

Herramientas de producción

Ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos

Juan Gregorio Arrieta Posada



Arrieta Posada, Juan Gregorio

Herramientas de producción: ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos / Juan Gregorio Arrieta Posada. -- Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011.

150 p.; 24 cm. -- (Colección académica)

ISBN 978-958-720-091-1

1. Ingeniería de la producción 2. Planificación de la producción
3. Rendimiento industrial 4. Mejoramiento continuo I. Tít. II. Serie.
620.11 cd 21ed.

A1289182

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Herramientas de producción

Ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos

Primera edición: mayo de 2011

© Juan Gregorio Arrieta Posada

© Fondo Editorial Universidad EAFIT

Cra. 49 No. 7 sur - 50. Tel. 261 95 23

www.eafit.edu.co/fondoeditorial

Correo electrónico: fonedit@eafit.edu.co

ISBN: 978-958-720-091-1

Diseño de colección: Miguel Suárez

Imagen de carátula: *An interesting piece of rusted machinery*, subido por: coloniera2,
disponible en: www.sxc.hu, consulta: 6 de mayo de 2011

Editado en Medellín, Colombia

*Para Marta Elena, Inés, Clara, Jairo,
Rodrigo, Claudia, Daniel, Pablo y Emilio*

Contenido

Prefacio	15
1. La empresa de categoría mundial	17
1.1 Introducción	17
1.2 Principios de clase o categoría mundial.....	20
1.3 Preguntas que toda empresa debe hacerse	21
1.4 Preguntas usadas para analizar las escenas	23
1.5 Conclusiones	24
2. La fábrica visual.....	27
2.1 Introducción	27
2.2 Definición de los sistemas visuales	28
2.3 Estructura de trabajo con los sistemas visuales.....	29
2.4 Preguntas asociadas a los sistemas visuales	32
2.5 Administración de un sitio de trabajo visual	33
2.6 Ejemplos de la administración visual	36
2.7 Ejemplos de controles visuales	39
2.8 Conclusiones	49
3. Las 5S	53
3.1 Introducción	53
3.2 Beneficios de las 5S.....	54
3.3 Significado de las 5S.....	55
3.4 Estructura de trabajo con las 5S	55
3.5 Definición del primer Pilar de las 5S. <i>Seiri</i> (Organización)	64
3.6 Definición del segundo Pilar de las 5S. <i>Seiton</i> (Orden)	71

3.7	Definición del tercer Pilar de las 5S. <i>Seiso</i> (Limpieza).....	78
3.8	Definición del cuarto Pilar de las 5S. <i>Seiketsu</i> (Limpieza estandarizada)	82
3.9	Definición del quinto Pilar de las 5S. <i>Shitsuke</i> (Disciplina)	85
3.10	Conclusiones	89
4.	Los Sistemas SMED.....	95
4.1	Introducción	95
4.2	Las etapas de los Sistemas SMED.....	104
4.3	Conclusiones	120
5.	Los Sistemas <i>poka-yoke</i>	123
5.1	Introducción	123
5.2	Por qué enfocarse en el concepto de “cero defectos”	125
5.3	Elementos centrales de los Sistemas <i>poka-yoke</i>	129
5.4	Estrategias para el concepto de “cero defectos”	131
5.5	Los Sistemas <i>poka-yoke</i> y el control estadístico de calidad (SPC)	132
5.6	Métodos para el uso de los Sistemas <i>poka-yoke</i>	133
5.7	Ejemplos de Sistemas <i>poka-yoke</i>	135
5.8	Conclusiones	136
6.	Implementación de las herramientas de producción ...	139
6.1	Participación y compromiso de las directivas.....	139
6.2	Participación y compromiso de los empleados.....	141
	Bibliografía	143
	Índice temático	145

Índice de figuras

Figura 1.1	Objetivos estratégicos de la empresa.....	17
Figura 1.2	Aspectos que debe tener una empresa de clase mundial.....	18
Figura 1.3	Tipos de escenas en las plantas.....	22
Figura 1.4	Preguntas relativas a las escenas	24
Figura 2.1	Estructura de trabajo con las herramientas de producción.....	28
Figura 2.2	Ejemplo de una planta visual	30
Figura 2.3	Administración visual	33
Figura 2.4	Pirámide de los sistemas visuales.....	34
Figura 2.5	Sistemas visuales	41
Figura 2.6	Sistemas visuales	42
Figura 2.7	Ejemplo de sistemas visuales en una línea de producción.....	42
Figura 2.8	Ejemplo de sistemas visuales	46
Figura 2.9	Ejemplo de sistemas visuales en una planta de producción	48
Figura 3.1	Las 5S dentro de la estructura de trabajo con las herramientas de producción	54
Figura 3.2	Beneficios de las 5S.....	54
Figura 3.3	Esquema inicial de trabajo con las 5S.....	60
Figura 3.4	Tarjeta roja	65
Figura 3.5	Tarjeta roja diligenciada.....	66
Figura 3.6	Criterios de asignación de las Tarjetas rojas	67
Figura 3.7	Esquema de trabajo con las 5S.....	70
Figura 3.8	Zona normal y máxima de trabajo	73
Figura 3.9	Líneas de flujo en tuberías.....	76
Figura 3.10	Líneas de acción de equipos	77
Figura 3.11	Forma de trabajo con las 5S.....	78
Figura 3.12	Lista de Limpieza con inspección	80

Figura 3.13	Objetivos del tercer Pilar de las 5S	82
Figura 3.14	Forma de trabajo con las 5S	84
Figura 3.15	Ejemplos de Eslóganes 5S	85
Figura 3.16	Forma de trabajo con las 5S	88
Figura 4.1	Los Sistemas SMED dentro de la estructura de trabajo con las herramientas de producción.....	96
Figura 4.2	Tiempos involucrados en un cambio de referencia.....	101
Figura 4.3	Ejemplo de un Diagrama hombre-máquina.....	105
Figura 4.4	Ejemplo de una Tabla para separación de Operaciones internas y externas	107
Figura 4.5	Ejemplo de una Tabla de conversión de Operaciones internas en externas.....	108
Figura 4.6	Elementos necesarios para desarrollar una Lista de chequeo...	110
Figura 4.7	Forma de un agujero tipo pera.....	114
Figura 4.8	Ejemplo de uniones usando colas de milano	115
Figura 4.9	Ejemplo de una unión usando colas de milano.....	116
Figura 4.10	Resumen de los Sistemas SMED	120
Figura 5.1	Los Sistemas <i>poka-yoke</i> dentro de la estructura de trabajo con las herramientas de producción.....	124
Figura 5.2	Tipos de defectos	129

Índice de fotos

Foto 2.1	Ejemplo de sistemas visuales	40
Foto 2.2	Ejemplo de sistemas visuales	40
Foto 2.3	Ejemplo de sistemas visuales	41
Foto 2.4	Ejemplo de sistemas visuales en una línea de producción.....	43
Foto 2.5	Ejemplo de sistemas visuales	43
Foto 2.6	Ejemplo de sistemas visuales. Planta de ensamble de carros ...	44
Foto 2.7	Ejemplo de sistemas visuales. Planta de ensamble de carros ...	44
Foto 2.8	Ejemplo de sistemas visuales. Planta de ensamble de carros ...	45
Foto 2.9	Ejemplo de sistemas visuales en una planta de producción	45
Foto 2.10	Ejemplo de sistemas visuales en un almacén de componentes.....	46
Foto 2.11	Ejemplo de sistemas visuales	47
Foto 2.12	Ejemplo de sistemas visuales	47
Foto 2.13	Ejemplo de sistemas visuales en una línea de producción.....	48
Foto 3.1	Zona piloto con Tarjetas rojas puestas	68
Foto 3.2	Ejemplo de sistemas visuales en un proceso productivo	74
Foto 3.3	Ejemplo de un tablero de contornos.....	75
Foto 3.4	Líneas de demarcación de pasillos y de tipo “cebra”	76
Foto 3.5	Demarcación de un sitio de trabajo	77
Foto 3.6	Ejemplo de las 5S en un lugar de almacenamiento.....	90
Foto 3.7	Ejemplo de las 5S en un lugar de trabajo.....	91
Foto 3.8	Ejemplo de las 5S en un área de trabajo	91
Foto 3.9	Ejemplo de las 5S en un área de trabajo	93
Foto 3.10	Ejemplo de las 5S en un área de trabajo	93
Foto 4.1	Ejemplo de trabajo de <i>pits</i> en la Fórmula 1	97
Foto 4.2	Ejemplo de trabajo de <i>pits</i> en la Fórmula 1	98

Foto 4.3	Sistema de almacenamiento usado como una mejora en los Sistemas SMED.....	112
Foto 4.4	Ejemplo de tapas <i>twist-off</i>	114
Foto 4.5	Sistemas de grapas.....	115
Foto 4.6	Micrómetro	116
Foto 4.7	Ejemplo de galgas	117
Foto 4.8	Líneas de centrado y Planos de referencia visibles	118
Foto 5.1	Ejemplo de conmutadores de límite (Métodos de contacto)...	133
Foto 5.2	Ejemplos de contadores (Métodos de valor fijo).....	134
Foto 5.3	Tapa del tanque de gasolina de un automóvil	135
Foto 5.4	Adhesivo que muestra vibraciones de una máquina por encima del límite permitido	135
Foto 5.5	Control de estatura a la entrada de un juego mecánico	136
Foto 5.6	Sartén con un punto indicador de temperatura	136

Índice de tablas

Tabla 2.1	Ejemplos de indicadores de gestión comúnmente usados en las fábricas visuales.....	29
Tabla 2.2	Ejemplo de administración visual.....	37
Tabla 2.3	Ejemplo de administración visual.....	38
Tabla 3.1	Hoja de evaluación de las 5S.....	57
Tabla 3.2	Hoja de evaluación de las 5S diligenciada.....	61
Tabla 3.3	Puntaje de evaluación de las 5S.....	64
Tabla 3.4	Ejemplo de un Informe rojo.....	69
Tabla 3.5	Criterios de decisión para la Zona roja de almacenamiento.....	70
Tabla 3.6	Actividades para aplicar el cuarto Pilar de las 5S.....	83
Tabla 3.7	Plan de trabajo de las 5S.....	89
Tabla 5.1	Ejemplos de Errores y Defectos.....	125

Prefacio

Una de las mayores inquietudes que puede tener una empresa, especialmente las de la industria manufacturera, al desarrollar sus procesos de mejoramiento continuo, es cómo empezar a hacerlos. ¿Inicia con una sola técnica de mejoramiento o abarca varias de ellas? ¿Se realiza en toda la empresa o se definen unas zonas piloto para trabajar? Este libro responde a estos interrogantes, y de una manera muy clara y concreta, explica el funcionamiento y características de varias de las técnicas de mejoramiento de procesos productivos que se usan en las empresas.

Cada capítulo desarrolla la descripción de una herramienta de mejoramiento de los procesos, con sus características, acciones por seguir, necesidades y ejemplos de resultados alcanzados con su aplicación; adicionalmente, como es un apoyo académico, se dejan ejercicios prácticos al final de los capítulos, para que el lector, en su empresa o con trabajos prácticos de clase, los desarrolle, para afianzar la comprensión de la temática expresada.

Se resalta, además, de una manera gráfica, cómo las herramientas de producción se complementan entre ellas, y qué aspectos, principios, características tienen en común, lo que permite que los lectores entiendan que, si se empieza a trabajar con una técnica, se está implícitamente trabajando con las otras y, por lo tanto, las empresas en sus proyectos de mejoramiento pueden tener varios frentes de acción a la vez, lo que resulta en un avance más rápido en el proceso de mejora. Es importante tener en cuenta que este proceso se debe realizar con la cautela suficiente, para que el sistema de mejoramiento no se sature de información proveniente de muchos frentes de trabajo, pues podría hacer que todo el plan llegara a colapsar.

Capítulo 1

La empresa de categoría mundial

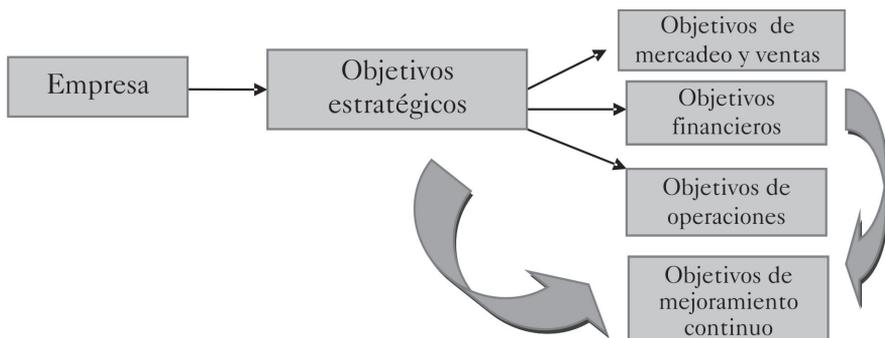
1.1 Introducción

Este capítulo aborda el concepto de empresa de clase o categoría mundial, sus principios rectores y lo que debe tener para ir construyendo poco a poco ese objetivo. Adicionalmente, se evalúan las preguntas que toda empresa debe hacerse al analizar sus procesos productivos con miras a mejorarlos.

Toda empresa, ya sea manufacturera o de servicios, está obligada a tener los mejores niveles de gestión en sus indicadores de planta. Como lo muestra la Figura 1.1, una empresa tiene varios objetivos estratégicos:

- *El mercadeo y las ventas*
Una buena posición en el mercado, participación en las ventas y excelente servicio al cliente.
- *El buen desempeño financiero*
Que la empresa sea rentable, tanto para sus accionistas como para su grupo de empleados y trabajadores.

Figura 1.1 Objetivos estratégicos de la empresa



Fuente: elaboración del autor.

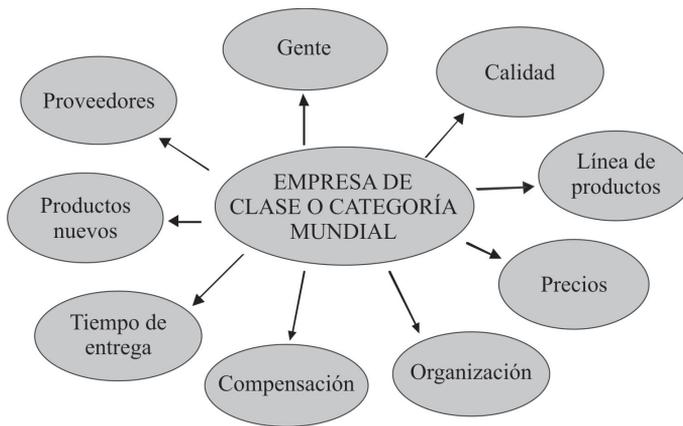
- *Las operaciones*

Referidas a los procesos productivos, que garanticen que sus productos se puedan elaborar de una manera satisfactoria.

- *El mejoramiento continuo*

El mejoramiento continuo se puede definir como: “Una filosofía de vida que con la aplicación de técnicas de ingeniería busca la reducción continua de los desperdicios en la planta con la participación de todo el personal”.¹ Una empresa que trabaje bajo las premisas del mejoramiento continuo logra la mejora en todos sus procesos, tanto productivos como administrativos, y va adquiriendo un mayor enfoque hacia el cliente e incrementa los factores necesarios para llegar a ser de clase o categoría mundial. En la Figura 1.2 se presentan los diferentes aspectos y tareas que debe realizar una empresa para ir construyendo las bases sostenibles y afianzarse como una compañía de categoría mundial.

Figura 1.2 Aspectos que debe tener una empresa de clase mundial



Fuente: elaboración del autor.

- *Proveedores*

Una empresa de clase mundial busca tener relaciones a largo plazo con sus proveedores, capacitarlos en los requerimientos que se les

¹ Juan Gregorio Arrieta Posada, “Estudio de las mejores prácticas en manufactura conocidas como herramientas de producción aplicadas en el sector metalmecánico de la ciudad de Medellín”, *Revista Universidad EAFIT*, vol. 40, núm. 133, enero-febrero-marzo, Medellín, 2004, pp. 106-119.

exigen para que los puedan cumplir y no buscar solo la cotización más baja.

- *Productos nuevos*

No se puede confundir la velocidad con el afán; un producto se lanza al mercado solo cuando haya cumplido con los estándares de calidad, así sea que su presentación al mercado se demore un poco más.

- *Tiempo de entrega*

Este debe ser cada vez más corto; en particular, se deben analizar y mejorar los tiempos que se invierten en las labores administrativas, que afectan la demora en la entrega de los productos a los clientes; por ejemplo, las liberaciones de órdenes o autorizaciones de despacho de un almacén.

- *Compensación*

Se refiere a la participación del trabajador en las decisiones de mejoramiento de la empresa, lo que significa que puede sugerir mejoras a los procesos productivos, el entorno, las condiciones de trabajo, etc. Es, pues, darle el poder de aprender y aumentar la capacidad de producir resultados.

- *Organización*

Una empresa de clase mundial debe ser lo menos burocrática posible, manejar el concepto de gerencia de puertas abiertas, estar orientada hacia el cliente y tener las mínimas jerarquías –y, si las hubiere, que permita a los niveles inferiores llegar con facilidad a los superiores–.

- *Precios*

Tener mejores precios que los de su competencia; como se sabe, sin embargo, el precio del producto viene dado por el mercado, lo que solo deja la opción de mejorar los costos de producción para tener más rentabilidad.

$$Z = PV - CT \text{ (Utilidad = precio de venta menos el costo total)}$$

En una compañía de clase mundial se les informa a los operarios que ellos están en capacidad de variar el precio de venta del producto. Esta

afirmación puede no ser aceptada por todos, pero es cierta: si el precio lo pone el mercado y se quiere seguir ganando dinero, el rendimiento se disminuye, a no ser que se reduzcan los costos; ¿y quiénes están en contacto directo con los generadores de los costos operativos? Los ingenieros de planta, que deben trabajar en su disminución.

- *Línea de productos*

Dedicarse a hacer solo aquello en lo que se es bueno. En este punto, una empresa de clase mundial aplica el concepto de *planta dentro de la planta*,² por el cual tiene líneas dedicadas para sus productos de alto volumen, y estandarización y líneas altamente flexibles para la fabricación sobre pedido.

- *Calidad*

Aunque en la actualidad este aspecto diferenciador se da por establecido, no significa que esté revaluado, sino que es algo implícito en todo proceso productivo y en los productos fabricados; sin embargo, no se puede olvidar que una empresa de clase mundial debe tener como metas una excelente calidad en sus productos y, especialmente, un buen servicio de posventa.

- *Gente*

Una empresa de clase mundial se preocupa por mejorar las capacidades y habilidades de todo el personal, por medio de la formación y el entrenamiento, y no se interesa tanto en controlar y supervisar a las personas: busca continuamente el empoderamiento de la gente.

1.2 Principios de clase o categoría mundial

Son varios los elementos rectores, según Schonberger,³ a los que una empresa debe apuntar para alcanzar la denominación de “empresa de clase” o de “categoría mundial”. Dichos elementos son los siguientes:

² Daniel Sipper y Robert L. Bulfin, “Capítulo 7”, en: *Planeación y control de la producción*, México, McGraw-Hill, 1998.

³ Richard Schonberger, “Capítulo 1”, en: *Manufactura de clase mundial para el próximo siglo*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.

- Trabajar en equipo con los clientes.
- Recopilar y administrar la información de las ventajas competitivas de la empresa, y aplicarlas a las prácticas de gestión relacionadas con los clientes –por ejemplo, haciendo encuestas de satisfacción–.
- Dedicar la empresa al mejoramiento continuo de la calidad, el tiempo de respuesta, la flexibilidad y el valor.
- Los empleados de la línea de producción –los operarios– deben participar en la planificación del cambio en sus propios puestos de trabajo.
- Reducir componentes, proveedores y operaciones hasta dejar solo los mejores.
- Reducir tiempos de flujo, distancia y tiempos de arranque y de cambio de referencia a lo largo de la cadena de los clientes.
- Fomentar la participación de los empleados por medio de reconocimientos e incentivos.
- Velar por la permanente capacitación de los operarios, buscar la polivalencia y el empoderamiento.
- Reducir continuamente las variaciones en los procesos productivos.
- Simplificar la comunicación entre las diferentes áreas.
- Mejorar el equipo actual y el trabajo humano antes de pensar en un nuevo equipo y en la automatización.
- Buscar que las máquinas y los equipos de trabajo sean lo más móviles posibles, de forma tal que se pueda variar la distribución de la planta (*layout*) con facilidad.

1.3 Preguntas que toda empresa debe hacerse

Aunque sea líder mundial en el área de trabajo y se tengan todos los certificados de calidad, toda empresa debe hacerse varias preguntas y resolverlas adecuadamente, si quiere continuar en el camino de ser una empresa líder en su área.

- ¿Se dispone del espacio necesario?

La empresa respeta y hace respetar sus áreas. Los pasillos, zonas de trabajo y de movimiento no están bloqueados con materiales, máquinas o inventarios de productos en proceso. En otras pala-

bras, ¿es posible desplazarse por la empresa sin tener que esquivar obstáculos?

- ¿Se tiene el personal suficiente y necesario?

No es la cantidad de personal que se tenga, sino la calidad de este, lo que equivale a saber qué tan bien formado se encuentra, y si participa autónomamente en las labores de mejoramiento en la empresa.

- ¿Se tienen muchas inspecciones de calidad?

La empresa se hace esta pregunta para verificar el grado de formación y empoderamiento de su personal, y su capacidad de tomar decisiones con relación a la evaluación y el control de la calidad.

- ¿Busca eliminar las escenas que se presentan en la empresa?

Antes de responder esta pregunta, se debe aclarar qué es un escenario y qué es una escena. Un *escenario* es el lugar en el cual se lleva a cabo la acción; puede ser la empresa como un todo, una sección o un centro de trabajo. Y una *escena* es aquella tarea o actividad que no agrega valor y que ocurre continuamente en una empresa, y a la cual no se le presta la suficiente atención. La Figura 1.3 muestra diferentes tipos de escenas comunes en las plantas.

