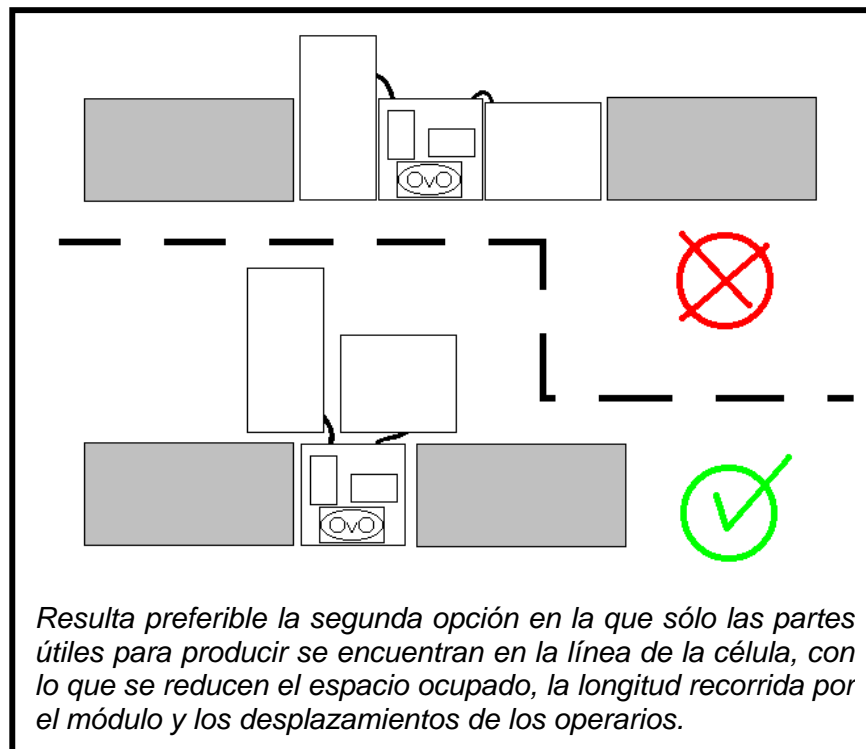


Además de esto, se puede implementar el nivel 3 de automatización. Éste consiste en hacer que la **expulsión del módulo**, cuyo ciclo se ha completado, se realice **de forma automática**. De esta forma, cuando un operario llega a la estación con un módulo en las manos, ya tiene la fixture libre del módulo anterior, con lo que no pierde tiempo en soltar el módulo que lleva entre manos, quitar de la fixture el que ya ha sido procesado y luego volver a coger el primero para cargarlo. De esta forma se reduce mucho tiempo de operaciones sin valor añadido, además de lograr otras ventajas en la línea de la calidad. El nivel 3 de automatización resulta especialmente necesario y eficaz cuando se necesitan las dos manos para realizar las operaciones de carga y descarga.

Un nivel de automatización superior al 3 puede no ser ya de gran utilidad, ya que aumentan excesivamente la complejidad y los costes del sistema. Expulsar automáticamente un módulo es sencillo, ya que no se requiere gran precisión; sin embargo, realizar la carga de éstos significa emplear alta tecnología (robots) que coloquen los módulos en su sitio justo. Con la transferencia de módulos automática lo único que se consigue es disminuir la flexibilidad de la una línea basada en un inmovilizado de alto coste que se deprecia a gran velocidad. Por eso, muchas veces, un nivel de automatización superior al 3 puede resultar excesivo.

También hay que señalar otro aspecto en la relación persona - máquina. Es fruto de la necesidad de disponer las estaciones lo más cerca posibles unas de otras,

incluidas las estaciones automáticas. Para reducir al mínimo los desplazamientos, en las estaciones automáticas se puede **dejar únicamente visible la parte de ésta que va a ser utilizada** por el operario para producir. En muchos casos se puede presentar a la persona únicamente la fixture donde insertar el módulo, dejando todo el equipo informático, mecánico y eléctrico por detrás de la línea, de forma que no rompa el flujo continuo y minimice el espacio, la longitud y los desplazamientos y transportes en la célula.



e. Propuestas de mejora:

Una vez encontradas las oportunidades de mejora: todos los puntos de la célula donde se encuentran desperdicios, pérdidas, operaciones sin valor añadido... llega el momento de formular las propuestas de mejora.

En un principio se pueden aceptar todas las ideas, sin embargo no todas serán realmente propuestas, ya que el elevado coste, las dificultades técnicas o la reducida utilidad de algunas llevará a que no sean posteriormente consideradas.

Para evaluar la necesidad, utilidad y coste de una propuesta, existe un diagrama sencillo y de fácil manejo que puede resultar de gran utilidad a la hora de tomar decisiones.

	Muy útil	Útil	Poco útil
Bajo coste	1	2	3
Coste medio	4	5	6
Alto coste	7	8	9

Con esta tabla se puede evaluar la relación entre utilidad y coste, entendiendo éste último ya como coste económico, como dificultad técnica para ser llevado a cabo (que resultará finalmente ser también un coste económico).

Las acciones de mejora clasificadas en la celda 1 serán, seguramente, de aplicación inmediata; mientras que lo más oportuno para las acciones que han quedado encuadradas en la celda 9 es el rechazo.

f. En resumen:

En esta etapa del modelo, se buscan las opciones de mejora en la célula, en función de las mayores pérdidas encontradas en etapas anteriores. Se trata en todo momento acercar la realidad de la célula a las teorías de Lean Manufacturing, para lo que se proporcionan listas de comprobación, herramientas de trabajo (Factoría visual - 5's) y pautas de mejora de la relación persona-máquina en el área.

Personas y máquinas deben trabajar en armonía y sincronía para que el flujo se mantenga y no se creen mayores pérdidas con el automatizado que sin él. Se definen cinco niveles de automatización, donde el óptimo para la mayoría de los procesos se encuentra en el tercero: automatización del ciclo de máquina y la descarga de la pieza, manteniendo manuales la carga y la transferencia del módulo. De esta forma, el operario trabaja paralelamente a la máquina, pudiendo incluso controlar varias de ellas sin que existan pérdidas.

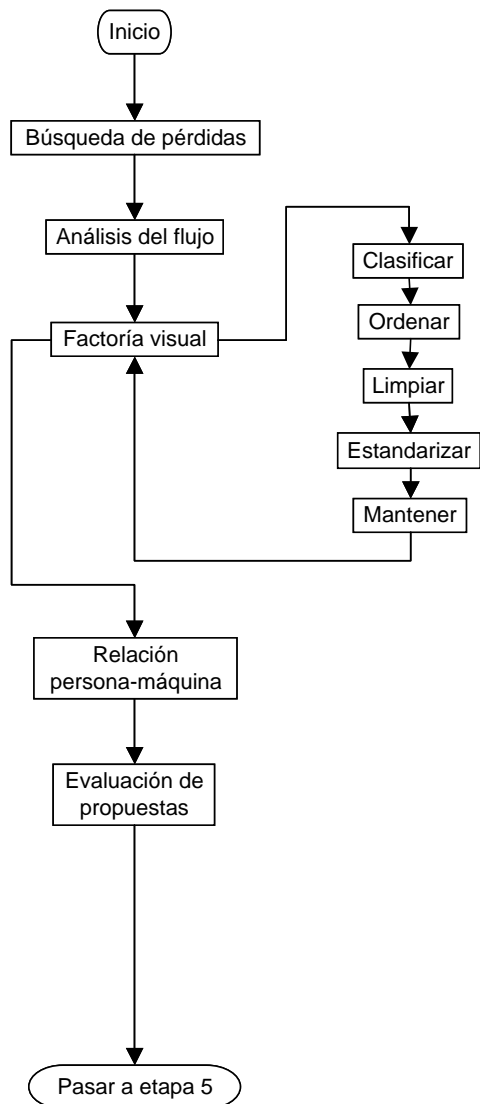


B4. Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora

Diagrama de Flujo



4. BÚSQUEDA DE OPORTUNIDADES Y PROPUESTAS DE MEJORA





B4. Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora

Formato





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

IV. Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora

Célula:

Elaborado por:

Layout

- Las estaciones y máquinas no se encuentran lo más próximas posibles unas de otras.
- No se presentan al operario únicamente las fixtures de las máquinas.
- La distancia recorrida por el producto no es la mínima posible.
- Los desplazamientos de personas no son los mínimos posibles.
- Se encuentran obstáculos en el interior de la célula.
- Existen personas en "islas".
- El material a utilizar en una estación no está completamente accesible ni presentado listo para su uso.
- La alimentación a la línea entorpece a los operarios de producción.
- El layout no está diseñado para "una pieza en proceso", sino para producción por lotes.
- El layout permite que módulos fallados pasen a la siguiente estación.
- El layout imposibilita la variación del número de operarios.
- El layout imposibilita que un solo operario realice todas las tareas.
- Los operarios no pueden trabajar fácilmente en las estaciones próximas (siguiente, anterior y a la espalda).
- El layout no facilita la creación y mantenimiento de flujo continuo.
- El tamaño de mesas y estaciones es mayor que el justo necesario para operar en ellas.

Pérdidas

Sobreproducción

- Se produce más de lo establecido en el schedule diario.
- Se produce mucho más de lo establecido para una hora de trabajo.
- Hay máquinas o estaciones que producen a un ritmo mucho mayor que otras.
- Los buffer intermedios se ven, a menudo, sobrepasados.

Esperas

- Hay operarios que no se separan de una máquina en ningún momento (aislados del flujo).
- Los operarios trabajan a un ritmo muy relajado (les da tiempo a charlar, pasear, limpiar su área de trabajo mientras la producción continúa...)
- El tiempo de ciclo de la máquina es corto y el operario espera a que termine para seguir trabajando.
- Los operarios esperan a las máquinas en lugar de lo contrario.
- Las máquinas no descargan automáticamente.
- No existen sensores que detecten el fallo en las máquinas y, por tanto, el operario debe vigilar el proceso.



MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

IV. Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora

Célula:

Elaborado por:

Transporte

- Los módulos recorren una larga distancia en la célula.
- Las máquinas se encuentran separadas unas de otras.
- Existen cintas transportadoras.
- Se necesitan carros o bandejas para trasladar material.
- El material no sigue una trayectoria continua.
- El material debe "saltarse" estaciones o retroceder en la línea de la célula.
- La distancia recorrida por el producto no es la mínima posible.
- Salen de la célula módulos sin terminar para luego regresar a ella tras procesarse en alguna estación o máquina externa.

Sobreproceso

- Existen inspecciones redundantes.
- Existen inspecciones de elementos asegurados con poka-yokes.
- Se limpian materiales cuya suciedad ha podido ser evitada.
- Se limpian materiales que luego pueden volver a ensuciarse en la célula.
- Se limpian materiales que luego pueden volver a ensuciarse tras abandonar la célula (en el empaquetado, transporte, almacén...).
- Se colocan etiquetas no solicitadas por el cliente.

Inventario

- No existe flujo continuo, sino producción por lotes.
- Se utilizan carros o bandejas para almacenar el material entre estaciones.
- No existe límite máximo establecido en los buffers intermedios.
- Una misma máquina o estación es la encargada de procesar dos partes diferentes del producto final, realizando lotes de una de ellas antes de pasar a realizar lotes de la otra.
- Hay máquinas o estaciones que producen a un ritmo mucho mayor que otras.
- Los buffer intermedios son, a menudo, sobrepasados.
- Entre dos estaciones, se colocan módulos en lugares no habilitados para ello.
- Existe material que el personal de la célula no puede identificar.
- La ubicación de placas, módulos y resto del material no está claramente definida.
- Buffer con capacidad para material suficiente para mantener la línea funcionando durante más de 2 o 3 horas.
- Existe espacio o superficies donde se puede acumular inventario.



MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

IV. Búsqueda de oportunidades y

Célula:

propuestas de mejora

Elaborado por:

Desplazamientos

- Los desplazamientos de operarios no están minimizados.
- Las máquinas y estaciones no se encuentran lo más cerca posible unas de otras.
- No se presenta al operario únicamente las fixtures (los puntos sobre los que se trabaja en una máquina), sino que quedan por delante también los armarios con equipamiento informático, motores...
- Las mesas de trabajo, estaciones y máquinas ocupan más que el espacio mínimo necesario para trabajar en ellas.
- A los operarios les resulta más cómodo procesar varios módulos seguidos que uno cada vez debido al movimiento entre estaciones.
- El producto no siempre pasa de una estación a la justamente contigua.
- El operario trabaja en estaciones dispuestas en una línea recta, debiendo retroceder todo el camino cada vez que comienza el ciclo.
- El operario debe coger material de distintos puntos para trabajar en su estación.

Rechazos y retrabajos

- No se minimizan las operaciones sobre material posiblemente defectuoso.
- Se realizan los tests e inspecciones después de operaciones de alto costo, en lugar de hacerlos antes.
- Existen elevados valores de pérdidas por FTT, downtime, OEE...

Flujo continuo

- Una misma máquina o estación es la encargada de procesar dos partes diferentes del producto final, realizando lotes de una de ellas antes de pasar a realizar lotes de la otra.
- Los operarios no son multitarea, sino que están asignados a máquinas o estaciones, en lugar de a operaciones.
- Existen operarios aislados del flujo.
- El mismo ciclo de operaciones no se repite constantemente.
- Unos ciclos son diferentes a otros.
- El material fallado en una estación no se rechaza hacia atrás en el flujo.
- El material reparado que entra en una línea no entra por delante en el flujo.
- La célula no está diseñada para realizar todas las operaciones dentro de ella.
- La salida de material fluctúa cada hora o cada turno.
- Los operarios de producción realizan tareas no cíclicas, como reponer material.



MODELO DE MEJORA DE LA

Fecha:

PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

IV. Búsqueda de oportunidades y

Célula:

propuestas de mejora

Elaborado por:

- Las herramientas y materiales de producción no están lo más cerca posible del punto de utilización ni orientadas de la forma que el operario debe usarlas.
- La célula no está diseñada para funcionar igualmente bien con un operario sólo que con el máximo de personal.
- Las máquinas no tienen descarga automática.
- Existen obstáculos en medio de la célula.
- Las alturas de las superficies de trabajo y los puntos de uso no son compatibles.
- El inicio y el final del proceso no se encuentran próximos (el operario que termina el proceso está lejos para iniciar un proceso nuevo).
- Las herramientas no están dedicadas.
- No se garantiza una buena ergonomía.
- Las tareas de mantenimiento son costosas y detienen el flujo y la producción, a veces durante un tiempo excesivo.
- Los contenedores de piezas son excesivamente grandes (poco manejables por el operador y ocupan mucho sitio) o excesivamente pequeños (necesitan ser repuestos con mucha frecuencia).



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B5. Estimación de la situación futura

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B5. Estimación de la situación futura

a. Objetivo:

El objetivo de esta etapa es el de hacer una estimación de la previsible situación de la célula una vez se hayan implementado todas las propuestas de la etapa anterior, se hayan eliminado el máximo de pérdidas y se haya promocionado el flujo continuo.



Esto servirá para hacer la comparación con la situación inicial y, tras la implementación de las mejoras, también será de utilidad para compararlo con la situación alcanzada, haciendo posible la evaluación real de la mejora.

El resultado obtenido en esta etapa será de gran importancia para el posterior establecimiento de los objetivos a conseguir.

b. Balanceo:

El estudio de tiempos, de nuevo, será de utilidad en esta etapa, ya que una de las principales tareas que se deben realizar es balancear a los operarios. Esta tarea se basa en el diagrama yamazumi, con el que ya se ha trabajado anteriormente. **Balancear consiste en asignar a los operarios los elementos de trabajo de tal forma que ninguno sobrepase el takt time, pero se acerque a él lo máximo posible.**

Para comenzar el balanceo, es necesario conocer todos los elementos de trabajo que deben ser realizados en la nueva configuración de la célula. Se parte de los elementos de trabajo que se llevan a cabo en la situación inicial de la célula y se eliminan las pérdidas, operaciones sin valor añadido, etc... que se han considerado en la etapa anterior. Se hace el listado de operaciones y se introducen en el formato de estudio de tiempos correspondiente. Se opera de forma similar a como se hizo en el estudio de tiempos de la situación previa, explicado en el documento B3.

En primer lugar se introducen todos los elementos de trabajo y su duración en la hoja de cronometraje, incluyendo los datos de factor de actividad, coeficiente de reposo y OEE.

Se calcula el takt time, cuyo valor, salvo excepciones, no ha debido variar del dato obtenido en la situación previa.



En la pestaña "Personas", el tiempo total de operaciones habrá variado. Aquí se obtiene el número de operarios que serán necesarios en la nueva célula. Si se han eliminado pérdidas y operaciones sin valor añadido, lo lógico es obtener un número menor al de la situación inicial. El redondeo de personas se hace según el siguiente criterio:

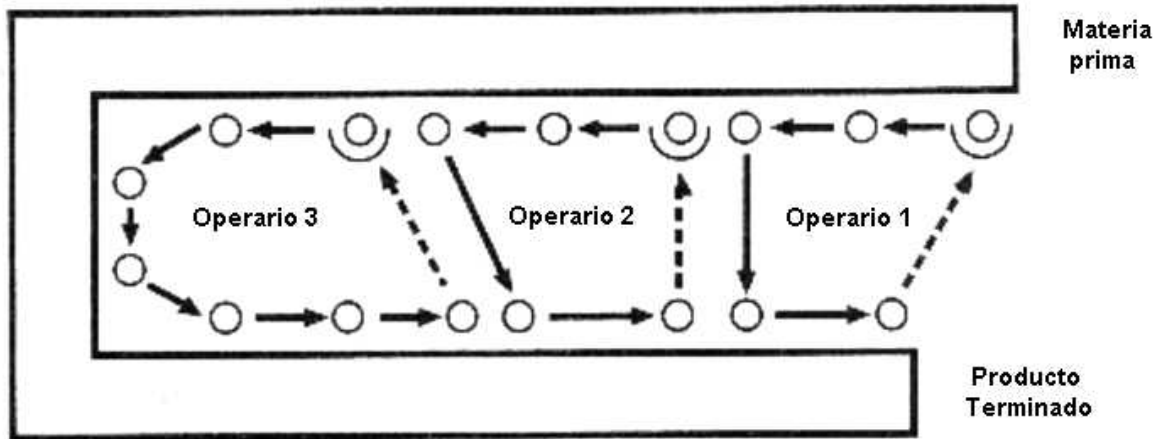
< ,3	No agregar operario. Mayor reducción de pérdidas.
,3 - ,5	Todavía no agregar operario. Evaluar posteriormente.
> ,5	Agregar otro operario.

De todas formas, se volverá a este punto más tarde, tras realizar algunas comprobaciones y ajustes en las operaciones y tiempos de cada operario.

La hoja de "Máquinas" puede sufrir modificaciones respecto a la situación inicial si se han modificado ciclos; si se han sustituido, suprimido o añadido máquinas; si se han reducido tiempos de carga y descarga; si se ha implementado el nivel 3 de automatización (descarga automática); si se ha mejorado el OEE... etc. Se debe comprobar si las máquinas tienen capacidad suficiente para hacer frente a la producción.

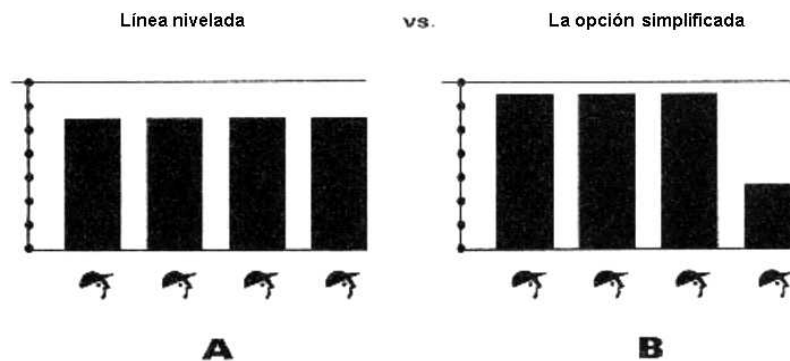


A continuación se realiza el balanceo. Para ello hay que olvidar qué operario realiza cada acción en la célula previa. El número mínimo de operarios obtenidos en la hoja "Personas" es el dato a usar como guía. Entonces se ajustan manualmente las barras del takt time en las "hojas de combinación del trabajo" de cada operario y se les asignan operaciones hasta que lleguen al takt time, pero sin pasarse. No es necesario que las operaciones sean consecutivas en el flujo, sólo deben ser acciones que queden cercanas en el espacio.



En la figura, el operario 3 realiza siempre operaciones consecutivas, mientras que el 1 y el 2 intercalan operaciones del principio y del final del proceso.

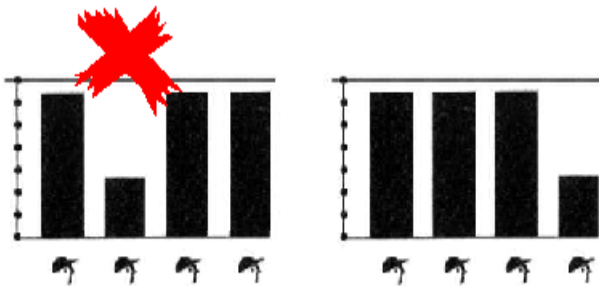
Cuando se distribuyen las cargas de trabajo, existen dos posibilidades. La propuesta tradicional se llama “nivelar la línea” (ver opción A en la ilustración). El contenido de trabajo se reparte equitativamente entre los operarios, quizás con el deseo de ser justos. Pero esta propuesta tradicional de nivelar la línea disimula la pérdida de tiempo de espera



en el proceso, repartiéndola en forma pareja entre todos los operarios. El tiempo de ciclo de cada operario está equilibrado, pero la carga de trabajo de cada uno es parcial. Esta práctica no solamente hace que luego sea más difícil eliminar el desperdicio, sino también crea la posibilidad de sobreproducción. Para los que utilizan el sistema de producción simplificada, esto último es tan malo como no poder cumplir con la demanda.

Una solución mejor es distribuir los elementos de trabajo cargando a cada operario hasta el takt time, de forma que uno de ellos quede con menos elementos de trabajo (Opción B). Esta es la opción simplificada (lean). De esta manera se carga la mayor parte del desperdicio de espera en un solo trabajador y surge la oportunidad para utilizar el

mejoramiento continuo. Además, se crea la posibilidad de utilizar esta persona, con menor carga productiva, para la realización de tareas no cíclicas (alimentación de línea, limpieza, traslado de material al almacén...). Es importante señalar que debe ser el último de los



operarios de la cadena el que tenga menor carga de trabajo, de lo contrario no habría posibilidad de que desempeñase otras tareas, ya que podría dejar sin alimentación a la persona que le sigue, o podría crear un inventario excesivo tras sus operaciones, ya que completa sus ciclos mucho más rápido

que los demás.

Otro aspecto importantes es el referente a los tiempos de espera a las máquinas. Estos tiempos se calculan restando al ciclo de la máquina, el tiempo de las operaciones que se realizan mientras ésta transcurre, por ejemplo:

ACTIVIDADES CÍCLICAS	CATEGORÍAS					Hoja de combinación de trabajo
	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES						
1 Descarga y carga de máquina	5.0					
2 Ciclo automático			45.0			
3 Etiquetar módulo saliente	9.0					
4 Leer código de barras		5.0				
5 Meter módulo en bolsa de empaquetado	8.0					
6 Introducir módulo en caja de End Item	6.0					
7 Coger módulo entrante e inspeccionar		12.0				
8 Tiempo de espera a ciclo automático					5.0	
9						
10						
Tiempo total por categoría	28.0	17.0			5.0	
% Tiempo total por categoría	56%	34%			10%	
	Total tiempo cíclico				50.0	

Tiempo de máquina:45 seg.

Operaciones realizadas durante el tiempo de máquina:

Etiquetar módulo saliente:9 seg.

Leer código de barras:5 seg.

Meter módulo en bolsa de empaquetado:8 seg.

Introducir módulo en caja de End Item:6 seg.

Coger módulo entrante e inspeccionar:12 seg.

TOTAL:40 seg.

Tiempo de espera resultante = 45 seg. – 40 seg. = 5 seg.

Estos tiempos de espera se obtienen, evidentemente, después de ajustar las operaciones de cada operario. Como ya se ha dicho, el objetivo es eliminar estas pérdidas (que el operario no tenga que esperar nunca a las máquinas). La persona debe tener tareas que realizar por un tiempo superior al ciclo automático, de modo que cuando llegue a la máquina, ésta haya terminado ya su operación y desaparezca así la espera del operador. Sin embargo, a menudo resulta imposible eliminar completamente las esperas, por lo que hay que considerarlas en los cálculos de la forma descrita.

Para optimizar estos aspectos, se debe trabajar simultáneamente en el diseño de un nuevo layout que favorezca una correcta asignación de tareas, minimizando los desplazamientos y las esperas de los operarios.

c. Layout:

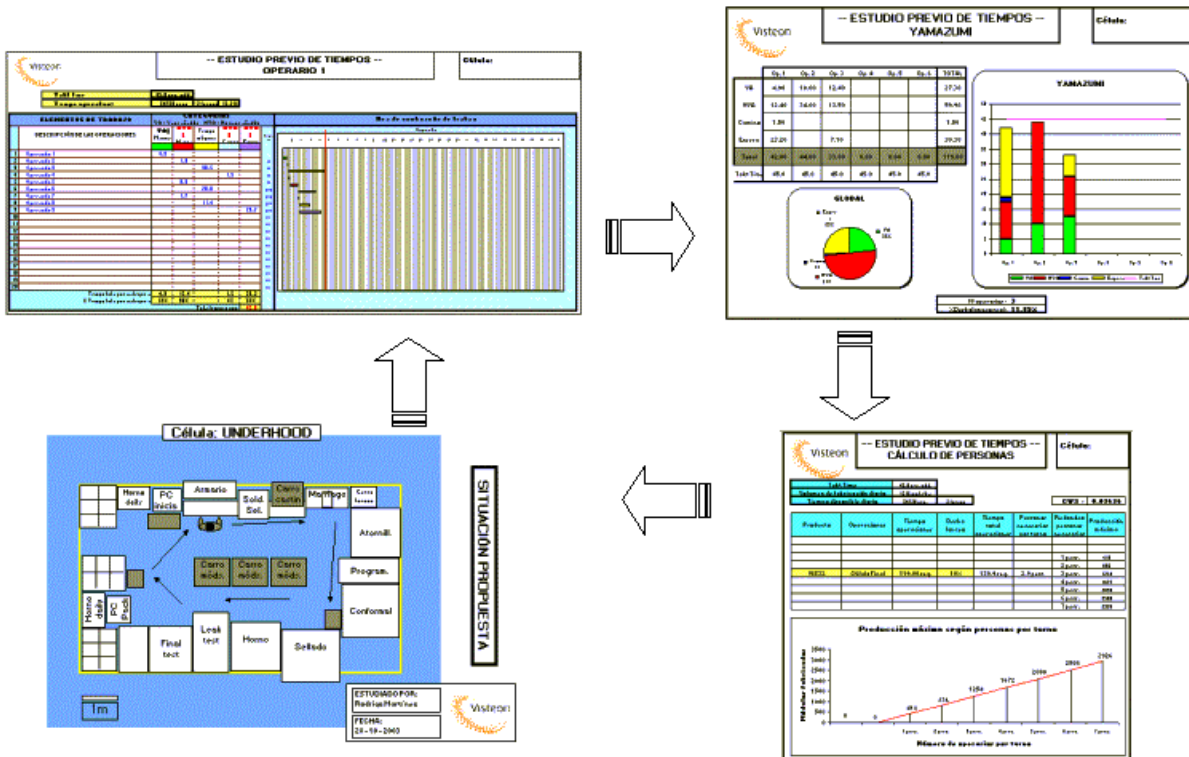
El diseño del layout, junto con el balanceo, es el segundo pilar para la propuesta de situación futura. Para la realización de un layout que favorezca la producción ajustada, hay que tener en cuenta las siguientes características que indica la teoría "Lean":

- Debe ser **flexible**: debe permitir el mantenimiento del flujo continuo tanto si la célula se encuentra con un solo operario como si está completamente llena de personal, de forma que haga frente a las variaciones en la demanda del cliente.
- No deben existir **operarios en "islas"**, ya que rompen el flujo de información y de personas.
- Se deben ajustar los buffer entre estaciones y el resto de espacio para colocación de piezas, ya que un **inventario** excesivo es una pérdida.
- Se deben evitar los "espacios muertos", que sólo sirven para la aparición de basura, material inservible y desorden.
- Se deben tener en cuenta los flujos de material y personas, observando que ninguno de ellos es demasiado largo ni se encuentra obstruido. Los flujos también deben ser claros (sin retornos, vueltas, cruces...)
- No deben existir obstáculos (carros, soportes, buffers...)



d. Resultados:

Trabajar paralelamente en el layout y la distribución de los tiempos (balanceo) es la forma de lograr en la célula un sistema de funcionamiento óptimo y fiable.



Todos los cambios y modificaciones se realizan sobre las hojas de los operarios del Estudio de Tiempos, comprobando en el yamazumi el ajuste y verificando el número mínimo de operarios en la hoja "Personas", donde se actualizará el tiempo total de operaciones, cuyo valor varía dependiendo de las esperas y desplazamientos. La minimización de estas pérdidas puede llevar a la reducción del número de operarios a utilizar.

Observando estos resultados se puede encontrar la opción de mejora en otros sentidos. Si el takt time resulta elevado, se puede probar a reducir el tiempo de producción (operar menos días a la semana o menos turnos al día), reduciendo así los recursos. Se puede jugar a reducir estos factores y aumentar el número de operarios o viceversa: puede resultar más rentable pagar con 5 operarios durante 5 días a la semana que pagar a 4 por 6 días semanales; o pagar a más operarios eliminando los turnos de noche...

También a la vista de los resultados, Producción puede ofrecer a Gerencia un aumento en el volumen de producción.

Finalmente, cabe señalar que los datos obtenidos como resultado de esta quinta etapa del modelo son:

- Número real de operarios necesarios.
- CWS y tiempo total de operaciones.
- Yamazumi y porcentaje de desbalanceo real.
- Porcentaje de valor añadido, no valor añadido, esperas y camino.
- Nuevo layout y nuevos flujos.

y posiblemente también:

- Nuevo takt time.
- Nuevo patrón de producción.
- Nuevo volumen de fabricación.

e. En resumen:

El propósito de la estimación de la situación futura es visualizar el objetivo alcanzable de la mejora propuesta y así poder compararlo con la situación inicial y la situación final lograda tras la aplicación real de las mejoras.

Con ayuda del formato de Estudio de Tiempos se hace el balanceo de operarios usando los elementos de trabajo. La mejora de la célula suele necesitar la reestructuración del layout, teniendo en cuenta las mejoras y oportunidades anteriores.

Al finalizar esta etapa se obtiene una visión de la célula balanceada y rediseñada suponiendo que se llevan a cabo las propuestas de mejora.

