

# EL PENSAMIENTO FUNCIONAL EN EL LUGAR DE TRABAJO DE UN PROCESO PRODUCTIVO

Junio 2003 (TRIZ-JOURNAL)

Autor:

Ives De Saeger

P41 Industrial Services

Varendrieskouter 133, 9031 Drogen Belgium

[ids@p41.be](mailto:ids@p41.be)

Traducido por Iñigo Martija (Ingeniero Industrial EHU-UPV) en Junio de 2003.

[marni@euskaltel.es](mailto:marni@euskaltel.es)

## 1 UN PRIMER VISTAZO

### 1.1 Introducción

Palabras clave:

TRIZ, lugar de trabajo, producción, proceso, ensamblaje, análisis de procesos, funcionalidad.

Usando el pensamiento funcional (Functional thinking), una de las herramientas de TRIZ, en el lugar de trabajo de una unidad de subensamblaje (lugar intermedio en una cadena de ensamblaje), este lugar de trabajo puede ser rediseñado y recortado en tamaño enormemente. En comparación con el proceso tradicional de análisis que usa los métodos típicos de tiempo así como otros métodos de estudio de la distribución en planta (lay-out), los resultados que se obtienen con el pensamiento funcional (Functional thinking) son mucho mejores.

El pensamiento funcional se puede describir como un camino para practicar la innovación y lleva a nuevas metas más allá de lo que previamente era conocido en el proceso de análisis, añadiendo valor y metodología de estudio. El pensamiento funcional puede integrarse fácilmente junto con el análisis de riesgos y las actuaciones medioambientales, a la vez que se expande para el uso en nuevas necesidades. En este artículo se muestra de una manera muy didáctica un ejemplo muy sencillo de un subensamblaje, para el cual el pensamiento funcional muestra que resultados pueden esperarse.

### 1.2 TRIZ: ¡Intente leerlo en suahili!

TRIZ, la teoría de la resolución de problemas inventivos, es más bien una reformulación del problema. TRIZ se originó en Rusia en 1946 a través del trabajo de Altshuller. Altshuller era oficial de patentes (oficina de patentes) en la Marina de guerra rusa, se dedicó a educar a sus oficiales en la tarea de cómo inventar.

Debido a la carencia de teorías referentes a la profesión de inventar, Altshuller desarrolló una teoría que daría lugar a lo que hoy en día es una manera sistemática de innovar (TRIZ). De acuerdo con los análisis de las patentes (miles de patentes) varias herramientas fueron creadas por Altshuller, por ejemplo la tabla de las contradicciones (contradiction Matrix), el

análisis funcional, el patrón de la evolución, ARIZ (un análisis paso a paso del problema), el concepto de la idealidad y otros recursos.

TRIZ contiene una base de datos de los efectos físicos, químicos y geométricos recolectados de la ciencia. El fundamento básico de TRIZ es: "¿porqué inventar la rueda si ya existe?". TRIZ ayuda a formular su problema de una manera específica y sistemática, pero incluso provee de direcciones a donde caminar para encontrar la solución y de forma progresiva.

### **1.3 Un portal a la innovación de proceso: El pensamiento funcional**

TRIZ ofrece una mirada interesante al pensamiento funcional. El pensamiento funcional define las relaciones funcionales entre todos los objetos del sistema considerado. En una estación de trabajo tradicional de ensamblaje, los siguientes objetos pueden aparecer: la mesa de trabajo, un estante, un compartimiento para el almacenamiento, alguna herramienta eléctrica, un operario, productos a medio terminar, cajones, una manguera de aire a presión, cables eléctricos, material elevándose, las ruedas de la caja, la litera, los documentos de los procedimientos de funcionamiento estándar, los terminales, etc.

En este caso no estamos definiendo la funcionalidad del producto final y sus componentes como se hace normalmente en TRIZ, solamente estamos definiendo todas las funciones de los objetos en el lugar de trabajo y sus relaciones entre ellos y respecto a los productos a medio terminar. Las funciones pueden expresar funciones útiles e inútiles (aquí definidas como contrarias):

Útil - Dañina

Insuficiente-Excesiva

Ineficaz-Eficaz

Una caja puede cumplir la función de la protección (función útil), contiene un número de productos y la capacidad de apilar aun más productos en altura durante el transporte (función eficaz). Esta caja puede también dañar el producto (función dañina), limitar al operario a la hora sacar el producto fuera de la caja (función insuficiente) y crear trabajo extra (este es el trabajo que tiene que hacerse, pero no en cada ciclo del producto). Ej. La eliminación de espumas, plásticos y cauchos usados para proteger las piezas (sería una función excesiva). La vuelta atrás del material de desecho causa la necesidad de mayor espacio en el suelo del lugar de trabajo (funciones dañinas).