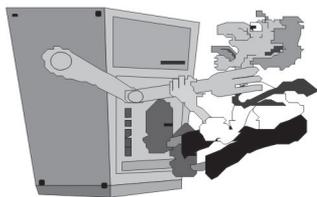
Figura 1.3 Tipos de escenas en las plantas



Almacenamiento temporal



Espera de material para trabajar



Avería de una máquina



Recuento de piezas

Fuente: elaboración del autor.

Otros tipos de escenas pueden ser las siguientes:

- Traslado de objetos pesados a una gran distancia.
- Exceso de producción y manipulación de los productos.
- Búsqueda de herramientas en el lugar de trabajo.
- Faltante de piezas.
- Defectos y reprocesos.

La empresa debe formar a su personal para que esté en capacidad de detectar y eliminar las escenas de su sitio de trabajo. La mejor manera para detectarlas consiste en pararse a observar de una manera crítica el puesto de trabajo o la planta, durante un período de tiempo definido –no más de media hora–, y plantearse las siguientes preguntas: ¿qué se hace en este sitio de trabajo?, ¿cómo es realizada la tarea?, ¿por qué se hace así?, ¿por qué ocurre esto –o aquello–? Cada una de estas preguntas tiene como propósito poner en evidencia las escenas del sitio de trabajo.

Las escenas deben medirse usando unidades de medida que informen los hallazgos que se hacen en el lugar de trabajo. Las más comunes son las siguientes: minutos –para evaluar el tiempo de espera–; kilos y litros –para evaluar la cantidad de productos o materiales que se encuentran almacenados temporalmente en un área específica–; metros cuadrados –para evaluar el espacio ocupado–; y dinero –para evaluar lo que valen, individual y consolidadamente, las escenas que se encuentran en la planta–. Esto se puede hacer, por ejemplo, calculando cuánto valen los kilos de productos que se tienen almacenados.

1.4 Preguntas usadas para analizar las escenas

Una vez detectada y evaluada una escena, se deben hacer tres preguntas que permiten tener un análisis más detallado. Se busca determinar si las escenas son o no son necesarias. La Figura 1.4 muestra las preguntas que deben ser formuladas para cada escena encontrada.

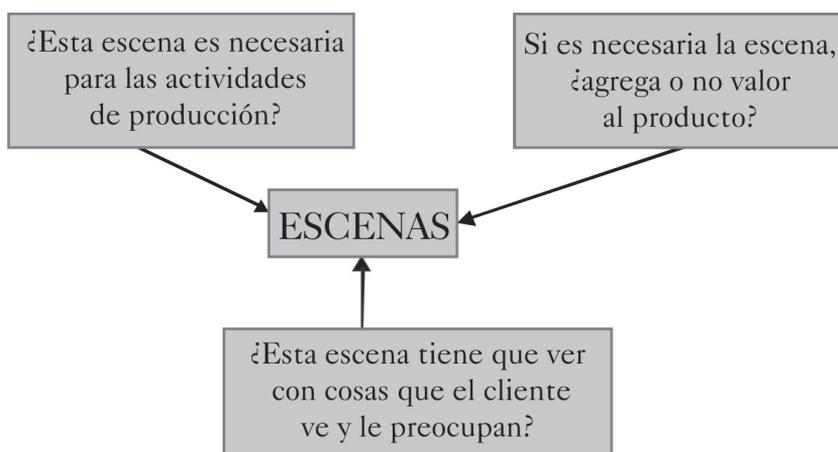
La primera pregunta se refiere a si las escenas se necesitan para poder llevar a cabo el proceso productivo. Una situación muy común, que responde a esta pregunta, sucede cuando es completamente inevitable tener un tiempo de espera para un repuesto, pieza o material de trabajo.

La segunda pregunta se refiere a si la escena permite darle un plus al servicio o al cliente. Por ejemplo, recontar las partes que se van a entregar para garantizar un buen nivel de precisión en la entrega.

La tercera pregunta se refiere a si la escena tiene alguna relación con el cliente final. Se puede interpretar como la impresión que el cliente se lleva de la empresa, sus instalaciones, procedimientos y servicios.

Una vez determinada la escena, se debe proceder a medirla usando diferentes indicadores de gestión. Los más comunes son los de cantidad; por ejemplo, cuántos kilos o litros de material forman parte de ella; los tiempos de espera; y los costos o valoración de los kilos, unidades, litros o tiempo que se invierten.

Figura 1.4 Preguntas relativas a las escenas



Fuente: elaboración del autor.

1.5 Conclusiones

En este capítulo se han presentado los diferentes desperdicios y escenas a los que una empresa, ya sea manufacturera o de servicios, debe hacer frente, no solo en las labores de mejoramiento de los procesos productivos, sino también en su vida cotidiana.

Detectar escenas es obligación de todas las personas de una compañía, y las directivas tienen que entregar todos los recursos necesarios, tanto en tiempo como en dinero, para poder desarrollar las mejoras e implementar los correctivos necesarios en el proceso productivo.

Una empresa de categoría mundial se caracteriza por estar en una constante búsqueda de escenas, para eliminarlas o reducirlas hasta niveles que no afecten los resultados operativos y financieros de la compañía.

Es importante tener en cuenta que, para la eliminación de las escenas, es necesario que el personal operativo y administrativo esté capacitado para encontrarlas y medirlas. Estos procesos requieren tiempo y dinero, y deben ser realizados en el tiempo operativo de la empresa, para que sean más evidentes y fácilmente detectables. La capacitación está asociada al desarrollo y aplicación de controles visuales, relacionados con la calidad, y el bienestar del personal, en el lugar de trabajo.

También se instruye al personal en tareas de mantenimiento autónomo básico, con el fin de que se puedan detectar y resolver anomalías mecánicas rápidamente.

Otro elemento de adiestramiento es el de calidad del proceso y el producto: que el operario conozca, y tenga completa claridad, sobre los parámetros y características de calidad que tienen que cumplir los productos que pasan por sus manos.

Estos procesos deben ser una constante en la empresa; mientras más detallados, claros y participativos sean, mucho mejor será el proceso de detección y eliminación de escenas, al igual que el de la implementación de cualquiera de las herramientas de producción que haya decidido aplicar.

Ejercicio

En su sitio de trabajo identifique al menos tres escenas, evalúelas de acuerdo con las preguntas asociadas a ellas, y mídalas usando un indicador de gestión apropiado. Para ello se puede apoyar llenando la siguiente tabla:

Área o zona	Escena	Descripción de la escena	Unidad de medida	Cantidad medida

Capítulo 2

La fábrica visual

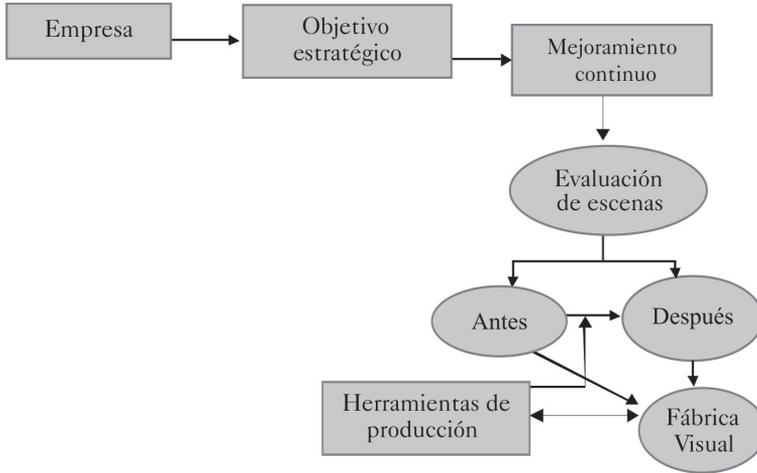
2.1 Introducción

La fábrica visual es una herramienta de producción que permite evaluar en el tiempo, de una manera ágil y sencilla, el comportamiento de la empresa y sus diferentes procesos. La empresa de clase, o de categoría mundial, se caracteriza por tener sistemas visuales altamente desarrollados para el control de su planta. Estos sistemas visuales no son necesariamente elementos o mecanismos con grandes niveles de automatización: se puede afirmar que, mientras más manuales sean, mejor será el control y la comprensibilidad de todo el personal.

Una vez evaluadas y medidas, las escenas del lugar de trabajo se pueden poner en evidencia al usar los conceptos de la fábrica visual. Para lograrlo, cada uno de los diferentes indicadores de gestión que se definieron para evaluarlas se puede graficar, para estudiar su comportamiento a medida que pasa el tiempo. En la Figura 2.1 se ve cómo, una vez definido el objetivo estratégico de la empresa –es decir, el mejoramiento continuo–, se debe proceder a evaluar las escenas, tanto antes como después de la mejora, para poder realizar los comparativos necesarios. La fábrica visual es el elemento que sirve para poner en evidencia, ante todo el personal de la empresa, los problemas y los resultados de las mejoras.

Finalmente, en este capítulo se presentan diferentes ejemplos de sistemas visuales y la manera como se puede hacer la administración visual; además, se evalúan las preguntas asociadas a los sistemas visuales que deben ser resueltas por cada empresa que desea llevar a cabo su implementación.

Figura 2.1 Estructura de trabajo con las herramientas de producción



Fuente: elaboración del autor.

2.2 Definición de los sistemas visuales

Michel Greif, en su libro *La fábrica visual*,¹ define los sistemas visuales como aquellos elementos o ayudas que permiten de una manera sencilla y rápida –en menos de cinco minutos– determinar qué sucede en la empresa, sin preguntarle a nadie, o sin tener que consultar un manual o un equipo de cómputo.

Los sistemas visuales son una herramienta que sirve de medio de comunicación entre las directivas y la parte operativa, se encuentran a la vista y al alcance de todo el personal de la planta, y muestran la evolución en el tiempo de los indicadores de gestión de la empresa.

Los sistemas visuales le dicen a cualquier persona de la empresa:

Qué _____ se hace

Quién _____ lo hace

Cuándo _____ se hace

Dónde _____ se hace

Cómo _____ se hace

¹ Michel Greif, “Capítulo 1”, en: *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993.

Además, presentan toda la información de una manera ágil y sencilla, para que sea entendida por todo el personal de la empresa.

2.3 Estructura de trabajo con los sistemas visuales

El proceso para llevar una planta a ser una empresa visual comienza con la selección y definición de los indicadores de gestión que se van a evaluar, que deben ser presentados de manera gráfica. Estos indicadores son definidos por área de trabajo, y no pueden exceder de cinco.

La Tabla 2.1 presenta diferentes ejemplos de indicadores de gestión comúnmente usados en el desarrollo de una fábrica visual.

Tabla 2.1 Ejemplos de indicadores de gestión comúnmente usados en las fábricas visuales

Elemento que se va a evaluar	Indicador de gestión
Flujos	Cumplimiento de compromisos, plazos y cantidades
	Tiempo de ciclo
Materiales	Tiempo de respuesta de los almacenes
	Rotación de inventarios
	Exactitud de inventarios
	Consumos de materiales
Recursos técnicos	Tiempo de paro máquinas
	Productividad de los equipos
	Tasa de averías
	Tasa media de reparación
Calidad	Porcentaje de artículos defectuosos
	Tasa de devoluciones
	Tiempo de operación sin problemas de calidad
	Cantidad de círculos de calidad
Clientes y proveedores	Volumen de venta por cliente o por período
	Tiempo de entrega de los proveedores
	Tiempo de entrega a los clientes
	Porcentaje de participación en el mercado

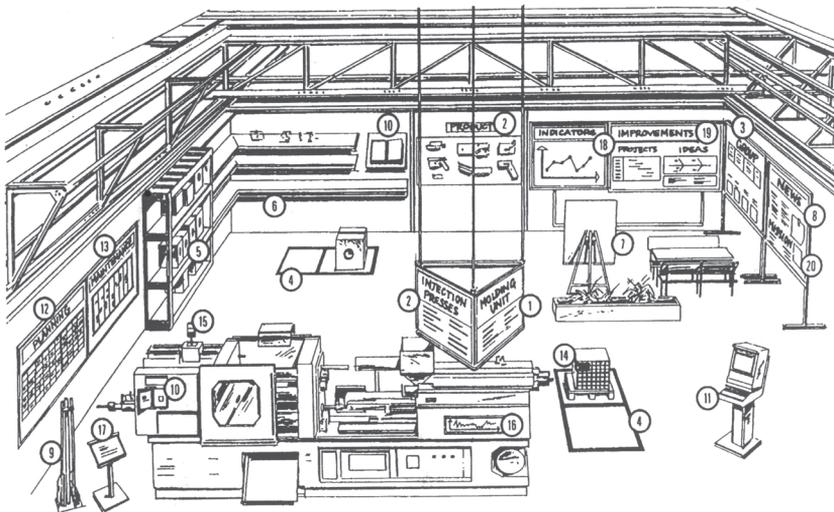
Elemento que se va a evaluar	Indicador de gestión
Empleados	Cantidad de sugerencias por período
	Horas de capacitación
	Tasa de ausentismo
	Nivel de polivalencia
Entorno de trabajo	Nivel de orden y limpieza
	Número de accidentes de trabajo

Fuente: Michel Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993, pp. 190-192.

También se debe tener un área o espacio físico para ubicar los sistemas visuales requeridos; este sitio de evaluación debe estar cerca de la zona de trabajo que se está evaluando, o en una zona de alto flujo de personal, para que pueda ser visto.

La Figura 2.2 muestra un ejemplo de cómo puede quedar una empresa de categoría mundial que usa sistemas visuales. En este caso, se muestra la sección de una planta en la que hay una máquina inyectora.

Figura 2.2 Ejemplo de una planta visual



Fuente: Michel Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993, p. 20.

Cada uno de los círculos representa un ejemplo de un sistema visual (queda a criterio del lector su interpretación, aunque se dan unos puntos de vista sobre algunos de los controles visuales mostrados en la Figura 2.6).

Los círculos numerados 4 y 14 de la Figura 2.2 son ejemplos de controles visuales, para el manejo de materias primas, que surten la máquina inyectora del ejemplo. El 14 indica una estiba de materia prima con *pêlets* de algún material plástico; y el 4 se encuentra ubicado sobre un control visual pintado en el piso de la planta; este tiene la función de informar, tanto al operario como al supervisor de la planta, cuándo se va a acabar el material y debe ser resurtido. La línea divisoria indica que, como mínimo, debe haber una estiba de materia prima, pero que no debe haber más de dos. El círculo 4 indica que existe espacio para dos moldes de inyección: el primero se encuentra en uso en la máquina, y el segundo es el que va a ser utilizado seguidamente.

El círculo 7 indica que en ese sitio se encuentra la sala de reuniones –la sala Kaizen de la planta–, en la que se muestran los desempeños actuales e históricos de la gestión que se lleva a cabo. Los números 12 y 13 muestran los tableros de control de la producción, específicamente los del cumplimiento del plan de producción y las asignaciones de mantenimiento.

Los círculos 1 y 2 señalan un control visual, que indica lo que se hace en la planta; el cartel que cuelga del techo muestra la sección de inyección –la unidad de moldeo–. El 2 presenta un control visual, que se puede interpretar como un tablero de contornos en el cual se colocan las herramientas, o también como un tablero de muestras de los productos fabricados en dicha área de trabajo.

El círculo 17 representa el pedestal sobre el que se ponen todas las especificaciones técnicas del producto que está siendo inyectado; estas se toman de la estantería marcada con el número 5, lugar en el que se encuentran las demás especificaciones de otros productos fabricados en esta sección de la empresa.

Finalmente, el círculo 9 indica la ubicación de los diferentes artículos de aseo, necesarios en el puesto de trabajo.

2.4 Preguntas asociadas a los sistemas visuales

Los sistemas visuales responden a tres preguntas que la empresa y sus directores de mejoramiento continuo deben responder:

- En términos de organización, limpieza, orden y adherencia a los estándares, ¿cómo pueden describir su empresa?
- ¿Qué información, medios o recursos necesitan para llevar a cabo su trabajo de una mejor manera?
- ¿Cuál es su visión de un sitio de trabajo visual? ¿Cómo se imaginarían sus puestos de trabajo si aplicaran sistemas visuales para su administración y control?

La primera pregunta debe ser autodirigida. En este sentido, las directivas de la empresa autoevalúan, y dan sus conceptos, con relación a qué tan visual es la empresa en la que trabajan.

La segunda debe ser hecha a los operarios, o trabajadores, de la sección o área en la que se van a implementar los controles visuales. Al formularla, se busca la participación de la parte operativa en los procesos de mejoramiento, y que las ideas e inquietudes surjan en ellos de una manera espontánea y participativa. De las tres, esta pregunta es la más importante, y es la que da pie al inicio de las labores de mejoramiento y la participación del personal. Una de las respuestas más comunes que los trabajadores de una planta dan es la siguiente: “Nos gustaría conocer con antelación qué referencia se va a montar en la máquina para tener todo listo para dicho cambio”. Este tipo de respuesta pone en evidencia el deseo de los trabajadores de participar en los procesos de mejora, que la empresa ha emprendido, y es el indicativo de que se está al frente de personal empoderado con la empresa.

La tercera pregunta también debe ser hecha a los trabajadores, para que expresen cómo se imaginan o desearían que fuera su lugar de trabajo. Los directores de mejoramiento de procesos se pueden basar en lo que Greif menciona en su libro *La fábrica visual*² para describir la imagen de un sitio de trabajo visual, que se caracteriza por lo siguientes aspectos:

- Limpieza constante y continua, de pared a pared.
- Facilidad para detectar alguna anomalía en el producto o en el sistema productivo.

² *Ibid*, “Cap. 2”.

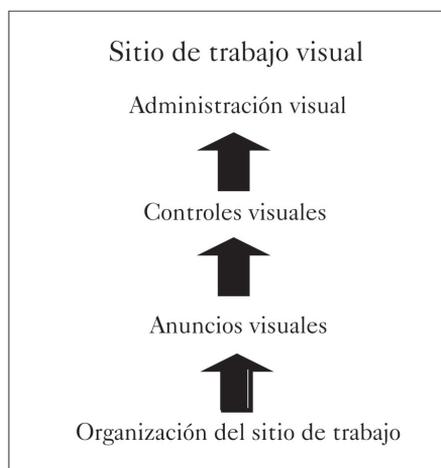
- Papeleo simple y mínimo.
- Presentación, a todo el personal, de los desempeños actuales e históricos.
- Existe un lugar para cada cosa, y cada cosa tiene un lugar definido.
- Las zonas de flujo, trabajo y las ubicaciones de materiales y equipos se encuentran demarcadas.
- No existe nada extra o innecesario.

2.5 Administración de un sitio de trabajo visual

El control visual de la planta no consiste, solamente, en fijar una gran cantidad de carteles con información sobre la evolución de un proceso productivo, o las demarcaciones que haya en el piso para delimitar flujos y áreas.

La administración visual consta de diferentes etapas que permiten ir ascendiendo en dicha tarea, hasta llegar a niveles de automatización que hacen que el sistema visual sea remplazado por un control visual. Las etapas necesarias para conseguir un sitio de trabajo visual se presentan en la Figura 2.3.

Figura 2.3 Administración visual



Fuente: elaboración del autor a partir del “Seminario-taller de sistemas visuales” dirigido por la doctora Constanza Palacios, Smurfit Kappa Cartón Colombia, 1997.

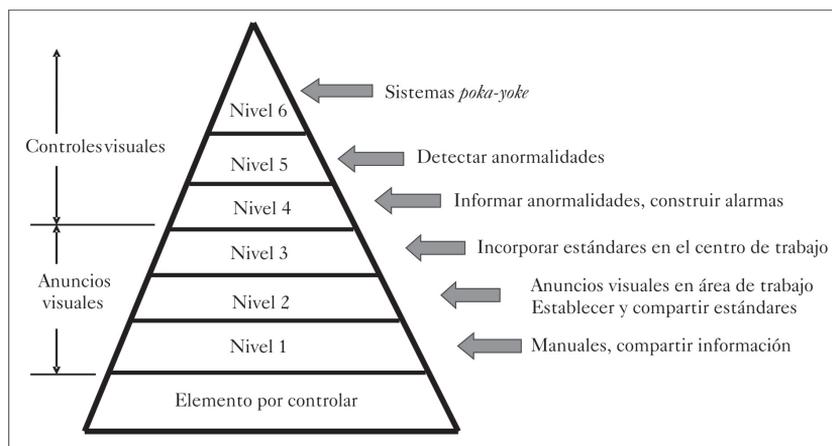
La organización del sitio de trabajo implica la aplicación de la herramienta de producción denominada “las 5S”, que será explicada en el

Capítulo 3. Dicha organización implica, primero que todo, determinar muy bien el área que se va a trabajar, la manera en que va a ser ordenada y demarcada, y la estandarización de todos los procedimientos que se van a desarrollar al aplicar herramientas de mejoramiento continuo, que busquen disminuir y, por qué no, eliminar las escenas.

Los anuncios visuales son el primer paso para poner en conocimiento, de todo el personal de la empresa, la evolución de cada uno de los diferentes indicadores de gestión que se escogieron para ser evaluados visualmente. El control visual más común usado en esta etapa es el gráfico de barras, donde se presentan una meta por alcanzar y la manera como se va logrando en el tiempo.

Los controles visuales consisten en el uso de dispositivos o mecanismos del estilo *poka-yoke*,³ que se usan para evitar que los anuncios visuales sean irrespetados o ignorados por los usuarios del sistema productivo, o las personas que participan en el proceso en el que se han implementado los sistemas visuales. Un control visual típico es un sensor o celda fotoeléctrica que detiene un equipo si su haz de luz es interrumpido por algo o alguien.

Figura 2.4 Pirámide de los sistemas visuales



Fuente: elaboración del autor a partir del “Seminario-taller de sistemas visuales” dirigido por la doctora Constanza Palacios, Smurfit Kappa Cartón Colombia, 1997.

³ Productivity Press [Equipo de desarrollo], “Capítulo 1”, en: Nikkan Kogyo Shim-bun, ed., *Poka-yoke. Mejorando la calidad del producto evitando los defectos*, Cambridge, Productivity Press, 1991.