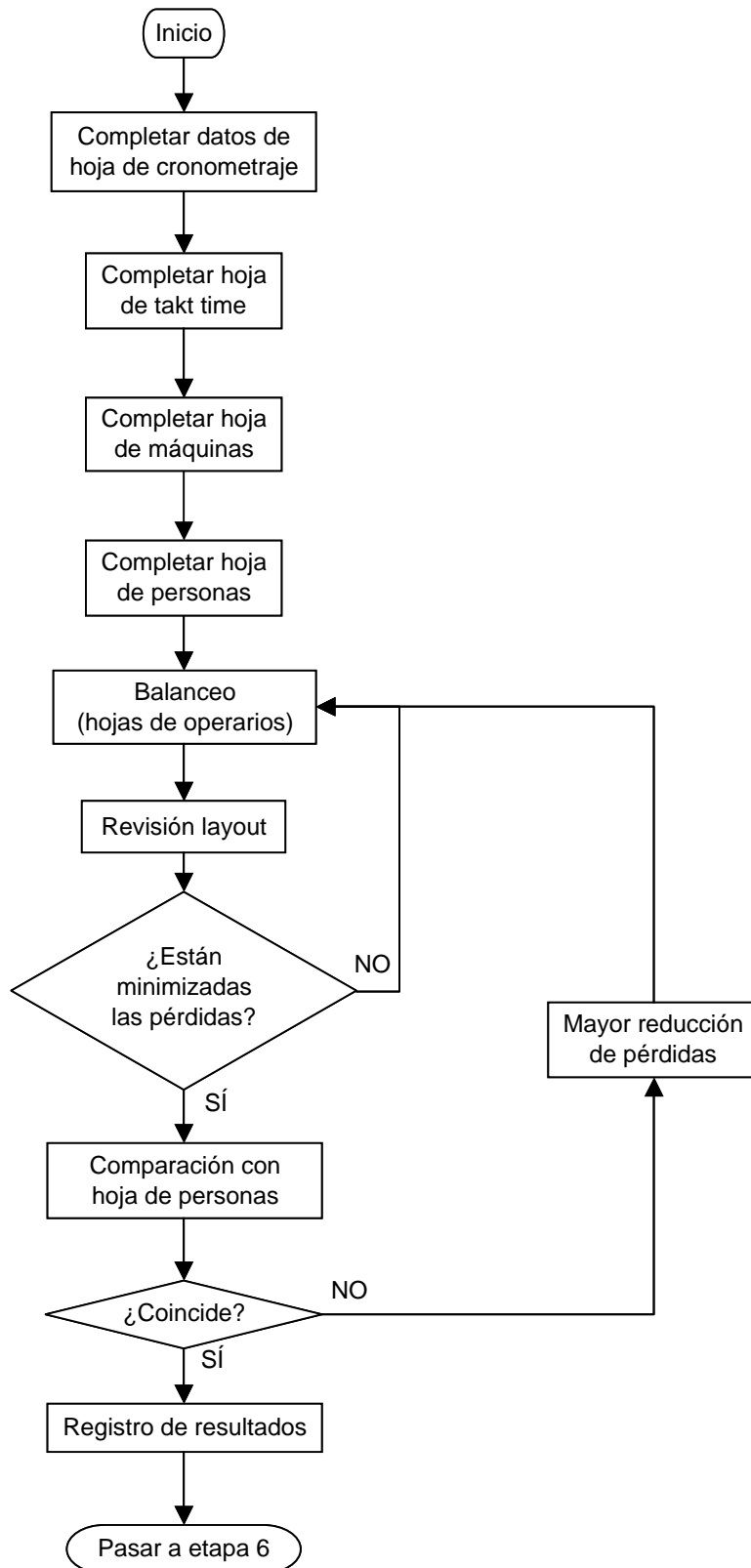


B5. Estimación de la situación futura

Diagrama de Flujo



5. ESTIMACIÓN DE SITUACIÓN FUTURA





B5. Estimación de la situación futura

Formato





-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:

Volumen de fabricación (Anual)	280.896 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	6.080 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.216 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{6080 \text{ mód./semana}}$	=	45,0 seg/mód
-----------	---	--	---	-----------------

Rellenar sólo las celdas amarillas. El resto lo harán automáticamente.



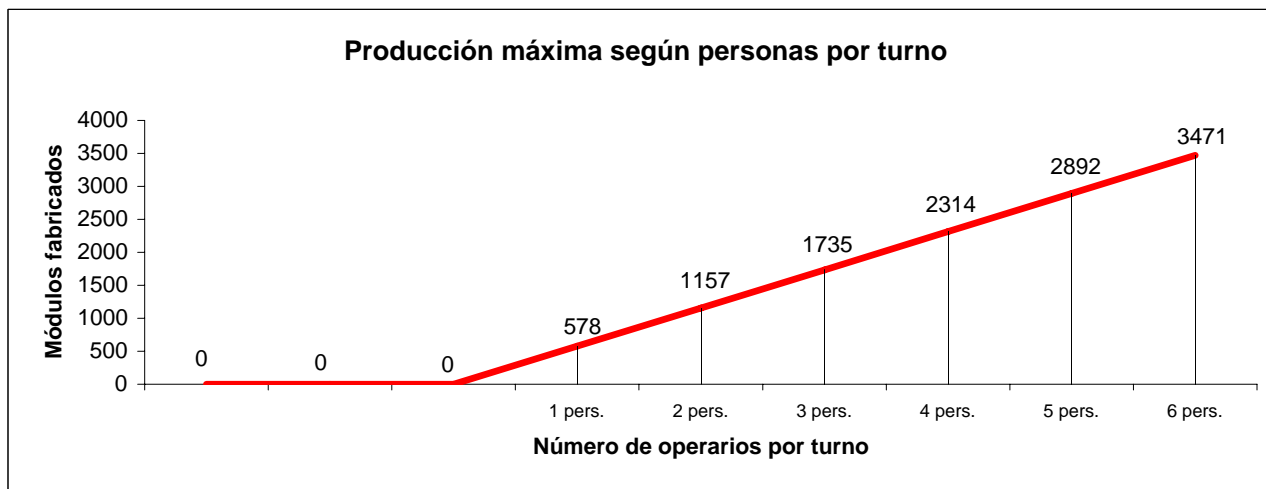
-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

Célula:

Takt Time	45,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,02628

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	578
VIS32	Célula Final	86,00 seg.	10%	94,6 seg.	2,1 pers.	2 pers.	1157
						3 pers.	1735
						4 pers.	2314
						5 pers.	2892
						6 pers.	3471



**Rellenar sólo las celdas amarillas.
Las celdas blancas se completarán cuando rellene las hojas de los operarios.**

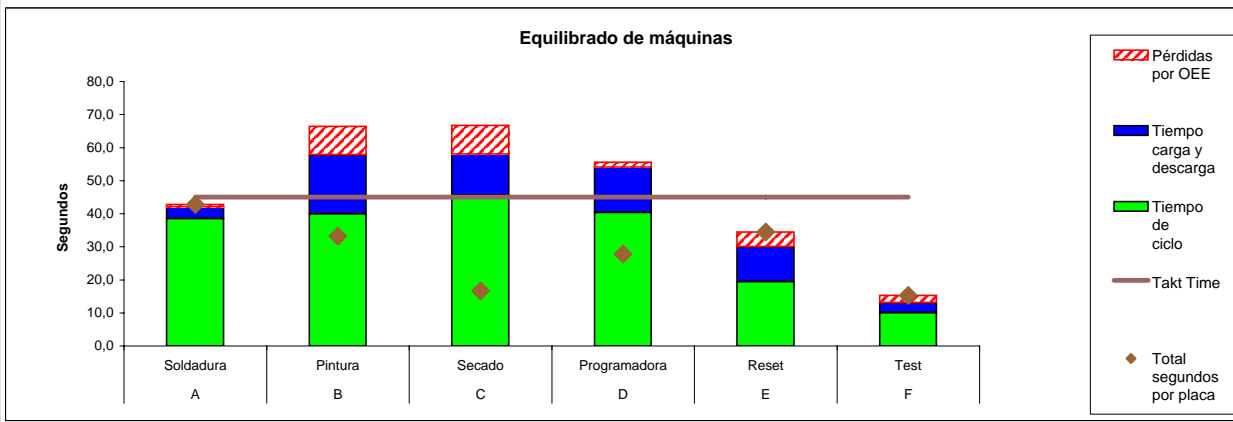


-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:

Takt Time	45,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
A	Soldadura	1	38,5	3,5	1	2%	42,84	84	84	42,84	1277 mod.
B	Pintura	1	40,0	17,8	2	15%	66,47	108	108	33,24	1646 mod.
C	Secado	1	45,6	12,4	4	15%	66,70	216	216	16,68	3282 mod.
D	Programadora	2	40,4	13,6	1	3%	55,62	129	129	27,81	1968 mod.
E	Reset	1	19,5	10,5	1	15%	34,50	104	104	34,50	1586 mod.
F	Test	1	10,1	3,0	1	17%	15,33	235	235	15,33	3570 mod.



Rellenar sólo las celdas amarillas. Las celdas blancas se completan automáticamente

Pérdidas por OEE	Takt Time
0,84	45,0
8,67	45,0
8,70	45,0
1,62	45,0
4,50	45,0
2,23	45,0

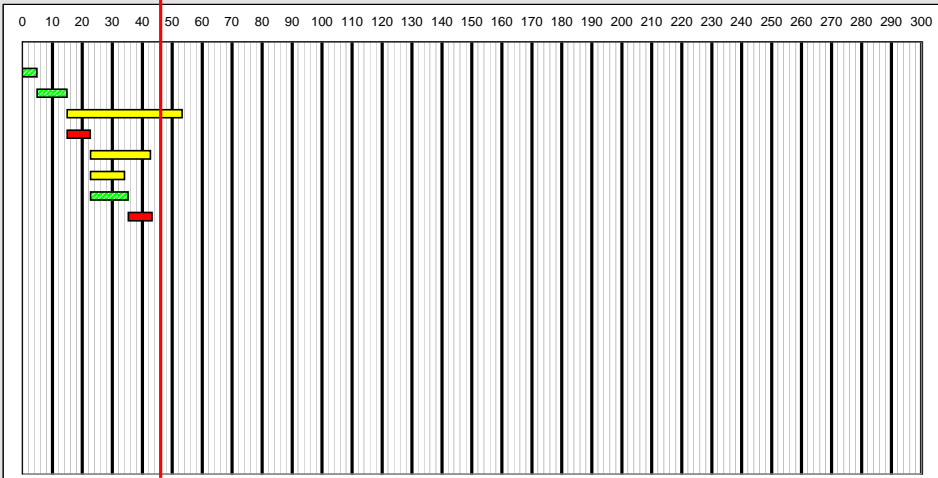


**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES		VA = Valor añadido	NVA = No valor añadido					Segundos	
		(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera			
1	Operación 1	4,9					4,9		
2	Operación 2	10,0					14,9		
3	Operación 3			38,5			14,9		
4	Operación 5		7,9				22,8		
5	Operación 6			20,0			22,8		
6	Operación 8			11,4			22,8		
7	Operación 13	12,6					35,4		
8	Operación 14		8,0				43,4		
9							43,4		
10							43,4		
11							43,4		
12							43,4		
13							43,4		
14							43,4		
15							43,4		
16							43,4		
17							43,4		
18							43,4		
19							43,4		
20							43,4		
Tiempo total por categoría		27,5	15,9						
% Tiempo total por categoría		63%	37%						
Total tiempo cíclico							43,4		



Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Operación 9		2,2				2,2	
2 Operación 10			40,4			2,2	
3 Operación 11		10,0				12,2	
4 Operación 12	18,2					30,4	
5 Espera					12,2	42,6	
6						42,6	
7						42,6	
8						42,6	
9						42,6	
10						42,6	
11						42,6	
12						42,6	
13						42,6	
14						42,6	
15						42,6	
16						42,6	
17						42,6	
18						42,6	
19						42,6	
20						42,6	
Tiempo total por categoría	18,2	12,2			12,2		
% Tiempo total por categoría	43%	29%			29%		
	Total tiempo cíclico				42,6		

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente

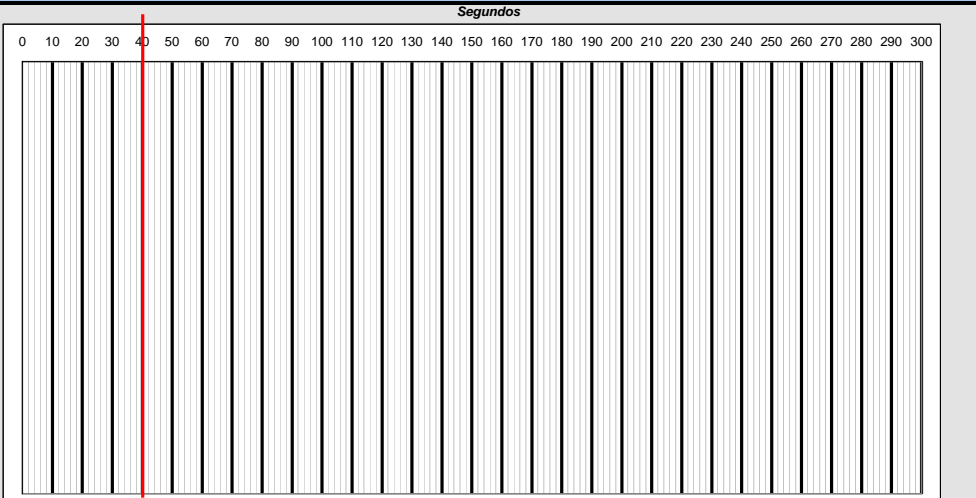


**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 4**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORIAS					Hoja de combinación de trabajo	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES		VA = Valor añadido NVA = No valor añadido						
		(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera	Tiempo total	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Tiempo total por categoría								
% Tiempo total por categoría								
				Total tiempo cíclico				



Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 5**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs. 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				Segundos	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Tiempo total por categoría								
% Tiempo total por categoría								
	Total tiempo cíclico							

Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 6**

Célula:

Takt time	45,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs. 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				Segundos	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Tiempo total por categoría								
% Tiempo total por categoría								
	Total tiempo cíclico							

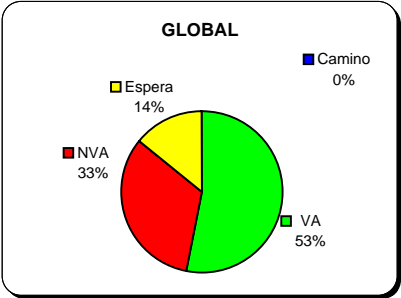
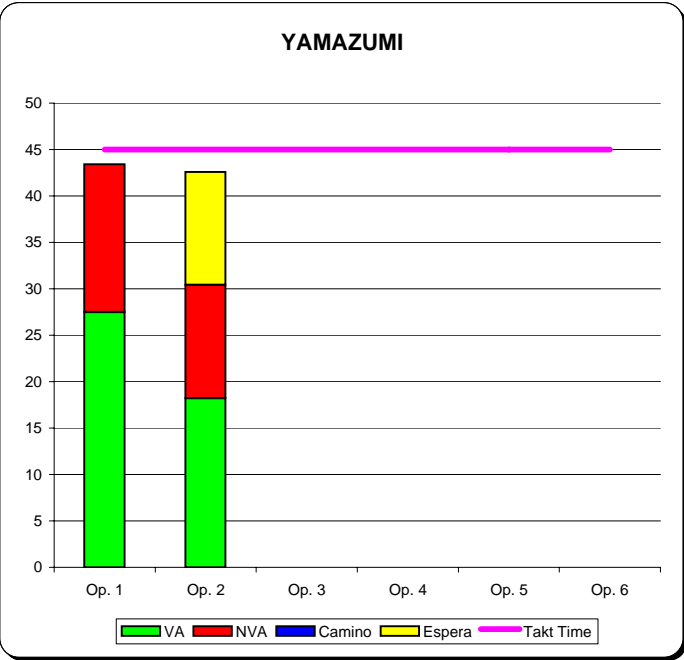
Rellenar sólo las celdas blancas. Las celdas amarillas se completan automáticamente



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

Célula:

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	27,50	18,20					45,70
NVA	15,90	12,20					28,10
Camino							0,00
Espera		12,20					12,20
Total	43,40	42,60	0,00	0,00	0,00	0,00	86,00
Takt Time	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	



Nº operarios = 2
%Desbalanceo real= 4,44%

Todos los operarios tienen cargas de trabajo por debajo del Takt Time. Se puede hacer frente a la producción

**Rellenar sólo el título.
El resto de celdas se rellenarán automáticamente cuando estén completas el resto de hojas del estudio**

El valor de desbalanceo aquí mostrado indica el grado de desaprovechamiento del tiempo de los trabajadores de que se dispone



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B6. Objetivos y presentación

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



Para la presentación del plan, en la creación de este modelo de mejora, se ha elaborado un formato (ver figura adjunta) en el que se muestra, de forma sencilla, completa y directa, la información más importante acerca de las propuestas para la célula. Al mostrar en el mismo papel la situación inicial, la final, las mejoras, los objetivos y la programación, **deja patente la necesidad del cambio y la forma de hacerlo.**

En el formato de presentación del plan se pueden encontrar los siguientes apartados:

- **INFORMACIÓN PREVIA:**

Se muestran distintos parámetros que indican, de forma básica, la situación de la célula y ponen en situación a quien no haya realizado el estudio y asista a la presentación o revise el documento. La mayoría de estos datos se obtuvieron en la etapa 1 del modelo. También se presentan dos cuadros. Uno de ellos corresponde al diagrama yamazumi de la situación de partida y el otro es una tabla donde se reflejan las observaciones relativas a las siete pérdidas en la célula.

- **SITUACIÓN INICIAL:**

En este apartado se muestra el layout de la célula en la situación inicial. También existe un espacio donde se pueden anotar las oportunidades de mejora que se han considerado verdaderamente aprovechables en la célula. Se trata únicamente de enumerar estas posibilidades de mejora, ya que para su explicación se utilizará un documento adjunto donde se expondrá, con todo detalle, en qué consiste cada acción de mejora.

- **SITUACIÓN PROPUESTA:**

A continuación se encuentra un cuadro para ubicar un diseño de layout renovado, que es la propuesta que se hace para cambiar la célula. Junto a él se muestra el yamazumi de la situación propuesta y se anotan las observaciones que resulten pertinentes.

- **METAS:**

El establecimiento de metas adecuadas es muy importante para la realización de las mejoras en la célula. Estas metas deben estar basadas en las posibilidades que revela el estudio de tiempos de la situación propuesta.



Se pueden establecer objetivos de diferente índole, aunque resulta más fácil y efectivo, en la mayoría de los casos, emplear como criterio los medibles sugeridos en la etapa 2 de este modelo (Observación preliminar). De esta forma resulta fácil comparar los objetivos con la realidad inicial, pudiendo cuantificar, posteriormente, el grado de éxito de las mejoras.

En cualquier caso hay que plantear objetivos:

- concretos, que no se queden en el aire,
- claros, que todos lo puedan comprender sin lugar a confusión,
- cuantificados, de forma que se pueda medir el grado de mejora y de éxito, y
- realistas, a la vez que ambiciosos.

- **PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN:**

Finalmente, hay que realizar la programación para la implementación de las mejoras. En el cuadro representado en el formato se puede insertar dicha programación. Es importante asignar, no sólo una fecha de inicio y una de fin para cada acción, sino también una persona responsable en cada una de ellas. Este compromiso personal aumenta las posibilidades de que la propuesta se realice correctamente y a tiempo. Las propuestas sin responsable tienden a quedarse en el aire y pueden no ser llevadas a cabo nunca.

A pesar de lo completo del formato A3, resulta necesario incluir también en el informe un documento anexo, como se ha comentado ya, donde exponer, con todo detalle, las opciones de mejora que se pretenden llevar a cabo, explicando la forma en que se deben realizar y mencionando todas las aclaraciones que se consideren oportunas.

También se pueden incluir las páginas de los estudios de tiempos, donde se muestran las tareas que los operarios deben realizar, la capacidad de las máquinas, el takt time y, por supuesto, el yamazumi.

c. Presentación del plan a Gerencia:

El siguiente paso es presentar el plan de mejora en una reunión con la Gerencia de la planta a la que deberán asistir todos aquellos implicados en la realización de los cambios.



En esta reunión los directivos deben decidir qué acciones se llevarán finalmente a cabo realmente, considerando los factores económicos (beneficios y costes), técnicos, tiempo disponible... además de la opinión del resto de personas allí convocadas. Sólo es necesario que estén mentalizados de que el flujo continuo y el lean manufacturing son

herramientas útiles para la mejora de la planta. **El apoyo de la gerencia a este tipo de proyectos es primordial**, ya que muchas de las decisiones finales deben pasar por su supervisión antes de ser llevadas a cabo.

La reunión también sirve para involucrar a las personas necesarias para realizar los cambios, explicar las dificultades más importantes y contrastar opiniones con personal de otros departamentos (mantenimiento, producción, técnicos...). De esta forma se pueden hallar dificultades para la implementación que no se habían tenido en cuenta en el equipo de trabajo de análisis de la célula y a las que ahora se les podrá plantear una solución. También se pueden encontrar soluciones mejores o adicionales.

Otra tarea que hay que cumplir en esta reunión con gerencia es la de verificar los objetivos propuestos en función de las mejoras aprobadas. De esta forma también se hace patente el lugar al que se quiere llevar la célula y todos los asistentes se hacen conscientes de ello.

Por último se deben verificar las responsabilidades asignadas y la programación del proyecto de mejora definidos en el programa de implementación del formato A3 sobre el que se trabaja.

d. En resumen:

Se elabora el informe final de la célula para plantear en un mismo documento, de un golpe de vista, la información esencial del estudio, desde la situación inicial hasta la mejorada, con sus correspondientes diagramas yamazumi y layouts. También se reflejan en el mismo cuadro los objetivos establecidos, una programación y los nombres de los responsables de cada actividad para motivar su consecución y verificar su grado de ejecución.

A esta información se le añade un documento anexo en el que se debe explicar pormenorizadamente cómo se llevarán a cabo las mejoras.

Toda esta información se lleva a una reunión con la Gerencia y otros interesados (ingenieros de producción, técnicos, personal de mantenimiento...) para contrastar los resultados y aprobar las acciones oportunas.

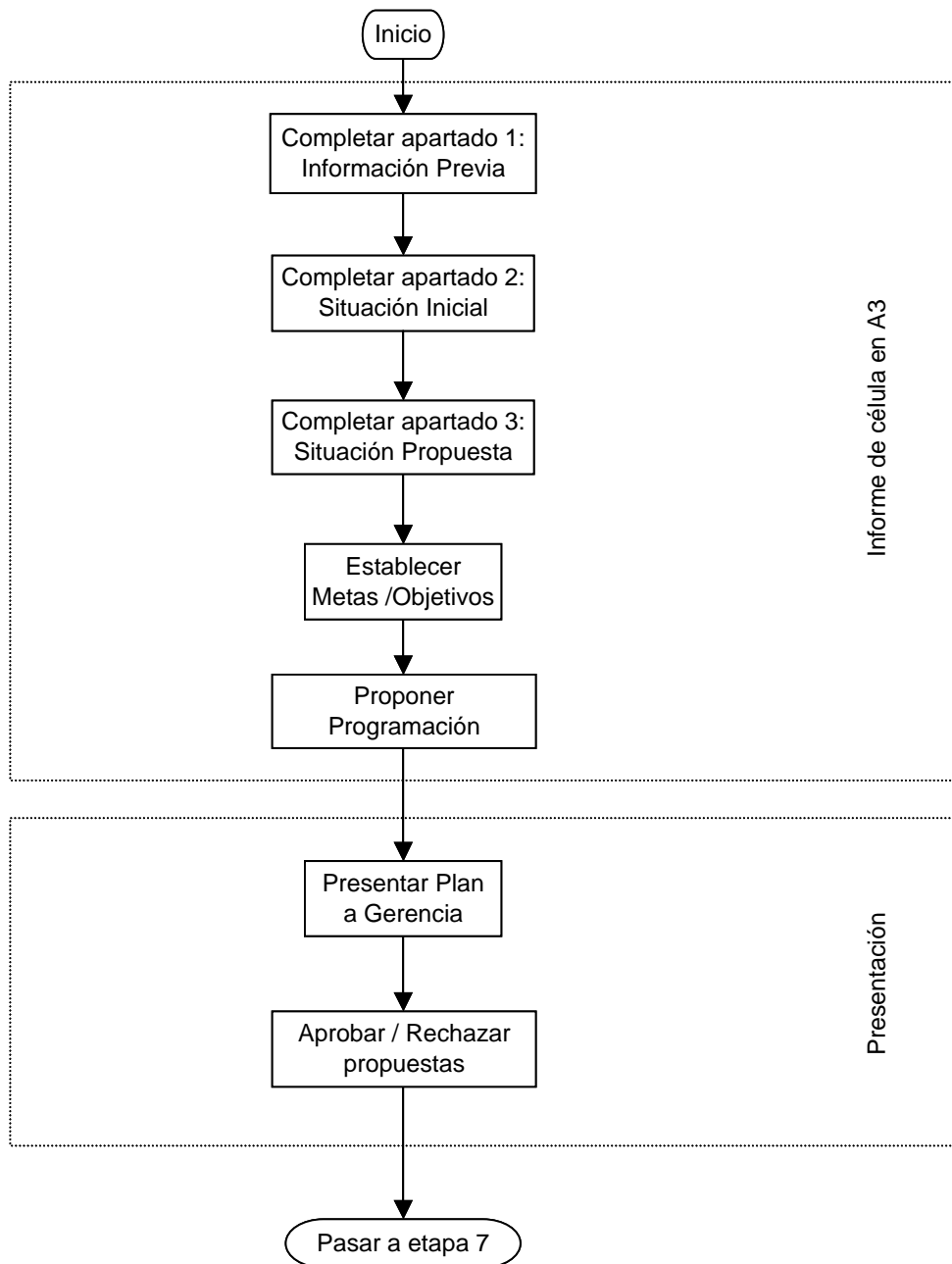


B6. Objetivos y presentación

Diagrama de Flujo



6. OBJETIVOS Y PRESENTACIÓN





B6. Objetivos y presentación

Formato





Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

B7. Implementación y seguimiento

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



B. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE MEJORA

B7. Implementación y seguimiento

a. Objetivo:

La última etapa del modelo explica cómo llevar a cabo satisfactoriamente las mejoras planteadas y cómo asegurar y mantener el flujo continuo en la célula de forma permanente.

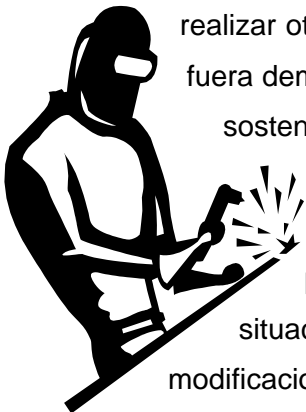


b. Prueba de ensayo:

Llegada la hora de implementar los cambios, es necesario comenzar por hacer una prueba en la línea. Esta prueba debe estar dirigida por la persona o personas que hayan realizado el estudio de mejora y a ella debe asistir, al menos, el ingeniero o grupo de ingenieros de producción de la célula.

No se puede realizar ningún diseño perfecto sobre el papel. Al implementar el flujo continuo en la célula se descubrirán detalles que se omitieron y más desperdicio que se puede eliminar. Esto permite obtener mayor participación y esfuerzo de todos en la implementación del flujo continuo, incluyendo, ahora con más importancia, a los operarios.

Se debe colocar todo el equipo en la ubicación marcada en el layout propuesto. Sin embargo, **se debe evitar que las estaciones de trabajo y los dispositivos de presentación de piezas sean permanentes.** Esto podría ocasionar que no se quieran



realizar otros ajustes. Por ejemplo, si un dispositivo de presentación de piezas fuera demasiado bajo, se puede colocar a alguien, temporalmente, para que lo sostenga o colocarlo sobre una pila de ladrillos para encontrar una posición mejor mientras se realiza la prueba. Igualmente, si hay equipos que resultan muy costosos de mover, se pueden dejar en su posición, pero manteniendo el resto de la forma más parecida posible a la situación fijada. Al tratarse de una prueba, no conviene realizar modificaciones caras que, posteriormente, pueden no ser definitivas.

Para hacer la prueba de ensayo se utilizarán las hojas de combinación de trabajo (hojas de operarios del estudio de tiempos) que se elaboraron en la etapa de estimación de la situación futura y se tratará que los operarios sigan estas instrucciones. El objetivo de la prueba de ensayo es introducir a los operarios en el diseño de la célula y realizar mejoras antes que el proceso real se despliegue en el taller.

c. Desvelación:

Tras la prueba de ensayo y una vez implementadas todas las mejoras, incluyendo las que en la prueba fueron solicitadas, se puede comenzar a trabajar en la célula mejorada durante un periodo supervisado llamado periodo de desvelación.

Durante este periodo, ya productivo, no hay todavía que preocuparse por la demanda del cliente ni el takt time, el objetivo es asegurar que el flujo continuo es posible y consistente. Los ingenieros y miembros del equipo deben observar el trabajo en la célula para descubrir más formas de mejorarla, y estimular además a los operarios para que también ellos recomienden lo que crean oportuno.

Principalmente hay que fijarse en los movimientos del operador: los hay con valor añadido, sin valor añadido y los correspondientes a pérdidas. Como siempre, hay que buscar la forma de eliminar las pérdidas y reducir los movimientos sin valor añadido. Junto a todo este proceso se pueden ir retomando los tiempos para revisarlos y retocar los que hayan cambiado, pues el modelo de producción es diferente.

Los cambios propuestos se deberían implementar lo antes posible, si se puede, en el mismo turno de noche.

A continuación se mencionan algunos puntos que se deben atender durante el periodo de desvelación:

- El lapso entre la comunicación de la nueva célula y el comienzo real de ésta debe ser corto, ya que es más fácil evaluar la efectividad de las mejoras observando la realidad que viéndolo en el papel o en un ensayo. La participación de los operarios también es mayor en la célula real.

- Ingenieros y técnicos deben trabajar en la célula hasta que la célula funcione de acuerdo con lo diseñado.
- Conviene hacer acopio de material terminado antes de realizar los cambios en la célula, ya que durante el periodo de develación, satisfacer las necesidades del cliente en cuanto a producción es un tema secundario.
- Conviene mantener las hojas de combinación de trabajo y el diagrama yamazumi actualizados día a día.
- Cuando la forma de trabajar "natural" de los operarios, a la que están acostumbrados de la célula anterior haga que se resienta el flujo, se deben tomar medidas correctoras, ya que el flujo continuo no es opcional, sino que resulta ser la base de la mejora en la célula.
- Es muy recomendable que el equipo dirigente felicite a todas las personas implicadas cada vez que se vayan alcanzando metas (creación de flujo continuo, cumplimiento del takt time...)