Un horno se puede utilizar para precalentar objetos pero sería deseable aminorar esta función, (función excesiva). O el horno puede realizar un calentamiento escaso (función insuficiente), no calentando las piezas lo bastante rápido y creando de este modo un tiempo de espera. El foco

de la innovación del proceso es detectar las relaciones funcionales y utilizar el análisis funcional para:

- Recortar (eliminar las funciones y objetos innecesarios, es una de las aproximaciones básicas en el proceso de análisis)
- Recombinación de funciones
- Inversión de funciones (dar la vuelta al proceso)
- Mejorar el tiempo del proceso
- Mejorar la disposición de elementos
- Determinar las contradicciones
- Visualizar secuencias
- Acabar con las acciones dañinas, insuficientes, excesivas, ineficaces (seguridad)
- Mejorar el proceso de diseño de herramientas
- Definir atributos
- Empezar un proceso creativo
- Definir el sistema ideal

## 1.4 Ejemplo de análisis funcional tipo árbol<sup>1</sup>

El análisis funcional será aplicado al caso siguiente (figura 2):

Una parte grande (A) situada a la izquierda de la figura 2, es levantada por el uso de un elevador a la mesa de trabajo donde se pone la pieza. El operario toma una pieza (B, el objeto cilíndrico) y lo posiciona sobre el pieza grande A, un perno se atornilla sobre el pieza (B) y el operario utiliza una herramienta de la batería (de elementos) para sujetarla. Las herramientas de la batería no son visibles en la figura. Se alza al ensamblaje de nuevo a un rodillo. Este ensamblaje podría ser considerado como sub-ensamblaje parcial en un supersistema. Los cajones son colocados por otro operario y montadas se montan en un ensamblaje más grande quizás en una cadena de producción. Las piezas básicas A, B y pernos son traídas (logística) por medio del vagón de doble enganche.

La figura 1 se agrega aquí para demostrar que es un paso anterior, (antes de hacer análisis de procesos), algunas fábricas todavía utilizan el paso 1 en el presente. Se mejora la ergonomía, así que el operario no tiene que retorcerse para unir el gancho a la pieza grande o a la pieza B. Un camino para el flujo, un estante con un sistema del tipo FIFO (primero en entrar primero en salir), se utiliza en la figura 2 para poner en ejecución un sistema del compartimiento en forma de x. El elevador reduce la distancia que el operario siguiente tiene que caminar antes de que

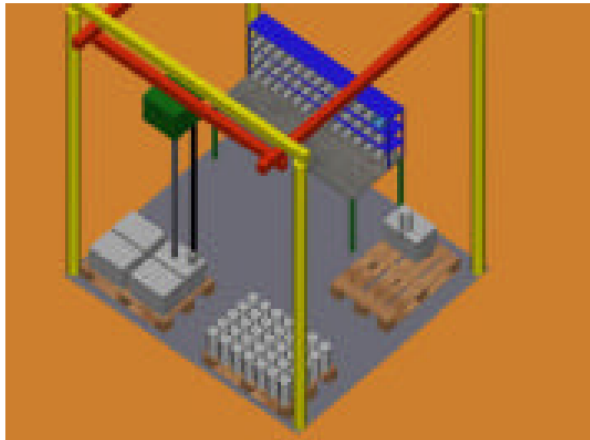
---

<sup>1</sup> *Nota del traductor:*

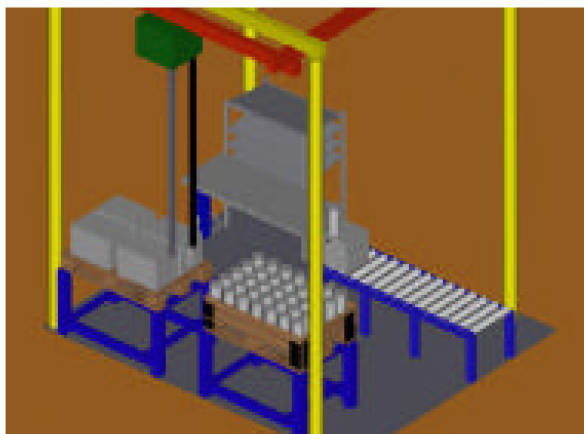
En este artículo se aplica el pensamiento funcional a un lugar de trabajo en el que se produce un ensamblaje que puede considerarse como caso típico en la industria.

Se trata de un caso muy simple en el cual una pieza cilíndrica B es acoplada a otra pieza A (cuya forma es tipo caja grande) mediante un perno. Este perno debe atornillarse para asegurar una buena sujeción.

este pueda realizar el montaje. El elevador transporta la pieza ensamblada a donde el siguiente la necesita:



**Figura 1: Paso 1**



**Figura 2: Paso 2**

Este caso es puramente académico, el número de las piezas normalmente agregadas será más alto y será calculado normalmente a partir de la duración de ciclo.