Otra manera de entender la evolución de los sistemas visuales es presentada en la Figura 2.4, con una pirámide de seis niveles; cada uno de ellos es una aplicación, y un desarrollo diferente, de los sistemas visuales.

- *Elemento por controlar*

Hace referencia a la sección o área de la empresa a la cual se le va a aplicar algún tipo de administración visual; también puede referirse a una operación que se hace en dicha sección y se desea administrar visualmente.

- *Nivel 1*

Tener manuales y compartir información. Ejemplifica el estado más bajo en el desarrollo de sistemas visuales, para el control y la administración de la producción de la empresa.

- *Nivel 2*

Implementar en el sitio de trabajo afiches o carteles que digan qué hacer o no hacer en dicha sección.

- *Nivel 3*

Implementar controles visuales en la sección o área que se va a mejorar y también en los puestos de trabajo para darle mayor opción al trabajador de estar en contacto con los controles visuales, sin tener que desplazarse a preguntar algo.

- *Nivel 4*

Implementar alarmas o controles lumínicos o sonoros que informen que una situación anormal ha ocurrido; este control requiere la participación directa, y en el sitio, del personal operativo, para que analice la situación y tome las medidas necesarias.

- *Nivel 5*

Similar al Nivel 4, pero se diferencia en lo siguiente: implementa alarmas en el puesto de trabajo para buscar que, si ocurre una situación anormal –por ejemplo, la avería de una máquina–, ella, por sus propios medios, informe la situación, ya sea vía internet o por conexión

directa con algún servidor. El operario no necesariamente está cerca del puesto de trabajo, como en el Nivel anterior. La responsabilidad aquí no se le deja a él: debe pedir apoyo para poder hacer las mejoras o mantenimientos requeridos.

- *Nivel 6*

Instalar en el puesto de trabajo, o el área que se va a mejorar, dispositivos *poka-yoke*, para evitar que ocurran situaciones anómalas. Se busca prevenir antes que corregir.

La Figura 2.4 presenta en su parte izquierda dos divisiones: Anuncios visuales y Controles visuales.

La primera significa que en el puesto de trabajo se implementan gráficos, demarcaciones en el piso y en los estantes, y letreros con avisos informativos. No existe nada que esté evaluando, constantemente y en tiempo real, la situación de trabajo y el estado de los equipos o procesos en dicho lugar. Los controles visuales tienen implementados sensores, alarmas o dispositivos, que informan, en tiempo real, lo que ocurre en el puesto de trabajo o el área de estudio.

La mayoría de las plantas de producción de nuestro entorno llegan al Nivel de los anuncios visuales, pero tienen pocos controles visuales. El montaje de estos últimos requiere de un buen departamento de mantenimiento y diseño mecánico, que permita instalar este tipo de dispositivos en las máquinas y procesos.

2.6 Ejemplos de la administración visual

Un ejemplo muy claro, que permite mostrar cómo funciona la administración visual, es el siguiente: supóngase el escenario hipotético de un salón de clases, en el que la luz debe ser apagada al terminar la clase. Se hará un análisis siguiendo los seis Niveles de la administración visual, y las posibles situaciones que ocurren en cada Nivel, especificando sus ventajas y desventajas, tal como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Ejemplo de administración visual

Elemento por controlar	Luces del salón de clases. Apagarlas al finalizar la actividad.
Nivel 1. Compartir información	En el manual de reglamentos de la institución se establece que al terminar cada clase la última persona que vaya a abandonar dicho sitio debe apagar la luz.
<i>Situación que ocurre</i>	Sale todo el personal del salón y la luz se deja encendida. ¿De qué sirvió tener el manual de reglamentos? De nada; la tarea por controlar no se realizó satisfactoriamente. El sistema visual no funcionó.
Nivel 2. Anuncios visuales en área de trabajo	Se pone sobre el tablero, a la vista de todos, un anuncio que diga: “Por favor, el último que salga, apague la luz”.
<i>Situación que ocurre</i>	Sale todo el mundo del salón y nadie la apaga. El sistema visual no funcionó.
Nivel 3. Incorporar estándares al centro de trabajo	Se pone encima del interruptor de luces, y en la puerta, a la vista de todos, un anuncio que diga: “Por favor, el último que salga, apague la luz”.
<i>Situación que ocurre</i>	Salen todos del salón de clases y nadie la apaga; se ignora el sistema visual. En resumen, el sistema no funcionó.
Nivel 4. Informar anomalías, construir alarmas	Una vez hayan salido todos del salón, el vigilante del bloque anota e informa la anomalía y procede a apagar la luz.
<i>Situación que ocurre</i>	El sistema visual como tal no funcionó. Se reemplaza por un control visual, el cual, en este caso, es una persona.
Nivel 5. Detectar anomalías	Una vez haya salido todo el mundo del salón y la luz se haya quedado encendida, se prende una alarma en la oficina de la secretaría de servicios generales, que señala el salón que quedó con la luz prendida. La secretaria procede a informar por radio al vigilante para que vaya y la apague.
<i>Situación que ocurre</i>	Aunque hay algún dispositivo o mecanismo que informa a un área específica que una condición preestablecida no se cumple, se procede a avisar a una persona para que aplique el correctivo; aunque es un control visual, este procedimiento toma tiempo.
Nivel 6. Sistemas <i>poka-yoke</i>	Una vez hayan salido todos del salón y la luz se haya quedado encendida, un sensor de movimiento, programado para apagarla de manera automática a los cinco minutos de no detectar movimiento, procede a hacerlo.

Elemento por controlar	Luces del salón de clases. Apagarlas al finalizar la actividad.
<i>Situación que ocurre</i>	Es el Nivel más desarrollado de la administración visual. Se automatiza la operación o proceso definido, y no depende de ningún anuncio visual o de la decisión humana para corregir la problemática presentada. Es el control visual ideal, aunque el más costoso.

Fuente: elaboración del autor

Otro ejemplo de administración visual es el caso hipotético de cómo garantizar visualmente que, en un parqueadero, los usuarios estacionen siempre en reversa. Por facilidad del ejemplo, se supone que es un edificio de varios pisos, tal como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Ejemplo de administración visual

Elemento por controlar	Garantizar que en un parqueadero el carro siempre quede estacionado en reversa.
Nivel 1. Compartir información	En la entrada al parqueadero le dan al conductor el recibo para pagar, en el que, además va el siguiente mensaje: “Señor conductor, favor parquee en reversa”.
<i>Situación que ocurre</i>	El conductor no lee el recibo, lo guarda, y parquea de frente. El anuncio visual no sirvió.
Nivel 2. Anuncios visuales en área de trabajo	Como el parqueadero es de varios pisos, a medida que el carro va ascendiendo, entre piso y piso, hay un letrero que dice: “Favor parquee en reversa”.
<i>Situación que ocurre</i>	El conductor, por buscar un espacio para parquear, no lee los anuncios entre piso y piso, y apenas encuentra una celda disponible, parquea de frente. El anuncio visual no sirvió.
Nivel 3. Incorporar estándares al centro de trabajo	En cada celda del parqueadero se pone el siguiente letrero: “Señor conductor, si usted es capaz de leer este letrero, parqueó mal; por favor parquee en reversa”.
<i>Situación que ocurre</i>	Si se llega hasta la situación de leer claramente ese anuncio, el conductor muy probablemente no cambie la posición del carro: lo deja parqueado de frente. El anuncio visual tampoco sirvió
Nivel 4. Informar anomalías, construir alarmas	Al conductor que parquea de frente, el vigilante del piso le dice: “Señor, parqueó mal; favor parquee en reversa”; el conductor hace caso omiso y le dice que no se demora. El control visual no funcionó correctamente.

Elemento por controlar	Garantizar que en un parqueadero el carro siempre quede estacionado en reversa.
<i>Situación que ocurre</i>	El conductor deja el vehículo mal parqueado, y si el vigilante le informa de la situación, no le presta atención y lo deja así.
Nivel 5. Detectar anomalías	El vigilante de cada piso informa vía radio a la central que hay un carro mal parqueado, y dicha central, por los altavoces del parqueadero, informa: “El vehículo con placas XYZ123 es solicitado en el parqueadero”.
<i>Situación que ocurre</i>	El conductor escucha el mensaje, pero se demora más de la cuenta en ir al lugar de parqueo o no asiste. Como consecuencia, el vehículo permanece mal parqueado; el control visual tampoco sirvió.
Nivel 6. Sistemas <i>poka-yoke</i>	Se tiene instalado en cada celda de parqueo un sensor capaz de detectar los gases que expulsa un carro por el mofle; una vez los detecta, levanta la barra que impide el acceso a la celda de parqueo y le permite entrar.
<i>Situación que ocurre</i>	En esta situación el sistema <i>poka-yoke</i> son el retén y el sensor de gases: si el carro no entra en reversa, los sensores no detectan el humo e impiden levantar la barra; en consecuencia, el vehículo no tiene ingreso a la celda de parqueo.

Fuente: elaboración del autor.

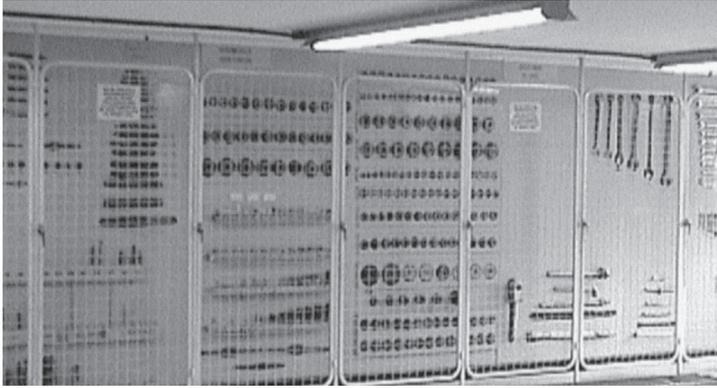
Estos dos ejemplos muestran claramente cómo funcionan los sistemas visuales, y hasta dónde las empresas pueden llegar al implementarlos en sus lugares de trabajo. Es importante aclarar que un sistema visual debe ser durable en el tiempo, tener un encargado que lo esté actualizando periódicamente, y ser agradable para el lector: legible, muy gráfico y entendible.

2.7 Ejemplos de controles visuales

Se presentan en esta sección diferentes ejemplos de sistemas visuales. Los sistemas visuales no son únicos: cada empresa es autónoma en su construcción y, por lo tanto, los elabora según sus parámetros. No necesariamente el sistema visual de una empresa es el mismo –o se interpreta lo mismo– que en otra.

La Foto 2.1 muestra una manera de almacenar herramientas en un taller metalmeccánico; se distinguen fácilmente su clase y ubicación. La puerta permite que solo el responsable del almacén tenga acceso.

Foto 2.1 Ejemplo de sistemas visuales



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Foto 2.2 muestra cómo se deben almacenar las herramientas, cada una de ellas con su contorno y nombre respectivo.

Foto 2.2 Ejemplo de sistemas visuales



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Foto 2.3 muestra cómo una planta de producción debe estar demarcada y distribuida. Con su orden genera la sensación de espacio y comodidad para realizar el trabajo.

Foto 2.3 Ejemplo de sistemas visuales



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Figura 2.5 muestra cómo construir un tablero de defectos, donde se registran los más comunes que presentan los productos obtenidos en la línea de producción, dándoles a los operarios y supervisores de planta un modo rápido y concreto de evaluar los productos, para tomar decisiones más acertadas y veloces.

Figura 2.5 Sistemas visuales



Fuente: Michel Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993, p.166.

La Figura 2.6 es un ejemplo de cómo trabaja un control visual: a la izquierda el supervisor piensa: “imposible”, refiriéndose a un problema de

calidad del que se dio cuenta mucho tiempo después de haber ocurrido; y, a la derecha, el supervisor y el operario evalúan, en tiempo real, lo que está ocurriendo en la línea de producción. Se puede ver también lo visual, reflejado en el sol y la nube que lo cubre; en el caso del sol, está la variable o parámetro por controlar, y en la zona con la nube existen problemas de calidad. Este sistema visual es fácil de entender y está al alcance de todo el personal.

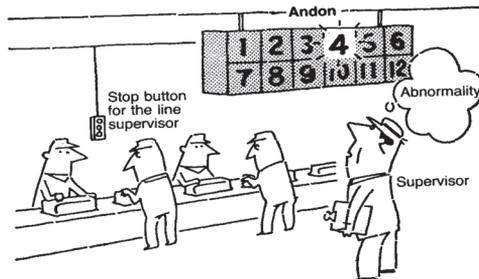
Figura 2.6 Sistemas visuales



Fuente: Michel Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993, p. 6.

La Figura 2.7 y la Foto 2.4 representan sistemas visuales, que informan las anomalías producidas por una línea de producción, y las respectivas zonas de ubicación de los materiales y equipos. Las características de estos sistemas son su ubicación en altura y su gran tamaño, que los hacen visibles desde muchos puntos de la empresa.

Figura 2.7 Ejemplo de sistemas visuales en una línea de producción



Fuente: Andrés Arango, Camilo Arango y Esteban Ramírez, s. t. [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2008.

Foto 2.4 Ejemplo de sistemas visuales en una línea de producción



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Foto 2.5 muestra cómo deben ser las diferentes instrucciones en los diferentes procesos productivos que se efectúan en la planta, para que estén al alcance de todo el personal.

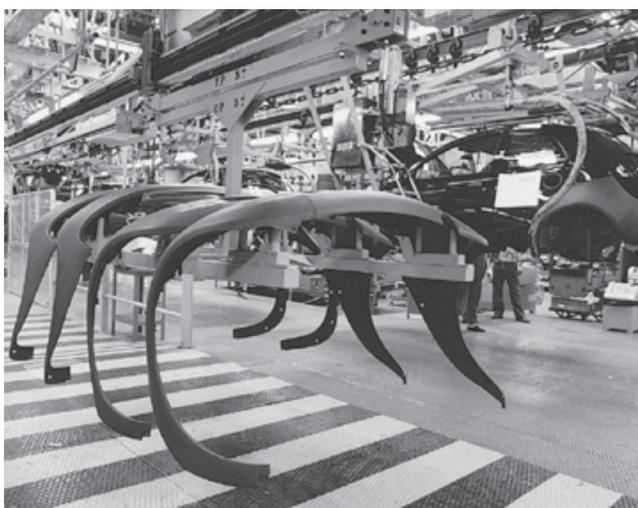
Foto 2.5 Ejemplo de sistemas visuales



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Las Fotos 2.6, 2.7 y 2.8 ejemplifican cómo se debe ver una planta de producción. En este caso, son dos plantas de ensamble de automóviles; cabe resaltar el orden, la limpieza y la claridad que se ve en ambas instalaciones, algo que es característico de una fábrica visual.

Foto 2.6 Ejemplo de sistemas visuales. Planta de ensamble de carros



Fuente: McGraw-Hill Fundamental Managerial Accounting Concepts, sitio web: *Online learning center*, disponible en: http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0073526797/student_view0/ebook/chapter1/chbody1/just-in-time_inventory.html#exhibit1-12, consulta: 25 de febrero de 2011.

Foto 2.7 Ejemplo de sistemas visuales. Planta de ensamble de carros



Fuente: Wall of Secrets, sitio web: *Wall of Secrets*, disponible en: <http://wallofsecret.blogspot.com/2010/08/el-nuevo-camion-electrico-para-carga.html>, consulta: 25 de febrero de 2011.

Foto 2.8 Ejemplo de sistemas visuales. Planta de ensamble de carros



Fuente: Cómo nace el Chevrolet Spark, sitio web: *Facebook*, disponible en: <http://www.facebook.com/notes.php?id=139926632691179#!/photo.php?fbid=158982734118902&set=o.127361933979888>, consulta: 25 de febrero de 2011.

La Foto 2.9 presenta un sistema visual muy usado en las fábricas: la demarcación en los almacenes que permite identificar lo que se contiene en cada depósito.

Foto 2.9 Ejemplo de sistemas visuales en una planta de producción



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Figura 2.8 y la Foto 2.10 muestran dos tipos de sistemas de control visual. En la primera, se ve un control visual tipo “nivel”, en el que se identifican fácilmente los diferentes niveles del producto existente en el

almacén; también se explica el significado de de cada uno. La Foto 2.10 corresponde a un sistema de almacenamiento para artículos de tamaño pequeño, por ejemplo, tornillería; cada referencia del producto va en un cajón específico, y está marcado con todos los indicativos del producto almacenado.

Figura 2.8 Ejemplo de sistemas visuales



Fuente: Alejandra Álvarez, Carolina Álvarez y Marisol Valladares, s. t. [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2005.

Foto 2.10 Ejemplo de sistemas visuales en un almacén de componentes



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Foto 2.11 muestra, al igual que la Foto 2.5, cómo es el despliegue de controles visuales en una planta de producción, que están allí mismo y al alcance de todo el personal.

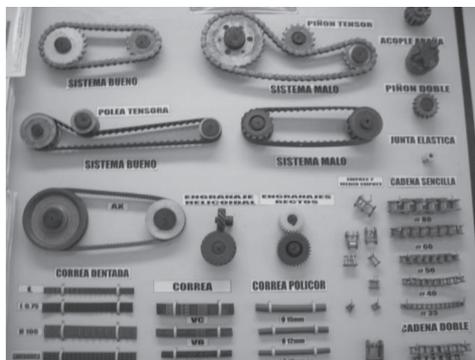
Foto 2.11 Ejemplo de sistemas visuales



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Otro ejemplo de control visual de planta se muestra en la Foto 2.12, en la cual se visualizan diferentes correas y poleas que la empresa tiene, y usa, en sus máquinas y procesos productivos. Este control visual es utilizado para capacitar al personal de la planta en los diferentes tipos de elementos y componentes que tienen las máquinas que van a operar.

Foto 2.12 Ejemplo de sistemas visuales

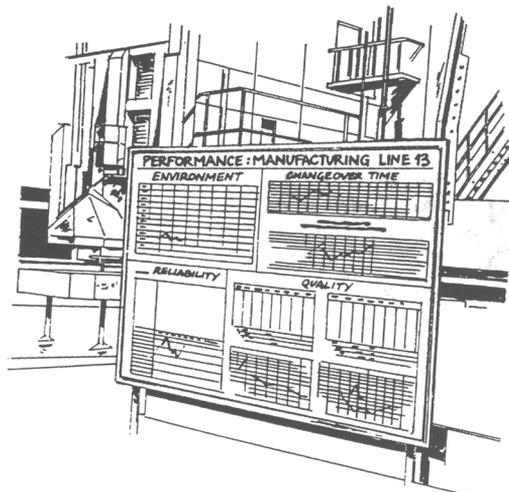


Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

La Figura 2.9 muestra, de una manera concreta, la forma de presentar visualmente los indicadores de gestión a toda la empresa; consiste en

un tablero, en el que se anotan los comportamientos de los principales indicadores a lo largo del tiempo.

Figura 2.9 Ejemplo de sistemas visuales en una planta de producción



Fuente: Michel Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993, p. 213.

La Foto 2.13 indica cómo debería ser una planta de producción completamente ordenada y señalizada. A este fin deben conducir los sistemas visuales: tener un lugar de trabajo en el que se disfrute trabajar.

Foto 2.13 Ejemplo de sistemas visuales en una línea de producción



Fuente: Visión Lean, sitio web: *Vision Lean*, disponible en: <http://www.vision-lean.es/wp-content/uploads/2008/06/21.jpg>, consulta: 25 de febrero de 2011.

2.8 Conclusiones

El desarrollo de los sistemas visuales es una tarea que depende de la dirección de la empresa, que es la que da las pautas y los recursos para su correcta implementación. Se debe tener en cuenta que la implementación de sistemas visuales no significa llenar todas las paredes de la empresa con gráficos, fotos o avisos: solo se deben fijar los más importantes, que permitan ver el desempeño del área que se está evaluando.

Los sistemas visuales deben ser vistos como un mecanismo de comunicación, entre las directivas y el personal de planta de la empresa. Adicionalmente, trabajar con estos sistemas es una oportunidad de mejora y crecimiento en la Pirámide de los sistemas visuales, que busca llegar a los estados superiores, específicamente al Nivel 6, en el cual se automatiza el sistema productivo o la máquina, para evitar errores en el proceso.

Para iniciar el proceso de mejoramiento continuo en las plantas de producción, es requisito indispensable que haya un buen desarrollo de los sistemas visuales: la empresa debe tener la voluntad de registrar y de presentar, a todo el personal, cómo se encuentra la planta con relación a su calidad, tiempos de paro, comportamiento de ventas y cantidad de mejoramientos que los empleados hayan sugerido y sido implementados. Aunque este proceso se ve como algo simple y sencillo, convertir una fábrica no visual a una visual requiere tener una gran cantidad de información actualizada; este es uno de los mayores inconvenientes que se presentan: si no se dispone de información de ventas, calidad, mantenimiento, etc., al día, los sistemas visuales no funcionarán. Es requisito tenerla siempre actualizada.

Otro inconveniente que se encuentra en las empresas, al implementar sistemas visuales, es la supuesta confidencialidad de la información que se vaya a mostrar al personal de la planta. Está en la cabeza de las directivas, y el equipo de mejoramiento continuo, mostrar la información que se necesite, sin comprometer el buen nombre o la información privilegiada de la empresa, pero no es bien recibido que no se presenten datos por desconfianza. Por esta razón, el desarrollo e implementación de técnicas de mejoramiento de procesos requiere del tacto y el análisis psicológico de las personas, para determinar cómo pueden reaccionar ante los cambios que se avecinan.