Para facilitar la desvelación se adjunta una lista de chequeo o checklist como anexo. También se recomienda utilizar de nuevo la checklist del documento "B2 Observación preliminar" que ya se empleó para buscar la existencia del fake flow (falso flujo continuo) y la checklist del documento "B4 Búsqueda de oportunidades y propuestas de mejora".

d. Mantener el flujo:

Es habitual que, cuando los procesos ya han sido desvelados, el equipo de ingenieros y técnicos abandone el cuidado de la célula, dejándolo todo en manos de los operarios. Tras esto resulta muy fácil que una célula, sin la dirección adecuada, **se descontrola y vuelve al fake flow**, acumulando inventario, permitiendo la aparición de operaciones que no generan valor añadido, pérdidas, zonas de paso obstaculizadas...

Una tarea esencial en el mantenimiento del flujo es el aseguramiento de la disponibilidad del material que viene de fuera de la célula. Es muy importante recalcar de

nuevo que este modelo solamente incluye las operaciones cíclicas correspondientes a la manufactura en células de producción. El resto de operaciones, tales como mantenimiento, limpieza, alimentación de las líneas, transporte de material terminado al almacén... no se tienen en cuenta en este estudio y deben ser optimizadas independientemente y con diferentes métodos a los que aquí se explican. Esta reflexión no significa, sin embargo, que la alimentación a línea (line feeding) no tenga que ser absolutamente fiable, todo lo contrario, para evitar paradas en la producción es imprescindible una optimización de los procesos no cíclicos.

Cualquier fallo, pérdida o problema, como el planteado con los retrasos en la alimentación de material en la célula, se hace mucho más evidente en un proceso "lean", de modo que se hace más apremiante y, por tanto, más efectiva, la lucha contra él. La respuesta rápida a los problemas se convierte así en una de las características más evidentes y necesarias en la célula, de modo que es éste un punto donde es necesario centrar la atención a estas alturas del modelo de mejora.



Finalmente, se puede realizar nuevamente el estudio de tiempos con los datos reales de la célula, utilizando el formato del documento "B3 Análisis de situación actual". De esta forma se podrá hacer una nueva comparación con los dos estudios de tiempos ya realizados: el previo y el propuesto, pudiendo así hallar una medida del éxito logrado.

Llegados a este punto, se habrá completado con éxito la mejora de la célula, convirtiéndola en una línea con flujo continuo, mínimos recursos y aseguramiento de satisfacción de la demanda del cliente.

e. Seguimiento:

Sin embargo, el trabajo no acaba aquí. Para evitar que la célula vuelva a caer en un falso flujo y aparezcan problemas que no se solucionen o se parcheen, es necesario hacer un seguimiento al estado de la célula comprobando la "salud" del flujo continuo.

Se debe **establecer un sistema por el cual se aseguren revisiones periódicas**, en las que se repasen los tiempos de trabajo, las operaciones (elementos de trabajo), estado del flujo continuo, el balanceo... y cuantos parámetros se quieran añadir. Se

pueden utilizar los medibles que se propusieron en un principio para controlar el estado de la mejora.

También es aconsejable establecer un sistema de reuniones en el que se le haga un seguimiento formalizado al estado de la célula, detectando lo antes posible la desviación del proceso respecto al diseño.

Igualmente, **el desarrollo de la mejora no debe concluir nunca**. Todas las ideas sugeridas por cualquier empleado se deben tener en cuenta para estudiar su aplicabilidad. Siempre se puede seguir eliminando desperdicio, aumentando el porcentaje de operaciones con valor añadido, reduciendo los espacios ocupados y de desplazamiento, las esperas, los ciclos de las máquinas, la carga y descarga... Además, de forma habitual, los procesos sufren variaciones de todo tipo, originados por solicitudes del cliente, cambios en la demanda, variaciones en las máquinas desde el punto de vista técnico, variaciones en la fiabilidad de las máquinas...

Por último, un sistema de auditorías internas, supervisadas por el gerente del área, suponen el más efectivo sistema de control. No hace falta que tomen demasiado tiempo, pero es muy importante que formen parte del trabajo normalizado de los gerentes, para evitar que se queden a un lado ante temas no tan "importantes" pero sí más "urgentes". Además, siendo fiel a la filosofía con la que está realizado todo el modelo de mejora, es oportuno señalar que todos en la empresa, desde el operario hasta el gerente, están implicados en la mejora, desarrollo y optimización de las células.

El éxito representa los esfuerzos combinados de cada persona comprometida con el proceso y para obtener este esfuerzo se necesita un plan para los operarios que quedan liberados de los procesos actuales. Las personas no apoyarán el flujo continuo y la mejora si ello los conduce a la pérdida de sus empleos.

Cuando la persona queda fuera de la célula necesita ir a otro trabajo en la planta tal como jefe de equipo o encargado de materiales. Una buena opción es derivar a los operarios a otras células que estén introduciendo flujo continuo. Ubicar a gente experimentada en estos equipos les permite aplicar sus nuevas capacidades y ayudar a la compañía a ser aún más competitiva. Otra alternativa para los operarios es trasladarlos a equipos de mejoramiento continuo o a otros equipos que produzcan mejoras.



Reasignar a la gente de esta forma ayuda a la organización a darse cuenta que el propósito de mejorar es hacer que un proceso sea más eficaz y no despedir gente.

f. En resumen:

El objetivo de la última etapa del modelo es asegurar la correcta implementación de las mejoras y hacer que el flujo continuo permanezca estable sin que el paso del tiempo haga que retorne el fake flow.

Para lograrlo se debe hacer una prueba real del diseño en papel de la célula, realizando modificaciones en la célula de forma provisional, con el objeto de poder cambiar lo que sea necesario para cumplir con los objetivos de las mejoras.

Tras esta prueba se pasa a la etapa de desvelado, en la que se implementan de forma más definitiva las mejoras para comenzar a producir. Las mejoras que se consideren oportunas se intentarán aplicar cuanto antes. Cuando el proceso modificado permanezca estable, se tomarán medidas para estandarizarlo.

Finalmente, se debe plantear un seguimiento para evitar que el flujo desaparezca mediante un sistema de revisiones, reuniones y auditorías.

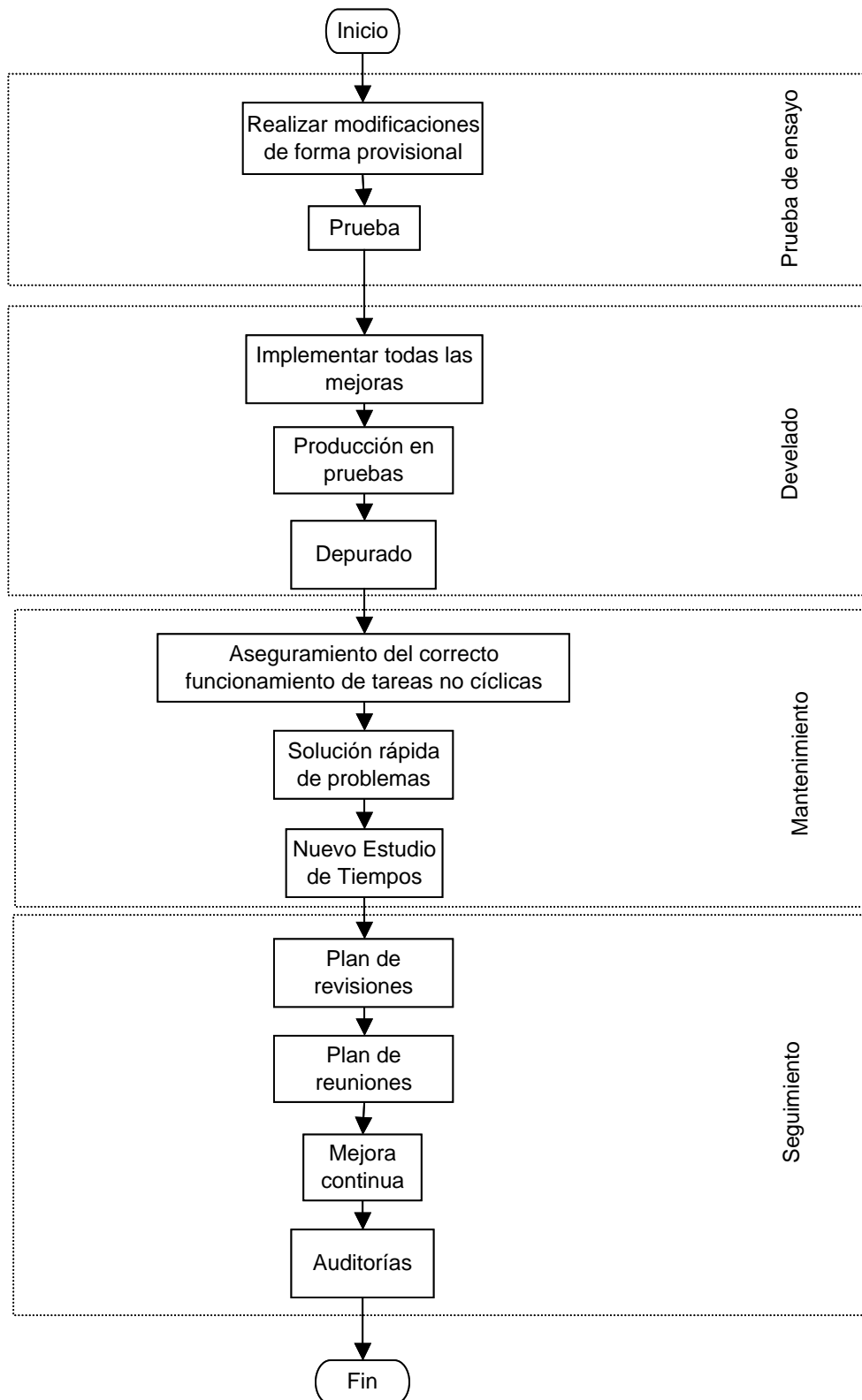


B7. Implementación y seguimiento

Diagrama de Flujo



7. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO





B7. Implementación y seguimiento

Formato





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

Fecha:

VII. Implementación y seguimiento

Célula:

Desvelación

Elaborado por:

Para facilitar el trabajo de supervisión durante este periodo de desvelación, se incluye a continuación una lista de chequeo donde verificar el correcto funcionamiento de la célula:

- ¿Hay flujo de una pieza?
- ¿El operario puede realizar una pieza y mover otra sin esperar?
- ¿Trabajan los operarios conforme a las hojas de combinación del trabajo establecidas?
- Si no es así, ¿es un proceso mejorado?
- ¿Fluye la información?
 - ¿Conoce el personal de la célula...
 - ...el takt time?
 - ...el volumen de producción?
 - ...el volumen ya producido?
 - ...qué problemas hay en la célula?
- ¿Se realizan las entregas en el tiempo adecuado?
- ¿Los dispositivos de presentación de materiales son adecuados o los operarios quedan demasiado alejados?
- ¿Están correctamente ubicadas las piezas cuando se presentan?
- ¿Se ha reducido el inventario en la célula?
- ¿Hay material innecesario ocupando sitio en la célula?

Se aconseja revisar la célula usando también las checklists correspondientes a los capítulos 2 y 4 del modelo.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

C. ANEJOS

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química





Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

C1. Aplicación del modelo

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



C. ANEJOS

C1. Aplicación del modelo

Mediante el presente documento se presentan tres documentos utilizados realmente en la planta de Cádiz Electrónica para llevar a cabo la mejora de células en la planta de Visteon Cádiz Electrónica.

Se muestra un análisis de cada una de las células, en su estado previo y posterior al estudio, incluyendo diagramas Yamazumi, layouts, y las acciones de mejora llevadas a cabo, así como un estudio presupuestario en el que se observan los gastos producidos para llevar a cabo los cambios, mostrando la eficacia del modelo y los beneficios que le supone a la empresa.

La mayoría de los procesos de mejora no suponen la realización de esfuerzo económico en ningún momento de la implantación, ya que los costes invertidos suelen ser superados por los ahorros en material, inventario, etc... que son ahorros directos, es decir, no necesitan un tiempo para producir beneficio. Este hecho demuestra que este modelo de mejora es un sistema que garantiza inmediatos beneficios, sin apenas inversión.

Tras un resumen de las acciones llevadas a cabo para cada célula y el breve resumen económico, se presenta una hoja A3 según modelo del formato incluido en el presente modelo de mejora en la que se puede apreciar la información presentada a Gerencia para evaluar la conveniencia o no de las acciones a tomar.

A continuación se incluyen los documentos correspondientes a los estudios de tiempos previo y propuesto que suponen la base de cálculos para ofrecer la optimización a la célula.

Las células cuyo estudio de mejora se presenta a continuación son:

- Célula USE
- Células BSKK
- Célula CS1A



C1. Aplicación del modelo

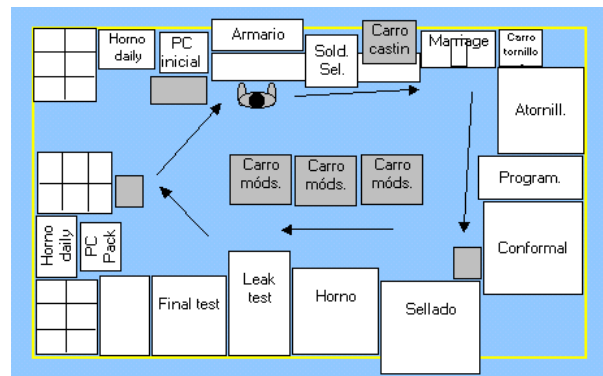
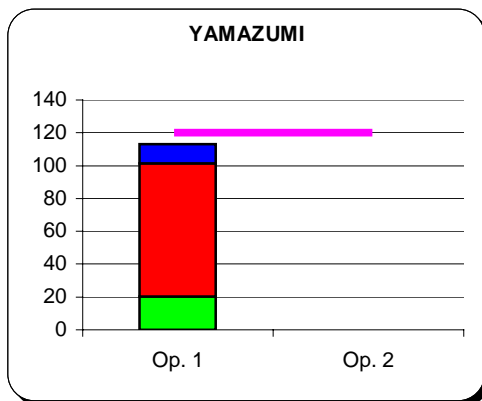
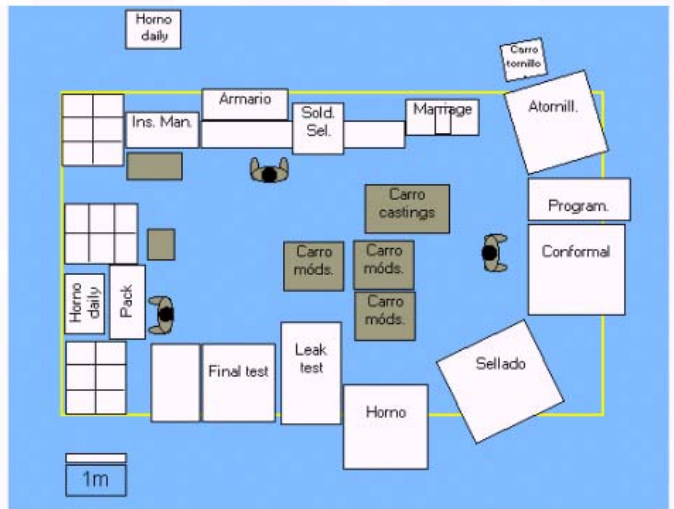
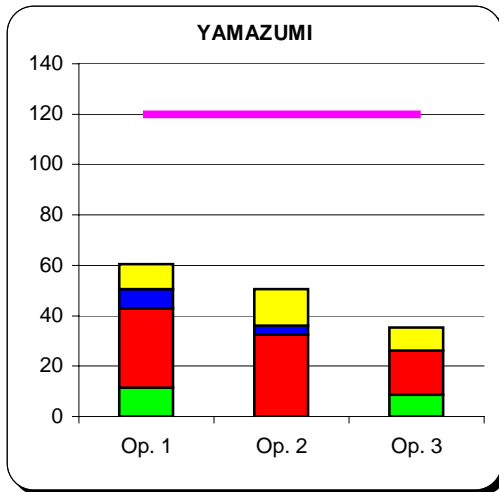
I. Célula USE



❖ Célula USE

	Número de personas	CWS	Tiempo de operaciones	Producción (diaria)	%Desballeo	% V.A.
Sit. Previa	3	0,04468	146,23 s.	456	59,4%	14%
Sit. Propuesta	1	0,03455	113,08 s.	456	5,8%	18%

○ Yamazumi y layout



Se pasa de tres operarios a uno sólo, que hará el trabajo de toda la célula haciendo un "nagare". Comienza el ciclo en la primera estación y finaliza en la última, sin necesidad de esperar nunca a una máquina.

○ **Acciones de mejora**

- I. SUSTITUCIÓN DEL CARRO DE CASTINGS
- II. MODIFICACIÓN DE QPS EN MARRIAGE
- III. CARGA DE TOP COVER EN ESTACIÓN DE SELLADO
- IV. SUSTITUCIÓN DE MESAS DE UTILIDAD REDUCIDA
- V. REUBICACIÓN DE HORNOS DE DAILY
- VI. REBALANCEO DE OPERACIONES

I. SUSTITUCIÓN DEL CARRO DE CASTINGS

El carro que se encuentra en medio de la célula con castings (piezas que los operarios deben emplear en el proceso productivo) es un estorbo. Genera en la célula problemas de diversas características: supone una barrera a la visión de la célula, dificulta los movimientos, obliga a los operarios a girarse cada vez que deben coger un casting... Además, para evitar tanto movimiento, los operarios suelen coger las piezas en torres de 8 a 10 unidades, apilándolas en lugares no destinados a ello.

Se propone alimentar los castings por detrás de la célula, de forma que el material llegue de frente al operario. Para ello se requiere diseñar un nuevo carro que se pueda insertar en la parte posterior de la línea.

II. MODIFICACIÓN DE QPS EN MARRIAGE

Según el procedimiento de operación dictado en la QPS y seguido así por los operarios, se produce una espera innecesaria en el momento de la impresión de la etiqueta de marriage. Esta espera supone unos 10 segundos en los que la persona no puede realizar ninguna otra operación. Variando el procedimiento de trabajo se puede evitar esta espera.

El nuevo procedimiento es el siguiente:

- Leer etiquetas,
- Inspeccionar soldadura,
- Cortar pestañas laterales de la placa,
- Introducir la placa en el casting,
- Pegar etiqueta nueva.

De esta forma, desde que se leen las etiquetas, hasta que se termina de realizar la inspección, el corte de pestañas y la introducción de la placa, da tiempo a que la máquina imprima la etiqueta final, eliminando así la espera.

III. SUSTITUCIÓN DE MESAS POR ESTACIONES ESTÁNDAR

Las mesas de inserción manual y de empaquetado final tienen un tamaño excesivo. Ambas mesas soportan equipos informáticos, sin que la superficie sea utilizada para trabajar. Con dos estaciones estándar se pueden seguir realizando las mismas operaciones sin problemas y se ahorra un espacio que puede ser utilizado para reubicar material que actualmente se encuentra fuera de los límites de la célula.

IV. REBALANCEO DE OPERACIONES

Esta pérdida será, probablemente, la más importante de la célula. Trabajan tres operarios cuando solo es necesario uno para realizar las operaciones cíclicas.

V. REVISIÓN DEL LAYOUT

La sustitución de las mesas grandes y del carro de castings y la posibilidad de reubicar el material que se encuentra fuera de los límites de la célula ofrecen oportunidades de mejora realizando una revisión del layout.

○ **Presupuesto**

Inversión:

Sustitución del carro de castings

Material	Coste unit.	Coste
2 Carros nuevos	1400 €/carro	2800 €

Sustitución de mesas de utilidad reducida

Material	Coste unit.	Coste
2 Estaciones estándar	300 €	600 €

Movimiento de material y equipos según layout

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Movimiento equipos	40 horas	Técnico	21 €/hora	840 €
Movimiento equipos	20 horas	Ingeniero	30 €/hora	600 €
Validación	2 horas	Técnico	21 €/hora	42 €

TOTAL: 4882 €

Gasto continuo:

	Coste
-	0

TOTAL: 0 €

Ahorro directo:

Inventario retirado

	Precio/cast.	Ahorro
60 Castings en inventario de célula retirados	8 €	480

TOTAL: 480 €

Ahorro continuo:

Producción

	Precio/día	Días laborable	SS e imp.	Precio/año
2 Operarios	60 €/día	226	30%	35256 €/año

TOTAL: 35256 €

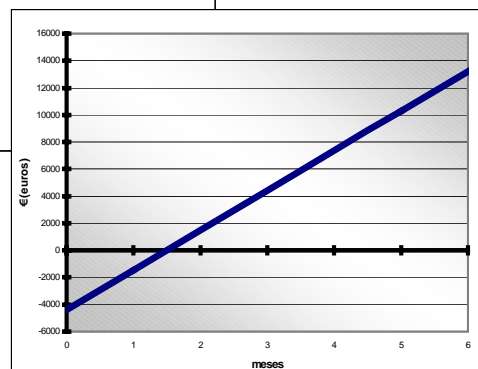
La inversión se recupera en un tiempo tal que:

$$\text{Inversión} = \text{Ahorro directo} + (\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo}) \times \text{Tiempo}$$

Para obtener el tiempo:

$$\text{Tiempo} = \frac{(\text{Inversión} - \text{Ahorro directo})}{(\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo})}$$

Tiempo de recuperación de la inversión
0,125 años = 1,50 meses





C1. Aplicación del modelo

I. Célula USE

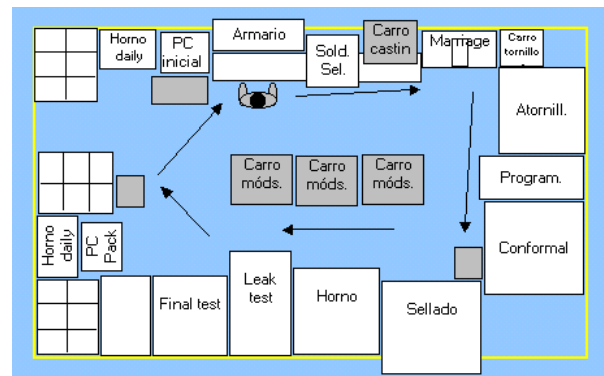
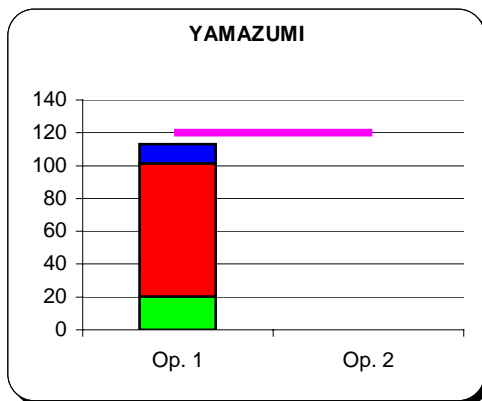
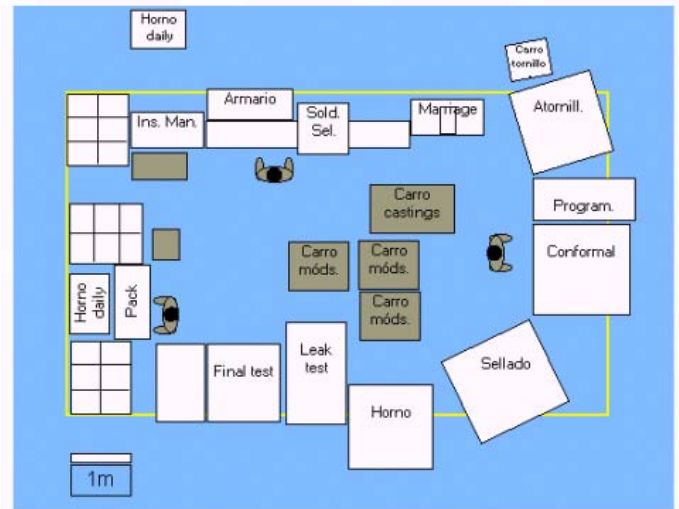
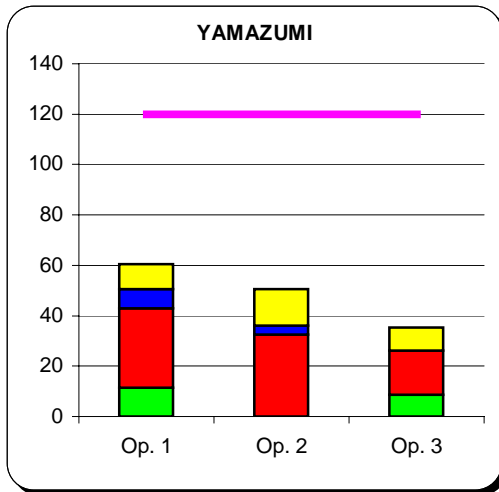
a. Resumen



❖ Célula USE

	Número de personas	CWS	Tiempo de operaciones	Producción (diaria)	%Desballeo	% V.A.
Sit. Previa	3	0,04468	146,23 s.	456	59,4%	14%
Sit. Propuesta	1	0,03455	113,08 s.	456	5,8%	18%

○ Yamazumi y layout



Se pasa de tres operarios a uno sólo, que hará el trabajo de toda la célula haciendo un "nagare". Comienza el ciclo en la primera estación y finaliza en la última, sin necesidad de esperar nunca a una máquina.

○ **Acciones de mejora**

- I. SUSTITUCIÓN DEL CARRO DE CASTINGS
- II. MODIFICACIÓN DE QPS EN MARRIAGE
- III. CARGA DE TOP COVER EN ESTACIÓN DE SELLADO
- IV. SUSTITUCIÓN DE MESAS DE UTILIDAD REDUCIDA
- V. REUBICACIÓN DE HORNOS DE DAILY
- VI. REBALANCEO DE OPERACIONES

I. SUSTITUCIÓN DEL CARRO DE CASTINGS

El carro que se encuentra en medio de la célula con castings (piezas que los operarios deben emplear en el proceso productivo) es un estorbo. Genera en la célula problemas de diversas características: supone una barrera a la visión de la célula, dificulta los movimientos, obliga a los operarios a girarse cada vez que deben coger un casting... Además, para evitar tanto movimiento, los operarios suelen coger las piezas en torres de 8 a 10 unidades, apilándolas en lugares no destinados a ello.

Se propone alimentar los castings por detrás de la célula, de forma que el material llegue de frente al operario. Para ello se requiere diseñar un nuevo carro que se pueda insertar en la parte posterior de la línea.

II. MODIFICACIÓN DE QPS EN MARRIAGE

Según el procedimiento de operación dictado en la QPS y seguido así por los operarios, se produce una espera innecesaria en el momento de la impresión de la etiqueta de marriage. Esta espera supone unos 10 segundos en los que la persona no puede realizar ninguna otra operación. Variando el procedimiento de trabajo se puede evitar esta espera.

El nuevo procedimiento es el siguiente:

- Leer etiquetas,
- Inspeccionar soldadura,
- Cortar pestañas laterales de la placa,
- Introducir la placa en el casting,
- Pegar etiqueta nueva.

De esta forma, desde que se leen las etiquetas, hasta que se termina de realizar la inspección, el corte de pestañas y la introducción de la placa, da tiempo a que la máquina imprima la etiqueta final, eliminando así la espera.

III. SUSTITUCIÓN DE MESAS POR ESTACIONES ESTÁNDAR

Las mesas de inserción manual y de empaquetado final tienen un tamaño excesivo. Ambas mesas soportan equipos informáticos, sin que la superficie sea utilizada para trabajar. Con dos estaciones estándar se pueden seguir realizando las mismas operaciones sin problemas y se ahorra un espacio que puede ser utilizado para reubicar material que actualmente se encuentra fuera de los límites de la célula.

IV. REBALANCEO DE OPERACIONES

Esta pérdida será, probablemente, la más importante de la célula. Trabajan tres operarios cuando solo es necesario uno para realizar las operaciones cíclicas.

V. REVISIÓN DEL LAYOUT

La sustitución de las mesas grandes y del carro de castings y la posibilidad de reubicar el material que se encuentra fuera de los límites de la célula ofrecen oportunidades de mejora realizando una revisión del layout.

○ **Presupuesto**

Inversión:

Sustitución del carro de castings

Material	Coste unit.	Coste
2 Carros nuevos	1400 €/carro	2800 €

Sustitución de mesas de utilidad reducida

Material	Coste unit.	Coste
2 Estaciones estándar	300 €	600 €

Movimiento de material y equipos según layout

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Movimiento equipos	40 horas	Técnico	21 €/hora	840 €
Movimiento equipos	20 horas	Ingeniero	30 €/hora	600 €
Validación	2 horas	Técnico	21 €/hora	42 €

TOTAL: 4882 €

Gasto continuo:

	Coste
-	0

TOTAL: 0 €

Ahorro directo:

Inventario retirado

	Precio/cast.	Ahorro
60 Castings en inventario de célula retirados	8 €	480

TOTAL: 480 €

Ahorro continuo:

Producción

	Precio/día	Días laborable	SS e imp.	Precio/año
2 Operarios	60 €/día	226	30%	35256 €/año

TOTAL: 35256 €

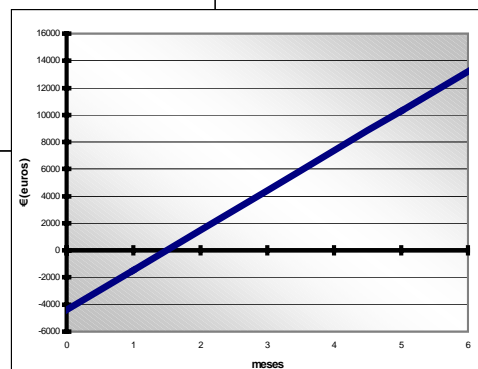
La inversión se recupera en un tiempo tal que:

$$\text{Inversión} = \text{Ahorro directo} + (\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo}) \times \text{Tiempo}$$

Para obtener el tiempo:

$$\text{Tiempo} = \frac{(\text{Inversión} - \text{Ahorro directo})}{(\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo})}$$

Tiempo de recuperación de la inversión
0,125 años = 1,50 meses





C1. Aplicación del modelo

I. Célula USE

b. Formato A3





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

CÉLULA FINAL USE

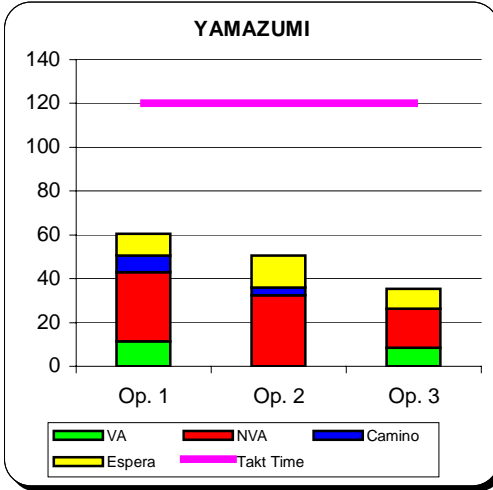
INFORME DE CÉLULA Y PLAN DE ACCIÓN

ESTUDIADO POR:
Rodrigo Martínez
FECHA: ___ / ___ / 20__

1.- INFORMACIÓN PREVIA

Vol. prod.: 456 mód/día
Patrón de producción: 5 días a 2 turnos
Nº operarios: 3 pers./turno

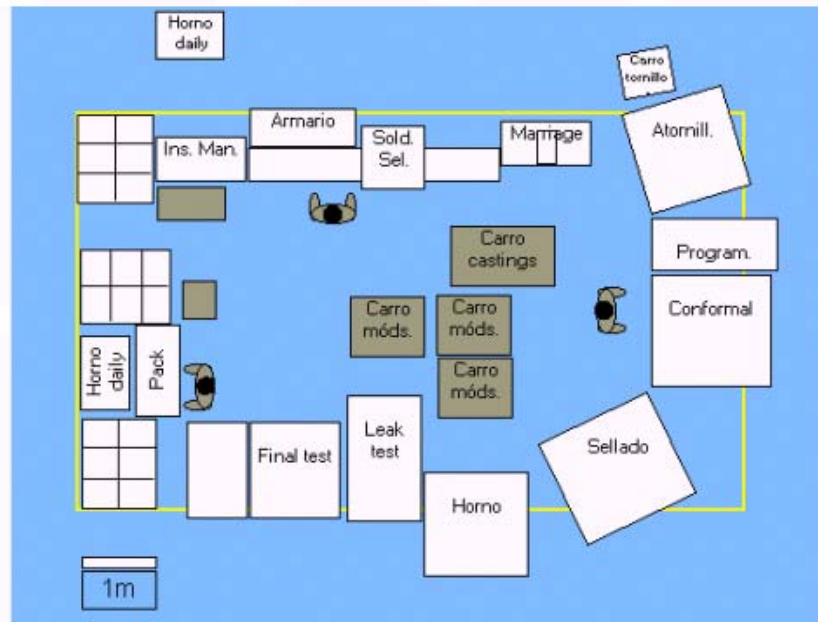
Takt Time: 120,0 seg.
CWS: 0,04468
Desbalanceo: 59,4%



Sobreproducción	No hay problemas.
Esperas	Se producen muchas esperas, además de bajo rendimiento de los operarios.
Transporte	No hay problemas.
Sobreproceso	No hay problemas.
Inventario	Se acumula a la entrada de las máquinas lentas (50 mód. en total)
Desplazamientos	No hay problemas.
Reparaciones	No hay problemas.