Lista de Objetos:

Mesa de trabajo

Operario

Caja A

Pieza A

Caja B

Pieza B

Elevador

Peer

Transportador

Bolt

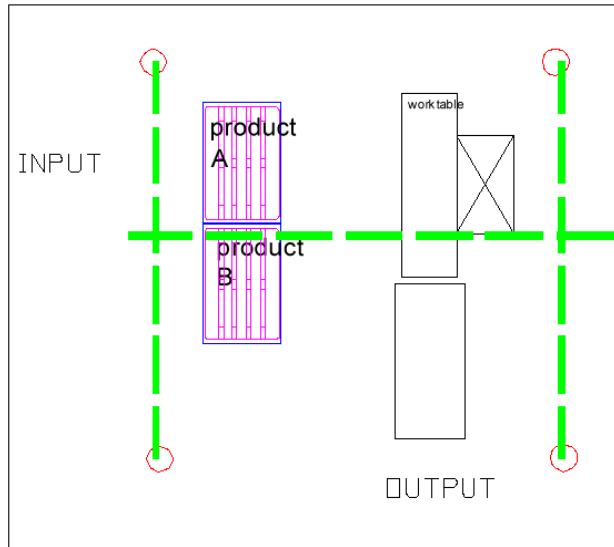
Batería de Herramientas

Camino del flujo

Caja

Gancho

Estructura (I profile, 4 poles and bridge)



El análisis de proceso de la tabla A del trabajo se puede encontrar en el apéndice A. (Se recomienda mirar primero el apéndice A antes de seguir adelante, en la tabla 2 los tiempos no son incluidos puesto que no son importantes).

## Apéndice A (Mapa del proceso de análisis)<sup>2</sup>

Herramienta	Operación	Objeto	Característica con dependencia temporal	Función
Operario	Anda hacia	Apriete	Distancia, peso	Ser elevado
Operario	Toma	Apriete y gancho	Distancia , peso, condiciones de recogida	Agarrar la pieza A
Operario	Coloca	Gancho	Precisión para situar, distancia , peso	Tomar la pieza A
Operario	Coloca	Botón	Tamaño del botón, simple o complejo	Empezar a elevar el motor
Gancho	Levanta	Pieza A	Peso, motor	Elevar la pieza
Operario	Anda hacia	Mesa de trabajo	Distancia, peso	Trabajar en la mesa de trabajo
Operario	Oprime	Botón	Facilidad de control	Empezar a descender
Elevador	Baja	Pieza A	Tiempo de máquina	Poner la pieza A en la mesa
Operario	Quita	Gancho	Facilidad de operación	Evitar daños del elevador
Operario	Posiciona	Gancho afuera	Distancia, precisión al final de la colocación	Evitar daños del elevador
Operario	Recoge	Pieza B	Distancia , peso, condiciones de recogida	Tomar control de B
Operario	Coloca	Pieza B	Precisión para situar, Distancia , peso	Montar la pieza B en A
Operario	Posiciona	Pieza B	Precisión para situar, ajustes extras	Poner la pieza B en la posición adecuada
Operario	Toma	Perno	Distancia , peso, condiciones de recogida	Tomar control del perno
Operario	Coloca	Perno	Precisión para situar, distancia , Peso	Montar el perno
Operario	Atornilla	Perno	Precisión para situar, ajustes extras, número de vueltas.	Agilizar el perno
Operario	Toma	Batería de herramientas	Distancia , peso, condiciones de recogida	Tomar control de la batería de herramientas
Operario	Coloca	Batería de herramientas	Precisión para situar, Distancia , peso	Estar preparado para agilizar el perno
Operario	Empuja	Botón	Facilidad de control	Empezar a atornillar
Batería de herramientas	Atornilla	Perno	Tiempo de máquina	Agilizar el perno
Operario	Aleja	Batería de herramientas	Distancia , peso, condiciones de recogida	Quitar la batería de herramientas del lugar de trabajo sin dañar la pieza
Operario	Toma	Perno y gancho	Distancia , peso, condiciones de recogida	Elevar la pieza ensamblada al lugar final
Operario	Coloca	Gancho	Precisión para situar, distancia, peso	Agarrar la pieza finalizada
Operario	Oprime	Botón	Precisión para situar, distancia , peso	Agarrar la pieza finalizada
Elevador	Eleva	Pieza A	Precisión para situar, distancia , peso	Agarrar la pieza finalizada
Operario	Oprime	Botón	Facilidad de control	Empezar a atornillar
Elevador	Baja	Pieza	Tiempo de máquina	Poner la pieza final en el elevador
Operario	Anda hacia	Apriete	Distancia	Empezar el nuevo ciclo

<sup>2</sup> Nota del traductor:

En el artículo original publicado en TRIZ-JOURNAL el Apéndice A se encuentra al final sin embargo aquí se presenta a continuación para facilitar el entendimiento del lector.