En resumen, la implementación de herramientas de producción es un cambio en el paradigma y forma de trabajo de una empresa.⁴

<i>Ejercicio</i>
Desarrolle, con los criterios de control visual de una planta, las siguientes consideraciones:
1. Visualmente, ¿cómo determinaría e informaría continuamente que existe un retraso en un programa de producción y en el despacho de un pedido? Además –visualmente–, ¿cómo informaría a los trabajadores de la sección la programación de la producción asignada a dichas áreas?
2. ¿Cómo puede un operario determinar que debe llevar a cabo labores de mantenimiento e ir a sesiones de entrenamiento?
3. ¿Cómo saber que el sitio de trabajo se va a detener por faltantes de materia prima para operar?
4. ¿Cómo determinar que existen problemas de calidad en un producto, y que se conozcan los diferentes comportamientos de los defectos y errores a lo largo del tiempo?
5. ¿Cómo poder conocer que una máquina se averió y el comportamiento y desempeño de la gestión de mantenimiento?
6. ¿Cómo determinar y controlar los inventarios de seguridad y el control de la gestión de inventarios?
7. ¿Cómo conocer y poner, al alcance de todos, el desempeño de una estrategia de la dirección? En otras palabras, ¿cómo ver el cumplimiento de las metas –por ejemplo, ventas, costos de producción, participación en el mercado–?
8. ¿Cómo garantizar y controlar que un manejo de inventarios responde a la forma de control PEPS (primeros en entrar, primeros en salir)?
9. ¿Cómo conocer la polivalencia de los trabajadores en el sitio de trabajo?
10. Visualmente, ¿cómo informar a todo el personal de planta la asignación y secuencia del programa de producción para las máquinas o personas de la sección, de manera tal que no vaya a faltar ningún recurso para cada programa establecido?

⁴ Juan Gregorio Arrieta Posada, “Interacción y conexiones entre las técnicas 5S, SMED y *poka-yoke* en procesos de mejoramiento continuo”, *Tecnura*, Bogotá, año 10, núm. 20, semestre 1, 2007, pp. 139-148.

Nota

El lector deberá desarrollar lo que considere necesario para indicar visualmente las situaciones antes descritas; podrá realizar prototipos, maquetas, tableros, planos, etc., que expliquen cada situación.

Capítulo 3

Las 5S

3.1 Introducción

Se conoce como “las 5S” a una técnica japonesa para el mejoramiento de los procesos productivos, consistente en la aplicación de unos pasos sencillos, para organizar y hacer funcionales los puestos de trabajo y la empresa en general. Dicen los japoneses, sus creadores, que la técnica de las 5S significa “llevar la casa al trabajo”.

Las 5S son los bloques fundacionales sobre los que se puede instalar la producción en flujo, el control visual de la planta y las operaciones estándar. En otras palabras, son el fundamento de los sistemas “justo a tiempo” (*just in time*, JIT). No existe una fábrica que produzca bien las cosas sin un fuerte fundamento basado en las 5S.¹

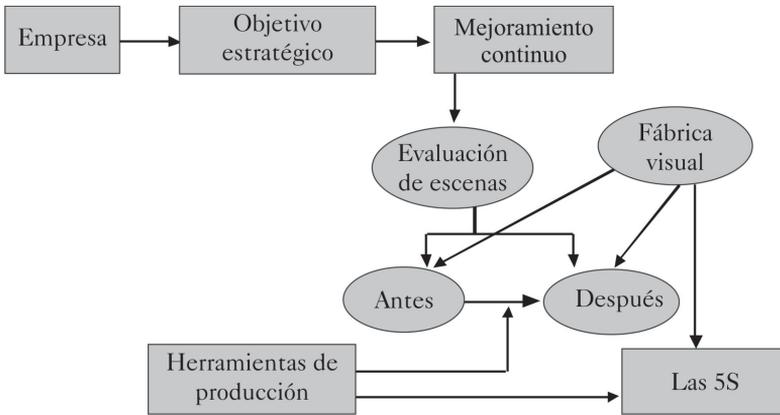
Por muy populares que puedan ser, todavía existen dudas y malas interpretaciones con relación a lo que realmente significan. Muchos las interpretan como un arreglo de las cosas, poniéndolas en filas ordenadas: *estas no son las 5S*.²

La Figura 3.1 presenta la ubicación de las 5S dentro del proceso de mejoramiento continuo. Esta herramienta de producción está muy relacionada con los conceptos de la fábrica visual y la detección de escenas en el lugar de trabajo.

¹ Hiroyuki Hirano, “Capítulo 4”, en: *Manual para la implementación del justo a tiempo* [just in time, JIT], México, Productivity Press, 1991.

² *Ibid.*

Figura 3.1 Las 5S dentro de la estructura de trabajo con las herramientas de producción

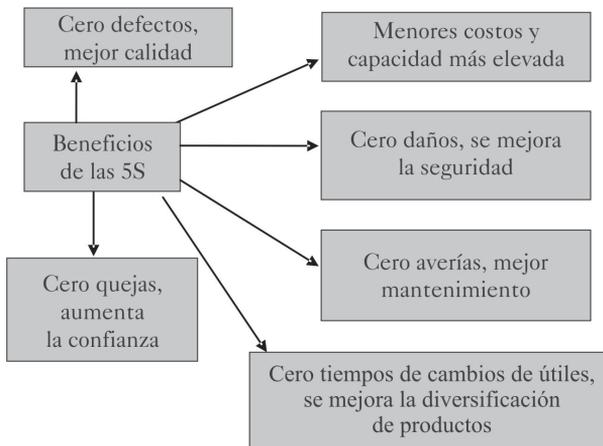


Fuente: elaboración del autor.

3.2 Beneficios de las 5S

Una fábrica limpia y aseada tiene una productividad más elevada, una tasa de defectos mucho menor, y hace más entregas dentro de los plazos establecidos. Todas estas afirmaciones se complementan con los beneficios siguientes, que se muestran en la Figura 3.2.

Figura 3.2 Beneficios de las 5S



Fuente: Hiroyuki Hirano, "Capítulo 4", en: *Manual para la implementación del justo a tiempo* [just in time, JIT], México, Productivity Press, 1991.

3.3 Significado de las 5S

Cuando se habla de las 5S se hace referencia a cinco palabras japonesas que inician con la letra “S”:³*Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*. Aunque el verdadero significado de estas palabras no puede traducirse literalmente, se debe enseñar al trabajador a apropiarse del mensaje que cada una de ellas entrega.

- *Seiri*
Arreglo apropiado, organización. Distinguir claramente entre lo que se necesita y se guarda y lo que no se necesita y se retira.
- *Seiton*
Orden. Organizar el modo de guardar las cosas, haciendo más fácil encontrarlas y usarlas.
- *Seiso*
Limpieza. Mantener los suelos absolutamente limpios y conservar las cosas aseadas, en orden y en correctas condiciones de funcionamiento.
- *Seiketsu*
Estado de limpieza o de pureza, limpieza estandarizada. Es el mantenimiento de las tres primeras “S”.
- *Shitsuke*
Disciplina. Tener como hábito estable el mantenimiento de los procedimientos apropiados.

3.4 Estructura de trabajo con las 5S

Conocidos los beneficios, las características y los Pilares de las 5S, se procede a determinar la estructura de trabajo con esta herramienta de producción.

Primero, se debe definir el equipo de trabajo; normalmente, está constituido por la dirección de mejoramiento continuo –un ingeniero de producción asociado al tema de calidad o mejoramiento de procesos–, un supervisor del área en la que se va a trabajar y una persona del

³ *Ibid.*

área técnica o mantenimiento. Es recomendable tener a una persona con habilidades de comunicación gráfica –un diseñador–, cinco o seis operarios del área y, además, contar con el total apoyo de la dirección general de la empresa y el personal de producción y manufactura. Este equipo de trabajo debe tener un convencimiento total de las bondades de la herramienta, y estar capacitado para su aplicación.

Luego, se procede a la selección de un área o Zona piloto, en la cual se hace el primer montaje de las 5S. Normalmente, esta área es la que tiene la mayor cantidad de escenas (véase el Capítulo 1). Muchas veces, es la sección o área de almacenamiento de herramientas, o una zona de producción, en la cual hay una gran cantidad de inventario en proceso y materias primas, y los flujos de producción no están ordenados. Es recomendable encerrar o demarcar dicha Zona con cinta de color, para que todo el personal sepa que allí se va a realizar algo importante.

La segunda zona por considerar es la llamada Zona roja de almacenamiento temporal. Como su nombre lo indica, es un área cerca de la Zona piloto, donde se van a almacenar temporalmente todos los equipos, materiales, herramientas, etc., que resulten del trabajo con el primer Pilar de las 5S en la Zona piloto. También debe ser demarcada, para tener control sobre ella y poder generar impacto visual cuando sea utilizada y estudiada.

La tercera es la Zona roja de evaluación, un salón de reuniones donde se ponen todos los registros gráficos y las muestras fotográficas, se ven los videos realizados en el trabajo con la herramienta de producción, y se exhiben los resultados de la Hoja de evaluación de las 5S y de los diagramas de flujo, usados para el mejoramiento del *layout* de la Zona piloto; en otras palabras, allí se analizan y muestran los resultados que se están logrando con el montaje de las 5S.

Una vez definidas las tres Zonas, el equipo de trabajo debe proceder a llenar la hoja de evaluación de las 5S (Tabla 3.1). Dicha Hoja está dividida en los cinco Pilares de las 5S; a cada Pilar le corresponden cinco preguntas, que el grupo evalúa asignándoles un puntaje de 1 a 4, según su criterio.

Tabla 3.1 Hoja de evaluación de las 5S

						
		Evaluado por:				
		Puntuación previa				
		Puntuación:				
		0	1	2	3	4
Lista de chequeo de las 5S	Área:					
Pautas del área de trabajo	Fecha:					
5S	Tarea	Elemento para chequear	Descripción del chequeo			
Distinguir entre lo que es necesario e innecesario						
Organizar: primer pilar	1	Materiales o piezas	Existen materiales o piezas innecesarias			
	2	Máquinas o equipos	Existen máquinas o equipos innecesarios			
	3	Herramientas	Existen herramientas innecesarias			
	4	Elementos innecesarios	Se han marcados los elementos innecesarios			
	5	Estándares, gráficos	Existen estándares, cuadros inútiles			
		Suma				
		Total				
Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar						
Ordenar: segundo pilar	6	Indicadores de localización	Hay estándares, áreas marcadas con indicadores de localización			
	7	Indicadores de artículos	Existen indicadores o placas que señalan cada artículo			
	8	Indicadores de cantidad	Están indicadas las cantidades permisibles, máximas o mínimas			
	9	Áreas de paso, de almacen	Hay líneas u otras marcas que demarquen áreas y rutas			
	10	Planillas de control, herramientas	Se han arreglado planillas y herramientas para facilitar selección y ubicación.			
		Suma				
		Total				

						
Lista de chequeo de las 5S		Área:	Evaluado por:			
Pautas del área de trabajo		Fecha:	Puntuación previa			
5S		Tarea	Elemento para chequear		Puntuación:	
			Descripción del chequeo		0	1 2 3 4
Limpiar, observando la manera de hacerlo; mantener aseo						
Limpieza: tercer pilar	11	Desechos, agua, aceite, regueros en el suelo	Se mantienen los suelos limpios y brillantes			
	12	Máquina sucia con virutas y sobrantes	Se limpian y se lavan las máquinas a menudo			
	13	Se combina limpieza con inspección	Los operarios chequean la máquina mientras la limpian			
	14	Asignación de tareas	Existe la asignación de tareas y hay alguien responsable de verificarlas			
	15	Hábitos de limpieza	Ha llegado a ser un hábito la limpieza: se barren y se lavan pisos y máquinas con frecuencia			
			Suma			
			Total			
Conservar y vigilar las tres categorías anteriores						
Limpieza estandarizada: cuarto pilar	16	Mejoras a su lugar de trabajo	Se han hecho mejoras al lugar de trabajo para evitar que las cosas se ensucien			
	17	Lista de chequeo	Existen listas de chequeo para la limpieza y el mantenimiento			
	18	Información necesaria	Esta visible la información necesaria			
	19	Uniformes de trabajo	Están limpios los uniformes			
	20	Indicadores de cantidad y localización	Son reconocibles todos los límites y cantidades			
			Suma			
			Total			

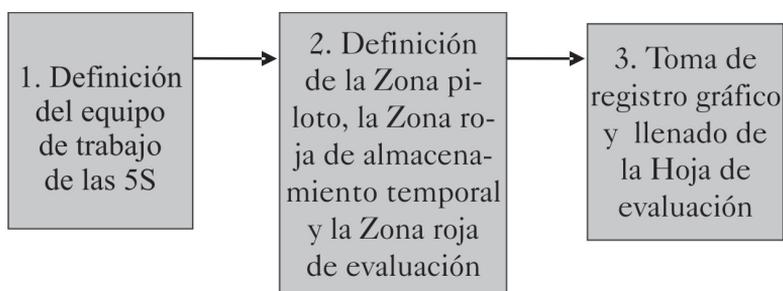
						
Lista de chequeo de las 5S		Área:	Evaluado por:			
Pautas del área de trabajo		Fecha:	Puntuación previa			
5S	Tarea	Elemento para chequear	Descripción del chequeo		Puntuación:	
			0	1	2	3
			4			
Apearse a las reglas						
Disciplina: quinto pilar	21	Cumplimiento	Se hacen reuniones cumplidamente (aseo, trabajo, etc)			
	22	Estándares definidos	Se siguen los estándares definidos para los trabajos			
	23	Autoevaluación	Se efectúa la autoevaluación de las 5S periódicamente y se hacen mejoras			
	24	Retroalimentación	Se establecen acciones correctivas, se evalúa el resultado y se realimenta el área.			
	25	Entrenamiento	Están todos los trabajadores entrenados en el área de trabajo			
			Suma			
			Total			
Total, hoja de evaluación de las 5S. Suma total de los cinco pilares						

Fuente: elaborada por el autor a partir del formato de las 5S usado por el Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín.

El proceso de llenado de la tabla es el siguiente: de más bajo a más alto, la calificación “1” indica que no se están aplicando las 5S, y que la Zona piloto está llena de escenas. La calificación “4” indica que sí se están aplicando las 5S, y que la empresa cumple a cabalidad con todo lo que la evaluación plantea.

El grupo evaluador debe calificar con un muy buen criterio, para que las notas no sean ni tan bajas –inferiores a 5 puntos–, ni tan perfectas –cercanas a 100 puntos–. El resultado obtenido se debe llevar a la Zona roja de evaluación, junto con las fotos tomadas a la Zona piloto, en las que se muestran las diferentes escenas que existen en dicho lugar de trabajo. La Figura 3.3 muestra un esquema inicial de trabajo con las 5S.

Figura 3.3 Esquema inicial de trabajo con las 5S



Fuente: elaboración del autor.

La Tabla 3.2 muestra un ejemplo de una Hoja de evaluación de las 5S diligenciada, en la cual se ve la calificación dada a cada Pilar de las 5S, con su respectivo puntaje, y el acumulado de toda la evaluación. Una vez se haya llenado la Hoja de evaluación de las 5S y tomado los registros fotográficos de la Zona piloto, se procede a la implementación de los Pilares de las 5S.

La Tabla 3.3 presenta el rango de los puntajes obtenidos en la Hoja de evaluación de las 5S, y explica las categorías de dichos puntajes. Cada empresa debe evaluar en qué categoría se encuentra (considérese que la empresa que sale en las Fotos 2.6 y 2.7, es candidata a tener un puntaje por encima de 85 puntos).

Tabla 3.2 Hoja de evaluación de las 5S diligenciada

		Evaluado por: JGAP				
Lista de chequeo de las 5S		Puntuación previa				
Pautas del área de trabajo		Puntuación:				
5S		0	1 2 3 4			
Tarea	Elemento para chequear	Descripción del chequeo				
Distinguir entre lo que es necesario e innecesario						
Organizar: primer pilar	1	Materiales o piezas	Existen materiales o piezas innecesarias		x	
	2	Máquinas o equipos	Existen máquinas o equipos innecesarios			x
	3	Herramientas	Existen herramientas innecesarias			x
	4	Elementos innecesarios	Se han marcados los elementos innecesarios			x
	5	Estándares, gráficos	Existen estándares, cuadros inútiles			x
			Suma			10
			Total			10/20
Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar						
Ordenar: segundo pilar	6	Indicadores de localización	Hay estándares, áreas marcadas con indicadores de localización		x	
	7	Indicadores de artículos	Existen indicadores o placas que señalan cada artículo			x
	8	Indicadores de cantidad	Están indicadas las cantidades permisibles, máximas o mínimas			x
	9	Áreas de paso, de almacén	Hay líneas u otras marcas que demarquen áreas y rutas			x
	10	Planillas de control, herramientas	Se han arreglado planillas y herramientas para facilitar selección y ubicación.			x
			Suma			3 4
			Total			7/20

		UNIVERSIDAD EAFIT Abierta al mundo						
Lista de chequeo de las 5S	Área: zona piloto	Evaluado por: JGAP						
Pautas del área de trabajo	Fecha: 08-12-2010	Puntuación previa						
5S	Tarea	Elemento para chequear	Descripción del chequeo	Puntuación:				
				0	1	2	3	4
Limpiar, observando la manera de hacerlo; mantener aseó								
Limpieza: tercer pilar	11	Desechos, agua, aceite, regueros en el suelo	Se mantienen los suelos limpios y brillantes				x	
	12	Máquinaria sucia con virutas y sobantes	Se limpian y se lavan las máquinas a menudo					x
	13	Se combina limpieza con inspección	Los operarios chequean la máquina mientras la limpian				x	
	14	Asignación de tareas	Existe la asignación de tareas y hay alguien responsable de verificarlas				x	
	15	Hábitos de limpieza	Ha llegado a ser un hábito la limpieza: se barren y se lavan pisos y máquinas con frecuencia					x
			Suma				6	6
			Total				12/20	
Conservar y vigilar las tres categorías anteriores								
Limpieza estandarizada: cuartopilar	16	Mejoras a su lugar de trabajo	Se han hecho mejoras al lugar de trabajo para evitar que las cosas se ensucien				x	
	17	Lista de chequeo	Existen listas de chequeo para la limpieza y el mantenimiento				x	
	18	Información necesaria	Esta visible la información necesaria				x	
	19	Uniformes de trabajo	Están limpios los uniformes				x	
	20	Indicadores de cantidad y localización	Son reconocibles todos lo límites y cantidades					x
			Suma				10	
			Total				10/20	

Lista de chequeo de las 5S		Área: zona piloto		Evaluado por: JGAP			
Pautas del área de trabajo		Fecha: 08-12-2010		Puntuación previa			
5S	Tarea	Elemento para chequear	Descripción del chequeo	Puntuación:			
				0	1	2	3
Apegarse a las reglas							
Disciplina: quinto pilar	21	Cumplimiento	Se hacen reuniones cumplimiento (aseo, trabajo, etc)			x	
	22	Estándares definidos	Se siguen los estándares definidos para los trabajos			x	
	23	Autoevaluación	Se efectúa la autoevaluación de las 5S periódicamente y se hacen mejoras			x	
	24	Retroalimentación	Se establecen acciones correctivas, se evalúa el resultado y se realimenta el área.			x	
	25	Entrenamiento	Están todos los trabajadores entrenados en el área de trabajo		x		
		Suma			1	8	
		Total				9/20	
Total, hoja de evaluación de las 5S. Suma total de los cinco pilares						48/100	

Fuente: elaborada por el autor a partir del formato de las 5S usado por el Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín.

Tabla 3.3 Puntaje de evaluación de las 5S

Puntaje obtenido de la Hoja de evaluación de las 5S	Calificación
0-25 puntos	Mal; no conoce ni aplica las 5S.
26-50 puntos	Regular; conoce, pero no aplica correctamente las 5S.
51-75 puntos	Bien; conoce las 5S, las aplica y está en mejora.
76-100 puntos	Muy bien; conoce las 5S, las aplica y está en la cultura de la empresa.
Puntaje de una empresa ideal: ≥ 85	

Fuente: elaboración del autor

3.5 Definición del primer Pilar de las 5S. *Seiri* (Organización)

El primer Pilar, “Organización”, consiste en que de la Zona piloto se separe lo innecesario de lo necesario y, ante la duda, se retire lo que no se necesita. Los elementos que normalmente se incluyen en esta definición son los siguientes:

- Inventario innecesario.
- Espacios de almacenamiento adicionales (estanterías, cajones, etc.).
- Equipos para el transporte de materiales y piezas.
- Inventario obsoleto.
- Máquinas en desuso.

Para poder detectar todos estos artículos innecesarios, las 5S utilizan un mecanismo muy sencillo pero muy poderoso: la Tarjeta roja, que se muestra en la Figura 3.4. Dicha tarjeta es de este color para que sea llamativa y todo el personal esté pendiente de ella.

Figura 3.4 Tarjeta roja

Tarjeta roja			
Área:		Número:	
Sección:		CC:	
Nombre del artículo:			
Cantidad:	Unidades:		
Categoría de clasificación			
Materia prima ____	Herramientas ____		
Inventario en proceso ____	Muebles y enseres ____		
Producto terminado ____	Material de desecho ____		
Maquinaria ____	Otros ____		
Razones del retiro			
No necesario ____	Destino desconocido ____		
Defectuoso ____	Destino equivocado ____		
Obsoleto ____	Material de desecho ____		
Excedente ____	Otros ____		
Qué hacer con él			
Desechar ____			
Almacenar fuera del lugar de trabajo ____			
Enviar a la sección correspondiente ____			
A dónde enviar			
Ubicación final			
Fecha de la tarjeta:	Fecha del envío:		
Observaciones			

Fuente: elaboración del autor.

La Tarjeta roja informa en detalle la situación del producto, artículo, equipo o material al cual le fue adherida. La Figura 3.5 muestra una Tarjeta roja diligenciada.

Figura 3.5 Tarjeta roja diligenciada

Tarjeta roja			
Área: almacén de materiales		Número:	125
Sección: importados		CC:	0-523
Nombre del artículo: Llave Allen N.º 7			
Cantidad: 5	Unidades: 5		
Categoría de clasificación			
Materia prima ____	Herramientas x		
Inventario en proceso ____	Muebles y enseres ____		
Producto terminado ____	Material de desecho ____		
Maquinaria ____	Otros _____		
Razones del retiro			
No necesario ____	Destino desconocido ____		
Defectuoso ____	Destino equivocado x		
Obsoleto ____	Material de desecho ____		
Excedente ____	Otros ____		
Qué hacer con él			
Desechar ____			
Almacenar fuera del lugar de trabajo ____			
Enviar a la sección correspondiente	x		
A dónde enviar			
Almacén de mantenimiento			
Ubicación final E2-1-25			
Fecha de la tarjeta: 28/07/2010	Fecha del envío: 30/07/2010		
Observaciones			
Guardar con las otras llaves			

Fuente: elaboración del autor.