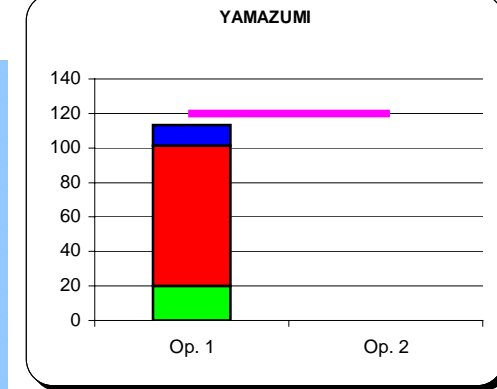
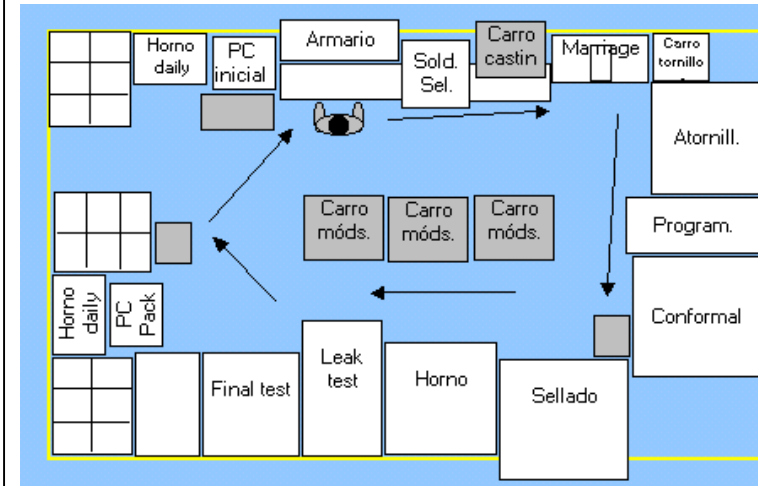
2.- SITUACIÓN INICIAL

Oportunidades de MEJORA:



- Sustitución del carro de castings
- Modificación de QPS en marriage
- Sustitución de mesas de utilidad reducida
- Rebalanceo de operaciones
- Revisión del layout

3.- SITUACIÓN PROPUESTA



OBSERVACIONES:
Reduciendo operaciones sin valor añadido y eliminando pérdidas, se logra que un solo operario pueda hacerse cargo de la célula entera haciendo un circuito "Nagare".

4.- METAS

	CWS	Desbalanceo	Nº operarios
Actual	0,04379	59,4%	3
Objetivo	0,03455	5,8%	1

5.- PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

#	Tareas	Responsable	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	5ª sem.	6ª sem.	7ª sem.	8ª sem.
1	Diseño del carro de castings	Ing. Industrial	█							
2	Compra del carro de castings	Ing. Industrial		█	█	█	█			
3	Modificación de QPS en marriage	G. Nova	█							
4	Sustitución de mesas de utilidad reducida	Ing. Industrial	█							
5	Rebalanceo de operaciones	Ing. Industrial	█							
6	Diseño del layout	Ing. Industrial	█							
7	Movimiento de equipos según nuevo layout	Ing. Planta						█	█	█



C1. Aplicación del modelo

I. Célula USE

c. Estudio previo de tiempos





**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
CÁLCULO TAKT TIME**

**Célula:
USE**

Volumen de fabricación (Anual)	105.336 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	2.280 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	456 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{2280 \text{ mód./semana}}$	=	120,0 seg/mód
------------------	---	--	---	--------------------------

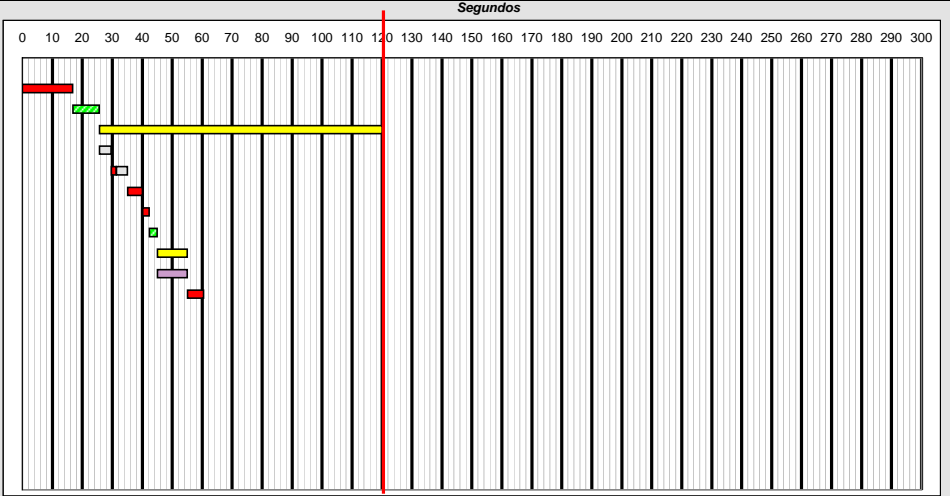


**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:
USE

Takt time	120,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
	VA = Valor añadido	NVA = No valor añadido					Segundos	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera			
1 Inspección componentes no testeados		16,8				16,8		
2 Colocar placa en fixture y poner conector	8,9					8,9		
3 Soldadura selectiva			94,4			94,4		
4 Camino a siguiente estación				3,9		3,9		
5 Coger casting y colocarlo en fixture		1,7		3,8		5,5		
6 Coger placa e inspeccionar soldadura		5,1				5,1		
7 Leer etiquetas		2,3				2,3		
8 Quitar picos sobrantes de la placa	2,6					2,6		
9 Impresión de etiqueta			10,0			10,0		
10 Espera a que salga etiqueta					10,0	10,0		
11 Colocar etiqueta en casting y hacer marriage		5,5				5,5		
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Tiempo total por categoría	11,5	31,3		7,7	10,0			
% Tiempo total por categoría	19%	52%		13%	17%			
Total tiempo cíclico						60,5		



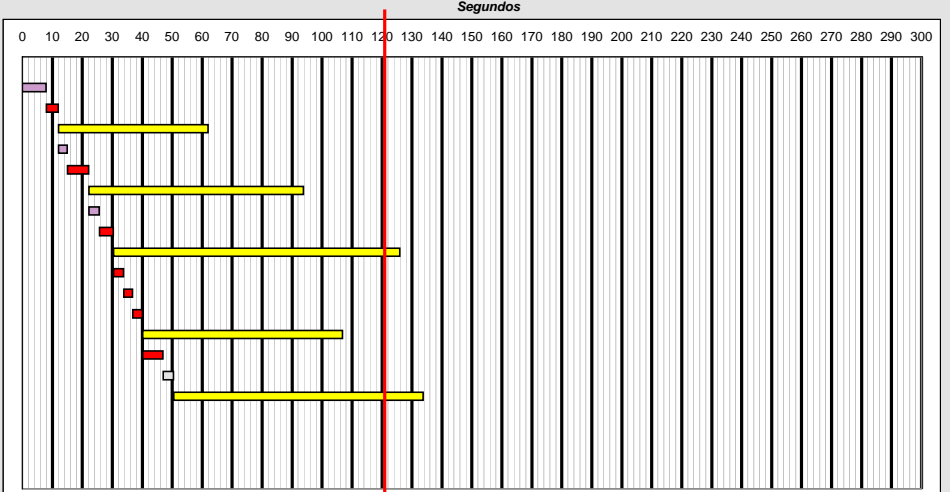


**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:
USE

Takt time	120,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Espera para cargar atornilladora					8,0	8,0	
2 Cargar atornilladora		4,1				12,1	
3 Atornilladora			50,0			12,1	
4 Espera para cargar programadora					3,0	15,1	
5 Cargar programadora		7,1				22,2	
6 Programadora			71,7			22,2	
7 Espera para cargar conformal					3,5	25,7	
8 Cargar conformal		4,7				30,4	
9 Conformal			95,6			30,4	
10 Inspeccionar conformal		3,5				33,9	
11 Cargar módulo en fixture de sellado		3,0				36,9	
12 Cargar tapa en fixture de sellado		3,3				40,2	
13 Sellado automático			66,7			40,2	
14 Descarga del módulo e inspección		6,8				47,0	
15 Desplazamiento a otra estación para repetir ciclo				3,5		50,5	
16 Curado en horno			83,3			50,5	
17						50,5	
18						50,5	
19						50,5	
20						50,5	
Tiempo total por categoría		32,5		3,5	14,5		
% Tiempo total por categoría		64%		7%	29%		
Total tiempo cíclico					50,5		



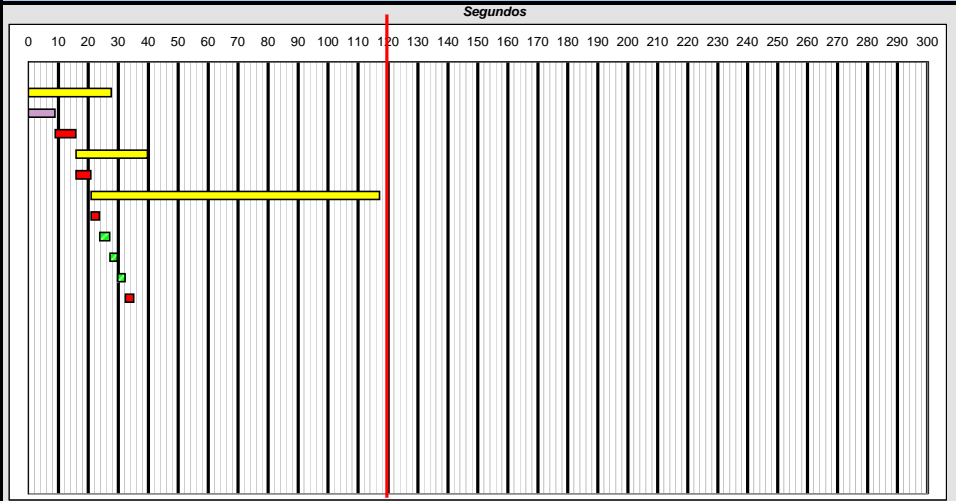


**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 3**

Célula:
USE

Takt time	120,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Enfriamiento del carro al aire			27,8			9,0	
2 Espera al Leak Test					9,0	15,9	
3 Leer módulo y colocarlo en fixture del Leak Test		6,9				15,9	
4 Leak Test			23,9			21,0	
5 Descarga del Leak Test y colocar en estación siguiente		5,1				21,0	
6 Final Test			96,3			23,8	
7 Lectura de la etiqueta del módulo		2,8				27,2	
8 Empaquetado	3,4					29,8	
9 Colocar cartón	2,6					32,4	
10 Etiquetar caja	2,6					35,2	
11 Apilar caja		2,8				35,2	
12						35,2	
13						35,2	
14						35,2	
15						35,2	
16						35,2	
17						35,2	
18						35,2	
19						35,2	
20						35,2	
Tiempo total por categoría	8,6	17,6			9,0		
% Tiempo total por categoría	24%	50%			26%		
	Total tiempo cíclico					35,2	

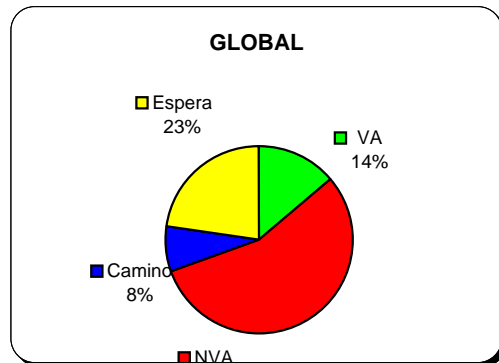
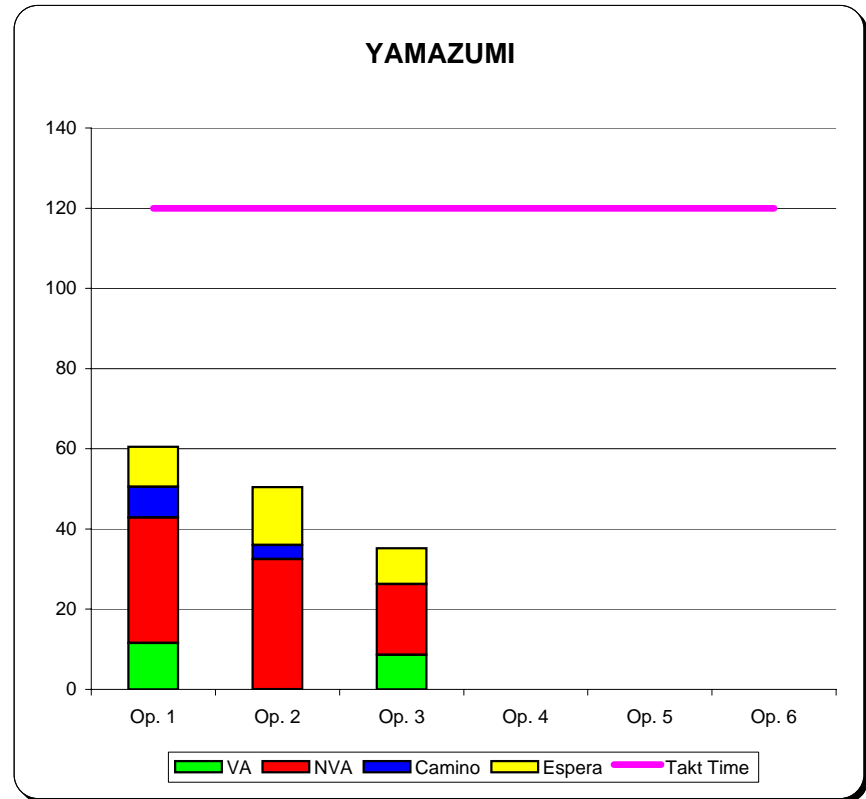




**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
USE**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	11,54		8,61				20,15
NVA	31,31	32,47	17,62				81,40
Camino	7,68	3,50					11,18
Espera	10,00	14,50	9,00				33,50
Total	60,53	50,47	35,23	0,00	0,00	0,00	146,23
Takt Time	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	



Nº operarios = 3
%Desbalanceo real= 59,38%



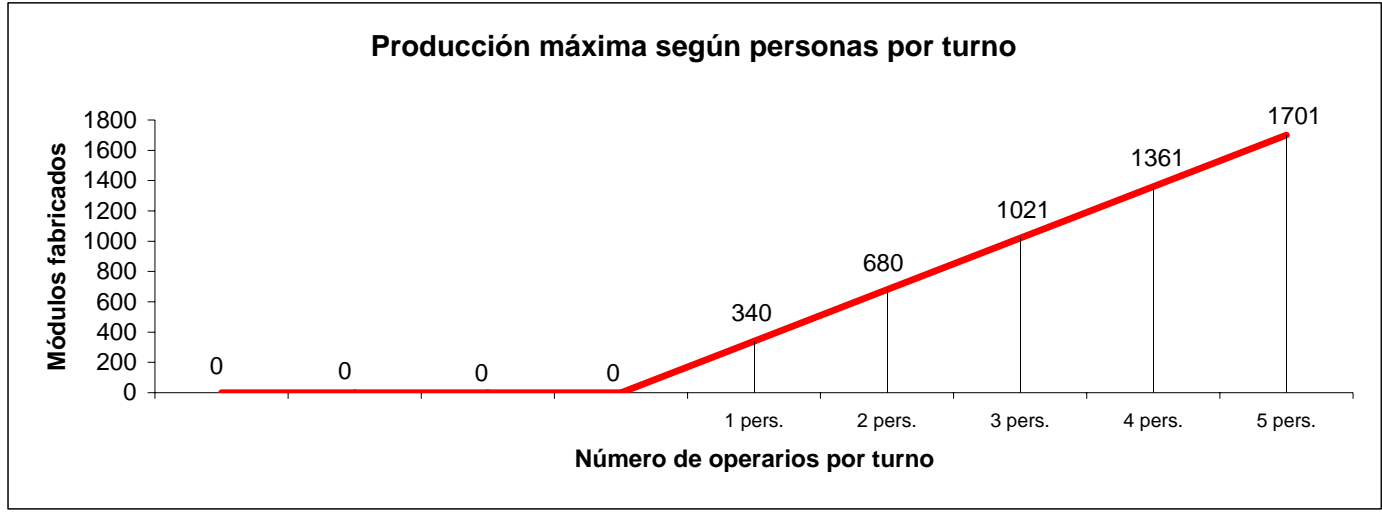
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

Célula:
USE

Takt Time	120,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	456 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,04468

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
USE	Célula Final	146,23 seg.	10%	160,9 seg.	1,3 pers.	1 pers.	340
						2 pers.	680
						3 pers.	1021
						4 pers.	1361
						5 pers.	1701





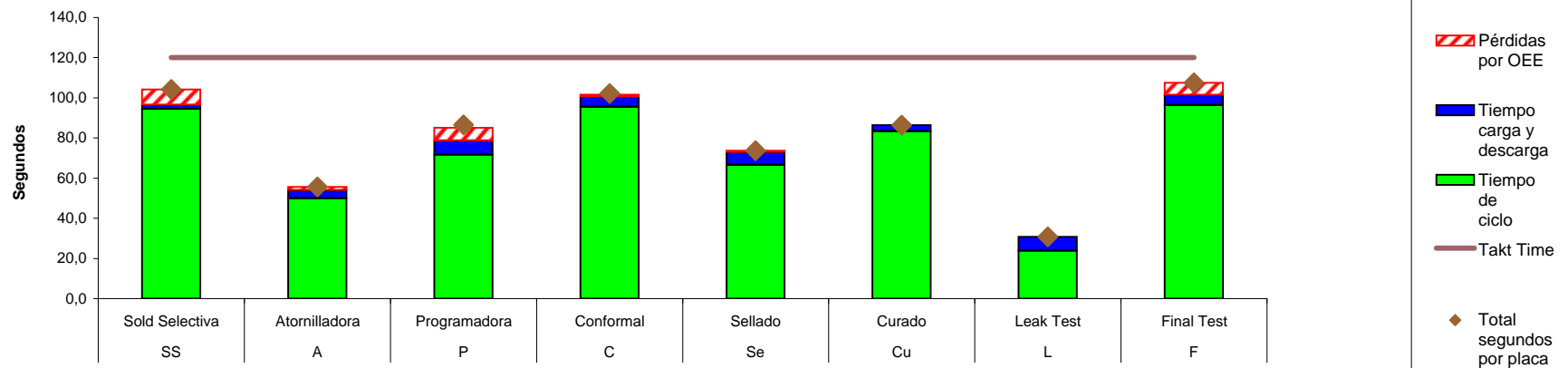
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
USE

Takt Time	120,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	456 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
SS	Sold Selectiva	1	94,4	2,0	1	8%	0,0	0	104,16	35	35	104,16	525 mod.
A	Atornilladora	1	50,0	4,1	1	3%	0,0	0	55,69	65	65	55,69	983 mod.
P	Programadora	1	71,7	7,1	1	8%	0,0	0	86,52	42	42	86,52	632 mod.
C	Conformal	1	95,6	5,0	1	1%	0,0	0	102,18	35	35	102,18	536 mod.
Se	Sellado	1	66,7	6,3	1	1%	0,0	0	73,70	49	49	73,70	742 mod.
Cu	Curado	1	83,3	3,0	1	0%	0,0	0	86,33	42	42	86,33	634 mod.
L	Leak Test	1	23,9	6,9	1	0%	0,0	0	30,81	117	117	30,81	1776 mod.
F	Final Test	1	96,3	5,1	1	6%	0,0	0	107,44	34	34	107,44	509 mod.

Equilibrado de máquinas





C1. Aplicación del modelo

I. Célula USE

d. Estudio de tiempos





-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:
USE

Volumen de fabricación (Anual)	105.336 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	2.280 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	456 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{2280 \text{ mód./semana}}$	=	120,0 seg/mód
------------------	---	--	---	--------------------------



-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

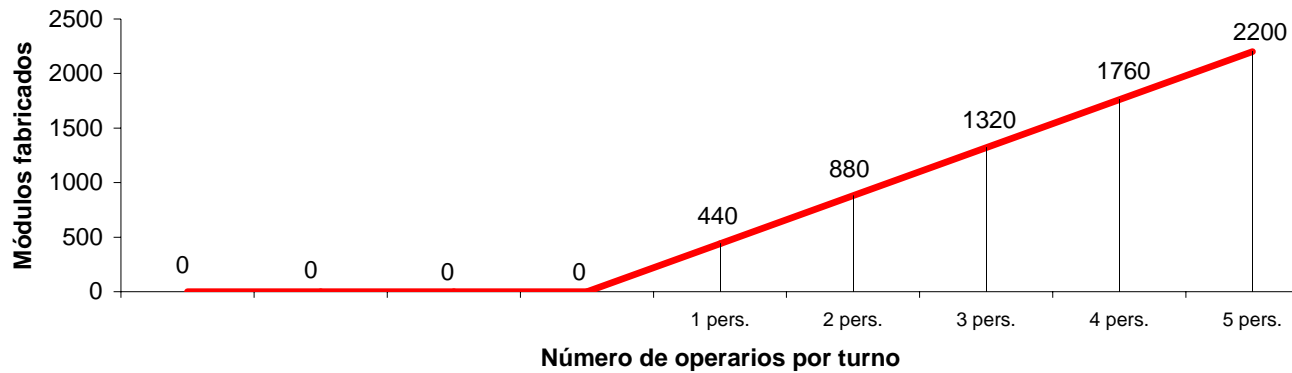
Célula:
USE

Takt Time	120,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	456 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,03455

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbalanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
USE	Célula Final	113,08 seg.	10%	124,4 seg.	1,0 pers.	1 pers.	440
						2 pers.	880
						3 pers.	1320
						4 pers.	1760
						5 pers.	2200

Producción máxima según personas por turno





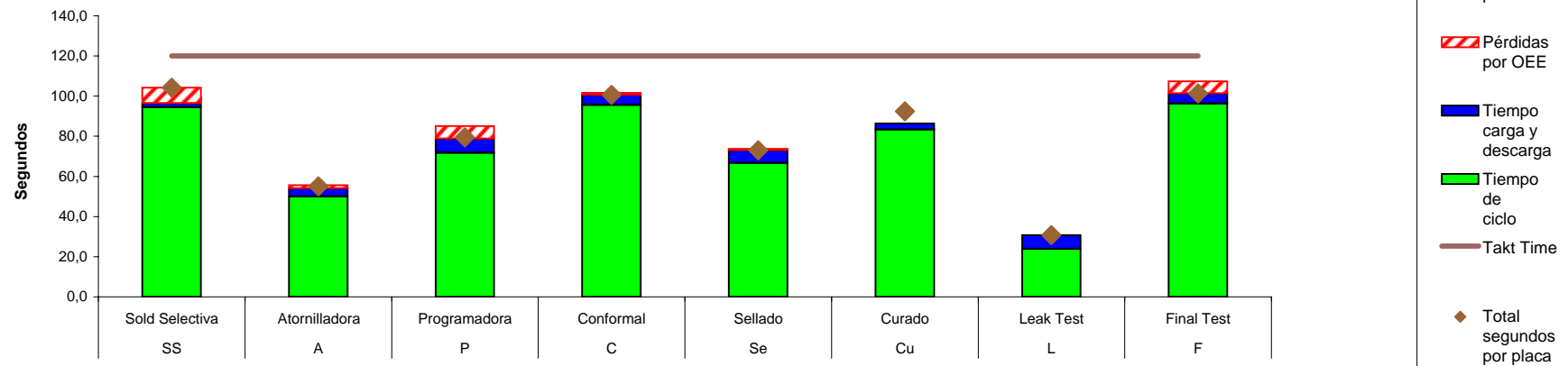
-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
USE

Takt Time	120,0 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	456 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
SS	Sold Selectiva	1	94,4	2,0	1	8%	0,0	0	104,16	35	35	104,16	525 mod.
A	Atornilladora	1	50,0	4,1	1	3%	0,0	0	55,08	65	65	55,08	994 mod.
P	Programadora	1	71,7	7,1	1	8%	0,0	0	79,53	45	45	79,53	688 mod.
C	Conformal	1	95,6	5,0	1	1%	0,0	0	100,56	36	36	100,56	544 mod.
Se	Sellado	1	66,7	6,3	1	1%	0,0	0	72,97	49	49	72,97	750 mod.
Cu	Curado	1	83,3	3,0	1	0%	0,0	0	92,41	39	39	92,41	592 mod.
L	Leak Test	1	23,9	6,9	1	0%	0,0	0	30,81	117	117	30,81	1776 mod.
F	Final Test	1	96,3	5,1	1	6%	0,0	0	101,36	36	36	101,36	540 mod.