## 1.5 Usando la funcionalidad en los procesos

### 1.5.1 Encontrando la función

Para identificar la función de un objeto la pregunta que uno debe hacerse es:

“¿Que hace y/o que debe hacer? en vez de ¿Que es?. "Un verbo sustantivizado" se utiliza normalmente para identificar la función. “Un verbo sustantivizado " se utiliza mucho desde el punto de vista del análisis de proceso. Usamos verbos sintéticos tales como asimiento, lanzamiento, posición, caminata, que son palabras comunes en el uso (mirar el mapa del proceso del análisis, apéndice A).

El operario utiliza la llave. El verbo es la acción o la operación. En este caso ‘utiliza’ es demasiado general para ser la ‘descripción funcional’. La dificultad está en definir la función, esto ayudará a definir el sistema conduciendo a las mejoras y a oportunidades en la innovación. El operario ‘sostiene’ la llave es una descripción mejor de la función. Está claro que el verbo es demasiado importante.

Los sustantivos usados en un análisis de proceso son las operaciones, un análisis funcional sin embargo revelará otros sustantivos tales como ' asimientos'. El uso de la mesa de trabajo (= sostiene una pieza y proporciona el lugar de trabajo) no es considerado por un analista de proceso. La mesa de trabajo no influenciará en el tiempo y por lo tanto se pasa por alto. Sin embargo en un paso extremo de la eliminación de objetos debe también ser considerado. Ésta es la ventaja de usar el análisis funcional, él ayudará a ver un proceso de una manera nueva. Incluirá las funciones dañinas potenciales que se deducen normalmente después de mejorar una situación. Aquí es posible identificar todas las relaciones funcionales (operaciones de proceso incluidas, así como otras relaciones ejecutadas por otros objetos dentro del sistema).

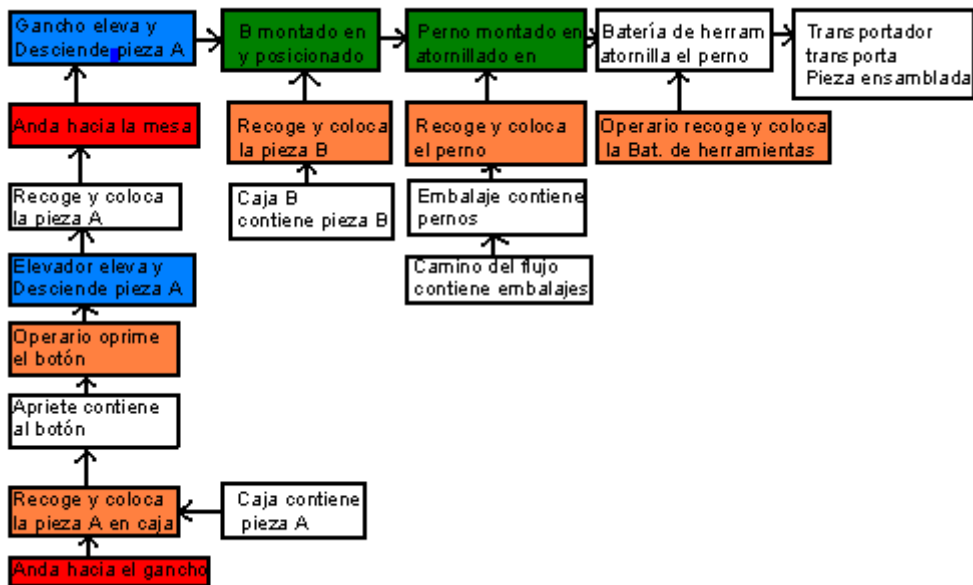
Mirando la tabla del proceso de análisis (el apéndice A) es fácil hacer un mapa de proceso funcional. Se definen todos los objetos y se unen funcionalmente. Otra representación de la metodología de “Ideation” también será demostrada.

### 1.5.2 Aplicando el pensamiento funcional al ejemplo

El análisis funcional según el modelo de TRIZ se demuestra en la figura 3.

Para centrarse en recortar, la mayoría de las funciones se consideran eficaces. Muchos de las funciones sin embargo se podían agregar por ejemplo como funciones latentes. Una función latente es una función que está presente pero aparece solamente a nivel estadístico. Un ejemplo es el hipotético de que una herramienta de la batería de herramientas lastimase al operario (en realidad es la rotación de la cabeza de tornillo la que cuál podría lastimar al operario), desgraciadamente hay cierta probabilidad de que esto suceda. Otra función latente





Una relación de tiempos entre las funciones, revela claramente que el material elevado es usado para transportar la pieza principal y necesita ser realizada para poder ensamblar las piezas. El proceso de montar la pieza B y de atornillar el perno son las únicas funciones que agregan valor en esta representación completa del proceso. Aquí se pueden cambiar las operaciones para rediseñar el método de ensamblaje.

## Observaciones acerca del apéndice A

Estas representaciones nos dan un modelo para conseguir entrar dentro del sistema, entender las relaciones entre los componentes, conduce a una comprensión mejor de los pasos para añadir-valor y el modelo se puede utilizar para combinar funciones, eliminar funciones o cambiar funciones.