3.5.1 Forma de trabajo con las Tarjetas rojas

Una vez definida la Zona piloto, y contando con gran cantidad de Tarjetas rojas –mínimo 200, pues es recomendable que sobren–, se procede

a desarrollar una brigada de Tarjetas rojas. A continuación se explica cómo funciona.

El proceso de la brigada de las Tarjetas rojas debe ser hecho, por facilidad y comodidad, en un día en el que en la planta –especialmente la Zona piloto– no se trabaje; y, si se trabaja, la producción debe ser detenida, al menos durante el tiempo que dure la brigada.

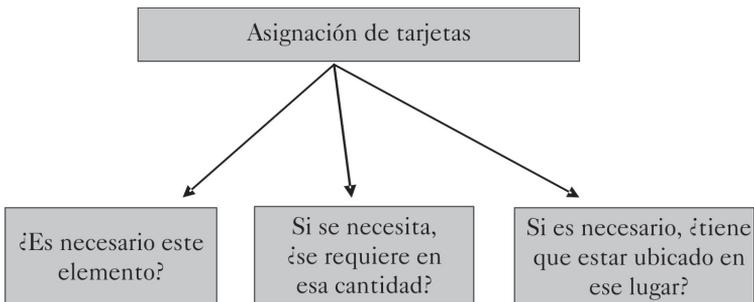
Normalmente, la adhesión de tarjetas se hace en la mañana de un sábado, de las 8.00 a las 12.00 del mediodía. El día anterior, el responsable del programa debe hacer una corta reunión, en la cual se discuten los siguientes puntos:

- Se definen los criterios y metas de evaluación, es decir, a qué objetos se les adherirán las Tarjetas rojas y en qué tiempo se hará dicha actividad. Una manera muy sencilla de explicarle esta tarea al equipo de trabajo es la siguiente: se divide el equipo en grupos de tres cada uno –se supone para el caso que sean nueve personas–, y se organizan así:

De 8.00 a 9.00 de la mañana, el primer grupo adhiere las tarjetas a máquinas y herramientas; de 9.00 a 10.00, el segundo grupo las adhiere a la materia prima; de 10.00 a 11.00, el grupo restante, a muebles y enseres; finalmente, de 11.00 a 12.00 del mediodía, todos proceden a mover los objetos marcados con las Tarjetas rojas a la Zona roja de evaluación.

Una vez definidos los criterios de asignación y los tiempos, se procede a entregar las tarjetas al supervisor del área, para que este las entregue a los operarios y procedan a adherir las tarjetas, teniendo en cuenta la recomendación que se presenta en la Figura 3.6.

Figura 3.6 Criterios de asignación de las Tarjetas rojas



Fuente: elaboración del autor.

Si el producto, equipo, elemento o material cumple cualquiera de las tres condiciones que muestra la Figura 3.6, entonces debe ser marcado y trasladado a la Zona roja de almacenamiento temporal.

- Realizada la operación con las Tarjetas rojas, se procede a trasladar todos los elementos marcados a la Zona roja de almacenamiento temporal. La Foto 3.1 muestra cómo queda una Zona piloto con elementos marcados con la Tarjeta roja.

Foto 3.1 Zona piloto con Tarjetas rojas puestas



Fuente: María C. Betancur, Marcela Echandía y Yulieth Ocampo, s. t., [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2010.

Una vez los elementos marcados estén en la Zona roja de almacenamiento temporal, se realiza uno de los procesos administrativos más importantes de la herramienta de las 5S: el Informe rojo. Este Informe consiste en evaluar cada uno de los elementos marcados y determinar las cantidades, ya sea en kilos, litros o unidades, que se

movieron a la Zona roja de almacenamiento temporal. El Informe rojo también debe valorar económicamente cada uno de estos elementos, y entregar un reporte que indique cuántos miles de pesos hay en dicha Zona de almacenamiento temporal; además, debe señalar aquellos que son recuperables y pueden ser reintegrados al almacén –con su valor–, y, finalmente, indicar el espacio que se logró liberar en la Zona piloto para ser usado posteriormente en otras actividades.

En resumen, el Informe rojo es el documento que le va a permitir al programa de las 5S ser, en muy buena medida, autosostenible, por medio del dinero que se pueda recuperar y obtener por la venta –como chatarra– de los objetos obsoletos que se sacaron de la Zona piloto, y por la valoración de los materiales y equipos que se reintegren a los almacenes, dándoles un punto de partida y unos recursos muy importantes a los otros cuatro Pilares y, con mayor razón, el apoyo de la alta dirección, al ver resultados tangibles. Un ejemplo de un Informe rojo se muestra en la Tabla 3.4.

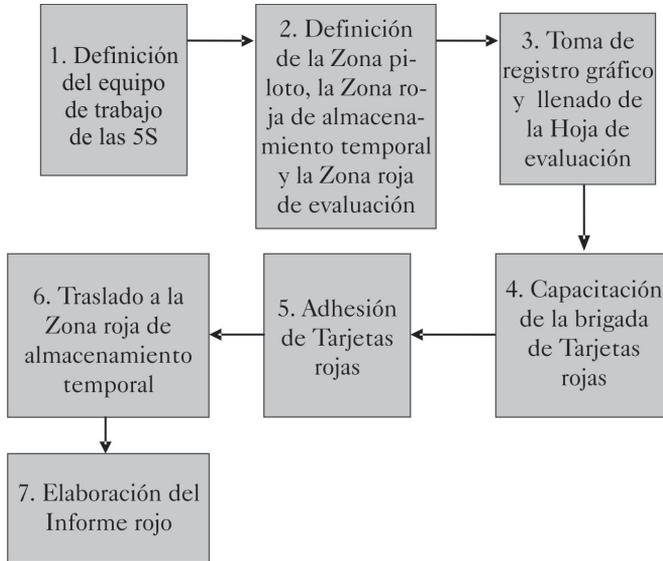
Tabla 3.4 Ejemplo de un Informe rojo

Informe rojo					
Desperdicio	Material recuperado (kg)	Espacio recuperado (m ²)	Tiempo recuperado (s)	Valor recuperado por m ² (\$)	Valor recuperado por tiempo (\$)
Producto terminado y materia prima en los pasillos	0	8	15	120.000	10,4
Estanterías de producto en proceso desorganizadas	0	20	180	300.000	125,0
Estantes y almacén usados para materias primas	0	50	0	750.000	0,0
Espacio entre la materia prima que se utiliza y la que se puede reutilizar	0	2	0	30.000	0,0
Espacio ocupado por material reciclable	0	5	0	75.000	0,0
Kilos de material reciclable	100	0	0	150.000	0,0
Total	100	85	195	1.425.000	135

Fuente: María C. Betancur, Marcela Echandía y Yulieth Ocampo, s. r. l., [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2010.

La Figura 3.7 presenta el proceso de desarrollo de la manera de trabajo con las 5S.

Figura 3.7 Esquema de trabajo con las 5S



Fuente: elaboración del autor.

Terminado el primer Pilar de las 5S, queda una Zona piloto sin ningún tipo de material o elemento innecesario, pero permanece una Zona de almacenamiento temporal, que debe ser eliminada. Hirano⁴ recomienda que esta Zona roja de almacenamiento temporal se evalúe como se ilustra en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5 Criterios de decisión para la Zona roja de almacenamiento temporal

Prioridad	Frecuencia de uso	Qué hacer
Baja	Una vez al año; una vez al semestre.	Botarlo; darlo de baja; almacenarlo lejos de la Zona piloto.
Media	Una vez al mes; cada quince días; cada semana.	Almacenarlo cerca de la Zona piloto.
Alta	Todos los días; cada hora; constantemente.	Almacenarlo en la Zona piloto; al lado del puesto de trabajo; llevarlo consigo.

Fuente: elaboración del autor.

⁴ *Ibid.*

La Tabla 3.5 da unos lineamientos, que la dirección de mejoramiento continuo debe seguir, para poder evaluar –y poder llevar a término– la Zona roja de almacenamiento temporal; es importante resaltar que no debe permanecer más de una semana: una Zona roja de almacenamiento temporal que dure mucho tiempo muestra síntomas de que algo en el programa de las 5S está fallando; mientras más rápido se vacíe dicha Zona, mucho mejor.

3.6 Definición del segundo Pilar de las 5S. *Seiton* (Orden)

El segundo Pilar “Orden” se refiere a que debe haber en la zona de trabajo un lugar para cada cosa, y que cada cosa debe estar en su lugar. El orden implica disponer los elementos necesarios de modo que cualquiera pueda encontrarlos y tomarlos para su uso.

En este Pilar trabajan los operarios de la Zona piloto, la dirección de mejoramiento continuo y el personal de calidad.

3.6.1 Problemas que se evitan con la implementación del orden

Como lo menciona el Equipo de desarrollo de Productivity Press en su libro *5S para todos: cinco Pilares de la fábrica visual*,⁵ los problemas comúnmente evitados al implementar el Orden en un puesto de trabajo o en la Zona piloto son los siguientes:

- *Despilfarro de tiempo y movimientos*
El personal en el puesto de trabajo no logra encontrar lo que busca, y tiene que recorrer varias veces la misma zona hallando lo que necesita.
- *Despilfarro de búsquedas*
Asociado al ítem anterior, la búsqueda también tiene que ver con el hecho de que no se encuentran las cosas donde deberían estar.
- *Despilfarro en inventarios*
No conocer exactamente lo que hay en el puesto de trabajo hace que se tengan o pidan más inventarios de los requeridos.

⁵ *Ibid.*

- *Despilfarro por condiciones inseguras*
La mala ubicación de las cosas de la zona de trabajo es un riesgo para el movimiento de las personas y los materiales.
- *Despilfarro en la energía de las personas*
El tiempo y el movimiento invertidos en la búsqueda de las cosas hacen que la persona se desanime y se frustre, al demorarse mucho o no poder encontrar lo que necesita.

Cada uno de estos despilfarros se puede asociar a escenas presentes en el sitio de trabajo, que con una buena organización y orden se eliminan.

3.6.2 Cómo implantar el orden en el puesto de trabajo

El Orden en el puesto de trabajo se basa en la aplicación de varios principios, que se resumen en dos, fundamentalmente: economía de movimientos y localización de instalaciones.

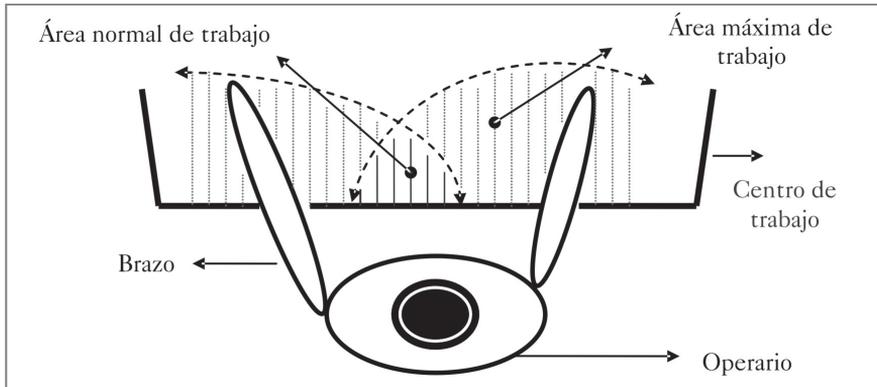
3.6.2.1 Principios de economía de movimientos

La economía de movimientos es un área del conocimiento, tratada desde las épocas de los estudios de ingeniería industrial realizados por Taylor,⁶ en los cuales se buscaba mejorar la manera como las personas realizaban su trabajo. Cada mejora se asoció a un principio de economía de movimientos, de los cuales los más relevantes son los siguientes:

- Garantizar que todos los elementos, botones, actuadores y herramientas se encuentren en la Zona máxima de trabajo (Figura 3.8); esta es la que el operario alcanza con los brazos extendidos moviéndolos frente a su pecho, siguiendo un movimiento radial que abarca 180°. La Zona normal de trabajo es aquella en la que se interceptan los movimientos de brazos descritos, es decir, en la que se efectúan las labores operativas. Un ejemplo son los ensambles.
- Utilizar la gravedad siempre que sea posible; no cargar, empujar o mover elementos con la fuerza humana: dejar que la gravedad actúe.

⁶ Richard B. Chase, Nicholas J. Aquilano y F. Robert Jacobs, “Nota técnica 4”, en: *Administración de la producción y operaciones*, México, McGraw-Hill, 2009.

Figura 3.8 Zona normal y máxima de trabajo



Fuente: elaboración del autor.

- Ubicar todas las herramientas y elementos que se usan en un puesto de trabajo siguiendo la secuencia de uso; los más usados deben estar más cerca de la mano del operador.
- Usar, en lo posible, herramientas con mecanismos de “soltar con vuelta a posición”, en los que las herramientas están sujetas a un dispositivo retráctil que permite que, una vez hayan sido usadas, regresen por sus propios medios al lugar de almacenamiento, sin que el operario las tenga que llevar. Un ejemplo de estos mecanismos se puede ver en las estaciones de servicio automotor, en las áreas del cambio de aceite: el operario coge la manguera del aceite, la hala y la lleva hasta el vehículo, surte el aceite, y, una vez realizada esta operación, suelta con precaución la manguera, y esta se enrolla otra vez en el sitio de origen.
- Utilizar mecanismos de alimentación de materia prima para las máquinas o equipos; que no sea el operario el que las tenga que surtir manualmente.
- En lo posible, dejar caer los productos terminados o en proceso a los depósitos de almacenamiento: que no haya que trasportarlos.
- Los operarios deben evitar en sus puestos de trabajo los movimientos del tronco y las posturas incómodas.
- Los operarios deben mantener una altura apropiada para realizar el trabajo.

¿Qué tienen que ver los principios de economía de movimientos con las 5S?

Todo. Cualquier mejora que se haga en el lugar de trabajo y que busque corregir las condiciones de ergonomía, visibilidad y comodidad del operario en su sitio de trabajo, es 5S. Por lo tanto, el mejoramiento de las condiciones de trabajo de los operarios, desde el punto de vista de la salud ocupacional y la seguridad industrial, se puede considerar como mejoras 5S, asociadas al segundo Pilar.

3.6.2.2 Principios de localización de instalaciones

Los principios de localización de instalaciones, asociados al segundo Pilar de las 5S, se refieren a que, en el puesto de trabajo, todo debe estar demarcado y señalado, de manera que, para todos los operarios, cada elemento, artículo, herramienta o material sea fácilmente ubicable y retirable.

Los principios de localización de instalaciones comprenden estas actividades:

- Utilizar tarjetas o etiquetas para determinar qué se hace, cuánto se hace y dónde se hace, en el lugar de trabajo. La Foto 3.2 muestra un control visual, en el cual se identifica el tipo de líquido que va por la tubería y su sentido de circulación; esto permite que, en caso de un mantenimiento, sea mucho más fácil la detección y ubicación del problema.

Foto 3.2 Ejemplo de sistemas visuales en un proceso productivo



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

- Utilizar tableros de contornos para la ubicación de las herramientas en el sitio de trabajo. Esta técnica es una de las más comunes usadas en las 5S, y es de gran utilidad para los objetivos del segundo Pilar (Foto 3.3).

Foto 3.3 Ejemplo de un tablero de contornos



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

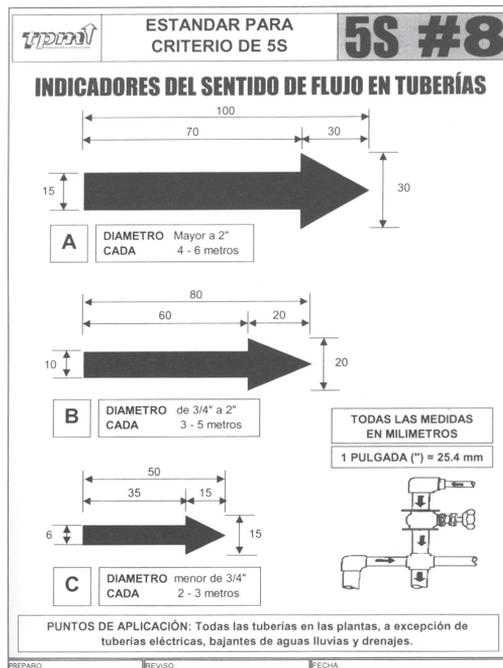
- Otras técnicas son las líneas de división. En una empresa, las más comunes son las siguientes:
 1. Líneas de demarcación de pasillos; para indicar flujos de personas, materiales y equipos (Foto 3.4).
 2. Líneas de tipo “cebra”; para indicar zonas de seguridad, de prohibición de dejar algún objeto ubicado allí. También son líneas de cruce (Foto 3.4).
 3. Líneas de flujo en tuberías; para indicar el tipo de producto y la dirección que sigue en la tubería (Figura 3.9).

Foto 3.4 Líneas de demarcación de pasillos y de tipo “cebra”



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Facultad de Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

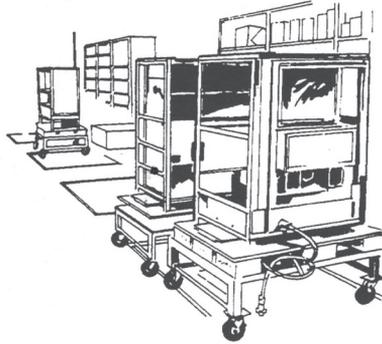
Figura 3.9 Líneas de flujo en tuberías



Fuente: Jairo Dávila Vides y Juan Camilo Pineda Cuartas, *Cómo mejorar la productividad en su organización*, Medellín, TPM Latino, 2005, p. 75.

4. Líneas de acción de equipos; delimitan las áreas de ubicación de las máquinas e indican hasta dónde es seguro acercarse a ellas (Figura 3.10).

Figura 3.10 Líneas de acción de equipos



Fuente: Michael Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, México, Productivity Press, 1993, p. 128.

- Otra de las técnicas empleadas es la demarcación de los puestos de trabajo usando indicadores de referencia o cantidad, e indicando el tipo de artículo que se encuentra almacenado en el lugar de trabajo y su cantidad (Foto 3.5).

Foto 3.5 Demarcación de un sitio de trabajo

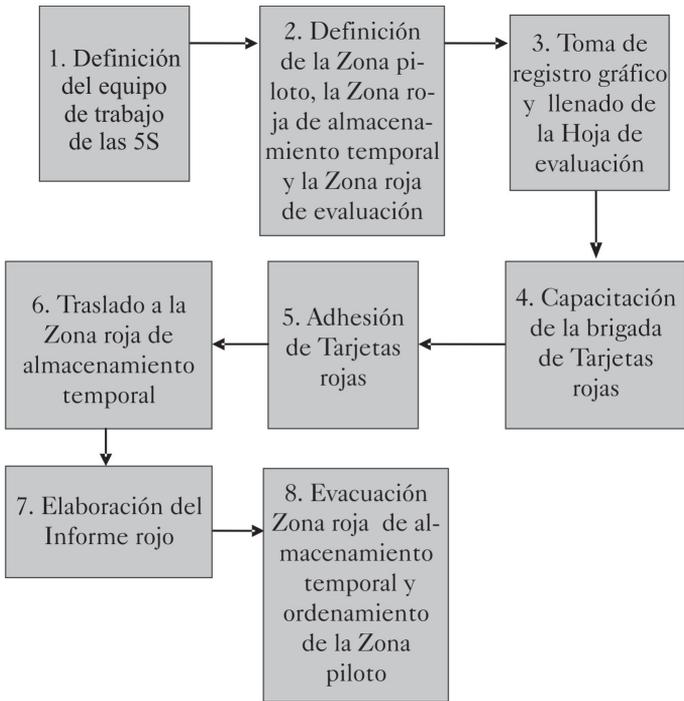


Fuente: sitio web: *GuíaMuebles.com*, disponible en: <http://www.guiamuebles.com/product/estanteria-con-gavetas-del-n-52.html>, consulta: 10 de mayo de 2011.

Al aplicar el segundo Pilar de las 5S, se debe determinar en cada situación mejorada cuáles fueron los ahorros obtenidos, tanto en tiempo como en unidades y espacio de almacenamiento, para poder generar un informe similar al Informe rojo, en el cual se pueda valorar y determinar las unidades adicionales que se pueden fabricar o almacenar, y cuánto inventario se puede reintegrar al almacén.

La Figura 3.11 muestra cómo se va desarrollando el trabajo con las 5S.

Figura 3.11 Forma de trabajo con las 5S



Fuente: elaboración del autor.

En resumen, el segundo Pilar es la aplicación de los criterios de los sistemas visuales a la Zona en evaluación.

3.7 Definición del tercer Pilar de las 5S. *Seiso* (Limpieza)

El tercer Pilar de las 5S, “Limpieza con inspección”, consiste en mantener el sitio de trabajo –la Zona piloto– impecable y completamente

limpia. Este Pilar requiere tener un excelente conocimiento mecánico del puesto de trabajo y de las máquinas que lo componen.

Aquí participan los operarios de la Zona piloto, la dirección de mejoramiento continuo, la supervisión del área y, especialmente, el personal técnico o de mantenimiento. Su labor es construir los estándares requeridos de limpieza e inspección, para cada una de las máquinas que componen la Zona piloto. Estos estándares deben ser elaborados de la manera más clara y sencilla, para que la labor de limpieza se haga fácil y rápidamente.

Un ejemplo de un estándar es el que se presenta en la Figura 3.12, en la que una máquina inyectora tiene un manual de cada una de las tareas de inspección, que el operario asignado a dicha máquina debe seguir, antes de ponerla a trabajar.