Equilibrado de máquinas





**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:
USE

Takt time	120,0 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera	Segundos			
1	Inspección componentes no testeados		16,8				16,8		
2	Colocar placa en fixture y poner conector	8,9					25,8		
3	Soldadura selectiva			94,4			25,8		
4	Camino a siguiente estación				3,9		29,7		
5	Coger casting y colocarlo en fixture		1,7				31,4		
6	Leer etiquetas		2,3				33,6		
7	Coger placa e inspeccionar soldadura		5,1				38,7		
8	Quitar picos sobrantes de la placa	2,6					41,3		
9	Impresión de etiqueta			10,0			41,3		
10	Colocar etiqueta en casting y hacer marriage		5,5				46,8		
11	Cargar atomilladora		4,1				50,9		
12	Atomilladora			50,0			50,9		
13	Cargar programadora		7,1				58,0		
14	Programadora			71,7			58,0		
15	Cargar conformal		4,7				62,7		
16	Conformal			95,6			62,7		
17	Inspeccionar conformal		3,5				66,2		
18	Cargar módulo en fixture de sellado		3,0				69,1		
19	Cargar tapa en fixture de sellado		3,3				72,5		
20	Sellado automático			66,7			72,5		
21	Descarga del módulo e inspección		6,8				79,3		
22	Curado en horno			83,3			79,3		
23	Enfriamiento del carro al aire			27,8			79,3		
24	Camino a Leak Test				4,1		83,4		
25	Leer módulo y colocarlo en fixture del Leak Test		6,9				90,3		
26	Leak test			23,9			90,3		
27	Descarga del Leak Test y colocar en estación siguiente		5,1				95,3		
28	Final Test			96,3			95,3		
29	Lectura de la etiqueta del módulo		2,8				98,2		
30	Empaquetado	3,4					101,5		
31	Colocar cartón	2,6					104,2		
32	Etiquetar caja	2,6					106,8		
33	Apilar caja		2,8				109,6		
34	Desplazamiento para repetir ciclo				3,5				
Tiempo total por categoría		20,2	81,4		11,5				
% Tiempo total por categoría		18%	72%		10%				
Total tiempo cíclico						113,1			

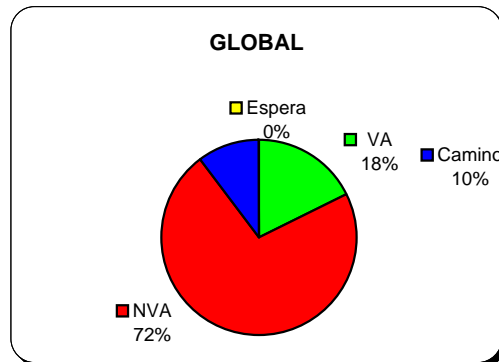
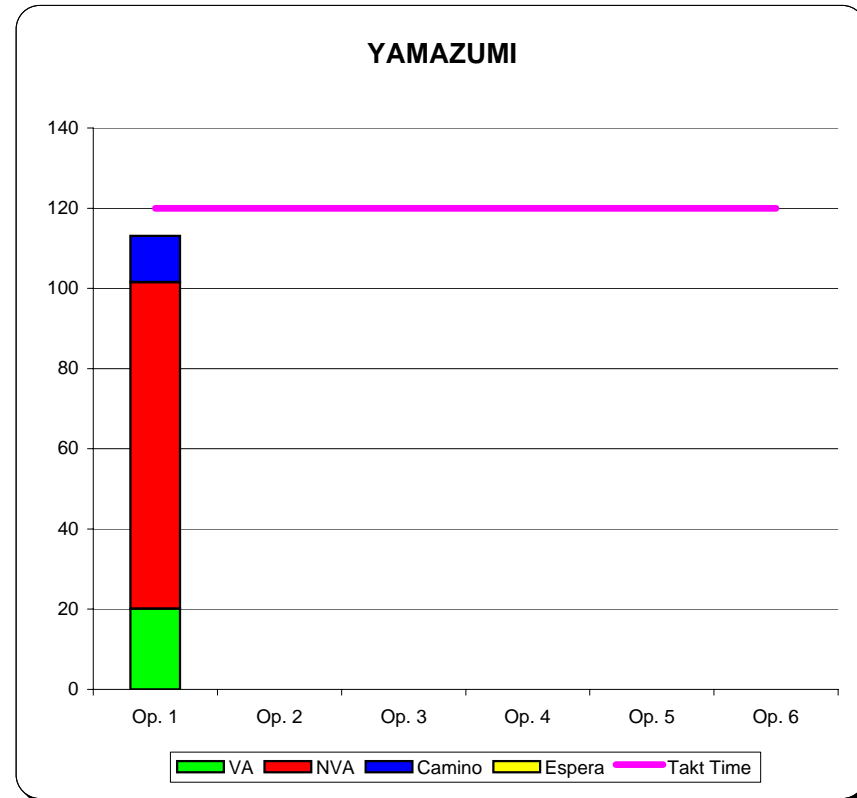




**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
USE**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	20,15						20,15
NVA	81,40						81,40
Camino	11,53						11,53
Espera							0,00
Total	113,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	113,08
Takt Time	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	



Nº operarios = 1
%Desbalanceo real= **5,77%**



C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK





C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

a. Resumen

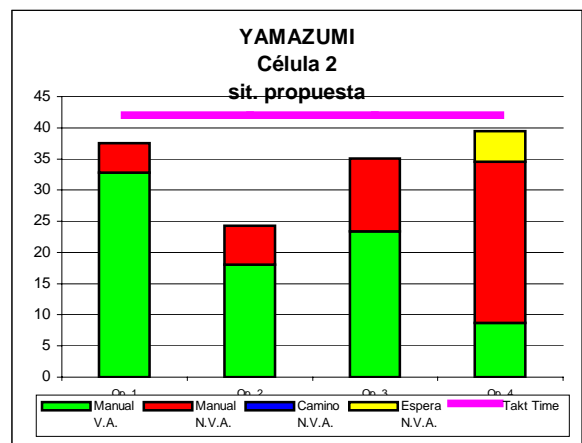
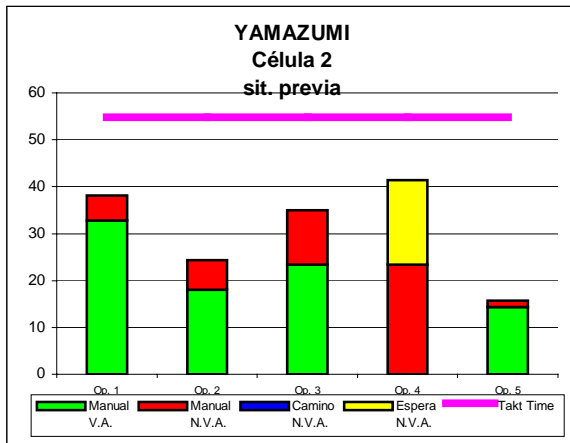
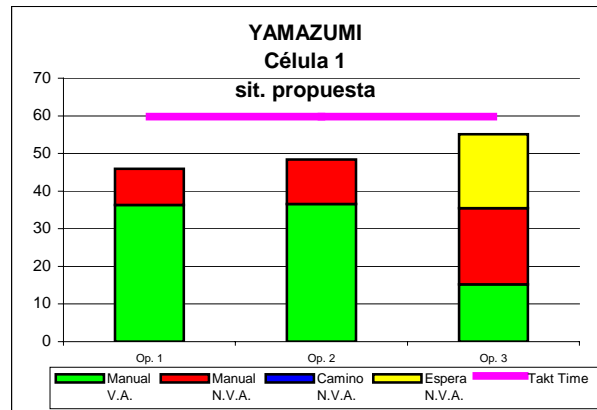
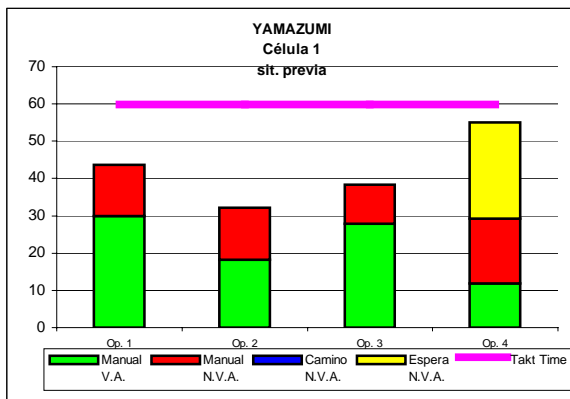


❖ Células BSKK

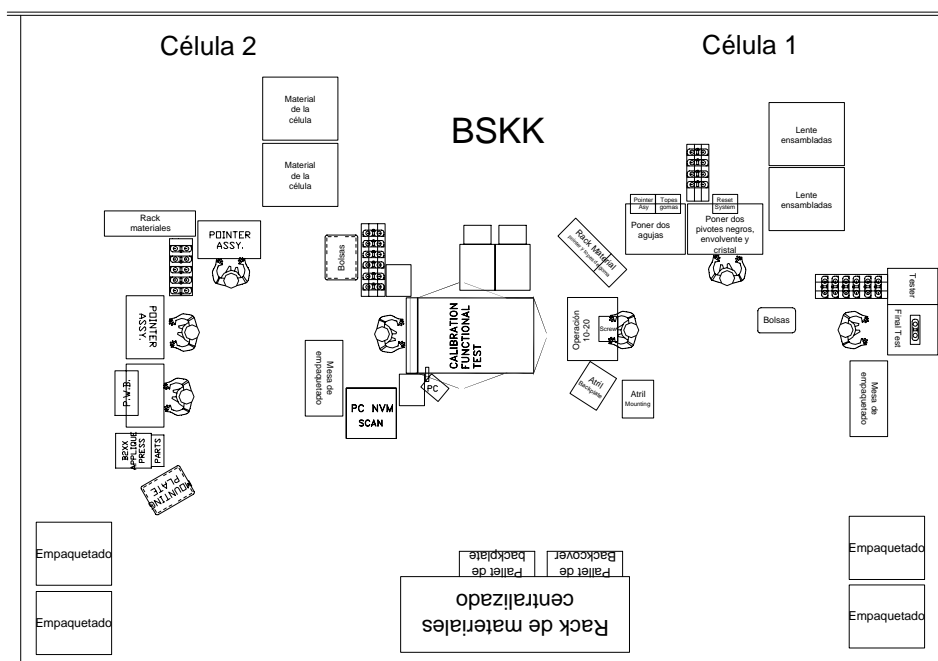
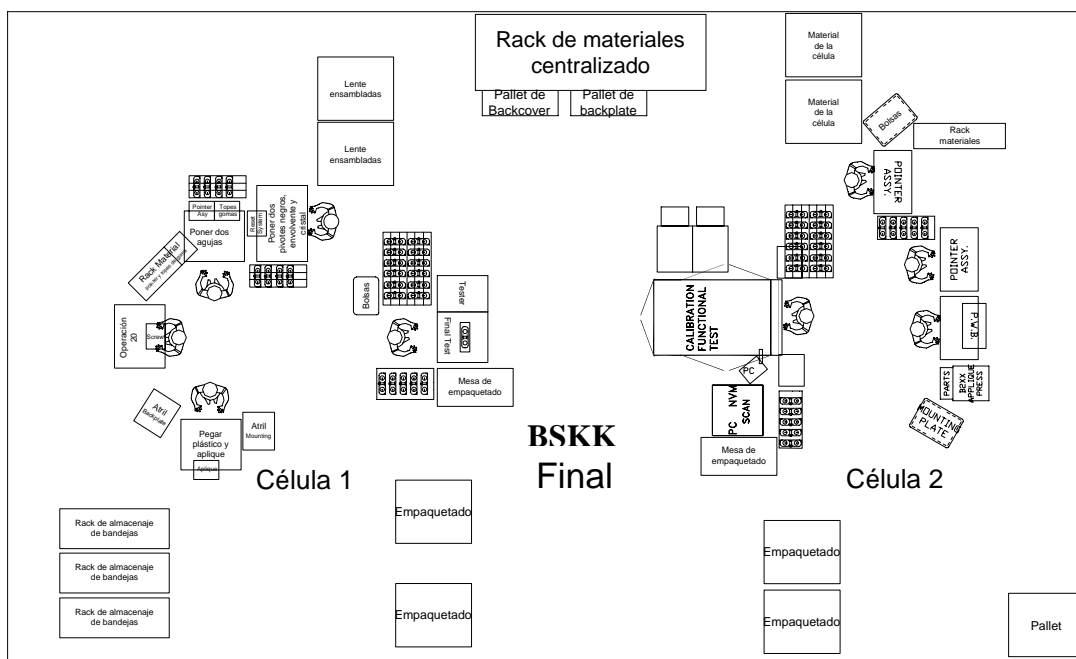
Célula 1	Número de personas	CWS	Tiempo de operaciones	Producción (diaria)	%Desbanceo	% V.A.
Sit. Previa	4	0,06168	169,27 s.	1200	29,3%	52%
Sit. Propuesta	3	0,05446	149,45 s.	1200	16,7%	59%

Célula 2	Número de personas	CWS	Tiempo de operaciones	Producción (diaria)	%Desbanceo	% V.A.
Sit. Previa	5	0,04815	154,70 s.	1000	43,6%	57%
Sit. Propuesta	4	0,04242	136,30 s.	1327	18,9%	60%

○ Yamazumi:



○ **Layout:**



Los cambios más significativos de cara al Lean Manufacturing son la fusión de las estaciones 10 y 20 de la célula 1 y la accesibilidad de los operarios de los tester de ambas células a las estaciones de empaquetado. La reubicación espacial de las células en la planta no supone grandes diferencias en cuanto al flujo continuo.

o **Acciones de mejora:**

- I. FUSIÓN DE ESTACIONES 10 Y 20 EN CÉLULA 1
- II. REBALANCEO DE OPERACIONES DE LA PERSONA DEL TESTER EN CÉLULA 1
- III. REUTILIZACIÓN DE EMBALAJES
- IV. REMODELACIÓN DEL FINAL TEST DE CÉLULA 2
- V. REVISIÓN DEL LAYOUT Y REUBICACIÓN DE LAS CÉLULAS

I. FUSIÓN DE ESTACIONES 10 Y 20 EN CÉLULA 1

Todas las operaciones que se realizan en la estación 10 de la célula 2, son llevadas a cabo entre las estaciones 10 y 20 en la célula 1. Este hecho solamente produce pérdidas:

- Doble espacio ocupado.
- Desplazamientos de personas entre una estación y otra.
- Repetición del ensamblaje entre el mounting y el aplique.
- Repetición de la colocación de la etiqueta.

La solución más sencilla y efectiva es fusionar las dos estaciones de manera semejante a como se opera en la célula 2. En la revisión de layout se contemplará esta propuesta.

II. REBALANCEO DE OPERACIONES DE LA PERSONA DEL TESTER EN CÉLULA 1

El operario que se encuentra en el Final Test dispone de mucho tiempo en espera a que la máquina termine de operar. Este tiempo se puede emplear en empaquetar los módulos testados. Esto se debe contemplar igualmente en la revisión del layout.

Al realizar esta modificación, la primera acción que hay que llevar a cabo es elevar la posición de la fixture del Final Test. Actualmente el operario realiza esta tarea sentado, pero si, como se propone, debe moverse para empaquetar, la silla debe desaparecer y, por tanto, la altura de trabajo en el tester ser mayor.

También se requiere idear un sistema para evitar que el operario, debido a sus nuevas tareas, descuide la operación del Final Test, ya que se trata del cuello de

botella. Para subsanar este problema, se propone instalar en la estación un dispositivo acústico (o luminoso si se considera más oportuno) que llame la atención del operario cuando haya finalizado el ciclo automático. De esta forma, la persona detectará inmediatamente que debe abandonar la tarea que esté realizando para operar sobre el Final Test y así no mermar la producción.

Este dispositivo puede programarse para ser accionado con un ligero retardo (de uno a tres segundos), de forma que si la persona opera a tiempo, no se dispare el dispositivo. Con esto se consigue, de forma transversal, otro objetivo: que la persona trate de evitar que la alarma se dispare y aumente su atención en el trabajo realizado.

III. REUTILIZACIÓN DE EMBALAJES

Esta propuesta es válida para las dos células. El actual proceso de desembalaje y embalaje es el siguiente: las lentes llegan en pallets de cartón, con separadores de nivel e individuales. Además, cada lente se encuentra en una bolsa de plástico independiente. Las bolsas de plástico se guardan para empaquetar los módulos al final de la célula, sin embargo, el resto del material (todo el cartón) se debe despiezar y doblar para introducirlo en los contenedores de reciclado. Por otro lado, en el empaquetado final, a diferencia de las bolsas de plástico, los separadores de cartón usados son otros nuevos.

La propuesta tiene una doble ventaja: por un lado se evita el desperdicio de todo el material de cartón, que se aprovecharía para el empaquetado final y por otro lado se elimina la pérdida de tiempo que supone el que los operarios deban despiezar y doblar los cartones para su reciclado.

Como el modelo de empaquetado final viene determinado por las especificaciones del cliente, la medida a adoptar sería pedir al proveedor que utilice los mismos separadores que el cliente solicita. De esta forma se evita el desperdicio de todo el cartón. Este mismo concepto ya está en marcha con los pallets de plástico.

Con estas medidas, en la célula no se tiraría ningún elemento de cartón ni haría falta sitio en almacén para tener grandes cantidades de pallets. El mismo que llega con la materia prima (lentes) se emplea para empaquetar el producto terminado.

IV. REMODELACIÓN DEL FINAL TEST DE CÉLULA 2

Actualmente, al terminar la máquina su ciclo, el operador realiza la secuencia:

- descargar uno de los dos módulos que salen,
- colocarle la etiqueta,
- pasarlo al buffer de salida,
- descargar el otro módulo,
- colocarle la etiqueta,
- pasarlo al buffer de salida,
- cargar dos módulos nuevos,
- pulsar con ambas manos los botones de accionamiento del ciclo.

Durante todo este tiempo, la máquina permanece parada. Al ser el Final Test el cuello de botella de la célula, resulta vital minimizar este tiempo de parada. Con este objetivo, lo que se hace actualmente es colocar las etiquetas rápidamente en un lugar que no es el adecuado, de forma que la persona de la siguiente estación debe despegar la etiqueta y volverla a colocar donde le corresponde. Teniendo en cuenta que el operario del Final Test dispone de mucho tiempo de espera, es más apropiado que sea él quien coloque la etiqueta en el lugar correcto, aunque debe evitar hacerlo en el tiempo que la máquina se encuentra en espera.

Para eliminar esta pérdida, las acciones del operario desde que la máquina termina su ciclo deberían ser las siguientes:

- descargar los dos módulos que salen,
- cargar los dos módulos nuevos,
- accionar los botones de inicio del ciclo siguiente,
- colocar las etiquetas a los dos módulos que descargados,
- pasarlos al buffer de salida.

Los dos módulos que salen se depositan en un lugar apropiado (incluido en el layout) sin necesidad de colocarles las etiquetas aún. A continuación se cargan los dos módulos nuevos y la máquina ya está lista para operar. Una vez que se haya accionado el siguiente ciclo, el operario toma las etiquetas correspondientes a los dos módulos salidos del ciclo previo y les coloca correctamente las etiquetas. Para evitar confusiones, los

módulos siempre se colocarán en el orden marcado en el soporte, tal y como se observa en la figura.

De esta forma se minimizan los tiempos de parada del cuello de botella y se aprovechan los tiempos de espera del operario.

Por otro lado, al igual que se propone en la célula 1, la persona encargada del Final Test en la célula 2 se puede encargar de hacer el empaquetado, incluyendo en este caso las operaciones correspondientes al NVM checker. El estudio de tiempos revela que es posible realizar todas estas tareas durante la espera que se produce mientras la máquina está en su ciclo automático, por lo que no supone ningún retraso a la producción.

Para llevar a cabo estas últimas consideraciones se hace necesario realizar la misma remodelación en la estación que en la célula 1: levantar la fixture del tester, eliminar la silla y revisar el layout para tener suficientemente cerca todos los elementos necesarios para la realización del trabajo sin crear nuevas pérdidas por desplazamientos o movimientos innecesarios del trabajador.

V. REVISIÓN DEL LAYOUT Y REUBICACIÓN DE LAS CÉLULAS

La distribución en planta de los equipos y estaciones de ambas células puede ser mejorado para evitar transportes innecesarios de piezas (flujo de material), eliminar espacio para depositar inventario, minimizar la distancia a recorrer por los operarios y, por supuesto, reducir el espacio total ocupado.

Estos motivos, además de los que han sido expuestos en la explicación de las otras propuestas de mejora (fusión de estaciones, acercamiento de material para rebalanceo de personas...), junto con otros problemas, como el del difícil acceso de los pallets de material de entrada y salida de la célula, son los que hacen que una revisión del layout sea necesaria.

Además, por necesidades ajenas al presente estudio, se considera adecuado reubicar la célula en otro área cercana, dejando libre el espacio que ocupaba.

Las soluciones más importantes de la nueva distribución corresponden a la minimización del espacio dedicado a inventario (pasa de unas 100 piezas a 10), el

acercamiento de la estación de empaquetado a la de Final Test en ambas células y la reducción de espacio muerto, que siempre es origen de desorden, suciedad y material desechado.

o Presupuesto

Inversión:

Sustitución del carro de castings

Material		Coste unit.	Coste
1	Zumbador	15 €	15 €
1	Optoacoplador	60 €	60 €

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Software	2 horas	Técnico	21 €/hora	42 €
Hardware	1 horas	Técnico	21 €/hora	21 €

Fusión de estaciones 10 y 20

Material		Coste unit.	Coste
1	Placa de duraluminio con nuevos pines para la fixture	315 €	315 €
1	Placa de acero y goma	432 €	432 €
1	Cuatro pines de sujeción	110 €	110 €
1	Reutilización de atornilladora liberada de otra célula	0 €	0 €

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Adaptación al producto	8 horas	Técnico	21 €/hora	168 €
Mecanizado prensa	4 horas	Técnico	21 €/hora	84 €

Movimiento de material y equipos según layout

Material		Coste unit.	Coste
1	Canaly nuevo	4000 €	4000 €

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Canaly nuevo	160 horas	Técnico	21 €/hora	3360 €
Movimiento equipos	32 horas	Técnico	21 €/hora	672 €
Movimiento equipos	16 horas	Ingeniero	30 €/hora	480 €
Validación	2 horas	Técnico	21 €/hora	42 €

TOTAL: 9801 €

Gasto continuo:

		Coste
-		0

TOTAL: 0 €

Ahorro directo:

Inventario retirado		Precio/pieza	Ahorro
90	Piezas en inventario retiradas	20 €	1800 €

Espacio liberado		Precio/m ²	Ahorro
20	Metros cuadrados liberados	600 €	12000 €

TOTAL: 13800 €

Ahorro continuo:

Producción	Precio/día	Días laborable	SS e imp.	Precio/año
2 Operarios	60 €/día	226	30%	35256 €/año

TOTAL: 35256 €

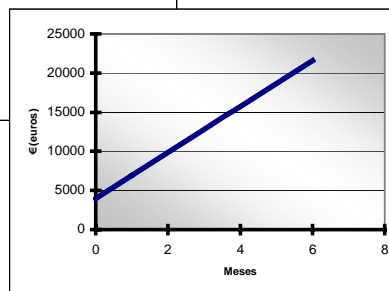
La inversión se recupera en un tiempo tal que:

$$\text{Inversión} = \text{Ahorro directo} + (\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo}) \times \text{Tiempo}$$

Para obtener el tiempo:

$$\text{Tiempo} = \frac{(\text{Inversión} - \text{Ahorro directo})}{(\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo})}$$

Tiempo de recuperación de la inversión
-0,113 años = -1,36 meses





C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

b. Formato A3 – Célula 1





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

CÉLULA 1 BSKK

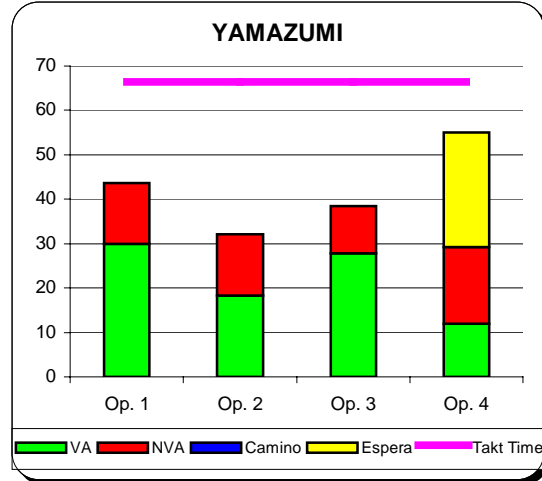
INFORME DE CÉLULA Y PLAN DE ACCIÓN

ESTUDIADO POR:
Rodrigo Martínez
FECHA: __/__/20__

1.- INFORMACIÓN PREVIA

Vol. prod.: **1216 mód./día**
Patrón de producción: **5 días a 3 turnos**
Nº operarios: **4 pers./turno**

Tack Time de fabricación: **66,5 seg.**
CWS: **0,05172**
Desbalanceo: **36,3%**

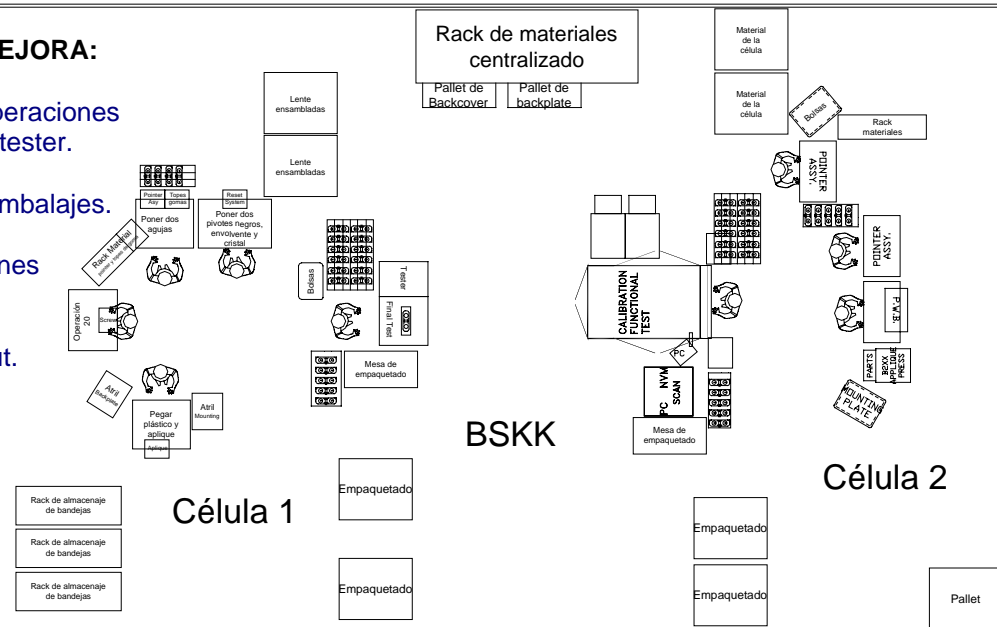


Sobre-producción	No hay problemas.
Esperas	Muy elevadas en Final Test.
Transporte	No hay distancias excesivas.
Sobre-proceso	El ensamble del módulo se hace dos veces seguidas en las estaciones 10 y 20.
Inventario	Mayor del estrictamente necesario.
Desplazamientos	Del operario que se mueve para empaquetar.
Reparaciones	No hay problemas excesivos.

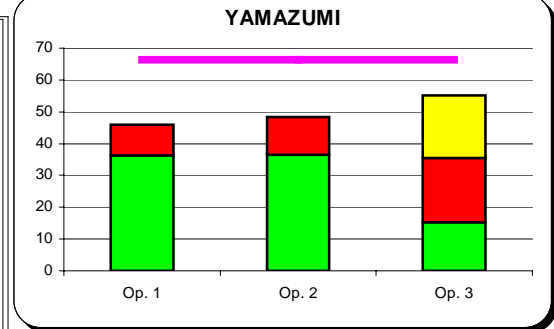
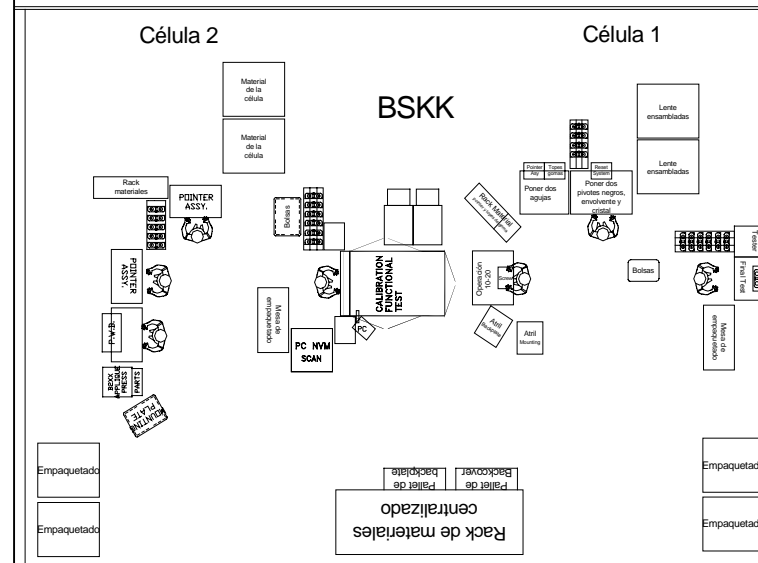
2.- SITUACIÓN INICIAL

Oportunidades de MEJORA:

- Rebalanceo de operaciones de la persona del tester.
- Reutilización de embalajes.
- Fusión de estaciones 10 y 20 en una.
- Revisión del layout.



3.- SITUACIÓN PROPUESTA



OBSERVACIONES:

Se logra reducir un operario eliminando tareas sin valor añadido y otras repetidas.

Los layouts mostrados corresponden a las dos células juntas, no sólo a la primera.

4.- METAS

	Inventario intermedio	CWS	Desbalanceo	Modelo de producción
Actual	50 módulos	0,05172	36,3%	'Por lotes'
Objetivo	5 módulos	0,04567	25,1%	'One piece flow'

5.- PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

#	Tareas	Responsable	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8
1.1	Rebalanceo de operaciones de la persona del tester	Ing. Industrial	█							
1.2	Instalación de dispositivo avisador para el tester	Producción	█	█						
2	Reutilización de embalajes	Log. Interna	█	█	█					
3	Fusión de estaciones 10 y 20	Producción	█	█	█	█				
4	Revisión del layout y reubicación de la célula	Ing. Industrial					█	█		



C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

c. Formato A3 – Célula 2





C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

d. Estudio previo de tiempos – Célula 1





-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:
BSKK Cél. 1

Volumen de fabricación (Anual)	280.896 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	6.080 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.216 mod./día

Numero de turnos por día	3 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{404.100 \text{ seg./semana}}{6080 \text{ mód./semana}}$	=	66,5 seg/mód
------------------	---	--	---	-----------------



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt time	66,5 seg. mód.
Tiempo operativo:	80820 segs 3 turnos 22,5 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																							
	VA = Valor añadido	NVA = No valor añadido					Segundos																							
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera																									
1	Coger aplique, quitar pegatina y colocarlo sobre fixture	5,6				5,6																								
2	Coger tapa blanca y colocarla sobre aplique	2,7				8,3																								
3	Prensa			3,9		8,3																								
4	Coger placa y colocar sobre el ensamble	5,9				14,2																								
5	Hacer marriage del ensamble		4,2			16,4																								
6	Coger etiqueta y pegarla al ensamble		3,2			21,7																								
7	Coger ensamble y colocarlo sobre fixture		3,7			25,3																								
8	Coger amortiguadores y colocarlos sobre ensamble	3,5				28,9																								
9	Coger pulsadores y colocarlos sobre ensamble	3,5				32,3																								
10	Coger agujas y colocarlas sobre ensamble	8,7				41,1																								
11	Prensa			2,8		41,1																								
12	Coger ensamble y pasarlo a la siguiente estación		2,6			43,6																								
13						43,6																								
14						43,6																								
15						43,6																								
16						43,6																								
17						43,6																								
18						43,6																								
19						43,6																								
20						43,6																								
	Tiempo total por categoría	30,0	13,7																											
	% Tiempo total por categoría	69%	31%																											
	Total tiempo cíclico					43,6																								



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt time	66,5 seg. mód.
Tiempo operativo:	80820 segs 3 turnos 22,5 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Cogear ensamble y colocarlo sobre fixture		5,4				5,4	
2 Cogear housing y colocarlo sobre ensamble	5,3					10,6	
3 Colocar pegatina sobre ensamble		3,1				13,7	
4 Atornillado	9,7					23,5	
5 Cogear ensamble y pasarlo a la siguiente estación		2,4				25,9	
6 Lectura del módulo para empaquetarlo		3,0				28,9	
7 Meter el módulo en el pallet de empaquetado	3,3					32,2	
8						32,2	
9						32,2	
10						32,2	
11						32,2	
12						32,2	
13						32,2	
14						32,2	
15						32,2	
16						32,2	
17						32,2	
18						32,2	
19						32,2	
20						32,2	
Tiempo total por categoría	18,3	13,9					
% Tiempo total por categoría	57%	43%					
Total tiempo cíclico						32,2	



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 3**

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt time	66,5 seg. mód.
Tiempo operativo:	80820 segs 3 turnos 22,5 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Coger módulo y colocarlo sobre la mesa		2,4				2,4	
2 Coger lente, desempaquetarla		6,8				9,1	
3 Limpieza de la lente	7,3					16,5	
4 Limpieza del módulo	8,0					24,4	
5 Ensamblar módulo y lente	12,5					36,9	
6 Colocar el módulo en el rack de salida		1,5				38,4	
7						38,4	
8						38,4	
9						38,4	
10						38,4	
11						38,4	
12						38,4	
13						38,4	
14						38,4	
15						38,4	
16						38,4	
17						38,4	
18						38,4	
19						38,4	
20						38,4	
Tiempo total por categoría	27,8	10,6					
% Tiempo total por categoría	72%	28%					
Total tiempo cíclico						38,4	



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 4**

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt time	66,5 seg. mód.
Tiempo operativo:	80820 segs 3 turnos 22,5 H