El análisis de los modelos es incapaz de analizar qué función se realizó en primer lugar. Si se toman todos los objetos vistos en un período del tiempo, puede ocurrir que se ejecuten recíprocamente como función discreta. El mapa entero no es nada más que una comprensión de todos los estados iniciales, como si todos existieran en el mismo momento. Esta es la razón por la cual en un principio echar un vistazo a este mapa no es interesante desde un punto de vista del análisis de procesos. Una conclusión podría ser que esta comprensión pudo excluir contradicciones del ' tiempo ' pues este modelo no nos da ninguna idea de qué vino primero. El perno se podría poner primero en la pieza B, mejorando así la colocación de la pieza B en A.

Es interesante darse cuenta de que claramente hay una diferencia entre las operaciones según lo visto en la tabla y las funciones descritas. Un analista de proceso describiría este proceso de la siguiente forma: el operario pone una pieza en la mesa de trabajo, la función obvia de la mesa de trabajo (trabajar en ella y manipular la pieza) no es normalmente algo a tener en cuenta. Entonces está claro que varias operaciones son necesarias realizar una función. Todavía hay un cierto trabajo que se deberá hacer en el campo de la dependencia temporal que revele las funciones. El producto ha sido transformado lentamente desde una materia prima hasta convertirlo en producto final agregando piezas en una determinada secuencia.

### 1.5.3 El valor añadido

Otro punto a considerar son las características de cada objeto. Es porque un objeto es demasiado pesado (el peso es la característica) por lo que causa una dificultad en la acción. Es en las características de los objetos donde el problema puede estar. Las características tales como par de apriete (fuerza), longitud, tamaño, peso, distancia a, facilidad para situar son claramente mejores para definir el problema de manejar una llave y se pueden utilizar para determinar el tiempo. Es porque un objeto es pequeño y está ligado a algo por lo que nos lleva más tiempo para tomar este objeto que en el caso de estar libre.

A la hora de describir funciones se suele uno fijar en las herramientas y objetos que producen un cambio directo en otro objeto. Este cambio pueden ser las acciones de traer y colocar. Estas acciones cambian solamente la posición del objeto. Hay otras acciones tales como la soldadura, el atornillando, la limpieza los objetos visuales. Un estudio de proceso está buscando acciones para añadir valor. La acción de valor añadido se puede entender como el momento que un producto se agrega a otro aumentando así el valor del conjunto. Una representación del valor añadido es el modelo rojo-verde. El rojo se aplica a las acciones que no contribuyen al valor añadido, verde para el caso contrario.

La siguiente tabla da una idea de las operaciones y las características del objeto. Las características descritas aquí determinan el tiempo real necesario para realizar esta acción. Este modelo etiqueta las operaciones en las que dan valor añadido y en las que no. Hay cuatro colores. Los colores se explican en la tabla 1:

Color	Operación del operario	Características que afectan al tiempo empleado
Rojo: sin valor añadido	Andar, acarrear (peso), inclinarse, pararse, subir escaleras, sentarse, leer, escribir	Distancia, altura, profundidad, tamaño, número de elementos
Naranja: manipulación de objetos no situados en su posición final	Recoger y posicionar	Tamaño (longitud, anchura, altura), condiciones superficiales (resbaladizo, pegajoso), condiciones de forma
Verde	Montando partes en sus posiciones finales	Las mismas que para el naranja
Azul	Tiempos intermedios: esperando a algo	Organización del trabajo, tipo de proceso, ritmo del operario

Las características del verde son iguales que las del naranja puesto que la única diferencia entre la verde y la naranja es “situar definitivamente” y el verde tiene un valor fijo dependiendo del producto. Las condiciones del lugar son determinadas por el diseñador del producto, todas las condiciones de recogida son determinadas por el diseñador de proceso y dependen del empaquetamiento, el número de lugares intermedios.

Algunos paquetes son directamente colocados en el lugar de trabajo e influyen también en la productividad. Las contradicciones pudieron surgir de este hecho. Es el empaquetado (Ej. tamaño) es el que limita al operadora la hora de conseguir piezas fácilmente. El factor azul se sitúa en un nivel más alto del sistema (el supersistema). Por lo tanto las características dependen del nivel de la organización (planeamiento), del tipo de proceso o del ritmo del operador. El azul se puede asociar a los sistemas de planeamiento logísticos y a la organización ideal del trabajo.