Para empezar a desarrollar este Pilar es importante hacerles la siguiente pregunta a los operarios de la zona de trabajo: *¿qué problemas se pueden detectar y evitar en el puesto de trabajo si se implementan labores de Limpieza con inspección?* Las respuestas más comunes son las siguientes (si el equipo de trabajo no da rápidamente alguna respuesta, se puede apoyar en estos ejemplos):

- Las máquinas están tan sucias que prefieren no tocarlas.
- Las máquinas producen ruidos extraños y se mueven de su posición original.
- Existen cables sueltos por toda la zona de trabajo.
- Existen charcos, fugas de aceite y gran cantidad de viruta y restos de materiales en el suelo.
- Los indicadores de las máquinas y tableros de control están tan sucios que no se pueden leer.
- Las lámparas, celosías, claraboyas y cielorrasos están tan sucios que no dejan pasar la luz.
- Los pernos y las tuercas de las máquinas están flojos.
- De los cables de energía saltan chispas.
- Las correas de transmisión están sueltas o flojas.
- Los motores se sobrecalientan.

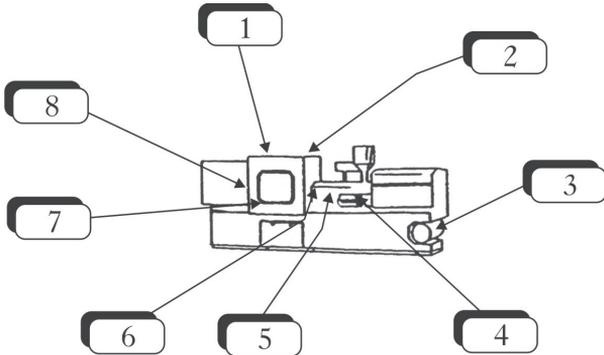
Si en la empresa o en la Zona piloto hay una respuesta afirmativa a cualquiera de los aspectos mencionados anteriormente, existe un

indicativo de que el tercer Pilar de las 5S no se encuentra implementado. Para hacerlo, se debe seguir un procedimiento similar al usado en el primer Pilar, con el proceso de las brigadas rojas.

Figura 3.12 Lista de Limpieza con inspección

Lista de chequeo

Por _____ Próximo chequeo _____



Nº.	Instrucciones
1	Verificar mecanismos de seguridad de útiles
2	Verificar presión de cierre
3	Verificar células de almacenaje
4	Fijar la temperatura
5	Verificar anclajes
6	Verificar sondas
7	Verificar funcionamiento de mecanismos de final de carrera
8	Verificar funcionamiento de mecanismos de seguridad y alarmas

Fuente: Michael Greif, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, México, Productivity Press, 1993, p. 87.

3.7.1 Pasos para implantar la Limpieza con inspección

La actividad consta de los siguientes pasos:⁷

- *Decidir las metas y criterios de limpieza*

Se debe hacer una reunión con el grupo de trabajo de las 5S, preferiblemente en un día viernes, antes de finalizar la jornada de

⁷ Productivity Press, *Op. cit.*

trabajo; allí, suponiendo que el equipo de trabajo es de nueve personas, la dirección de mejoramiento continuo hace las asignaciones. Un ejemplo puede ser el siguiente: el primer grupo, de tres operarios, hace la limpieza de las máquinas, entre las 8.00 de la mañana y las 12.00 del mediodía; el segundo grupo, también de tres operarios, limpia los muebles y enseres en el mismo horario; y, el último, hace limpieza de paredes y techos, entre las 7.00 de la mañana y las 12.00 del mediodía. Cabe aclarar que para la aplicación de este Pilar es necesario detener la producción de la Zona piloto.

- *Definir las herramientas y métodos de limpieza*

Para esta actividad se deben haber preparado con antelación todos los estándares de limpieza con inspección de cada una de las máquinas (véase la Figura 3.12). Esta tarea es, principalmente, responsabilidad del departamento técnico o de mantenimiento, y sin estos estándares no se puede llevar a cabo un buen proceso de implementación. Adicionalmente, el departamento técnico debe informar, en estos estándares, qué tipo de equipo de Limpieza es necesario para cada máquina o elemento que se vaya a limpiar.

- *Preparar las herramientas de limpieza*

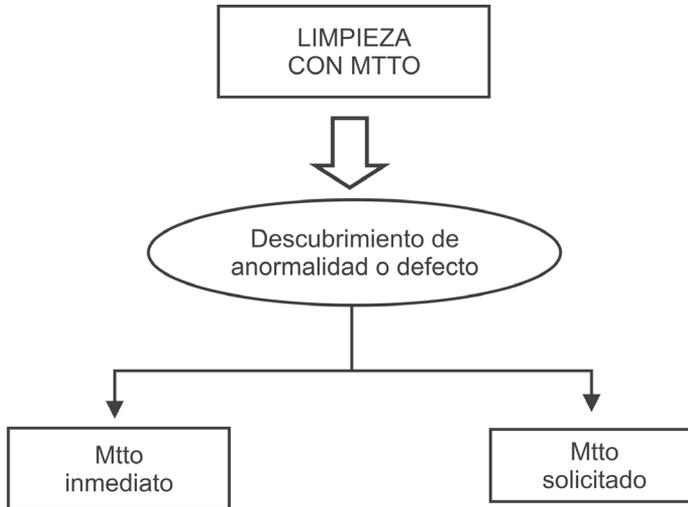
Definir y organizar todo el equipo de limpieza requerido para el día siguiente.

- *Implementación de la Limpieza*

Aplicar todos los estándares de limpieza que se tienen, y proceder a implementar las actividades de limpieza con inspección que se requieran.

El objetivo central de este Pilar es entregarle al operario del puesto de trabajo las herramientas y estándares, para que él pueda hacer las labores de limpieza con mantenimiento preventivo, y generarle la conciencia de que si descubre alguna anomalía o problema haga un mantenimiento inmediato, y que, si no lo puede hacer, lo solicite inmediatamente. La Figura 3.13 muestra el objetivo del tercer Pilar.

Figura 3.13 Objetivos del tercer Pilar de las 5S



Fuente: elaboración del autor.

3.8 Definición del cuarto Pilar de las 5S. *Seiketsu* (Limpieza estandarizada)

Este Pilar se conoce como el “estado de la limpieza”, que significa lograr aquella condición en la que se mantienen diariamente los tres Pilares anteriores; además, la Limpieza estandarizada se apoya en el diseño de equipos o mecanismos automáticos, para que el operario no tenga que limpiar ni aplicar los dos primeros Pilares: “organización” y “orden”.

Para desarrollar este Pilar, debe existir un elemento cultural y de mejoramiento continuo muy firme e interiorizado en la empresa, que permita el curso diario de los tres Pilares anteriores. Una manera sencilla de mostrar cómo aplicar los tres primeros Pilares, en un sitio de trabajo, se muestra en la Tabla 3.6, que deberá adherirse a cada máquina o puesto de trabajo, para recordarle al operario constantemente lo que debe hacer para poder mantener las 5S en sus primeros tres Pilares.

Tabla 3.6 Actividades para aplicar el cuarto Pilar de las 5S

Pilar 5S	Actividad	Frecuencia	Responsable
<i>Seiri</i>	Retirar y disponer correctamente lo que no se necesite en el lugar de trabajo.	Al final de cada turno.	El operario del turno (<i>nombre de la persona</i>).
<i>Seiton</i>	Llevar al sitio de almacenamiento todos los elementos usados en la labor.	Al final de cada turno.	El operario del turno (<i>nombre de la persona</i>).
<i>Seiso</i>	Limpiar la máquina o centro de trabajo siguiendo los lineamientos establecidos en la hoja de limpieza con inspección.	Al final de cada turno.	El operario del turno (<i>nombre de la persona</i>).

Fuente: elaboración del autor.

En esta Tabla hay cuatro columnas. La de “actividad”, le recuerda al operario lo que debe realizar; la de “frecuencia”, le indica cuántas veces debe ser realizada la actividad y en qué momento; y la columna de “responsable”, designa el nombre de la persona o personas que deben llevar a cabo la actividad. Cada empresa es autónoma en la estructura de recordación que quiera tener para el buen desarrollo de las 5S. Un nombre común, que se le da a esta Tabla, es el de la “Tabla de los cinco minutos 5S”, que significa que se aplican, al final del turno, durante cinco minutos –pueden ser más–, los tres Pilares iniciales.

3.8.1 Problemas que se evitan al implementar la Limpieza estandarizada

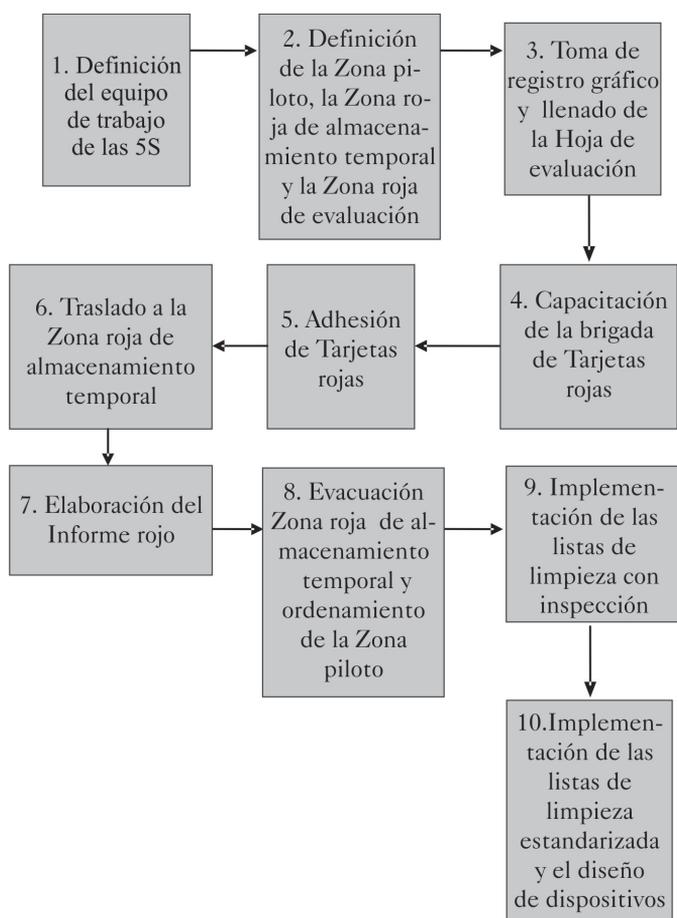
Al implementar correctamente este Pilar se evita que ocurran los siguientes problemas en el puesto de trabajo:⁸

- Que las condiciones de trabajo regresen a las condiciones iniciales de operación.
- Que al final del turno se dejen los materiales y las herramientas tiradas, sin ningún orden.
- Que los lugares de almacenamiento se desordenen.
- Que caigan constantemente al piso virutas y líquidos, y se tenga que barrer.

⁸ *Ibid.*

La Figura 3.14 muestra cómo se debe ir llevando a cabo el montaje de las 5S. Es importante recordar que en este Pilar –la Limpieza estandarizada– el diseño de mecanismos o dispositivos es de gran importancia, para ir liberando al operario de tareas que pueden volverse rutinarias y ser olvidadas fácilmente. Uno de los dispositivos más comunes es el siguiente: colocar bandejas retirables en la máquina, que recojan todas las virutas y residuos para que no caigan al suelo y no haya que barrer constantemente.

Figura 3.14 Forma de trabajo con las 5S



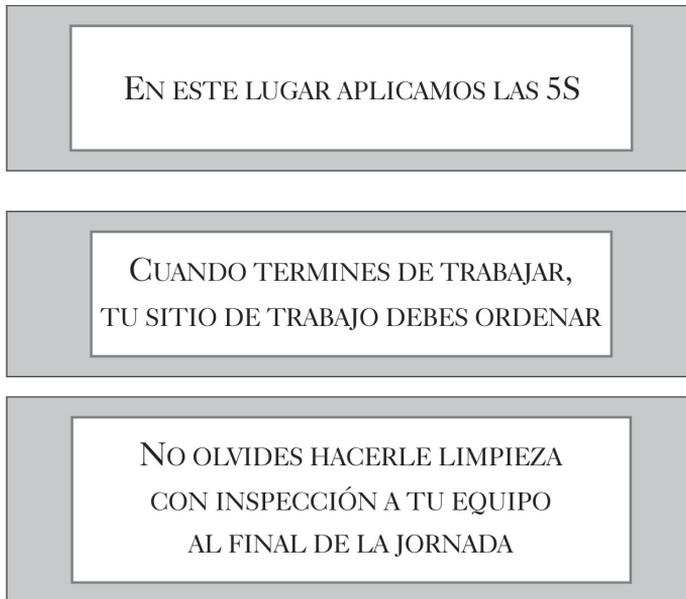
Fuente: elaboración del autor.

3.9 Definición del quinto Pilar de las 5S. *Shitsuke* (Disciplina)

Este Pilar, “Disciplina”, significa que se debe tener el hábito de mantener correctamente los procedimientos apropiados. La “disciplina” es la búsqueda del automantenimiento de los cuatro Pilares anteriores.

Para su desarrollo, es importante que en el grupo de trabajo de las 5S haya un representante del área de comunicaciones, o alguien que tenga habilidades de comunicación visual y despliegue en la empresa los mensajes de responsabilidad, cumplimiento y logros que se van obteniendo al trabajar los diferentes Pilares de la herramienta. La Figura 3.15 muestra ejemplos de elementos publicitarios de las 5S o sus componentes, que deben ser fijados en puntos visibles de la planta para generar recordación a todos los trabajadores.

Figura 3.15 Ejemplos de Eslóganes 5S



Fuente: elaboración del autor.

3.9.1 Papeles en la implementación del quinto Pilar

Como este es un Pilar más estratégico que táctico, se debe tener presente que, tanto las directivas como la parte operativa, tienen que

cumplir un rol en el desarrollo del programa.⁹ El papel de las directivas que favorece la Disciplina, incluye las siguientes actividades:

- Educar a los empleados en los Pilares de las 5S.
- Fomentar y crear los equipos de trabajo de las 5S.
- *Dar tiempo y recursos necesarios para el montaje de los diferentes Pilares de las 5S.*
- Reconocer y apoyar los trabajos de las 5S hechos por el personal de la empresa.
- Escuchar a los trabajadores y participar en tareas de promoción del programa.
- Enseñar con base en el ejemplo.

El papel de la parte operativa en la implementación de la Disciplina en este programa, incluye los siguientes aspectos:

- Continuar con el aprendizaje de la implementación de los cinco Pilares.
- Educar a los compañeros en los diferentes aspectos de mejoramiento que cada Pilar entrega.
- *Solicitar a las directivas tiempo y recursos para el buen desarrollo del programa de las 5S.*
- Asumir con entusiasmo las actividades de las 5S que se ejecutan en la empresa.
- Tomar la iniciativa para diseñar modos de implantar las 5S.
- Presentar a las directivas ideas para promover o implantar las 5S.
- Promover en toda la empresa el programa de las 5S y sus beneficios.

Se escriben en cursiva los dos papeles primordiales para que el sistema de mejoramiento funcione bien y tenga éxito.

⁹ *Ibid.*

3.9.2 Herramientas y técnicas para promover la Disciplina

En cada empresa pueden usarse diferentes herramientas y técnicas para promover la Disciplina, y hacer que el desarrollo de los cinco Pilares se vuelva algo rutinario, pero que constantemente evalúe y cuestione el lugar de trabajo. Las técnicas más comúnmente usadas en la promoción de la Disciplina son las siguientes:¹⁰

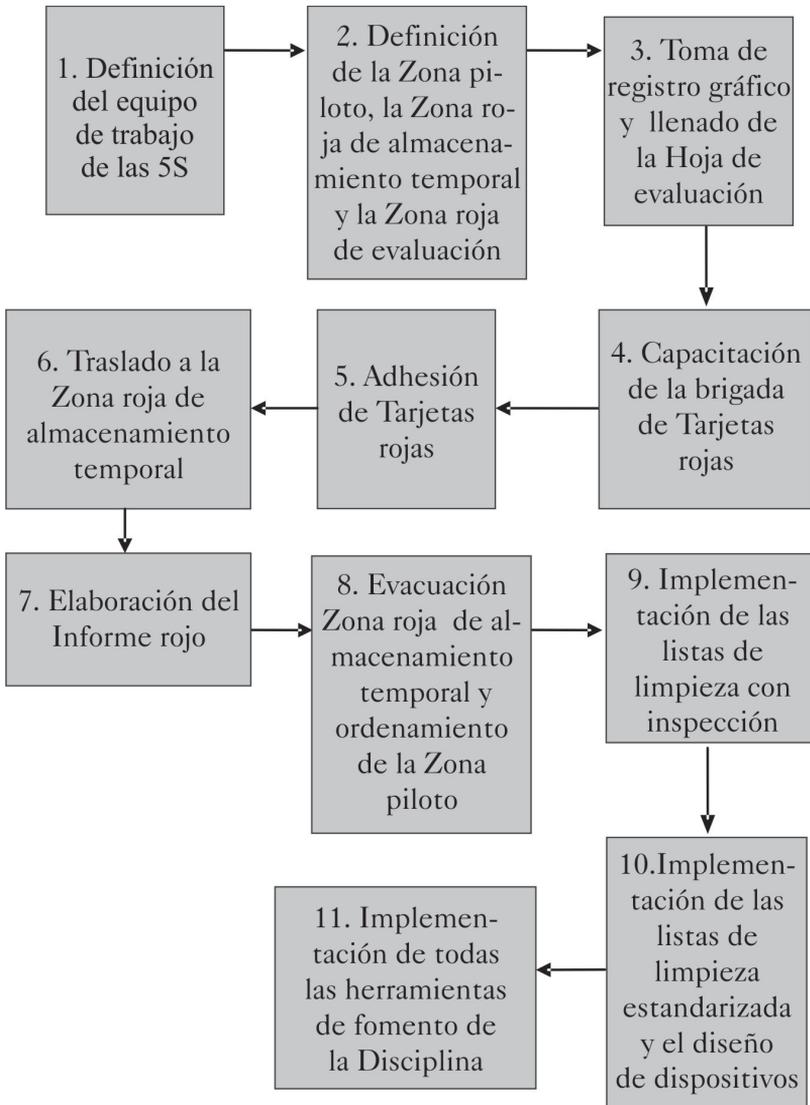
- Eslóganes 5S. Usados para generar recordación y hacer que el mensaje de las 5S de cada Pilar llegue a todo el personal (Figura 3.15).
- Paneles de historia y muestras fotográficas de las 5S. Esta herramienta de divulgación es la que se va ubicando en la Zona roja de evaluación, para ir mostrando cómo se van dando las mejoras en el tiempo al aplicar la técnica.
- Visitas a otras plantas que tengan las 5S, o a áreas de la misma empresa que ya las hayan implementado. Esta actividad debe ir en paralelo con el despliegue de las capacitaciones en el tema de las 5S; dichas visitas permiten conocer cómo se está llevando a cabo el programa en otros lugares, y dan pie para cuestionar la labor propia.
- Meses 5S. Consiste en aplicar intensamente los Pilares de las 5S, como si fuese la primera vez que se implementara el programa de mejoramiento.

La Disciplina, al contrario de los cuatro primeros Pilares, no puede implementarse mediante un conjunto de técnicas, ni tampoco se puede medir; sin embargo, las directivas deben crear las condiciones, en toda la empresa, para promover la práctica de los cinco Pilares.

La Figura 3.16 presenta la estructura final de trabajo con las 5S, en la cual se indican las once tareas que se deben llevar a cabo para implementar correctamente un programa de mejoramiento, basado en esta herramienta de producción.

¹⁰ *Ibid.*

Figura 3.16 Forma de trabajo con las 5S



Fuente: elaboración del autor.

El montaje de las 5S no tiene una duración definida; cada empresa lo puede hacer a su propio ritmo, aunque lo recomendable es tener un plan de trabajo basado en los aspectos que muestra la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Plan de trabajo de las 5S

Pilar de las 5S	Equipo de trabajo	Recursos necesarios	Tiempo aproximado*
<i>Seiri</i> Primer Pilar	Dirección de mejoramiento continuo, supervisor, operarios.	Tarjetas rojas, cinta de colores.	Dos días para adherir tarjetas y para organizar el sitio.
<i>Seiton</i> Segundo Pilar	Dirección de mejoramiento continuo, supervisor, operarios.	Cinta de colores, etiquetas identificativas, pintura.	Un día de trabajo; una semana para demarcar y ordenar.
<i>Seiso</i> Tercer Pilar	Dirección de mejoramiento continuo, supervisor, operarios, departamento técnico, mantenimiento.	Equipos e implementos de limpieza, estándares de limpieza con inspección.	Mínimo un mes, para tener todos los estándares de Limpieza con inspección, y dos días, para aplicar la limpieza en el puesto de trabajo.
<i>Seiketsu</i> Cuarto Pilar	Dirección de mejoramiento continuo, supervisor, operarios, departamento técnico, mantenimiento.	Dispositivos o mecanismos para no tener que limpiar y para facilitar la realización de los dos primeros Pilares.	Un día, para poner avisos de limpieza estandarizada; se pueden tener varios meses de trabajo para el diseño y construcción de los equipos y mecanismos necesarios.
<i>Shitsuke</i> Quinto Pilar	Dirección de mejoramiento continuo, supervisor, operarios, departamento de comunicaciones.	Pósters, afiches, muestras de fotos.	Dos semanas, para elaborar la publicidad referente a las 5S, y dos días, para fijarla en el sitio de trabajo.

* Valores aproximados de tiempo basados en experiencias de montajes de programas de las 5S

Fuente: elaboración del autor.

3.10 Conclusiones

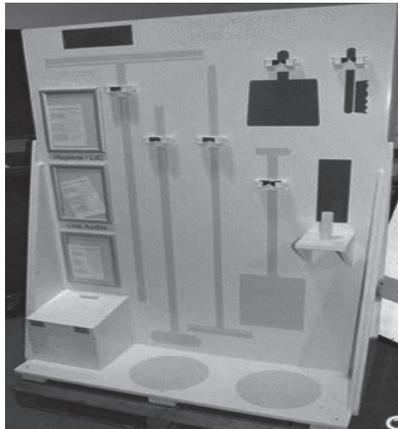
Las 5S pueden aparecer como una herramienta muy sencilla de aplicar, pero no hay nada más lejos de la realidad: tan fácilmente como se implementan pueden fallar. Una empresa que vaya a trabajar con este programa debe ser consciente de que el cambio cultural que va a tener es complicado, que es una herramienta que hay que respetar en cada uno de sus Pilares y, adicionalmente, que los resultados no son a corto, sino a mediano plazo. Es importante recalcar que una planta puede llegar a ser controlada y administrada usando las 5S: no se trata

solamente de poner la planta bonita, llena de colores y demarcaciones que indiquen ubicaciones: es mucho más que eso.