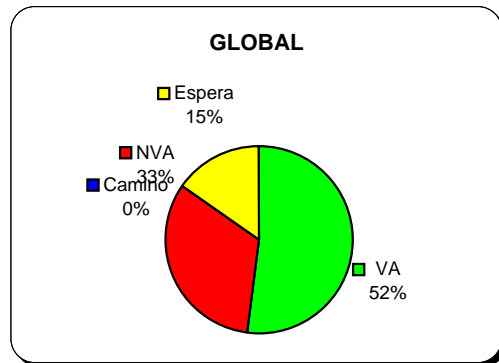
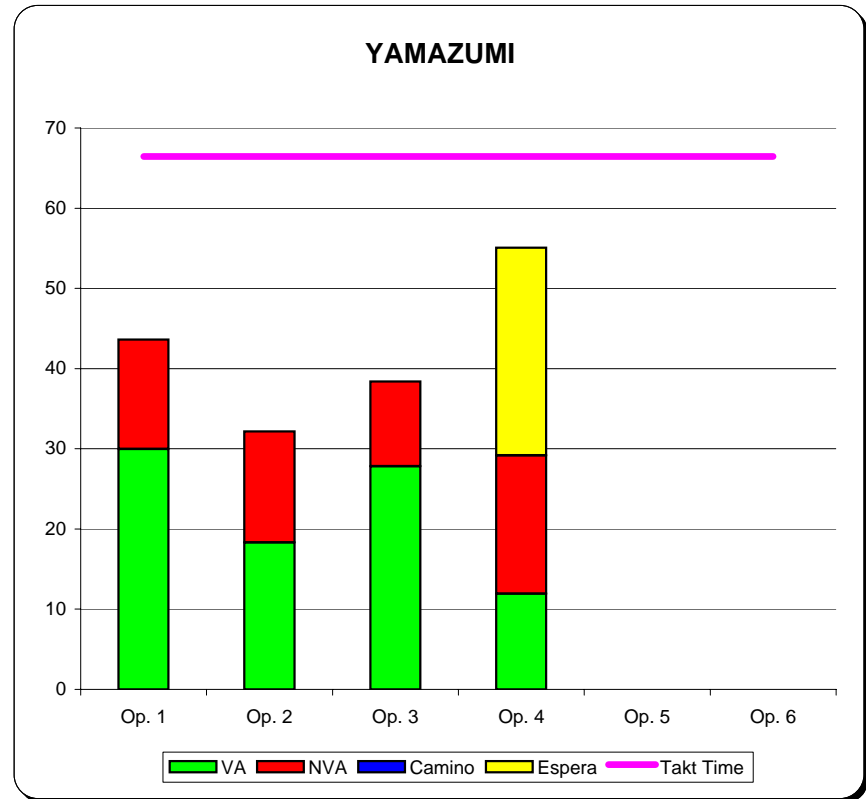
ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Carga y Descarga Tester		3,1				3,1	
2 Test Automático 1			18,3			3,1	
3 Inspección nuevo módulo		10,0				13,1	
4 Espera Test automático					8,3	21,4	
5 Test Manual		4,2				25,5	
6 Test Automático 2			29,5			25,5	
7 Meter el módulo en bolsa de plástico	11,9					37,5	
8 Espera final Test					17,6	55,1	
9						55,1	
10						55,1	
11						55,1	
12						55,1	
13						55,1	
14						55,1	
15						55,1	
16						55,1	
17						55,1	
18						55,1	
19						55,1	
20						55,1	
Tiempo total por categoría	11,9	17,2			25,9		
% Tiempo total por categoría	22%	31%			47%		
	Total tiempo cíclico					55,1	



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
BSKK Cél. 1**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	29,99	18,30	27,81	11,93			88,03
NVA	13,65	13,87	10,58	17,24			55,34
Camino							0,00
Espera				25,90			25,90
Total	43,64	32,17	38,39	55,07	0,00	0,00	169,27
Takt Time	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	



Nº operarios = 4
%Desbalanceo real= **36,33%**



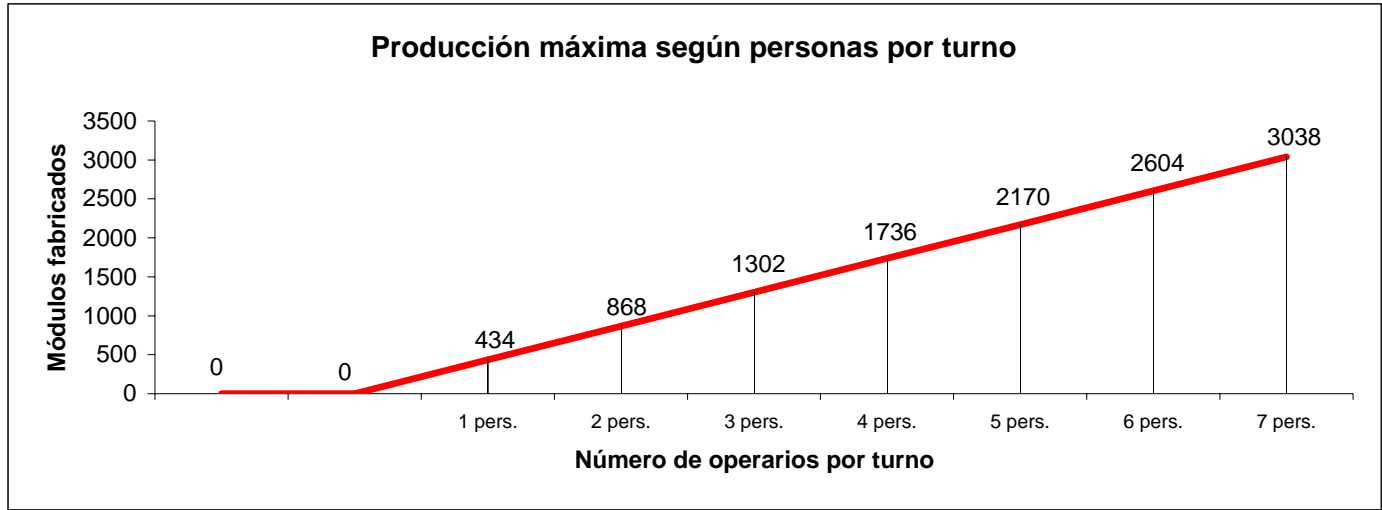
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt Time	66,5 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	80820 seg.	3 turnos

CWS = 0,05172

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbalanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	434
						2 pers.	868
BSKK	Célula 1	169,27 seg.	10%	186,2 seg.	2,8 pers.	3 pers.	1302
						4 pers.	1736
						5 pers.	2170
						6 pers.	2604
						7 pers.	3038





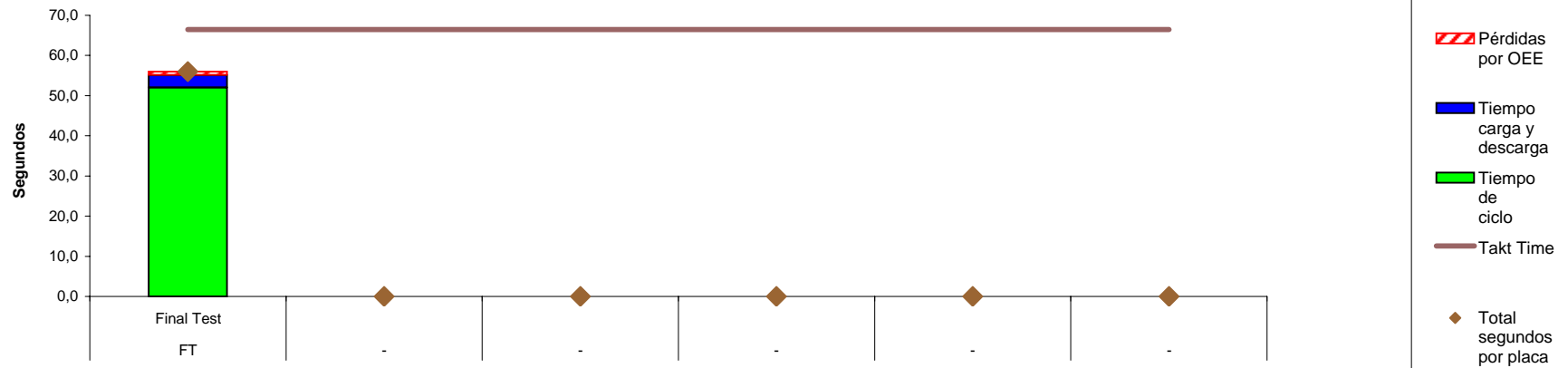
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt Time	66,5 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	80820 seg.	3 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
FT	Final Test	1	52,0	3,1	1	2%	0,0	0	56,00	64	64	56,00	1443 mod.
-													
-													
-													
-													

Equilibrado de máquinas





C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

e. Estudio de tiempos – Célula 1





-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:
BSKK Cél. 1

Volumen de fabricación (Anual)	280.896 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	6.080 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.216 mod./día

Numero de turnos por día	3 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{404.100 \text{ seg./semana}}{6080 \text{ mód./semana}}$	=	66,5 seg/mód
------------------	---	--	---	-------------------------



-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

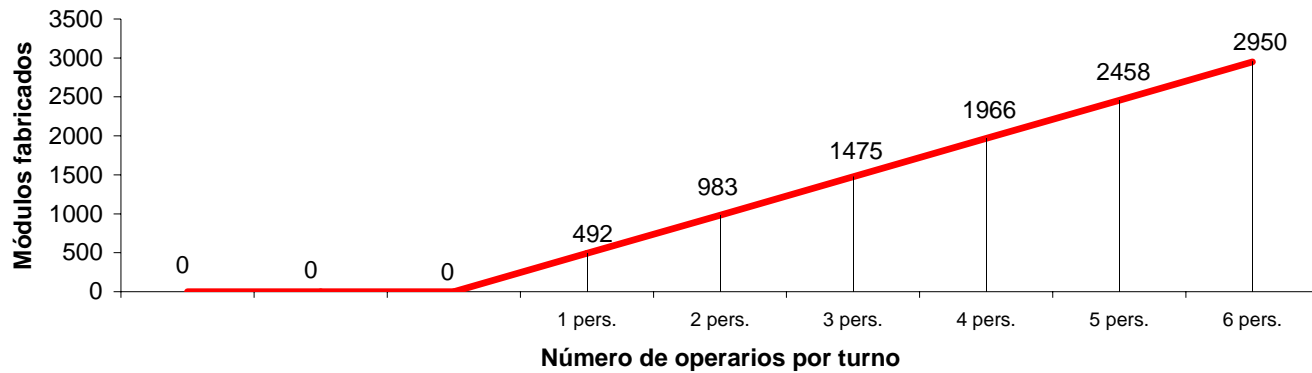
Célula:
BSKK Cél. 1

Takt Time	66,5 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	80820 seg.	3 turnos

CWS = 0,04567

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbalanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	492
BSKK	Célula 1	149,45 seg.	10%	164,4 seg.	2,5 pers.	2 pers.	983
						3 pers.	1475
						4 pers.	1966
						5 pers.	2458
						6 pers.	2950

Producción máxima según personas por turno





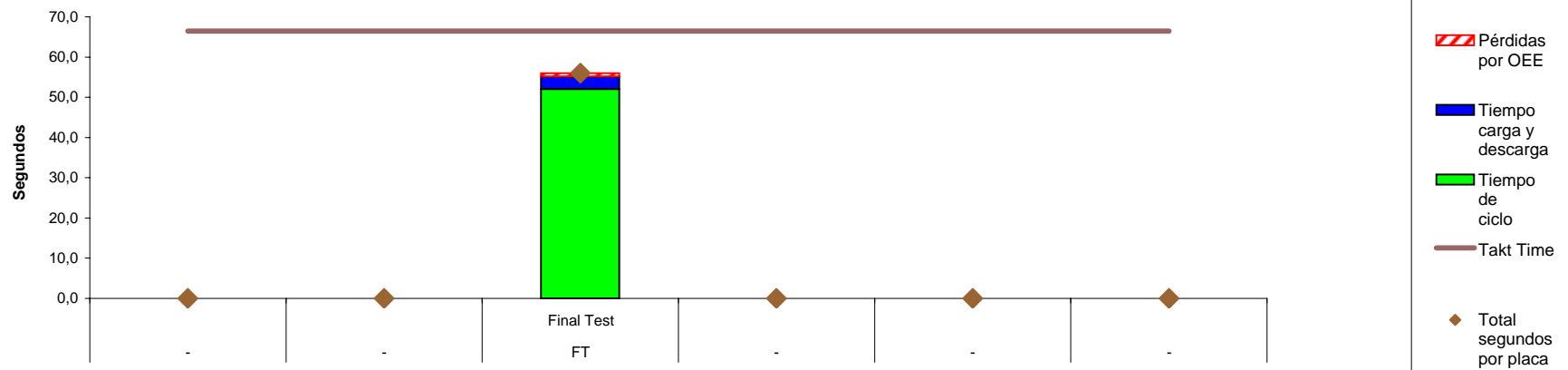
-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt Time	66,5 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1216 mod./día	
Tiempo disponible diario	80820 seg.	3 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
-													
-													
FT	Final Test	1	52,0	3,1	1	2%	0,0	0	56,00	64	64	56,00	1443 mod.
-													
-													
-													

Equilibrado de máquinas





**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt time	66,5 seg. mód.		
Tiempo operativo:	80820 segs	3 turnos	22,5 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																							
	VA = Valor añadido	NVA = No valor añadido						Segundos																						
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera																									
1 Coger aplique, quitar pegatina y colocarlo sobre fixture	5,6					5,6																								
2 Coger tapa blanca y colocarla sobre aplique	2,7					8,3																								
3 Prensa			3,9			8,3																								
4 Coger placa y colocar sobre el ensamble	5,9					14,2																								
5 Hacer marriage del ensamble		4,2				18,4																								
6 Coger housing y colocarlo sobre ensamble	5,3					23,7																								
7 Colocar pegatina sobre ensamble		3,1				26,8																								
8 Atornillado	9,7					36,5																								
9 Coger amortiguadores y colocarlos sobre ensamble	3,5					40,1																								
10 Coger botones RS y colocarlos sobre ensamble	3,5					43,6																								
11 Coger ensamble y pasarlo a la siguiente estación		2,4				46,0																								
12						46,0																								
13						46,0																								
14						46,0																								
15						46,0																								
16						46,0																								
17						46,0																								
18						46,0																								
19						46,0																								
20						46,0																								
Tiempo total por categoría	36,3	9,7																												
% Tiempo total por categoría	79%	21%																												
Total tiempo cíclico						46,0																								



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt time	66,5 seg. mód.
Tiempo operativo:	80820 segs 3 turnos 22,5 H

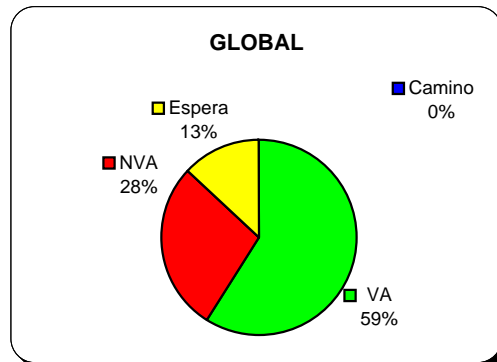
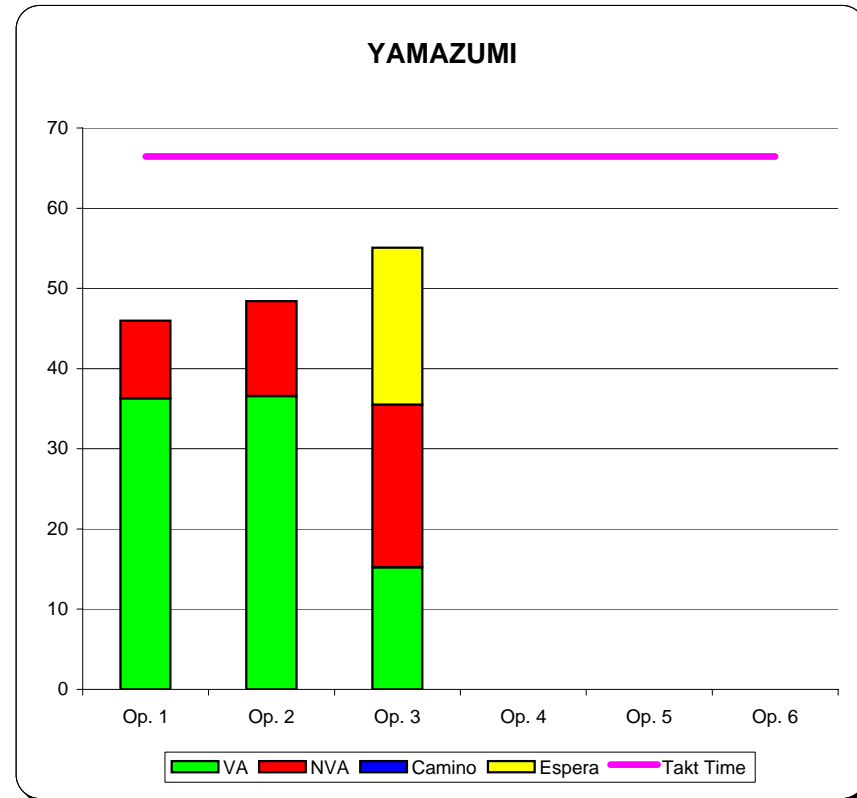
ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Coger ensamble y colocarlo sobre fixture		3,7				3,7	
2 Coger agujas y colocarlas sobre ensamble	8,7					3,7	
3 Prensa			2,8			12,4	
4 Coger lente, desempaquetarla		6,8				12,4	
5 Limpieza de la lente	7,3					19,2	
6 Limpieza del módulo	8,0					26,5	
7 Ensamblar módulo y lente	12,5					34,5	
8 Colocar el módulo en el rack de salida		1,5				47,0	
9						48,4	
10						48,4	
11						48,4	
12						48,4	
13						48,4	
14						48,4	
15						48,4	
16						48,4	
17						48,4	
18						48,4	
19						48,4	
20						48,4	
Tiempo total por categoría	36,5	11,9					
% Tiempo total por categoría	75%	25%					
Total tiempo cíclico						48,4	



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
BSKK Cél. 1**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	36,28	36,54	15,21				88,03
NVA	9,68	11,88	20,26				41,82
Camino							0,00
Espera			19,60				19,60
Total	45,96	48,42	55,07	0,00	0,00	0,00	149,45
Takt Time	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5	



Nº operarios = 3
%Desbalanceo real= 25,05%



C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

f. Estudio previo de tiempos – Célula 2





-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:
BSKK Cél. 2

Volumen de fabricación (Anual)	231.000 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	5.000 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.000 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{5000 \text{ mód./semana}}$	=	54,7 seg/mód
------------------	---	--	---	-------------------------



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt time	54,7 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Colocar módulo sobre fixture		4,9				4,9	
2 Colocar botones RS	5,1					9,9	
3 Colocar amortiguadores	2,7					12,6	
4 Colocar agujas	8,1					20,7	
5 Prensa	2,2					22,9	
6 Colocar el módulo en la siguiente estación		1,4				24,3	
7						24,3	
8						24,3	
9						24,3	
10						24,3	
11						24,3	
12						24,3	
13						24,3	
14						24,3	
15						24,3	
16						24,3	
17						24,3	
18						24,3	
19						24,3	
20						24,3	
Tiempo total por categoría	18,1	6,2					
% Tiempo total por categoría	74%	26%					
Total tiempo cíclico						24,3	



-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- OPERARIO 4

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt time	54,7 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

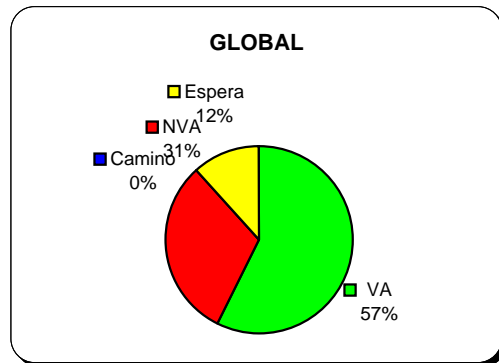
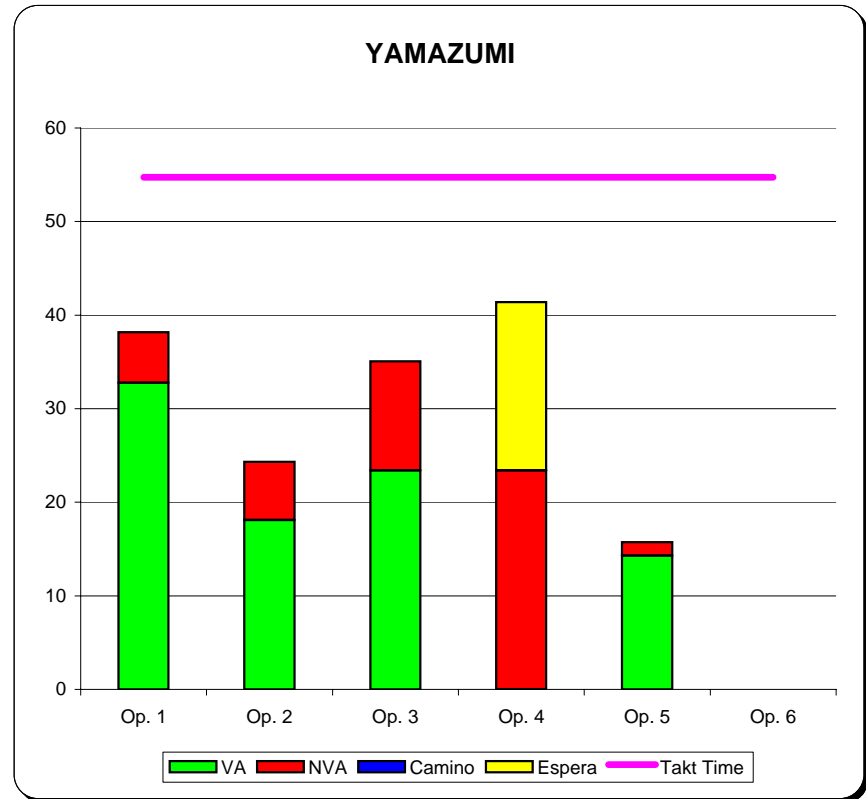
ELEMENTOS DE TRABAJO		CATEGORIAS					Hoja de combinación de trabajo	
		VA = Valor añadido NVA = No valor añadido						
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera	Tiempo total	Segundos	
1		3,6				3,6		
2			9,7			3,6		
3		2,4				6,0		
4		2,9				8,9		
5					4,4	13,3		
6		9,1				22,4		
7			13,6			22,4		
8					13,6	36,0		
9		5,4				41,4		
10						41,4		
11						41,4		
12						41,4		
13						41,4		
14						41,4		
15						41,4		
16						41,4		
17						41,4		
18						41,4		
19						41,4		
20						41,4		
Tiempo total por categoría		23,4			18,0			
% Tiempo total por categoría		57%			43%			
		Total tiempo cíclico				41,4		



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
BSKK Cél. 2**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	32,76	18,08	23,39		14,31		88,54
NVA	5,42	6,23	11,66	23,40	1,43		48,14
Camino							0,00
Espera				17,98			17,98
Total	38,18	24,31	35,05	41,38	15,74	0,00	154,66
Takt Time	54,7	54,7	54,7	54,7	54,7	54,7	



Nº operarios = 5
%Desbalanceo real= 43,47%



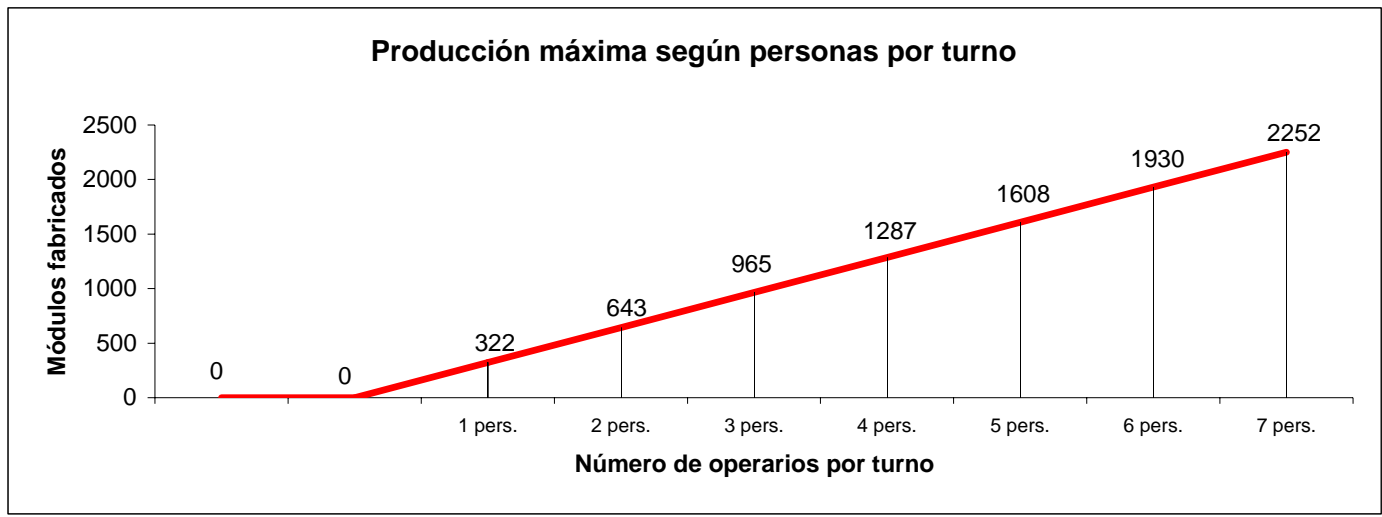
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt Time	54,7 seg. mód.
Volumen de fabricación diario	1000 mod./día
Tiempo disponible diario	54720 seg. 2 turnos

CWS = 0,04726

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbalanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	322
						2 pers.	643
BSKK	Célula 2	154,66 seg.	10%	170,1 seg.	3,1 pers.	3 pers.	965
						4 pers.	1287
						5 pers.	1608
						6 pers.	1930
						7 pers.	2252





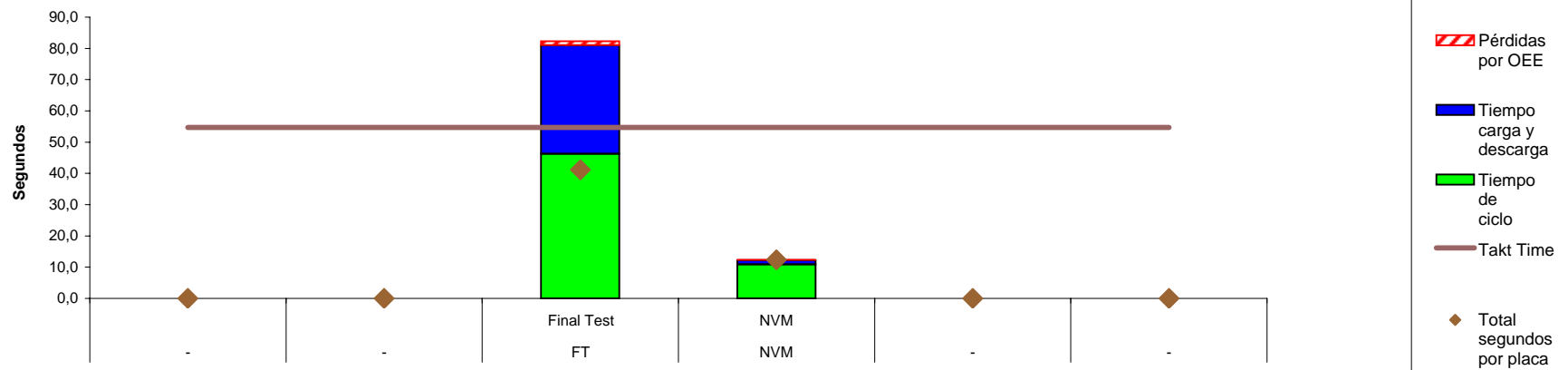
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt Time	54,7 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1000 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
-													
-													
FT	Final Test	1	46,3	34,7	2	2%	0,0	0	82,26	88	88	41,13	1330 mod.
NVM	NVM	1	10,9	1,3	1	1%	0,0	0	12,36	291	291	12,36	4426 mod.
-													
-													

Equilibrado de máquinas





C1. Aplicación del modelo

II. Células BSKK

g. Estudio de tiempos – Célula 2





**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
CÁLCULO TAKT TIME**

**Célula:
BSKK Cél. 2**

Volumen de fabricación (Anual)	300.300 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	6.500 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.300 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{6500 \text{ mód./semana}}$	=	42,1 seg/mód
------------------	---	--	---	-------------------------



-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

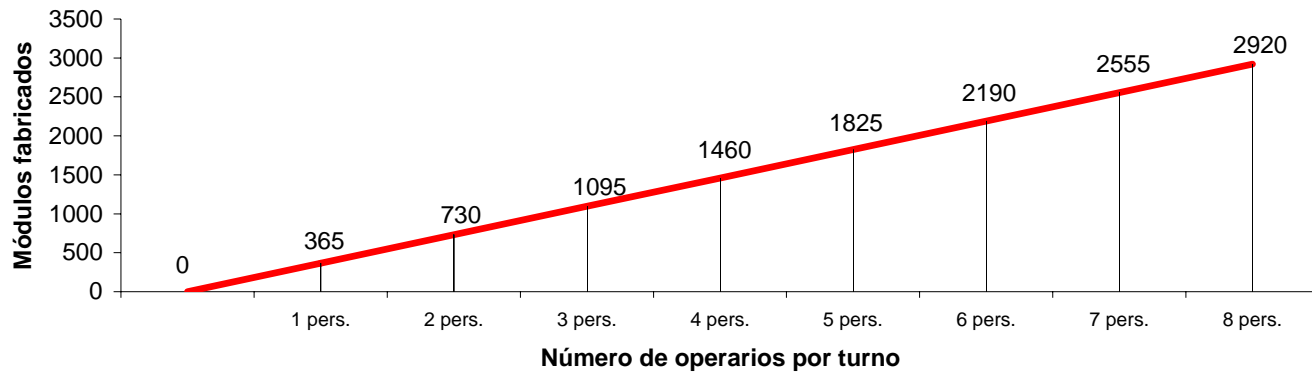
Célula:
BSKK Cél. 2

Takt Time	42,1 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1300 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,04164

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	365
						2 pers.	730
						3 pers.	1095
BSKK	Célula 2	136,28 seg.	10%	149,9 seg.	3,6 pers.	4 pers.	1460
						5 pers.	1825
						6 pers.	2190
						7 pers.	2555
						8 pers.	2920