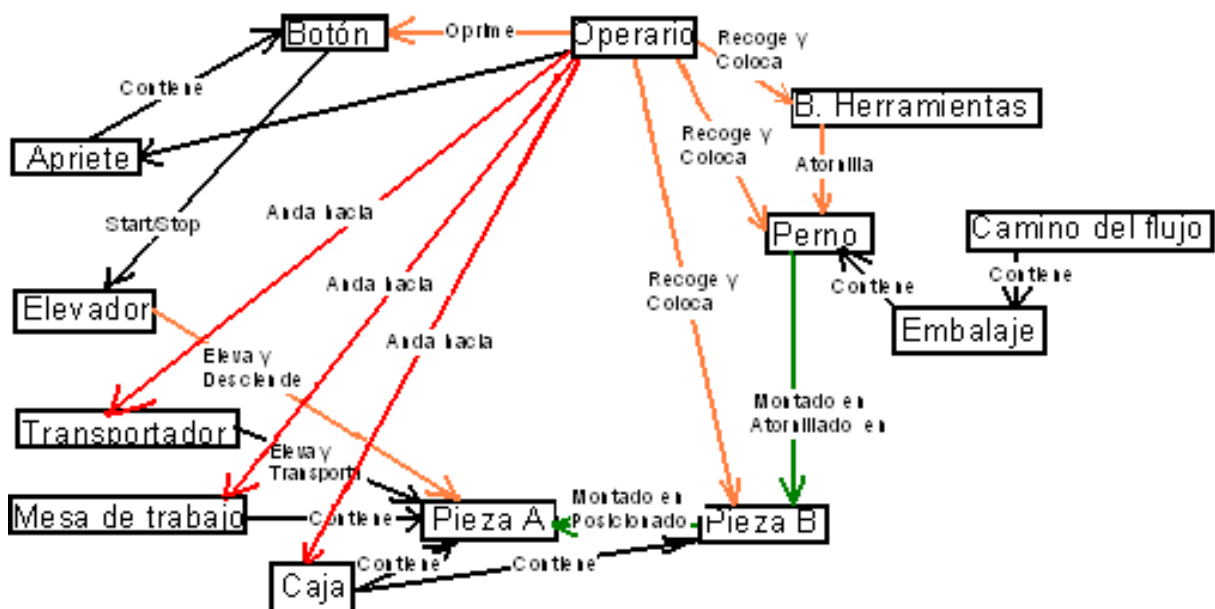
La aplicación de todo esto al estudio de este caso nos encontramos con una lista como sigue:

<b>Lista de Objetos</b>	<b>Cualidades para la Productividad &amp; Ergonomía</b>	<b>Cualidades para la Calidad &amp; Mantenimiento</b>	<b>Cualidades para la Seguridad &amp; M. ambiente</b>
Mesa de trabajo	Longitud, altura	Arrugas, limpieza	Bordes afilados
Caja de A,B, embalaje	Peso, longitud, número de partes preparadas para ser acarreadas	Factor de estabilidad, durabilidad	Amontonar cajas(grandes montones), viajes
Parte A,B, perno	Tamaño (longitud, profundidad, altura), condiciones superficiales (resbaladizo, pegajoso), condiciones de forma (para meterlo con fuerza), peso, fragilidad, usar ambas manos, facilidad de operación, facilidad de alineamiento, profundidad de inserción, simetría, distancia (llegada a brazo).	Lo mismo que en productividad	Lo mismo que en productividad
Elevador	Velocidad del motor, tiempo de máquina	Fiabilidad, facilidad de reparación, durabilidad	Máxima capacidad de carga, dureza, visibilidad de elevación
Apriete	Facilidad de operación, distancia a andar, facilidad de agarre	Fiabilidad, facilidad de reparación, durabilidad	Controlabilidad del elevador, velocidad de reacción del apriete
Transportador	Longitud, altura	Arrugas, limpieza	Bordes afilados, distancia a rodillos
Batería de Herramientas	Facilidad de operación, tiempo de máquina	Fiabilidad, facilidad de reparación, durabilidad	Vida de la batería, capacidad de recarga
Camino del flujo	Peso, longitud, número de partes preparadas para ser acarreadas	Carácter modular	Estabilidad
Gancho	Facilidad de operación	Daño a la pieza, distribución de la carga en la parte	Dureza, capacidad para diferentes cargas

### 1.5.4 El estudio del método

Las secuencias en el análisis de procesos son ayudas importantes y que pocos software plantean desarrollar todas las posibilidades, porque el número de permutaciones es demasiado grande. Analizar las secuencias o los ' métodos de trabajo' merece la pena porque puede ayudar a innovar en el proceso. El análisis funcional ayuda a superar y a visualizar este problema. Todos los objetos están igualmente presentes y la secuencia se puede repasar inmediatamente. Sin embargo sigue habiendo un cierto trabajo que debe ser hecho a la hora de definir la contradicción del tiempo dentro de TRIZ. Un estudio de la dependencia del tiempo se incluye en la terminología de "Ideation".

El perno se puede tomar por medio de la herramienta de la batería (cabeza magnética) y el perno se atornilla así en la pieza B. El operario no necesita tomar el perno nunca más y por lo tanto se ha ganado cierto tiempo.



## 1.6 Vuelta a mejorar el diseño en planta

Aplicando las reglas según lo definido anteriormente de recortar, recombinar, invertir las funciones, uno es capaz de volver a mejorar el diseño en planta tal como lo conocemos hoy en día.