Las 5S y los sistemas visuales están muy relacionados: estos son el soporte de una buena gestión de aquellas, y todos deben ir acompañados de una buena estandarización de procesos.

Implementar esta herramienta en una planta permite conocer los niveles de inventario de cada producto –sus existencias– en tiempo real; también, deja evaluar en qué estado de mantenimiento y calidad se encuentran las máquinas y equipos y, adicionalmente, hace que los departamentos se integren y se logren mejoras en los procesos, los equipos y los elementos mecánicos de las máquinas. Por último, las 5S permiten que la empresa adquiera un carácter de orden y funcionalidad, que hace que sea vista como un lugar agradable para trabajar y motivadora para dar ideas y sugerencias sobre el lugar de trabajo y los procesos. Las Fotos 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 muestran más ejemplos de desarrollos logrados al aplicar esta herramienta. Las Fotos 3.6, 3.7 y 3.8 son un claro ejemplo del orden en el que se ubican las herramientas sobre un contorno hecho en *icopor*,¹¹ que tiene como función servir de almacenamiento y protección de las herramientas.

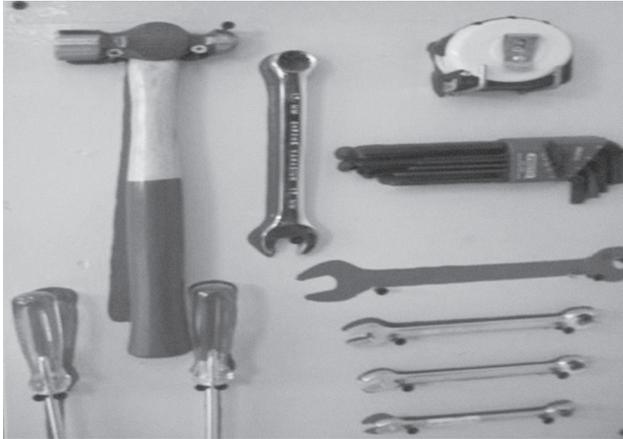
Foto 3.6 Ejemplo de las 5S en un lugar de almacenamiento



Fuente: “Shadow Boards”, sitio web: *N-Sing*, disponible en: <http://www.n-sign.co.uk/shadow-boards.html>, consulta: 10 de mayo de 2011.

¹¹ Poliestireno expandido (EPS). *Icopor*, denominación dada por su fabricante en Colombia, Industria Colombiana de Porosos.

Foto 3.7 Ejemplo de las 5S en un lugar de trabajo



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Foto 3.8 Ejemplos de las 5S en un área de trabajo



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Es importante tener en cuenta que los procesos de mejoramiento con las 5S se deben empezar una vez se hayan determinado las esce-

nas en las plantas.¹² Aunque es una herramienta sumamente poderosa para el mejoramiento de los procesos productivos, al ser tan adecuada y tener una estructura de trabajo tan sencilla, es al mismo tiempo muy compleja de administrar, y, como se mencionó, tan fácilmente como se implementa, tan fácilmente como falla. Las 5S son el sentido común puesto en práctica en la planta; pero si la persona que va a dirigir el programa, y los operarios que lo van a ejecutar y controlar, no lo tienen desarrollado, el programa puede fracasar. Se debe enfatizar que un buen programa de las 5S debe estar alineado con un cambio en la cultura organizacional de la empresa que lo va a implementar; si no se tiene la cultura del orden y el aseo, el programa puede fallar, y si el personal no está comprometido, y acepta los resultados que van arrojando las distintas evaluaciones logradas con la Hoja de evaluación, no funciona.

Al hablar de que las 5S son el sentido común puesto en práctica, se debe hacer referencia a la capacidad que tenga todo el personal, tanto operativo como administrativo, para detectar y eliminar escenas; una vez hecho esto, se procede a tomar la decisión de hacer las mejoras que la herramienta, en sus diferentes Pilares, plantea.

Es necesario que, en este programa, la dirección general de la empresa libere de tiempos y actividades administrativas a algunos de los ingenieros de planta, preferiblemente el director o el jefe de producción, con el fin de que tengan el tiempo y la disponibilidad de investigar las escenas y la manera de mejorarlas.

El programa de las 5S, como herramienta de mejoramiento de los procesos productivos, está íntimamente ligado con otras técnicas de mejora, aspecto que facilita el desarrollo e implementación de planes de trabajo a un plazo más largo, de manera que se puedan aprovechar las sinergias de una herramienta con otra. Un caso muy común son los Sistemas SMED (*single minute exchange of dies*), que usan de una manera muy intensa las 5S para las mejoras en sus operaciones, y serán expuestos en el Capítulo 4 (véase la Figura 4.1).

La Foto 3.9 muestra las demarcaciones y el orden en un puesto de trabajo, que se logran al aplicar las 5S; las Fotos 3.9 y 3.10 indican

¹² Juan Gregorio Arrieta Posada, “Interacción y conexiones entre las técnicas 5S, SMED y *poka-yoke* en procesos de mejoramiento continuo”, *Tecnura*, año 10, núm. 20, semestre 1, Bogotá, 2007, pp. 139-148.

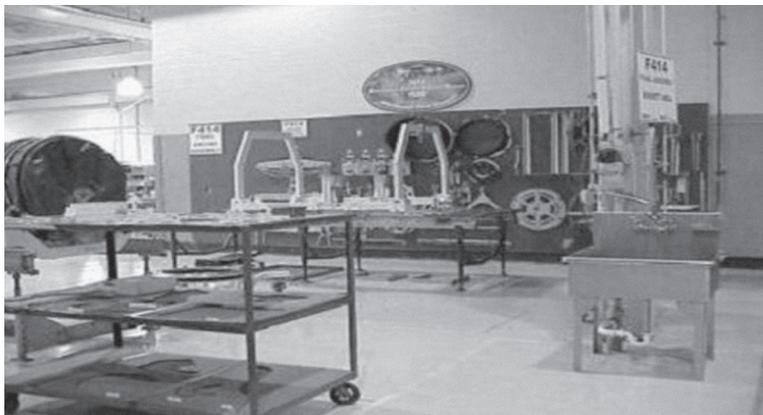
el estado de una planta, en la cual el orden y la limpieza y claridad que se tienen en el lugar de trabajo al implementar la herramienta son notorios.

Foto 3.9 Ejemplo de las 5S en un área de trabajo



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Foto 3.10 Ejemplo de las 5S en un área de trabajo



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Ejercicio

Esta lista de actividades se puede hacer en el lugar de trabajo, para ir formando y entrenando al personal en el uso y entendimiento de la práctica de las 5S.

1. Ejercicio de las billeteras

Cada persona deberá vaciar su billetera, bolsos y bolsillos, y separará lo que necesita de lo que no necesita. Se hará un breve análisis de todo el tiempo que llevan los artículos guardados en la billetera, y cada cuánto se usan.

2. Pensamientos 5S

En su puesto de trabajo, dedique cinco minutos a pensar qué elemento se debe retirar, y cuál se debe reubicar y se puede beneficiar con las actividades de limpieza con mantenimiento.

3. Fotos de la zona de trabajo

Vaya al puesto de trabajo que usted defina en la planta, haga el registro gráfico –fotos de cada una de las escenas que se descubran– y publíquelas en un sitio visible para todo el personal.

4. Mapa 5S

Elabore un diagrama de flujo del producto en el sitio de trabajo escogido, al que se le va a aplicar la herramienta de las 5S, con el propósito de determinar cómo se mueven los materiales, personas y equipos en dicha área de trabajo.

Capítulo 4

Los Sistemas SMED*

4.1 Introducción

En este capítulo se da una descripción de los Sistemas SMED, desarrollados por el ingeniero Shigeo Shingo en sus trabajos en la planta de vehículos de tres ruedas de la compañía Mazda, en la década de los años cincuenta del siglo XX.¹ Como se ve en la Figura 4.1, toda empresa que desea desarrollar sistemas de mejoramiento de sus procesos, debe evaluar las escenas que tiene. Los Sistemas SMED buscan eliminar o disminuir las escenas relacionadas con el tiempo de paro de las máquinas, durante la espera que tiene lugar mientras están listas para operar.

El enfoque SMED es simple y universal, aunque se empleó por primera vez en la fabricación de piezas con troqueles y moldes. Los principios básicos de los Sistemas SMED se usan para reducir tiempos de cambio de útiles y herramientas, y de preparación de máquinas, en toda clase de industrias: manufactura, proceso, ensamble, embalaje e incluso en algunas empresas de servicios como las líneas aéreas.²

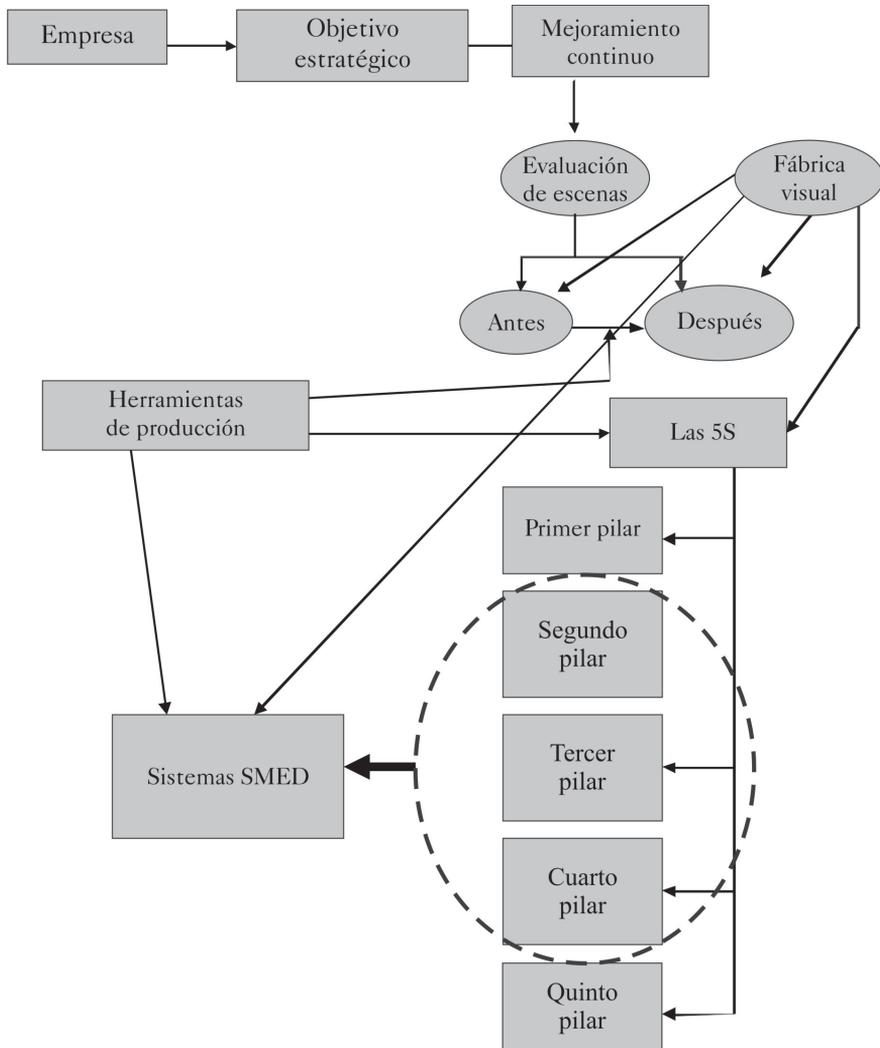
También, se puede detallar en la Figura 4.1 que si una empresa implementa las 5S, especialmente los Pilares segundo, tercero y cuarto, ya tiene un avance muy grande en el montaje de los Sistemas SMED, pues existe una relación muy fuerte entre ambas herramientas de mejoramiento de procesos productivos, como se explicará más adelante.

* *Single minute exchange of dies* (cambio de herramientas en un tiempo en minutos menores a un dígito—9 minutos y 59 segundos—).

¹ Shigeo Shingo, *Una revolución en la producción: el sistema SMED*, 4.^a ed., México, Productivity Press, 1990.

² Productivity Press [Equipo de desarrollo], *Preparaciones rápidas de máquinas: el sistema SMED*, México, Productivity Press, 2001.

Figura 4.1 Los Sistemas SMED dentro de la estructura de trabajo con las herramientas de producción



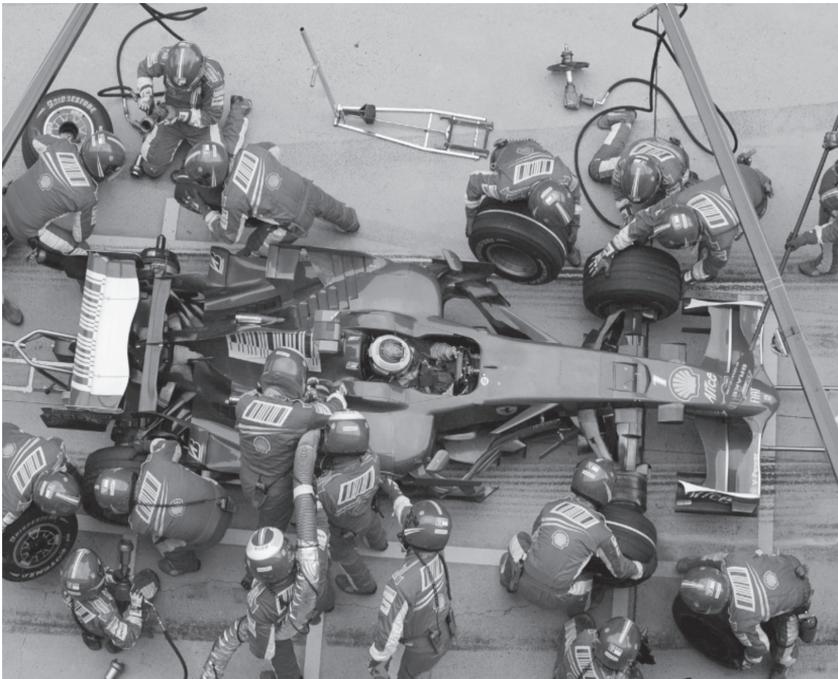
Fuente: elaboración del autor.

El ejemplo más claro para entender los Sistemas SMED es ver cómo trabaja un equipo de Fórmula 1, en el que los tiempos de paro del carro en los *pits* deben ser cada vez menores y, por lo tanto, se requiere de

personal altamente calificado y entrenado con equipos especializados en cada una de las tareas, para el alistamiento del vehículo.

Es conveniente preguntarse cuál es la diferencia entre el servicio que entrega una estación de servicio normal, y el que se le presta a un vehículo de Fórmula 1, cuando se detiene para ser puesto a punto. ¿Por qué en la estación de servicio llenar completamente el tanque de gasolina toma más de 3 minutos? ¿Y por qué en la Fórmula 1 se hace en no más de 3 segundos? ¿Por qué en la estación de servicio el cambio de las cuatro llantas toma, como mínimo, 20 minutos, y en la Fórmula 1 se hace en 5 segundos? En las Fotos 4.1 y 4.2, se muestran ejemplos de las operaciones que se hacen en los *pits* de un equipo de Fórmula 1.

Foto 4.1 Ejemplo de trabajo de *pits* en la Fórmula 1



Fuente: “Milfondos”, sitio web: *Milfondos*, disponible en: <http://www.milfondos.net/wallpaper/365/formula-1-wallpaper-01-fondo-de-pantallas.html>, consulta: 25 de febrero de 2011.

Foto 4.2 Ejemplo de trabajo de *pits* en la Fórmula 1



Fuente: “Autos México”, sitio web: *Autos México*, disponible en: http://www.autosmexico.com/wp-content/uploads/2010/06/pit_stop.jpg, consulta: 25 de febrero de 2011.

4.1.1 Definición de los Sistemas SMED

La sigla SMED se forma con las primeras letras de las siguientes palabras: *single minute exchange of dies*, lo que significa literalmente que se realizan cambios de troqueles en un tiempo, en minutos, de un solo dígito, esto es, que un cambio de referencia en un montaje no debe demorarse más de 9 minutos y 59 segundos.

Antes de desarrollar la estructura de trabajo que exigen los Sistemas SMED, es importante que las empresas se hagan las siguientes preguntas, que tienen que ver con la manera como administran su proceso productivo:

- ¿La empresa cubre las variaciones de la demanda, fabricando mayor cantidad de inventario para tenerlo almacenado (considerando que el cambio de útiles y la preparación de las máquinas, hacen demasiado costoso los cambios frecuentes de referencia)?
- ¿La empresa autoriza al personal de la planta a consumir los restos de materia prima que queden en la máquina, una vez se haya procesado la orden de producción?
- ¿La empresa no tiene implementada la herramienta de las 5S, especialmente los Pilares segundo, tercero y cuarto?

- ¿La empresa, para los cambios de útiles, depende de la disponibilidad de un cambiador experto, que es quien conoce todas las características del cambio y sabe cómo manejarlas, según su criterio?
- ¿Existen en la empresa, para cada máquina, estándares para el cambio de referencia, que indiquen qué tipos de herramental, molde, troquel, equipo o dispositivo se requieren para pasar de una referencia x a una y ? En otras palabras, ¿existen las hojas de vida de cada molde, troquel o dispositivo, que indiquen sus características, las variables que controlan y sus valores de funcionamiento?

Si la empresa responde afirmativamente a cualquiera de las preguntas anteriores, es un indicativo de que, el camino para el desarrollo e implantación de los Sistemas SMED, es largo y difícil, puesto que aún no tiene establecida una cultura de evaluación y de mejoramiento en la compañía.

4.1.2 Clave de los Sistemas SMED

Los Sistemas SMED tienen como clave la observación detenida del entorno y la zona de trabajo, para determinar cómo se hacen las cosas y así proceder a mejorarlas. Un buen desarrollo y aplicación de esta técnica de mejoramiento de procesos, requiere conocer muy bien las tareas que se hacen en un centro de trabajo o máquina de producción. Ellas son las siguientes:

- Operaciones de montaje y desmontaje.
- Operaciones de manufactura.
- Operaciones de ajuste y calibración.
- Fabricación de piezas de ensayo y ajuste.
- Operaciones para el surtido de materias primas.

Sin importar el tipo de máquina, estas son las tareas básicas que se efectúan en estos sitios de trabajo, y el ingeniero director de mejoramiento de procesos debe estar al tanto de las actividades que se realizan en cada una de ellas. Esta fue la primera recomendación que hizo Shingo para empezar con los trabajos basados en los Sistemas SMED.

Una vez conocidas las operaciones anteriores, es importante determinar cuál es la estructura interna de las operaciones que se realizan en un centro de trabajo; estas operaciones son las siguientes:³

- *Operaciones de preparación y post-ajustes*

Se llevan a cabo una sola vez, antes y después de que cada lote sea procesado. Un ejemplo típico es el de un cambio de referencia: ¿cuántas veces se hace un cambio de referencia en una máquina? La respuesta es *una vez* solamente, pero es claro que cuando se termina la producción que fue montada, hay que elaborar otra referencia, y el montaje anterior se puede repetir en el futuro. Aun así, ¿cuántas veces se monta la pieza? Una sola vez.

- *Operaciones principales*

Son las que se le realizan a cada pieza. Un ejemplo típico es el del proceso de mecanizado de una pieza cualquiera. Si el lote es de 1 000 unidades y se requiere que todas tengan una perforación con un taladro, se montan el taladro y sus herramientas una sola vez, pero la operación de taladrado se hace 1 000 veces.

Las operaciones principales se dividen a su vez en tres categorías. Estas se evalúan a partir de que la pieza, y sus herramientas o dispositivos, hayan sido montados en la máquina. No hay necesidad de desmontar lo montado.

- *Operaciones esenciales*

Las relacionadas específicamente con el mecanizado de la pieza.

- *Operaciones auxiliares*

Las operaciones que involucran un paro de la máquina para realizar labores de ajuste, calibración o surtido en la máquina, sin tener que desmontar lo montado, lo que genera tiempos de paro en el centro de trabajo.

- *Operaciones de margen de tolerancia*

Son acciones que ocurren irregularmente –regularmente en algunos casos–, y hacen que se detenga el centro de trabajo; estas operaciones pueden ser de alimentación, descansos o idas al baño

³ S. Shingo, *Op. cit.*

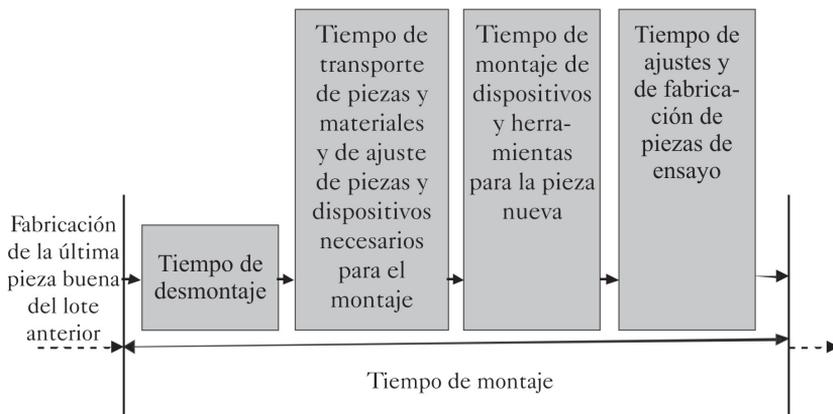
del personal. Están relacionadas con los suplementos de tiempo, que se les tienen que asignar y respetar a los trabajadores en sus puestos de trabajo.