Producción máxima según personas por turno





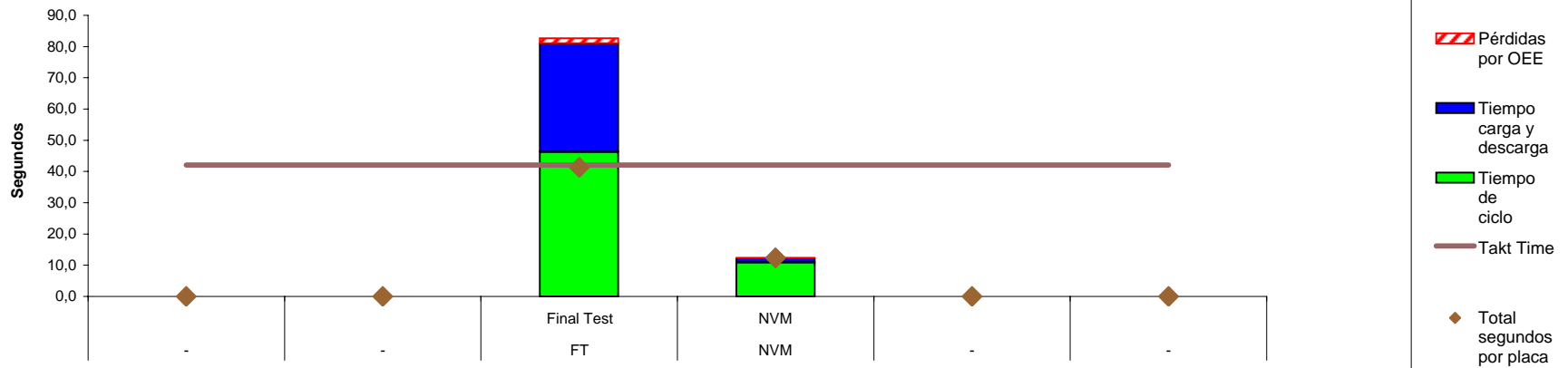
-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
BSKK Cél. 1

Takt Time	42,1 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1300 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
-													
-													
FT	Final Test	1	46,3	34,7	2	2%	0,0	0	82,62	87	87	41,31	1325 mod.
NVM	NVM	1	10,9	1,3	1	1%	0,0	0	12,36	291	291	12,36	4426 mod.
-													
-													

Equilibrado de máquinas





**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt time	42,1 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																								
	VA = Valor añadido	NVA = No valor añadido					Segundos																								
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera																										
1	Coger aplique, quitar pegatina y colocar sobre fixture	9,7				9,7																									
2	Coger mounting y colocarlo sobre aplique	4,1				13,8																									
3	Prensa	1,4				15,2																									
4	Coger placa, quitar film y colocar sobre módulo	3,8				19,0																									
5	Colocar housing sobre módulo	3,3				22,3																									
6	Atornillar	6,0				28,4																									
7	Pegar etiqueta	4,4				32,8																									
8	Lectura de códigos		3,3			36,1																									
9	Passar a siguiente estación		1,4			37,5																									
10						37,5																									
11						37,5																									
12						37,5																									
13						37,5																									
14						37,5																									
15						37,5																									
16						37,5																									
17						37,5																									
18						37,5																									
19						37,5																									
20						37,5																									
Tiempo total por categoría						32,8	4,7																								
% Tiempo total por categoría						87%	13%																								
Total tiempo cíclico						37,5																									



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 2**

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt time	42,1 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Colocar módulo sobre fixture		4,9				4,9	
2 Colocar botones RS	5,1					9,9	
3 Colocar amortiguadores	2,7					12,6	
4 Colocar agujas	8,1					20,7	
5 Prensa	2,2					22,9	
6 Colocar el módulo en la siguiente estación		1,4				24,3	
7						24,3	
8						24,3	
9						24,3	
10						24,3	
11						24,3	
12						24,3	
13						24,3	
14						24,3	
15						24,3	
16						24,3	
17						24,3	
18						24,3	
19						24,3	
20						24,3	
Tiempo total por categoría	18,1	6,2					
% Tiempo total por categoría	74%	26%					
Total tiempo cíclico						24,3	



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 4**

Célula:
BSKK Cél. 2

Takt time	42,1 seg. mód.		
Tiempo operativo:	54720 segs	2 turnos	15,2 H

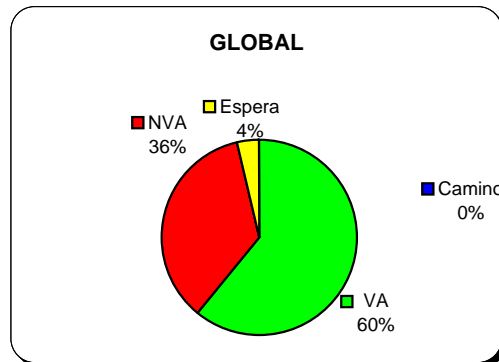
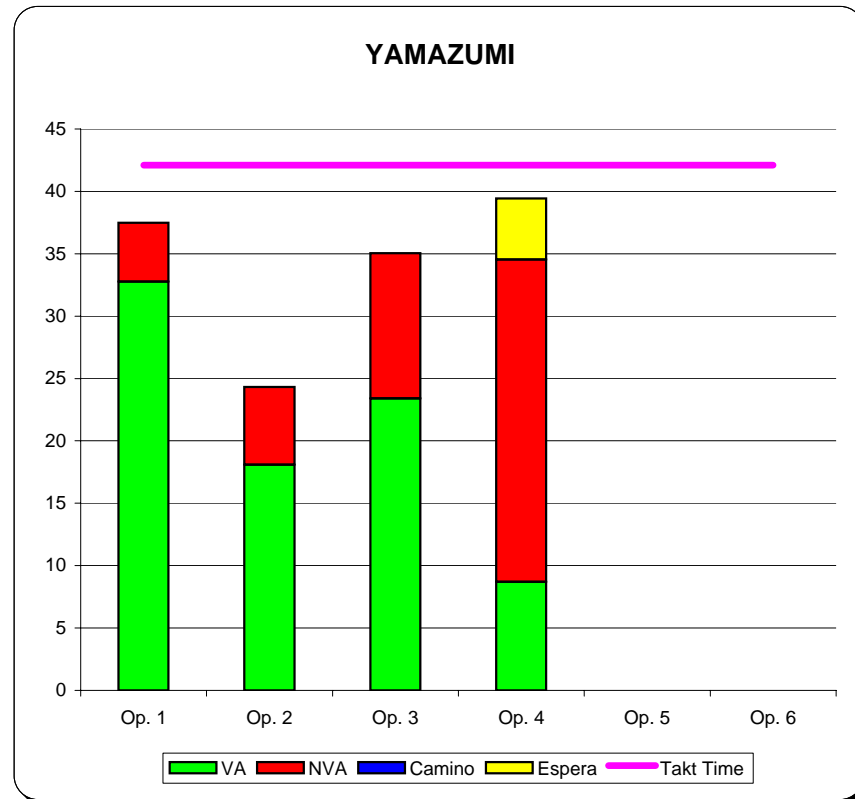
ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																																
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				Segundos																																
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300		
1 Carga del final test y pulsar botones		3,6				3,6																																	
2 Primera parte automática del final test			9,7			9,7																																	
3 Colocar etiqueta al módulo del ciclo anterior		3,0				3,0																																	
4 Cogeer módulo nuevo e inspeccionar		2,4				2,4																																	
5 Colocar pegatina con nombre del operador		2,9				2,9																																	
6 Espera a que acabe primera parte de Final Test					1,4	1,4																																	
7 Parte manual del final test		9,1				9,1																																	
8 Segunda parte automática del final test			13,6			13,6																																	
9 Espera a que acabe Final Test					3,5	3,5																																	
10 Colocar el módulo en la fixture de la NVM		1,4				1,4																																	
11 NVM			10,9			10,9																																	
12 Cogeer módulo de la NVM y empaquetarlo en el pallet	8,7					8,7																																	
13 Descargar y pasar a sig. estación		3,4				3,4																																	
14																																							
15																																							
16																																							
17																																							
18																																							
19																																							
20																																							
Tiempo total por categoría	8,7	25,8			4,9	39,4																																	
% Tiempo total por categoría	22%	65%			12%																																		
Total tiempo cíclico						39,4																																	



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
BSKK Cél. 2**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	32,76	18,08	23,39	8,71			82,94
NVA	4,72	6,23	11,66	25,83			48,44
Camino							0,00
Espera				4,90			4,90
Total	37,48	24,31	35,05	39,44	0,00	0,00	136,28
Takt Time	42,1	42,1	42,1	42,1	42,1	42,1	



Nº operarios = 4
%Desbalanceo real= **19,06%**



C1. Aplicación del modelo

III. Célula CS1A





C1. Aplicación del modelo

III. Célula CS1A

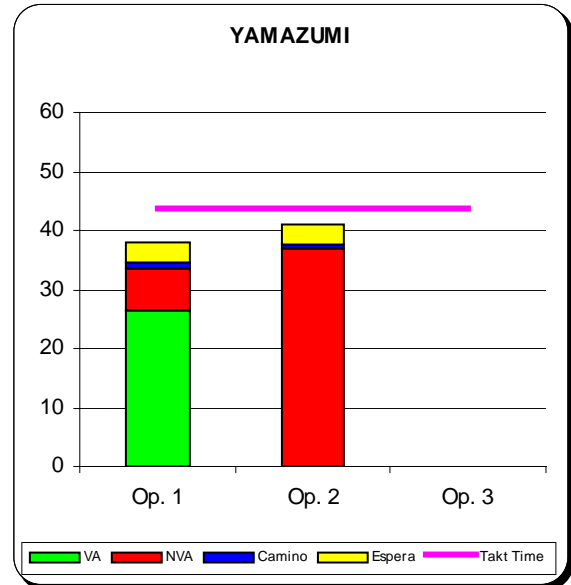
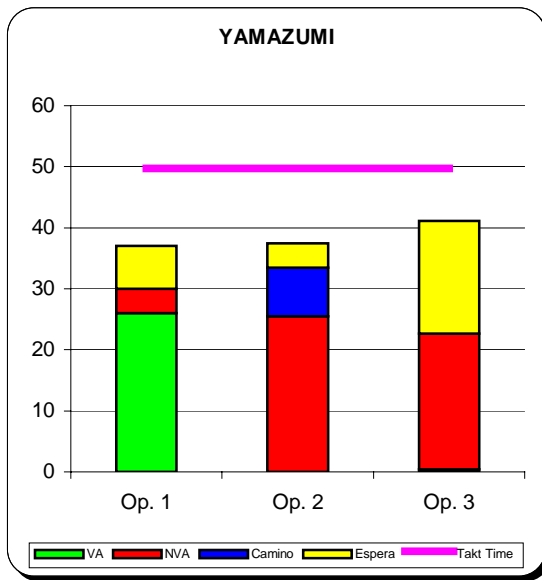
a. Resumen



❖ Célula CS1A

	Número de personas	CWS	Tiempo de operaciones	Producción (diaria)	%Desbalanceo	% V.A.
Sit. Previa	3	0,03534	115,65 s.	1100	22,51%	23%
Sit. Propuesta	2	0,02422	79,28 s.	1250	9,45%	33%

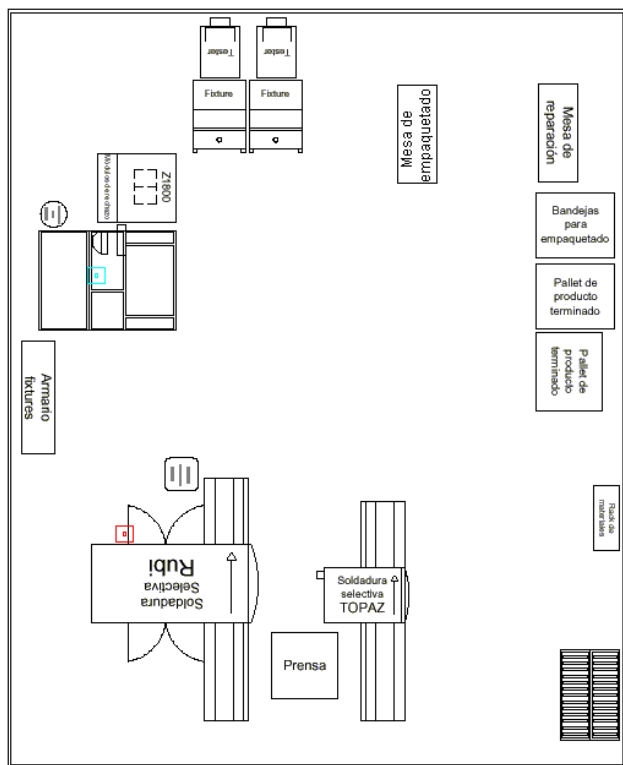
○ Yamazumi:



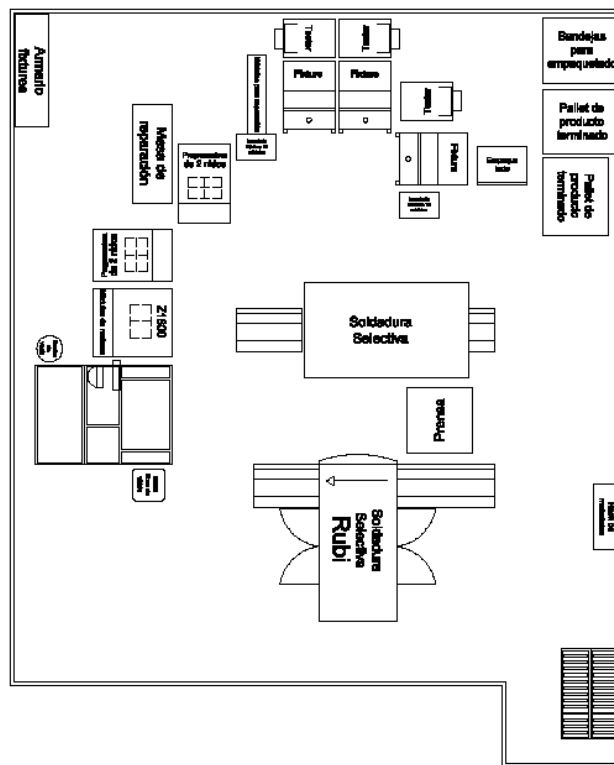
Se logra reducir un operario con el rebalanceo de operaciones, la eliminación de desperdicio y la reducción de operaciones sin valor añadido. Además se puede aumentar la producción de 1.100 a 1.250 módulos diarios, motivo por el que se reduce el takt time.

o **Layout:**

Situación Previa



Situación Propuesta



Con la nueva disposición de máquinas y estaciones manuales se logra, además de un aumento de la capacidad productiva (se añaden dos programadoras zehthel y un tester final), una reducción del espacio ocupado y una disminución de las distancias recorridas, además de evitar el aislamiento de la estación de prensa, que se acerca a la zona de test y empaquetado.

o **Acciones de mejora:**

- I. ELIMINAR INSPECCIONES REDUNDANTES
- II. ESTABLECER LÍMITE MÁXIMO DE INVENTARIO ANTES Y DESPUÉS DE ICT
- III. MINIMIZAR DESPLAZAMIENTOS EN TODA LA CÉLULA
- IV. REDUCIR LA CANTIDAD DE MATERIAL PARA REPARACIÓN
- V. CAMBIAR MESA DE EMPAQUETADO POR ESTACIÓN ESTÁNDAR

I. ELIMINAR INSPECCIONES REDUNDANTES

Durante el proceso en la célula se inspecciona la correcta colocación de los componentes en los siguientes pasos:

- Tras la soldadura selectiva (5 seg. aprox.)
- Tras router, con la template (10 seg. aprox.)
- Tras ICT (5 seg. aprox.)
- Tras Test Final (5 seg. aprox.)

Se deben evitar las inspecciones redundantes, por lo que se eliminarán aquellas que no sean necesarias, haciendo así más productiva la célula.

II. ESTABLECER LÍMITE MÁXIMO DE INVENTARIO ANTES Y DESPUÉS DE ICT

En la situación previa, los niveles habituales de inventario alrededor de la estación de ICT son totalmente desproporcionados. A la entrada de la zehntel hay unas 70 placas esperando, lo que supone casi una hora de producción. Igualmente, a la salida, hay un buffer de casi 150 placas listas para el final test (material suficiente para 2 horas de producción).

Para ser fieles a la filosofía del Lean Manufacturing y al flujo continuo, lo ideal sería disponer de la mínima unidad de almacenamiento intermedio entre cada estación. Es decir, en este caso, con una sola bandeja de placas a la entrada y otra a la salida, es suficiente.

Es importante instruir a los operarios para que así lo cumplan, ya que resulta muy sencillo colocar unas bandejas encima de otras y volver al falso flujo con inventario intermedio.

Cuando queden instaladas las programadoras entre ICT y Final Test, también una sola bandeja de material se necesitará como buffer.

III. MINIMIZAR DESPLAZAMIENTOS EN TODA LA CÉLULA

El tiempo que pasan los operarios caminando de un lugar a otro de la célula es muy grande. Especialmente, el final de los conveyors de las soldaduras selectivas se encuentran muy alejados de la siguiente estación, que es la router. El total de los desplazamientos en la célula (casi 30 segundos por ciclo) suponen más de 16.000 €/año a la empresa. Se propone, por tanto, acercar las estaciones como se muestra en el layout.

IV. REDUCIR LA CANTIDAD DE MATERIAL PARA REPARACIÓN

Se encuentran del orden de 600 módulos pendientes de retrabajo, situados en distintas localizaciones: el rechazo de Router, el de ICT, el de Final Test, el rack de material para reparar y un pallet lleno con este tipo de material.

Al técnico no le da tiempo a atender esta demanda de reparaciones, por lo que el material cada vez se acumula en mayores cantidades.

La solución a este problema consiste en mejorar el FTT, disminuyendo así la "producción" de este material.

V. CAMBIAR MESA DE EMPAQUETADO POR ESTACIÓN ESTÁNDAR

Para ahorrar espacio, sin perder funcionalidad, se propone sustituir la mesa de empaquetado que actualmente se encuentra en la célula, por una estación estándar de reducidas dimensiones.

Este cambio se refleja en el diseño del layout.

o **Presupuesto:**

Inversión:
Cambio de mesa grande por estación estándar

Material	Coste	Coste
1 Estación estándar	300 €	300 €

Movimiento de material y equipos según layout

Material	Coste	Coste
Canaly nuevo	1000 €	1000 €

Instalación	Horas hombre	Cualificación	Precio/hora	Coste
Canaly	40 horas	Técnico	21 €/hora	840 €
Movimiento máquinas	16 horas	Técnico	21 €/hora	336 €
Movimiento máquinas	8 horas	Ingeniero	30 €/hora	240 €
Validación	2 horas	Técnico	21 €/hora	42 €

TOTAL: 2758 €

Gasto continuo:

Coste
0 €

TOTAL: 0 €

Ahorro directo:
Inventario retirado

Precio/unit.	Ahorro
180 Módulos en inventario retirados	3600 €

TOTAL: 3600 €

Ahorro continuo:
Producción

Precio/día	Días laborable	SS e imp.	Precio/año	
1 Operarios	60 €/día	226	30%	17628 €/año

TOTAL: 17628 €

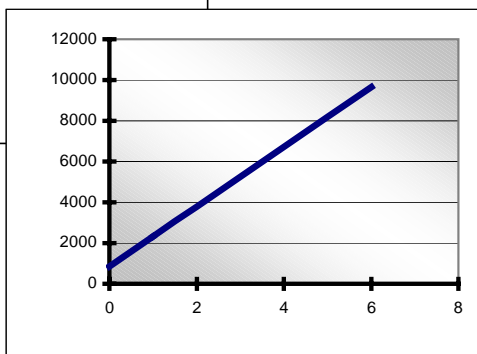
La inversión se recupera en un tiempo tal que:

$$\text{Inversión} = \text{Ahorro directo} + (\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo}) \times \text{Tiempo}$$

Para obtener el tiempo:

$$\text{Tiempo} = \frac{(\text{Inversión} - \text{Ahorro directo})}{(\text{Ahorro continuo} - \text{Gasto continuo})}$$

Tiempo de recuperación de la inversión
-0,048 años = -0,6 meses





C1. Aplicación del modelo

III. Célula CS1A

b. Formato A3





MODELO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN CÉLULAS

CÉLULA FINAL C214

INFORME DE CÉLULA Y PLAN DE ACCIÓN

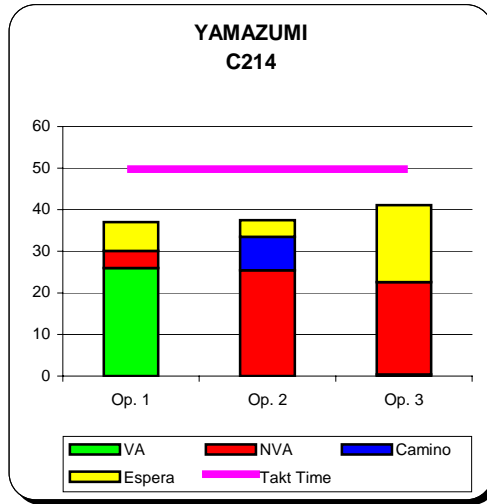
ESTUDIADO POR:
Rodrigo Martínez

FECHA: ___ / ___ / 20__

1.- INFORMACIÓN PREVIA

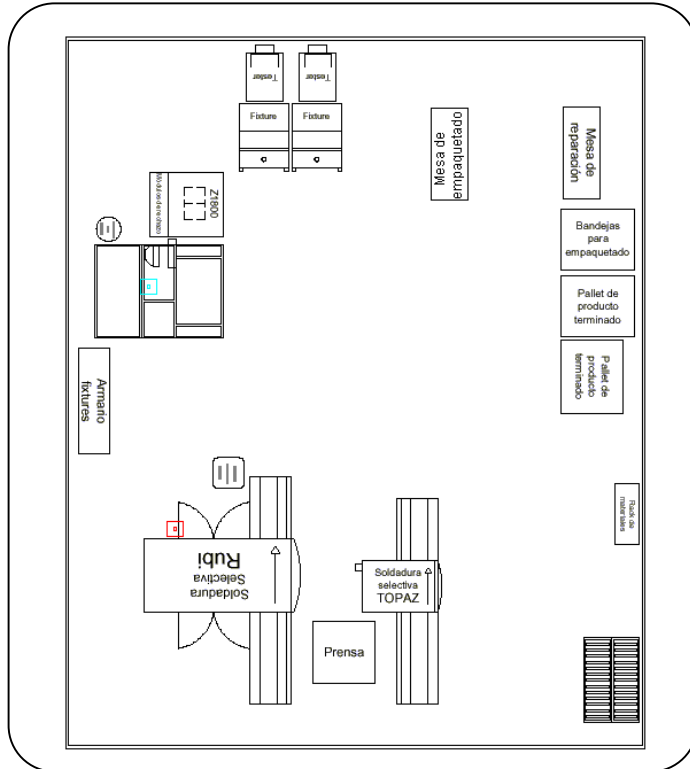
Vol. prod.: **1100 mód./día**
 Patrón de producción: **5 días a 2 turnos**
 N° operarios: **5 pers./turno**

Tack Time de fabricación: **49,7 seg.**
 CWS: **0,03534**
 Desbalanceo: **22,51%**



Sobre-producción	Inserción manual sigue trabajando aunque no tenga sitio en el conveyor de la SS.
Esperas	En ins. man. debido a que se encuentra aislado del resto del flujo.
Transporte	De SS a Router. Hay que recorrer una larga distancia con dos paneles en mano.
Sobre-proceso	Inspecciones redundantes: tras SS, tras Router (template), tras ICT y tras Tester.
Inventario	Se acumula antes (70 mód.) y después (140 mód.) de ICT.
Desplazamientos	Excesivos entre SS y Router y a lo largo de los tester. Obstaculizado en Router-ICT.
Reparaciones	Mucho material pendiente de reparación (300 mód. en bandejas + 1 pallet lleno).

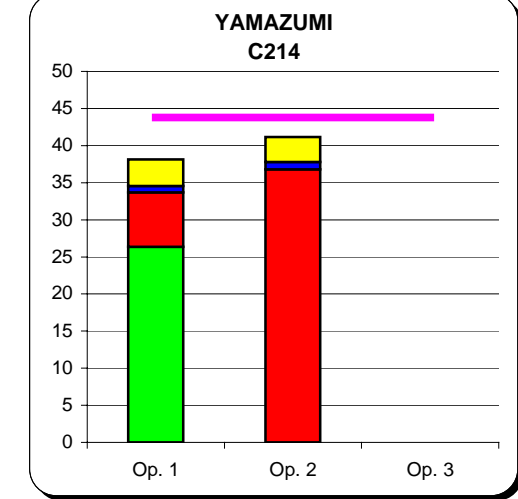
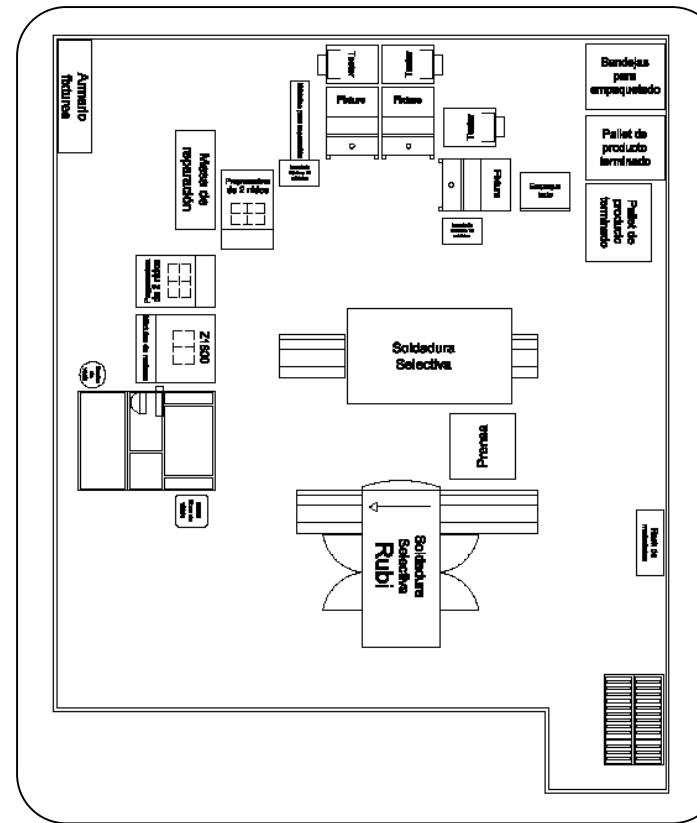
2.- SITUACIÓN INICIAL



Oportunidades de MEJORA:

- Eliminar inspecciones redundantes.
- Establecer límite máximo de inventario antes y después de ICT
- Minimizar desplazamientos en toda la célula (Nuevo layout).
- Reducir la cantidad de material para reparación.
- Cambiar mesa de empaquetado por estación estándar.

3.- SITUACIÓN PROPUESTA



OBSERVACIONES:

Reduciendo operaciones sin valor añadido y eliminando las pérdidas en la medida de lo posible, se logra prescindir de un operario en cada turno, incluso aumentando la producción.