La siguiente tabla contiene una lista de objetos y algunas soluciones de recorte, que se pueden obtener con el pequeño esfuerzo de mirar al mapa funcional.

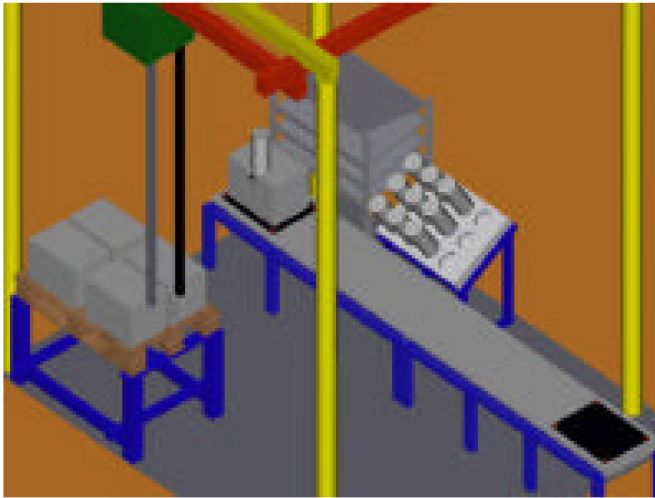
Objeto	Solución de recorte
Mesa de Trabajo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajustar la mesa de trabajo y recolocar su función en el transportador: La función del transportador es traer la pieza al lugar intermedio siguiente (normalmente para ser montado en otra pieza). El rodillo podría también servir como una mesa de trabajo y eliminar la elevación del transportador.</li> <li>2. Utilizar el cajón como mesa de trabajo (véase más adelante)</li> </ol>
Caja A	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La función del cajón es contener la pieza A. Si el cajón pudiera realizar la función de la mesa de trabajo, toda la elevación podría ser eliminada. Esto significaría que el cajón tendría que ser reajustado puesto que las otras piezas obstruirán el montaje de la pieza.</li> <li>2. Otra posibilidad es que el cajón proporcione la función del transporte;</li> </ol>
Parte A, parte B, perno	Fundamental, no pueden ser cambiadas
Caja B	Para cambiarlo ver el paso 3 (el empaquetamiento es cambiado para mejorar la recogida)
Elevador, apriete	Ver gancho
Transportador	Ver mesa de trabajo
Batería de herramientas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La función de la batería de herramientas es sujetar el perno. Hoy en día se puede encontrar una batería que atornille más rápido.</li> <li>2. Por ejemplo el perno también se podía poner en la herramienta de la batería y después atornillarlo en la pieza. Esto mejorará la productividad del proceso.</li> </ol>
Camino del flujo, embalaje	Ver etapa 4
Gancho	La función de la elevación (apriete y botón) es transportar la pieza A (levantándola y bajándola). El bajar y la elevación no tiene ningún valor añadido, que en este caso podría ser considerado (el gancho) como una extensión. Considerar que un vagón, cumple la función de levantar y bajar también en el cuarto delantero, sería más sabio utilizarlo de este modo.

¡Este ejemplo demuestra claramente que el análisis funcional conduce a un lugar de trabajo mas reducido!

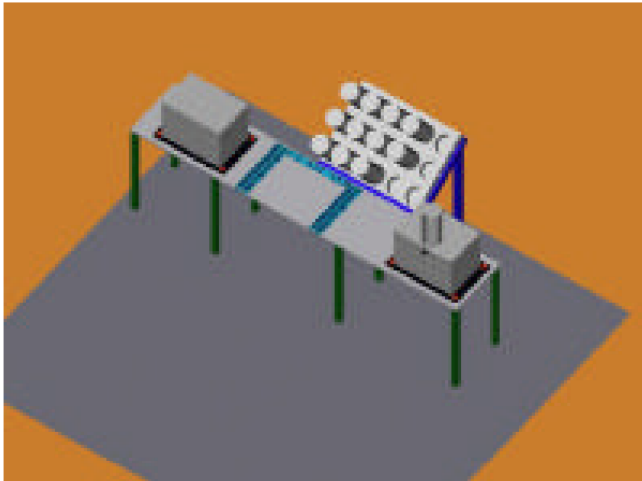
El ajustar (recortar) conduce a lugares de trabajo más limpios según lo descrito en las "5S", pero también elimina la pérdida de movimiento. Usando esta técnica se pueden describir los riesgos implicados en cada objeto para mejorar aún más el lugar de trabajo.

La funcionalidad de los 'Asimientos' es excesiva en la pieza A. La pieza A es sostenida por la caja, el gancho, la mesa de trabajo y el rodillo.

¡El autor invita al lector a que dé con un sistema más fácil de montar!

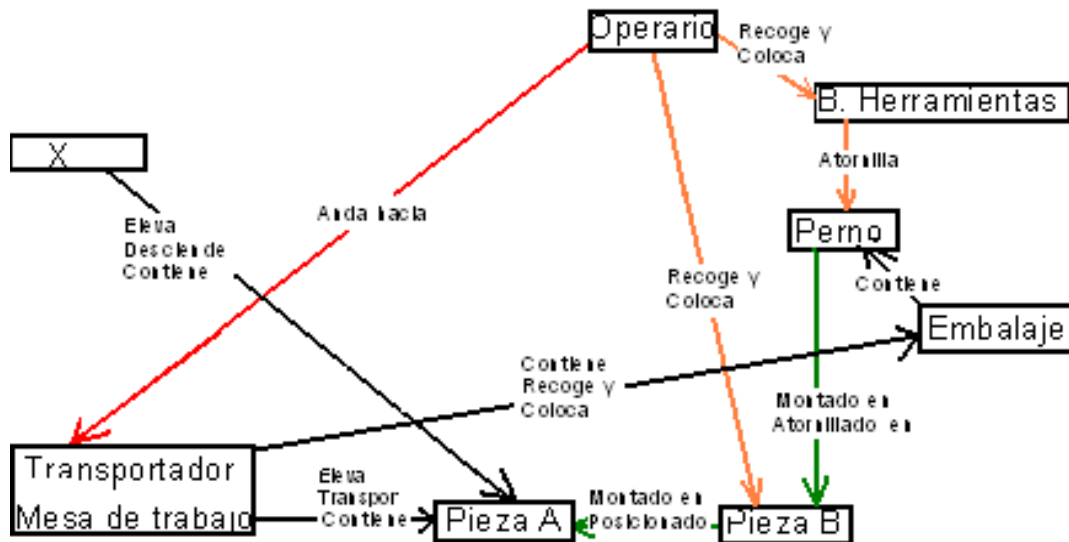


**Figura 3: paso 3**



**Figura 4: paso 4**

La figura 3 nos muestra una mesa de trabajo mejorada. El transporte de la pieza principal es realizado por una placa en las ruedas. La pieza B es también más ergonómica. La 'caja' se ha alterado convirtiéndose en una nueva espuma para el empaquetado. La pieza A todavía debe ser levantada y llevada a la mesa de trabajo:



En el análisis funcional de la figura 4 (que es el paso 4 del proceso de mejora): Se elimina el elevador totalmente, (así que no será necesario incluir la estructura para sujetar el elevador) su función es cumplida por el vagón de doble engancho o por nuevos medios del transporte. El estante tipo kanban se incluye en la mesa de trabajo. La tabla contiene los agujeros así que el operario puede tomar las tuercas necesarias y el espacio de los pernos. El espacio necesario para las operaciones se puede reducir 4 veces. El autor invita a los lectores a que traten de encontrar variantes de este proceso para innovar en el sistema de producción.

### 1.7 Conclusiones:

Este artículo trata de investigar el uso del pensamiento funcional en un ambiente del proceso de producción. Este artículo espera estimular a ingenieros de proceso para pedir técnicas mejores con las que poder rediseñar el lugar de trabajo y definir los procesos. Los modelos actuales usados en TRIZ son muy útiles par ser aplicadas en un nivel de proceso pero el desarrollo adicional en este área podría dar lugar a contradicciones de tiempos.

Usar el pensamiento funcional nos conduce la fabricación hacia la seguridad, la calidad y el mantenimiento. Cada uno de ellos refuerza las funcionalidades de los objetos.

### 1.8 Información del autor:

Ives De Saeger es licenciado en física y es Ingeniero civil. Ha trabajado como consultor para VolksWagen Bruselas, Picanol, DAF trucks, Euromold (una compañía de Nexans para mejora de procesos).

Agradecimientos del autor: Stephen Depijpere por el dibujo 3D, Linda Van de Graaf, Danny Maes y Bart Neels por los comentarios que engrandecen el artículo.

## 1.9 Referencias del autor:

- Boothroyd G., Dewhurst P. & Knight W., Product design for Manufacture and Assembly, Marcel dekker , 1994
- Darell M., Hands-on Systematic Innovation, Creax Press, 2002
- J.P. Baartman, Automation of assembly operations on parts, TU Delft, 2001
- Kowalick J.F., TUTORIAL: USE OF FUNCTIONAL ANALYSIS AND PRUNING, WITH TRIZ AND ARIZ, TO SOLVE "IMPOSSIBLE - TO - SOLVE" PROBLEMS, Triz Journal dec 1996
- Miller J., Domb E., The Importance of Time Dependence in Functional Modeling, TRIZ Journal dec 2002
- Rantanen K., Domb E., Simplified TRIZ, St Lucie Press,2002
- ReVelle, J.B., Manufacturing Handbook of Best Practices, APICS, St Lucie Press, 2002
- Terninko J., Zusman A. Zlotin B., Systematic Innovation, an introduction to TRIZ, St. Lucie Press, 1998
- Vicente-Gomila, J.M., Applying some TRIZ concepts to the problem of harvesting and selection of potatoes, TRIZ-journal oct. 2001