4.- METAS

	Capacidad de producción	CWS	Desbalanceo	FTT
Actual	1100 mód./día	0,03534	22,51%	85%
Objetivo	1250 mód/día	0,02422	9,45%	95%

5.- PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

#	Tareas	Responsable	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8
1	Eliminar inspecciones redundantes	J. Roldán	█							
2	Nuevo layout	Ing. Industrial	█	█	█	█	█	█	█	
3	Reducir la cantidad de material para reparar	J. Roldán	█	█	█	█	█	█		
4	Cambiar mesa de empaquetado por estación estándar	Ing. Industrial	█	█	█	█	█			



C1. Aplicación del modelo

III. Célula CS1A

c. Estudio previo de tiempos





**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
CÁLCULO TAKT TIME**

**Célula:
CS1A**

Volumen de fabricación (Anual)	254.100 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	5.500 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.100 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana		

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{5500 \text{ mód./semana}}$	=	49,7 seg/mód
------------------	---	--	---	-------------------------



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 3**

Célula:
CS1A

Takt time	49,7 seg. mód.
Tiempo operativo:	54720 segs 2 turnos 15,2 H

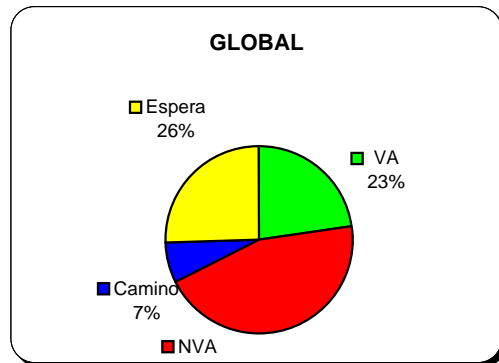
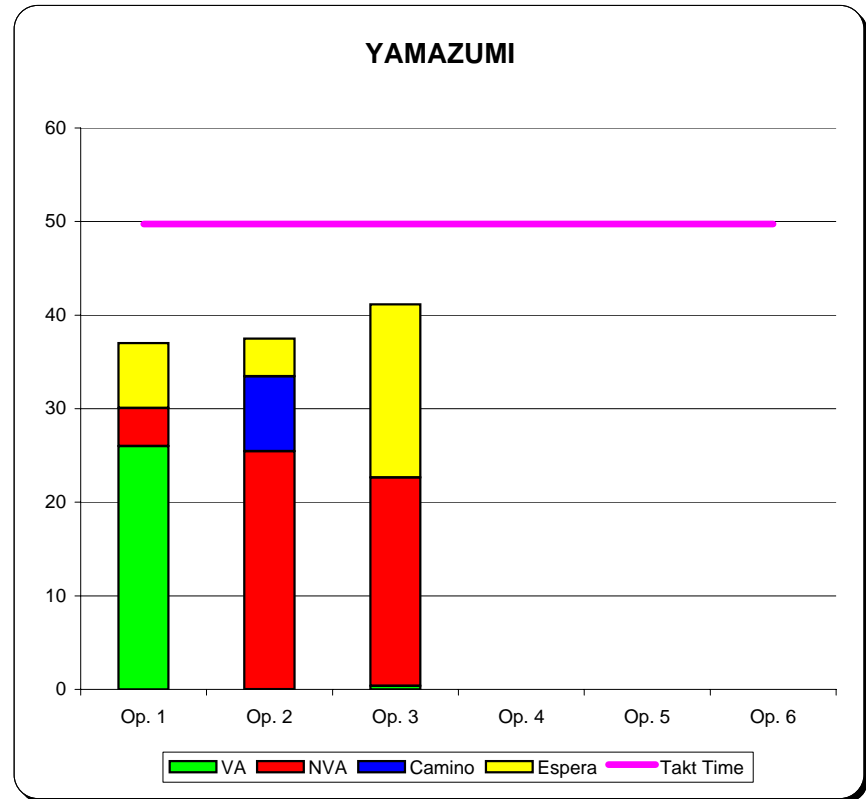
ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo
	VA = Valor añadido		NVA = No valor añadido				
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera		Segundos
1 Descarga y Carga de F. Test		7,2					
2 Final Test			33,9			7,2	
3 Inspección Final		9,9				7,2	
4 Colocar Módulo en Bandeja		1,8				17,2	
5 Leer los módulos de la bandeja		3,0				19,0	
6 Tapar la bandeja	0,3					22,0	
7 Coger la bandeja y ponerla en el pallet		0,3				22,2	
8 Cerrar y etiquetar pallet	0,1					22,5	
9 Espera a Final Test					18,5	22,6	
10						41,1	
11						41,1	
12						41,1	
13						41,1	
14						41,1	
15						41,1	
16						41,1	
17						41,1	
18						41,1	
19						41,1	
20						41,1	
Tiempo total por categoría	0,4	22,3			18,5		
% Tiempo total por categoría	1%	54%			45%		
Total tiempo cíclico						41,1	



**-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
CS1A**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	25,98		0,38				26,36
NVA	4,07	25,46	22,25				51,78
Camino		8,00					8,00
Espera	6,96	4,04	18,51				29,51
Total	37,01	37,50	41,14	0,00	0,00	0,00	115,65
Takt Time	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	



Nº operarios = 3
%Desbalanceo real= 22,51%



-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

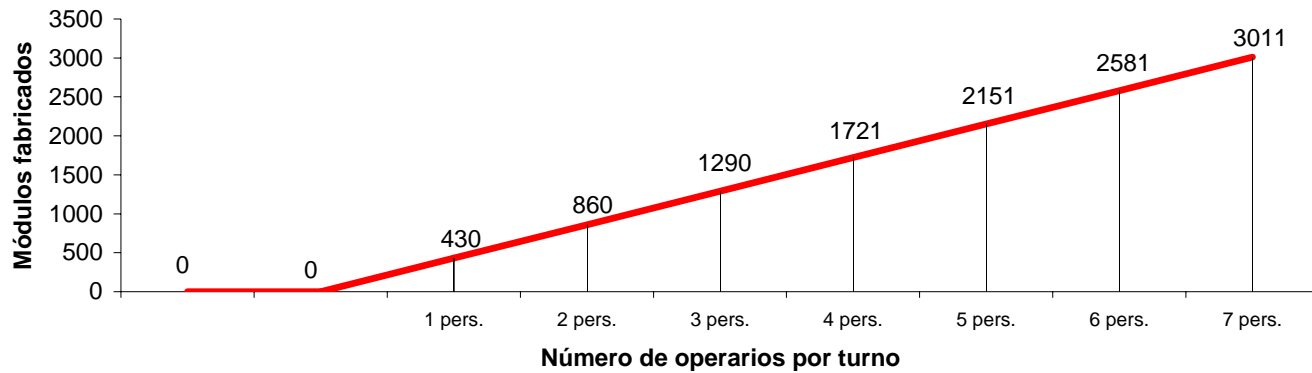
Célula:

Takt Time	49,7 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1100 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,03534

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	430
						2 pers.	860
VIS32	Célula Final	115,65 seg.	10%	127,2 seg.	2,6 pers.	3 pers.	1290
						4 pers.	1721
						5 pers.	2151
						6 pers.	2581
						7 pers.	3011

Producción máxima según personas por turno





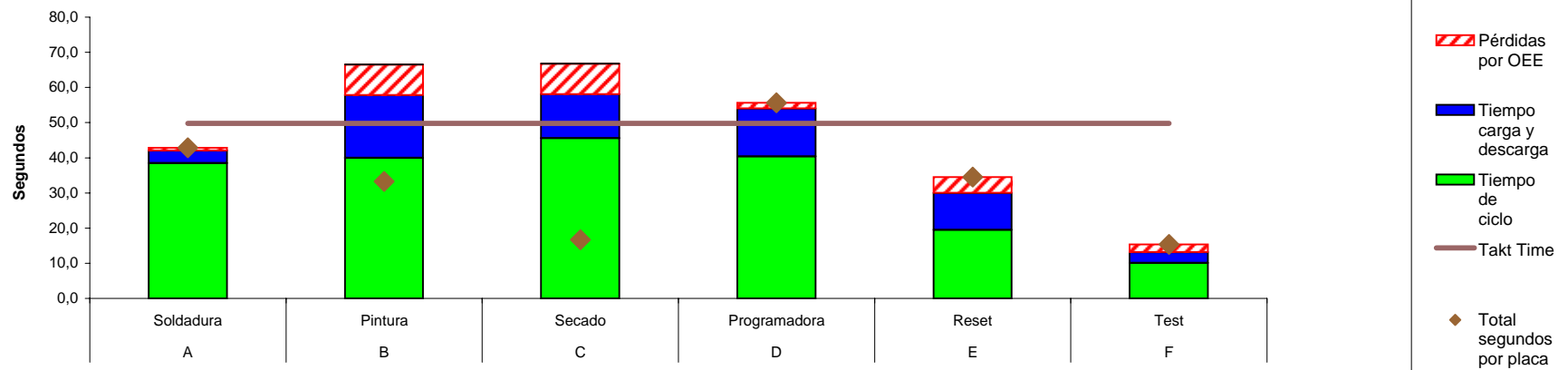
-- ESTUDIO PREVIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:

Takt Time	49,7 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1100 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
A	Soldadura	1	38,5	3,5	1	2%	1,0	1	42,89	84	84	42,89	1276 mod.
B	Pintura	1	40,0	17,8	2	15%	1,0	1	66,53	108	108	33,27	1645 mod.
C	Secado	1	45,6	12,4	4	15%	1,0	1	66,76	216	216	16,69	3278 mod.
D	Programadora	1	40,4	13,6	1	3%	1,0	1	55,68	65	65	55,68	983 mod.
E	Reset	1	19,5	10,5	1	15%	1,0	1	34,53	104	104	34,53	1585 mod.
F	Test	1	10,1	3,0	1	17%	1,0	1	15,34	235	235	15,34	3567 mod.

Equilibrado de máquinas





C1. Aplicación del modelo

III. Célula CS1A

d. Estudio de tiempos





-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO TAKT TIME

Célula:
CS1A

Volumen de fabricación (Anual)	288.750 mod./año
Volumen de fabricación (Semanal)	6.250 mod./semana
Volumen de fabricación (Diario)	1.250 mod./día

Numero de turnos por día	2 turno (s)
Días producción x semana	5 día (s)

Horas de Producción	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas
Número de horas disponibles por célula y semana	1 turno	38,75 horas
	2 turnos	77,50 horas
	3 turnos	113,75 horas

Parada semanal:	
Mantenimiento Semanal	90,0 min.
Parada técnica Semanal	0,0 min.
Tiempo total paradas semanales planificadas	90,0 min.

Takt Time	=	$\frac{273.600 \text{ seg./semana}}{6250 \text{ mód./semana}}$	=	43,8 seg/mód
------------------	---	--	---	-------------------------



-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CÁLCULO DE PERSONAS

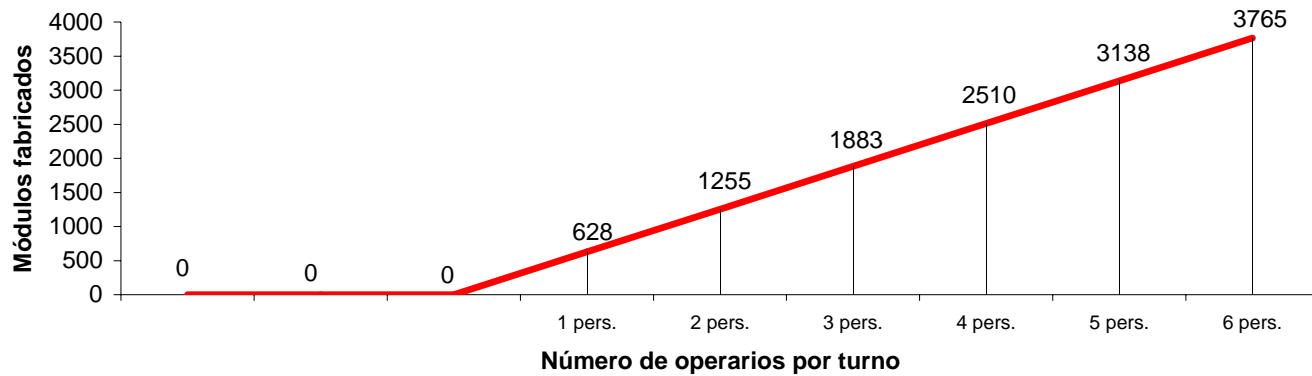
Célula:
CS1A

Takt Time	43,8 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1250 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

CWS = 0,02422

Producto	Operaciones	Tiempo operaciones	Desbanceo	Tiempo total operaciones	Personas necesarias por turno	Redondeo personas necesarias	Producción máxima
						1 pers.	628
CS1A	Célula Final	79,28 seg.	10%	87,2 seg.	2,0 pers.	2 pers.	1255
						3 pers.	1883
						4 pers.	2510
						5 pers.	3138
						6 pers.	3765

Producción máxima según personas por turno





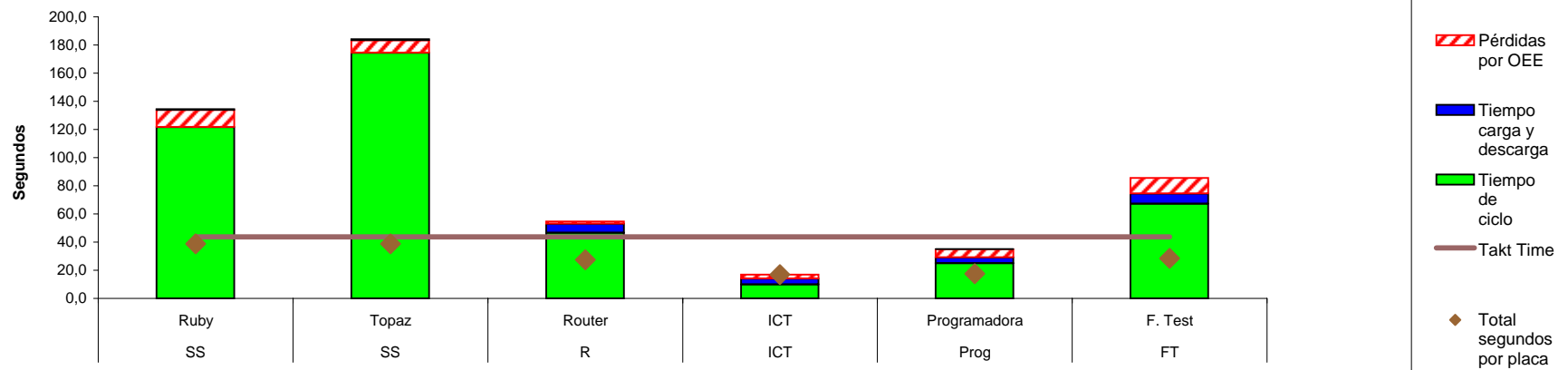
-- ESTUDIO DE TIEMPOS -- CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Célula:
CS1A

Takt Time	43,8 seg. mód.	
Volumen de fabricación diario	1250 mod./día	
Tiempo disponible diario	54720 seg.	2 turnos

Operación	Equipo/Máquina	Número de máquinas	Tiempo de ciclo	Tiempo carga y descarga	Nº placas por ciclo	Pérdidas por OEE	Change over		Tiempo de ciclo medio	Número de placas por hora por Máq	Total placas por hora	Total segundos por placa	Máxima capacidad diaria
							Duración (minutos)	Frecuencia (veces día)					
SS	Ruby	1	121,6	0,0	2	10%	5,0	1	134,43	54	93	38,85	1408 mod.
SS	Topaz	1	174,5	0,0	2	5%	5,0	1	184,18	39	93	38,85	1408 mod.
R	Router	1	46,5	6,6	2	3%	0,0	0	54,65	132	132	27,33	2002 mod.
ICT	ICT	1	10,0	4,1	1	20%	3,0	1	16,95	212	212	16,95	3227 mod.
Prog	Programadora	2	25,0	4,1	1	20%	3,0	1	35,02	206	206	17,51	3125 mod.
FT	F. Test	3	67,2	7,2	1	15%	0,0	0	85,56	126	126	28,52	1919 mod.

Equilibrado de máquinas





**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
OPERARIO 1**

Célula:
CS1A

Takt time	43,8 seg. mód.		
Tiempo operativo:	54720 segs	2 turnos	15,2 H

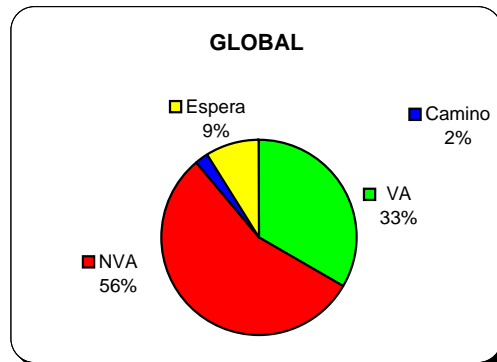
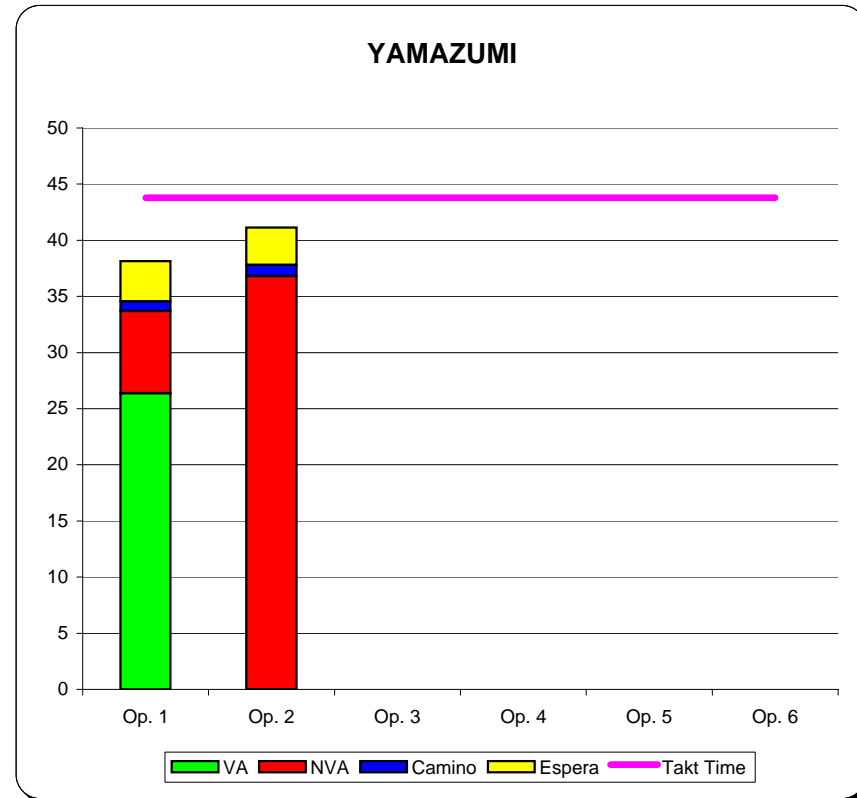
ELEMENTOS DE TRABAJO	CATEGORIAS					Tiempo total	Hoja de combinación de trabajo																							
	VA = Valor añadido	NVA = No valor añadido					Segundos																							
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	(VA) Manual	(NVA) Manual	Tiempo máquina	(NVA) Camino	(NVA) Espera																									
1 Coger Panel y colocarlo en Fixture		2,4				2,4	[Gantt chart bar]																							
2 Colocar Motores	15,1					15,1	[Gantt chart bar]																							
3 Prensa			3,6		3,6	17,5	[Gantt chart bar]																							
4 Colocar Conector J1	2,9					21,1	[Gantt chart bar]																							
5 Colocar Conector J2	2,7					24,0	[Gantt chart bar]																							
6 Colocar Mov	2,8					26,7	[Gantt chart bar]																							
7 Colocar Buzzer	2,4					29,5	[Gantt chart bar]																							
8 Colocar Panel en Conveyer de Sold. Selectiva		1,7				31,9	[Gantt chart bar]																							
9 Soldadura selectiva			37,0			33,7	[Gantt chart bar]																							
10 Desplazamiento a empaquetado				0,4		33,7	[Gantt chart bar]																							
11 Leer los módulos de la bandeja		3,0				34,1	[Gantt chart bar]																							
12 Tapar la bandeja	0,3					37,0	[Gantt chart bar]																							
13 Coger la bandeja y ponerla en el pallet		0,3				37,3	[Gantt chart bar]																							
14 Cerrar y etiquetar pallet	0,1					37,6	[Gantt chart bar]																							
15 Desplazamiento a inserción manual				0,4		37,7	[Gantt chart bar]																							
16						38,1	[Gantt chart bar]																							
17						38,1	[Gantt chart bar]																							
18						38,1	[Gantt chart bar]																							
19						38,1	[Gantt chart bar]																							
20						38,1	[Gantt chart bar]																							
Tiempo total por categoría	26,4	7,3		0,8	3,6																									
% Tiempo total por categoría	69%	19%		2%	9%																									
Total tiempo cíclico						38,1																								



**-- ESTUDIO DE TIEMPOS --
YAMAZUMI**

**Célula:
CS1A**

	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	TOTAL
VA	26,36						26,36
NVA	7,34	36,79					44,13
Camino	0,83	1,00					1,83
Espera	3,60	3,35					6,95
Total	38,14	41,14	0,00	0,00	0,00	0,00	79,28
Takt Time	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	



Nº operarios = 2
%Desbalanceo real= **9,45%**



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

C2. Manual de Cortesía

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



C. ANEJOS

C2. Manual de cortesía

Durante el proceso a seguir para la consecución de una mejora, se realizarán numerosas visitas a la línea de producción, donde se encontrarán empleados trabajando. Es necesario recordar que la planta, la línea de producción, es su "oficina" de trabajo y que, por tanto, se debe respetar su labor y su tiempo. De ellos se requerirá una gran colaboración y, en muchos casos, serán ellos quienes proporcionen las mejores ideas y consejos para nuestro trabajo, pues estas personas son las que tienen un contacto diario y continuado con la línea. De modo que resulta muy importante ser cordiales y amables, además de por la obligada cortesía, también porque será un apoyo para la realización del estudio.

Para ello, queda aquí reflejado un breve "manual de cortesía" en el que se detallan algunas de las costumbres más adecuadas para tener una buena relación con todo el personal con el que se mantenga contacto.

- Saludar con un "buenos días" (o lo que corresponda) y dar el propio nombre, para dar confianza y facilidad para comunicarse. Igualmente, se procurará tratar a las personas por su nombre.
- Explicar en qué consiste la labor del observador, que busca mejorar las condiciones de trabajo y la productividad de la célula.
- Pedir permiso para observar el trabajo que realizan.
- Aclarar que lo que se pretende evaluar no es la forma en que la persona hace el trabajo, sino el trabajo en sí.
- Avisar de que se van a tomar tiempos, procurando que ello no haga que varíen su rutina de trabajo ni su ritmo.
- Pedir ayuda siempre "por favor".
- Al marcharse, dar las gracias por la colaboración y tiempo prestados.

Siguiendo esta breve guía de actuación, se logrará más fácilmente alcanzar los objetivos y se mantendrá un ambiente más relajado y agradable.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

C3. Agradecimientos

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



C. ANEJOS

C3. Agradecimientos

La elaboración de este Proyecto Fin de Carrera no habría sido posible sin la inestimable ayuda y colaboración de diferentes personas y entidades a las que me gustaría mencionar en este breve apartado.

- a Manuel Galán Vallejo, por ayudarme en todo momento, proporcionarme material, corregir mis errores y aclarar mis dudas. Especialmente, también, por logarme una plaza en Visteon Cádiz Electrónica, empresa donde he podido desarrollar todo este trabajo.

- a Visteon-Cádiz Electrónica y en concreto a Alfredo Huertas, por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto fin de carrera en sus instalaciones y creer en mis posibilidades haciendo realidad todas aquellas propuestas de mejora que, en su momento, se consideraron viables.

- a Fernando Guilloto de Barrasa, mi tutor de empresa, por ser mi guía, por enseñarme todo lo que necesité.

- a José Manuel Gomila, Pilar Rodríguez, Carlos Fernández, Juan Luis Espinosa, Francisco Pérez, Gabriel Fernández, Gustavo Nova, Miguel Ángel Altarejos... y muchos otros, compañeros y maestros.

- a Julián Sánchez, Isaac Ramos, Francisco Lechuga, Luis Cornejo, Soledad López, M^a Jesús Solís... compañeros de trabajo y amigos.

- y a Irene Rodríguez, por ser quien es para mí, tan importante siempre.

- y a Manuel Martínez Alfonso, mi padre.



Diseño y aplicación de un modelo
de mejora de la producción en células
en Visteon - Cádiz Electrónica

C4. Glosario

Rodrigo A. Martínez Pérez
Ingeniería Química



C. ANEJOS

C4. Glosario

- Assembly:** (Abreviado normalmente como Assy.) Literalmente significa "ensamble". Se refiere a la parte de la planta dedicada a la elaboración y procesado de placas electrónicas, lo cual corresponde al inicio de los procesos para cada producto.
- Balanceo / Desbalanceo:** El balanceo es una medida del ajuste que se produce entre las cargas de trabajo de los operarios de una célula y el tiempo del que disponen (Takt Time). Se calcula como la razón entre el total de tiempos de las operaciones individuales que deben realizar todos los trabajadores y la multiplicación del TT por el número total de personas. El desbalanceo es el porcentaje restante.
- Bottom:** Lado inferior de una placa.
- Brainstorming:** "Lluvia de ideas". Es una herramienta de trabajo en equipo consistente en hacer una reunión en la que, durante un determinado tiempo, los asistentes lanzan todas las ideas que se les ocurran para que los demás las escuchen y se apoyen en ellas para lanzar más ideas.
- BWS:** "Budgeted Work Standard". Tiempo de Trabajo Presupuestado. Indica el total de carga de trabajo que existe en una célula, incluyendo, además de las operaciones productivas, las esperas a ciclos automatizados, las operaciones no cíclicas, los tiempos de descanso y las indisponibilidades de las máquinas. Se actualiza anualmente y sirve para hacer los presupuestos de la empresa.
- Canaly:** Sistema de pequeñas vigas y travesaños que se utiliza en Cádiz Electrónica para facilitar la instalación neumática, eléctrica y de red en las células de producción.

Casting:	Pieza de fundición.
Cell:	Célula de producción.
Célula de producción:	Es una composición de personas, máquinas, materiales y métodos con los pasos del proceso ubicados uno junto a otro en un orden secuencial, a través del cual las piezas se procesan en flujo continuo, en algunos casos en pequeños lotes uniformes que se mantienen a través de los pasos de la secuencia del modelo.
Conformal:	Material resinoso utilizado en electrónica para cubrir las placas de forma que se evite la oxidación de las patillas de los componentes, además de prevenir la vibración, movimiento y rotura de componentes con patillas más largas.
Conveyor:	Carril de entrada o salida de material de una estación o máquina.
Cover:	Cubierta.
CWS:	"Current Work Standard". Tiempo de Trabajo Actual. Tiene el mismo significado, forma y cálculos que el BWS, pero a diferencia de éste, el CWS se modifica cada vez que cambia el proceso productivo, sirviendo de guía al BWS en sus revisiones anuales.
Checklist:	Lista de comprobación o chequeo. Lista de acciones, elementos o cuestiones que se deben examinar en algún proceso determinado y que se reflejan por escrito para poder marcar positiva o negativamente sin pasar ninguna por alto.
Change over:	Tiempo transcurrido desde que sale la última pieza correcta de un lote de producción hasta que sale la primera pieza correcta del siguiente.

Desvelación:	Proceso en el que una nueva célula o una célula mejorada comienza a operar bajo la supervisión de ingenieros y técnicos para la depuración del proceso productivo.
Device:	Dispositivo.
Display:	Pantalla, monitor.
Downtime:	"Tiempo de Reposo". Es el tiempo que permanece una máquina o proceso parado o trabajando a un ritmo de producción por debajo del habitual. El cociente entre la producción real obtenida incluyendo estas paradas o ralentizaciones y la producción teórica a velocidad normal es el factor denominado Downtime.
Elementos de trabajo:	Cada una de las acciones elementales en que se divide el trabajo de un operario de producción en una célula. Efectuados todos los elementos de trabajo de la célula sucesivamente, deben completar un ciclo de producción del que se obtiene un módulo terminado.
End Item:	Producto terminado.
Fake Flow:	Falso Flujo Continuo. Se trata de aquella situación en la que se trata de alcanzar un flujo continuo para una célula y, aunque aparentemente se realizan actuaciones encaminadas hacia ello (como la disposición de la célula en U), desde el punto de vista operativo no existe tal flujo continuo con sus correspondientes beneficios.
Final Assembly:	(Abreviado normalmente como Final Assy.) Ensamble final. Se refiere a la parte de la planta dedicada a la producción en células, que corresponde al final de los procesos para cada producto.

Final Test:	Es el test final. Suele ser la última prueba de funcionamiento que se le hace a los módulos antes de empaquetarlos para el cliente, comprobando su completa funcionalidad.
Fixture:	Herramienta para colocar un módulo y dejarlo allí fijo. A menudo tiene sistemas para facilitar el trabajo, como tapas, pokayokes, agarraderas...
FTT:	Abreviatura de "First Time Through" que significa "pasado a la primera vez". Es un coeficiente porcentual que indica la cantidad de módulos que pasan correctamente por una operación, máquina o estación. El cociente entre los módulos que pasan sin fallar y los módulos totales resulta el FTT.
House keeping:	Literalmente "Limpieza de la casa". Significan todas esas tareas que se deben realizar para mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo. Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio.
Housing:	Cubierta del módulo que tiene la misión de soportar y proteger la placa electrónica.
ICT:	"In Circuit Test". Máquina electromecánica utilizada para programar y testear placas.
Kanban:	"Tarjeta". Sistema oriental para facilitar y eliminar las pérdidas en sistemas de producción por lotes.
Layout:	"Croquis, diseño". Distribución en planta.
Lean Manufacturing:	"Producción ajustada". Filosofía de trabajo por la que se trata de conseguir los objetivos propuestos con el mínimo de recursos posibles para aumentar la productividad y los beneficios.

Lead time:	Tiempo que transcurre entre la entrada de un módulo en el proceso y su salida. El tiempo total de fabricación de un producto determinado.
Leak Test:	Test de estanqueidad.
Line feeding:	"Alimentación a la línea" de materiales de producción.
Lista de control:	Lista de comprobación. Lista de acciones, elementos o cuestiones que se deben examinar en algún proceso determinado y que se reflejan por escrito para poder marcar positiva o negativamente sin pasar ninguna por alto.
Lotes de producción:	Cantidad de elementos producidos de una vez, generando tras de sí, en el flujo, un inventario que se debe ir consumiendo, poco a poco, en el posterior paso del modelo.
Marriage:	Casamiento.
Nagare:	Sistema de producción en el que cada operario empieza el ciclo productivo en la primera estación de la célula y continúa, él mismo, pasando el módulo por todas y cada una de las operaciones que requiere para ser terminado. En el caso de que se necesitara mayor volumen de producción, en lugar de hacer el trabajo en cadena, un segundo operario realiza el mismo proceso, en las mismas máquinas, con otro módulo, pero justo detrás del primer operario.
OEE:	"Overall Equipment Efficiency". "Eficiencia Media de Equipos". Medida de la disponibilidad, eficiencia de rendimiento y la calidad de una máquina.
One piece flow:	"Flujo de una pieza". Sistema de trabajo en células de producción en el que no se produce inventario entre dos estaciones contiguas ni lotes de producción. Las piezas pasan de una en una de una estación a la siguiente, en procesos que le aportan valor añadido.

Overtime:	"Tiempo suplementario". Tiempo extra de trabajo de personas. Generalmente se emplea para designar las horas extra en Producción.
Pack:	Empaquetado.
Pallet:	Elemento utilizado para almacenar y transportar material en la planta.
Patrón de producción:	Indica el tiempo se trabaja en la célula. Define en el número de días semanales y los turnos diarios en que opera la célula.
Pérdidas:	Elementos que añaden complejidad, coste y/o tiempo sin redundar en valor añadido para el producto.
Pin:	Pasador. Pata de un componente o dispositivo eléctrico o electrónico.
Poka-yoke:	Dispositivos simples y baratos para prevenir errores que están a punto de ocurrir (poka-yoke preventivo) o para detectar errores y defectos que ya han ocurrido (poka-yoke correctivo).
Power up:	"Encendido". Inspección de encendido de LEDs, displays...
QPS:	"Quality Process Sheet". Hoja de Calidad del Proceso. Es un documento para definir la forma de hacer un trabajo de la manera más segura, con mayor calidad y en el menor tiempo posible.
Quality performance:	Es la función de la calidad. Indica el nivel de calidad que tiene un proceso en función de la cantidad de producto no fabricado correctamente a la primera (rework, scrap...) y que, por tanto, supone costes de no calidad.
Rack:	Estante, soporte.

Rework / Retrabajo:	Trabajo que se hace para la reparación de un módulo. Si se hubiese evitado el error no hubiese sido necesario realizar estas operaciones, sin valor añadido, de gran coste de tiempo y de especiales necesidades de preparación y conocimientos de la persona. Al final, el módulo debe quedar listo para continuar su proceso en la línea.
Router:	Máquina para cortar placas.
Safety stock:	"Reserva de seguridad". Es el material terminado que se guarda en almacén antes de ser enviado, para prevenir posibles fallos y paradas de la línea durante un tiempo mayor que el correspondiente a la frecuencia de envío, de forma que sea posible surtir al cliente, a pesar de tener la producción detenida.
Schedule:	Programación, planificación temporal, cronograma.
Scrap:	Material de desecho, sin posibilidad de reparación o aprovechamiento.
SMD:	"Surface Mounting Device". "Dispositivo de Montaje Superficial". En Cádiz Electrónica, son las líneas automatizadas donde se insertan la mayoría de los componentes electrónicos a las placas. Son el primer paso de casi todos los procesos de la planta.
Smoothing buffer:	"Almacén de amortiguación". Es la reserva de producto terminado que se guarda en almacén antes de ser enviado, para prevenir posibles incrementos bruscos e imprevistos en la demanda del cliente y disponer de suficiente tiempo de reacción para incrementar la capacidad de la línea si fuera necesario.
Soldadura Selectiva:	Máquina electromecánica capaz de soldar, según programación, puntos concretos de una placa.

Stock:	Provisión, surtido, reservas, existencias de cualquier bien, producto, valor o capital.
Tester:	Equipo automático cuya función es la de testar un módulo o parte de él para asegurar su correcto funcionamiento.
Takt time:	"Takt" (alemán) = "Ritmo". Velocidad objetivo o ritmo de producción necesario. Es el tiempo del que se dispone para fabricar cada unidad en la línea. Viene marcado por el tiempo de producción disponible en la célula y el volumen de producción requerido; la razón entre ambos es el T.T.
Template:	Plantilla.
Timing:	Estimación de la duración de las diferentes acciones que componen una propuesta, un proyecto, etc...
Top:	Lado superior de una placa.
Tote:	Bandeja.
Troquel:	Instrumento mecánico utilizado para realizar cortes, incisiones... en diferentes materiales.
Troubleshooter:	Técnico reparador.
Valor añadido:	Las operaciones con valor añadido son aquellas que proporcionan al producto un mayor grado de utilidad o le acercan a su estado final completamente funcional.
Waste:	Desperdicio, pérdida (ver pérdidas).
Zehntel:	Máquina electromecánica utilizada para programar y testear placas.