Cada una de estas operaciones lleva a un consumo de tiempo en el proceso productivo, en el cual se busca disminuir los tiempos ociosos –los tiempos de paro–. Los Sistemas SMED se desarrollaron para mejorar, principalmente, las operaciones auxiliares y las operaciones de margen de tolerancia. Con esta herramienta se puede agilizar el proceso de ajuste y calibraciones, y también se pueden planear los paros debidos a labores administrativas, por ejemplo, que no todo el personal de la planta vaya a almorzar a la misma hora, sino por turnos, buscando que las máquinas no se queden sin operarios.

4.1.3 Tiempo de montaje

El Tiempo de montaje es aquel que transcurre desde que se fabrica la última pieza buena de la referencia anterior, hasta la fabricación de la primera pieza buena de la referencia siguiente.

Figura 4.2 Tiempos involucrados en un cambio de referencia



Fuente: elaboración del autor.

Como lo presenta la Figura 4.2, los tiempos involucrados en el montaje se pueden describir de la manera siguiente: una vez la última pieza de la referencia anterior se termina, se deben desmontar, tanto la pieza como el herramental, limpiar la máquina y organizar el sitio

de trabajo, para alistarse para el siguiente montaje; además, se deben buscar y seleccionar las nuevas herramientas y hacer nuevos ajustes, limpiezas y calibraciones. Una vez realizadas estas labores, se procede al montaje de la nueva pieza que se va a mecanizar, y de las herramientas y dispositivos necesarios para su fabricación; se elaboran piezas de ensayo hasta obtener la primera pieza buena del lote siguiente, para poder empezar a fabricar el nuevo lote de producción.

Normalmente, los estudios de tiempos o las evaluaciones de la duración del cambio de referencia, se determinan teniendo en cuenta solo el tiempo invertido en el montaje como tal –no se consideran los otros tiempos–, lo que lleva a que se programe mal la producción y las fechas de entrega no se cumplan.

Por ejemplo, se tiene una pieza y que se va a montar, y esta operación toma 20 minutos. El desmontaje de la pieza x que se venía elaborando toma 5 minutos, el alistamiento de las herramientas y equipos para producir la pieza y toma 10 minutos, organizar la pieza x y las herramientas con las que se fabricó toma 10 minutos, y la fabricación de piezas de ensayo y ajuste, hasta obtener la primera pieza buena de la referencia y , toma 10 minutos. Como resultado, se tiene que el tiempo total de montaje es 55 minutos, no 20, que es el tiempo que se contempla en los estándares que tiene la empresa.

Este ejemplo muestra una diferencia de 35 minutos en la información que se tiene en la empresa, con relación a la duración de un cambio de referencia. Si se considera que la máquina en cuestión está en capacidad de elaborar 500 unidades por hora, esto equivaldría a dejar de fabricar 291 unidades adicionales de la pieza y ; si el precio de venta de cada unidad es \$ 10 000, se dejarían de vender \$ 2 910 000. En resumen, si ocurre lo mismo con las 50 referencias que maneja la empresa, las cifras en dinero que se estarían perdiendo por la demora en los cambios de referencia serían muy altas. Esta es una de las grandes bondades que tienen los Sistemas SMED, pues permiten determinar con análisis sencillos de productividad cuánto se está dejando de producir y, obviamente, de vender, por demorarse tanto tiempo en un cambio de referencia, y por no analizar en detalle qué actividades se involucran, en los tiempos de montaje, de las diferentes máquinas de la empresa.

Una vez definidos los tiempos de cambio de referencia en las máquinas, se debe proceder a desarrollar la metodología de los Sistemas SMED, para mejorarlos y elevar los niveles de productividad y disponibilidad.

4.1.4 Desarrollo de los Sistemas SMED

Para iniciar esta técnica de mejoramiento de procesos, la dirección general, junto con la dirección de mejoramiento de procesos, debe definir en qué máquina y cambios de referencia se aplicará la metodología, para obtener los resultados más relevantes y efectivos.

El primer paso es, entonces, la selección de la máquina y el cambio de referencia más representativo; este se puede hacer evaluando los siguientes aspectos:

- La máquina está llena de inventario de materia prima lista para ser procesada, y no hay, o hay muy poco, inventario de producto terminado o en proceso a la salida; además, esta situación es permanente en el tiempo.
- El tiempo de cambio de referencia en la máquina es muy lento, y los productos que dicha máquina elabora son artículos clase A –productos de mucha rotación–, que deben estar en inventario; además, la misma máquina se usa para elaborar productos clase C –productos sobre pedido– que, puesto que no rotan tanto, no se deben mantener en inventario. En otras palabras, la máquina requiere tener una alta flexibilidad.

Otro paso por considerar para la implementación de los Sistemas SMED es la definición del equipo de trabajo, que debe estar conformado por el director de mejoramiento continuo, el supervisor del área en la cual está la máquina, y los operarios de la misma. También es indispensable que haya personal del departamento técnico o de mantenimiento, para que colaboren con la elaboración de los estándares de mantenimiento, y el diseño y construcción de los mecanismos o dispositivos necesarios para agilizar el cambio de referencia.

Una vez seleccionada la máquina en la que se va a desarrollar la mejora en el tiempo de montaje, se procede a aplicar las etapas de los Sistemas SMED, que se explican a continuación.

4.2 Las etapas de los Sistemas SMED

El ingeniero Shigeo Shingo⁴ desarrolló el sistema de mejoramiento de procesos productivos disminuyendo los tiempos de montaje, al proponer e implementar una etapa o Fase preliminar y tres Etapas centrales.

4.2.1 Fase preliminar

La primera etapa de los Sistemas SMED es la Fase preliminar, que consiste en describir en detalle las operaciones realizadas en el cambio de referencia.

Para esta tarea se procede a detallar, operación por operación, con sus tiempos de duración, cada una de las diferentes tareas que ocurren en el cambio de referencia, desde la última pieza buena del montaje anterior hasta la primera pieza buena del montaje siguiente.

Para llevar a cabo esta Fase preliminar, la dirección de mejoramiento continuo se puede apoyar en las siguientes actividades:

- Entrevistas con las personas que realizan el cambio.
- Grabación (filmación) del cambio de referencia.
- Uso de elementos de ingeniería, como los diagramas de recorrido y el Diagrama hombre-máquina.

Para la evaluación de las actividades del cambio de referencia, se usa el Diagrama hombre-máquina.⁵ La Figura 4.3 presenta un ejemplo de cómo se representa un diagrama de este tipo –aquel en el que bajo una misma unidad de tiempo se muestra lo que hacen el operario y su máquina asignada–, con el fin de eliminar tiempos ociosos en ambas partes. Todo Diagrama hombre-máquina, para el caso de un cambio de referencia, comienza con el desmontaje de las herramientas de la producción anterior, y termina cuando se inicia la producción de la referencia siguiente. Se debe tener en cuenta que la medición de tiempos en este Diagrama es acumulativa.

⁴ *Ibíd.*

⁵ Organización Internacional del Trabajo (OIT), “Capítulo 10”, en: *Introducción al estudio del trabajo*, México, Limusa, 1995.

Figura 4.3 Ejemplo de un Diagrama hombre-máquina

op	operario	Tiempo min	máquina	op
1	Bajar herramientas pieza X	10 10	INACTIVA	1
2	Caminar a mesa a dejar herramientas pieza X	12 12	INACTIVA	2
3	Limpiar herramientas pieza X	20 20	INACTIVA	3
4	Llevar herramientas pieza X a locker	25 25	INACTIVA	4
5	Traer herramientas pieza Y	28 28	INACTIVA	5
6	Limpiar herramientas pieza Y	38 38	INACTIVA	6
7	Buscar accesorios pieza Y	43 43	INACTIVA	7
8	Montar pieza Y y herramientas Pieza Y	63 63	INACTIVA	8
9	INACTIVO	163 163	Producción pieza Y	9

Fuente: elaboración del autor.

En la Figura 4.3 la Operación 9, marcada como “inactivo” en el operario, significa que la persona no hace nada: solo observa el funcionamiento de la máquina; esa misma palabra, en la máquina, significa que está parada mientras se le hace el montaje o los ajustes necesarios.

Registradas las diferentes Operaciones que hacen parte de un tiempo de montaje, se procede a reflexionar de la siguiente manera: si un montaje, por ejemplo, duró 45 minutos, ¿por qué no puede llevarse a cabo en 20 minutos? ¿Qué se debe hacer para disminuir ese tiempo? Una vez resueltas estas preguntas, se implementan y evalúan las mejoras realizadas. Por lo tanto, una vez el montaje se haga en 20 minutos, se debe volver a preguntar qué hacer para que no dure más de 10 minutos, y así sucesivamente, hasta llegar a que el tiempo de montaje sea lo más cercano a 0 minutos.

Como lo muestra la Figura 4.3, el tiempo de montaje se expresa en términos de los siguientes aspectos:

- Tiempo total del sistema: 163 minutos.
- Tiempo de producción: 100 minutos.
- Tiempo de montaje: 63 minutos.

Estos datos permiten hacer comparaciones futuras en relación con los mejoramientos obtenidos, al aplicar cada una de las Etapas de los Sistemas SMED.

4.2.2 Primera Etapa de los Sistemas SMED

Una vez identificadas cada una de las Operaciones del cambio de referencia, estas se separan entre internas y externas: este fue el mayor aporte que Shingo hizo al mejoramiento de procesos productivos.

- *Operaciones internas*

Las que solo se pueden realizar con la máquina detenida, por ejemplo, el montaje o desmontaje de las piezas y herramientas.

- *Operaciones externas*

Las que se pueden realizar con la máquina en operación, por ejemplo, el transporte de moldes o troqueles del sitio de almacenamiento al centro de trabajo.

Como lo menciona Shingo,⁶ si se hace un esfuerzo científico para manejar la mayor parte posible de la operación del montaje como externa, se reducirá dicho tiempo entre un 30% y un 50%. Dominar la distinción entre la separación interna y externa es el pasaporte para el logro de los Sistemas SMED.

Si se toma el ejemplo de la Fórmula 1, expuesto al principio del Capítulo, una Operación interna es aquella que solo se puede realizar cuando el automóvil está detenido en los *pits*, por ejemplo, el cambio de llantas y el suministro de gasolina. Una Operación externa es aquella que se hace con el carro rodando en la pista, por ejemplo, el precalentamiento de las llantas o el alistamiento de los alerones de repuesto, en caso de que deban ser cambiados.

La figura 4.4 muestra un ejemplo de separación de Operaciones internas y externas.

⁶ S. Shingo, *Op. cit.*

Figura 4.4 Ejemplo de una Tabla para separación de Operaciones internas y externas

op	operario	Tiempo min	máquina	op	antes	
					I	E
1	Bajar herramientas pieza X	10 10	INACTIVA	1	X	
2	Caminar a mesa a dejar herramientas pieza X	12 12	INACTIVA	2	X	
3	Limpiar herramientas pieza X	20 20	INACTIVA	3	X	
4	Llevar herramientas pieza X a locker	25 25	INACTIVA	4	X	
5	Traer herramientas pieza Y	28 28	INACTIVA	5	X	
6	Limpiar herramientas pieza Y	38 38	INACTIVA	6	X	
7	Buscar accesorios pieza Y	43 43	INACTIVA	7	X	
8	Montar pieza Y y herramientas Pieza Y	63 63	INACTIVA	8	X	
9	INACTIVO	163 163	Producción pieza Y	9	n.a	

Fuente: elaboración del autor.

En la identificación de las Operaciones internas y externas que se efectúan en un sitio de trabajo, es necesario que al ser analizado un cambio de referencia se tenga en cuenta que estas Operaciones –como lo muestra la Figura 4.4 en las columnas “I = Operaciones internas” y “E = Operaciones externas”– deben ser registradas de la misma manera como fueron hechas en el momento del estudio inicial; en otras palabras, no se deben registrar como al analista o director de mejoramiento le gustaría que se hicieran.

En la misma Figura 4.4 aparece en la Operación 9 la leyenda “no aplica” (n. a.), que significa que el montaje por parte del operario ya terminó y que la máquina ya está produciendo, y no se considera como una operación que deba ser evaluada como interna o externa.

Una vez determinadas las Operaciones internas y externas, se analiza cada una de ellas, de manera que se puedan empezar a plantear alternativas de mejoras a las diferentes tareas. Así, se procede a la Segunda Etapa de los Sistemas SMED.

4.2.3 Segunda Etapa de los Sistemas SMED

Es la conversión de las Operaciones internas a externas, y busca que la mayoría de las actividades relacionadas con el tiempo de montaje de la máquina, se hagan como si fuesen Operaciones externas, es decir, con la máquina en acción.

La Figura 4.5 muestra cómo se identifican y convierten las Operaciones internas en externas.

Figura 4.5 Ejemplo de una Tabla de conversión de Operaciones internas en externas

op	operario	Tiempo min	máquina	op	A		D	
					I	E	I	E
1	Bajar herramientas pieza X	10 10	INACTIVA	1	X			
2	Caminar a mesa a dejar herramientas pieza X	12 12	INACTIVA	2	X	→		X
3	Limpiar herramientas pieza X	20 20	INACTIVA	3	X	→		X
4	Llevar herramientas pieza X a locker	25 25	INACTIVA	4	X	→		X
5	Traer herramientas pieza Y	28 28	INACTIVA	5	X	→		X
6	Limpiar herramientas pieza Y	38 38	INACTIVA	6	X	→		X
7	Buscar accesorios pieza Y	43 43	INACTIVA	7	X	→		X
8	Montar pieza Y y herramientas Pieza Y	63 63	INACTIVA	8	X			
9	INACTIVO	163 163	Producción pieza Y	9	n.a	n.a	n.a	n.a

Fuente: elaboración del autor.

Teniendo en cuenta que el Diagrama hombre-máquina presenta la manera como se están efectuando las operaciones del cambio de referencia actualmente (Figura 4.4), la Segunda Fase de los Sistemas SMED consiste en evaluar cada una de las Operaciones, y considerar la posibilidad de convertirlas de internas a externas. En la Figura 4.5, la Operación 1 no se puede cambiar, pues el desmontaje del herramental y la pieza inicial no se puede hacer con la máquina en movimiento; por lo tanto, esta Operación permanece como interna.

La Operación 2 sí se puede convertir: el operario encargado del desmontaje no tiene por qué llevar las piezas y herramientas a algún sitio, y, menos aún, demorarse en esa tarea 2 minutos; se debe eliminar esa tarea acercando el sitio de almacenamiento al puesto de trabajo, o haciendo que alguien que no esté en relación directa con el montaje lleve a cabo dicha operación.

La Operación 3 también se debe volver externa, para que el operario encargado del montaje se ahorre esos 8 minutos y no tenga que hacer esa tarea: debe estar concentrado en el cambio de referencia, limpiar las herramientas en otro momento, o hacer que las limpie una persona no involucrada directamente con el cambio de referencia.

La Operación 4 también se debe convertir a una Operación externa, con la máquina en movimiento; el operario no tiene por qué llevar al almacén las herramientas que acaba de bajar, y gastar 5 minutos en esa tarea. O el sitio de almacenamiento debe estar al lado del centro de trabajo, o las herramientas las debe llevar una persona que no tenga relación directa con el cambio.

La Operación 5 debe ser convertida en externa, ya que el operario del montaje necesita tener listos y a la mano todos los elementos, equipos y herramientas, para no tener que buscarlos gastando 3 minutos en esa actividad.

Aún peor, la Operación 6 le está tomando 10 minutos al operario, haciendo una labor que no tendría que realizar; todos los elementos, herramientas y equipos necesarios para el cambio de referencia deben estar en las condiciones requeridas de uso, y no se debe proceder a acondicionarlos durante la realización del montaje.

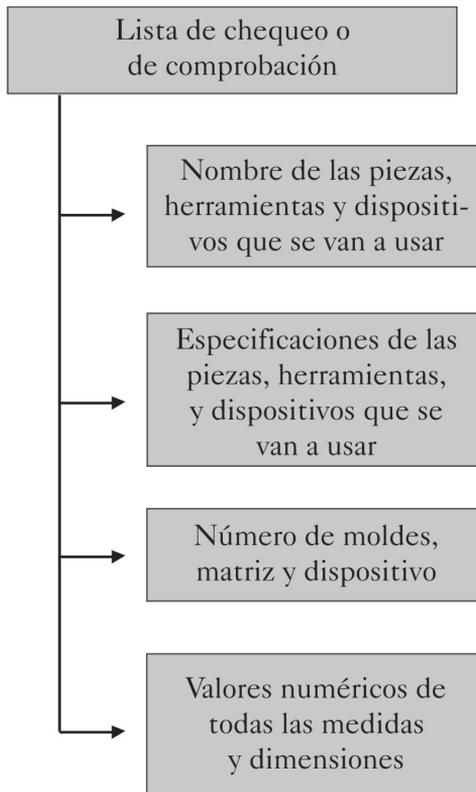
Al igual que las otras, la Operación 7 debe ser convertida a externa. La búsqueda de dispositivos no debe existir como actividad: todos los que se necesiten para el montaje deben estar a la mano y en buenas condiciones.

La Operación 8, que es el montaje como tal, tiene que ser realizada con la máquina detenida.

Para realizar la Segunda Etapa de los Sistemas SMED –y que se vuelva de obligatorio cumplimiento y permita convertir las Operaciones internas en externas–, se requiere tener, para cada montaje, una

Lista de chequeo. En otras palabras, se debe tener la hoja de vida del montaje, donde se especifique claramente todo lo que se necesita para poder hacer el cambio de referencia. La Figura 4.6 presenta los elementos que se necesitan para poder construir, en cada montaje que se haga en una máquina, las Listas de chequeo o comprobación y el mejoramiento de las condiciones y métodos de transporte.

Figura 4.6 Elementos necesarios para desarrollar una Lista de chequeo



Fuente: elaboración del autor.

Aunque exista una Lista de chequeo o comprobación para usarse en la Segunda Etapa de los Sistemas SMED, no sirve de nada si no se hacen las comprobaciones funcionales de cada una de las diferentes piezas, herramientas, moldes y troqueles usados en el cambio de referencia, y se verifica que funcionen correctamente.

Un ejemplo de una Lista de chequeo y de la importancia de las comprobaciones funcionales es el siguiente: supóngase que se va a hacer un viaje de vacaciones por tierra a la costa atlántica, y que la hora de salida es las 9.00 de la noche. De acuerdo con la Lista de chequeo, usted revisa si lleva lo siguiente: llanta de repuesto, equipo de carretera, extintor, tanque de gasolina lleno, dinero, etc.; después de cuatro horas de viaje, en un sitio solitario de la carretera, cubierto totalmente de neblina y muy frío, siente que una de las llantas del carro se pinchó, se detiene y... ¡cierto!: la llanta está chuzada; hay que cambiarla. Procede a sacar la llanta de repuesto de la maleta del carro, y para su sorpresa la encuentra desinflada.

¿De qué sirvió la Lista de chequeo si la llanta de repuesto estaba en el carro, pero se encontraba desinflada? De nada: las comprobaciones funcionales se deben hacer en paralelo con la lista de chequeo o comprobación.

Retomando las mejoras planteadas en la Figura 4.5, al aplicar la Segunda Etapa de los Sistemas SMED, se llega a los siguientes resultados:

- Tiempo de producción: 100 minutos.
- Tiempo de montaje: 30 minutos.
- Tiempo total: 130 minutos.
- Reducción: 52.4 %.

El 52.4% de reducción en el tiempo de montaje (como se presenta en la Figura 4.5) se hizo sin invertir dinero en mejoras o equipos: solo con la reorganización de las Operaciones, mejorando el proceso de cambio.

Como se mencionaba anteriormente, para su buen desempeño, la Segunda Etapa de los Sistemas SMED requiere no solo de la Lista de chequeo, sino también del mejoramiento de las condiciones y los equipos de transporte, usados para el movimiento y almacenamiento de las materias primas, herramientas, moldes y demás dispositivos usados para el cambio de referencia. Estas mejoras normalmente consisten en colocar en el puesto de trabajo, al alcance del operario, Sistemas de almacenamiento, como el mostrado en la Foto 4.3.

Foto 4.3 Sistema de almacenamiento usado como una mejora en los Sistemas SMED



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo Sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Otra de las mejoras administrativas que se aplican en esta Etapa es la implementación de Operaciones en paralelo, consistentes en que el cambio de referencia no sea realizado por una sola persona, sino por dos: mientras la primera atiende un lado de la máquina, la segunda atiende el otro, lo que lleva a una reducción a la mitad del tiempo de cambio.

La preparación anticipada de las condiciones de operación es un requisito de esta Etapa, y es la actividad en la cual se busca disponer de la mayor cantidad de recursos y tiempo para llevarla a cabo. Dicha preparación consiste, como en el ejemplo de la Fórmula 1, en que mientras el piloto está en la pista corriendo, los mecánicos en los *pits* están preparando con antelación todo lo que se necesita para la entrada del vehículo: la organización de las herramientas, el precalentamiento de las llantas, etc.

En una planta de producción, la preparación anticipada de las herramientas, materiales y dispositivos antes de empezar el montaje siguiente, ahorra un tiempo supremamente valioso en el cambio de referencia. Esta tarea, junto con las Operaciones en paralelo, son claves en la Segunda Etapa de los Sistemas SMED.

Por estas razones, es importante preguntarse qué condiciones o materiales del proceso de cambio de referencia se pueden hacer con antelación a la operación interna del montaje, para así ahorrar tiempo en el cambio total de referencia.⁷

4.2.4 Tercera Etapa de los Sistemas SMED

Desarrolladas la Fase preliminar y las dos primeras Etapas, se puede pasar a la Tercera, con la cual se busca realizar mejoras a las operaciones internas y externas. Las dos Etapas iniciales permiten lograr mejoras muy importantes, pero hasta este momento se han realizado, sobre todo, tareas administrativas, y no se han diseñado dispositivos o mecanismos que faciliten el cambio de referencia.

Una de las tareas que más se recomienda aquí es el uso de las Operaciones en paralelo, mencionadas anteriormente. Una Operación, que antes demoraba 12 minutos por persona, se puede reducir a 4 minutos si tres personas trabajan en paralelo. La otra tarea fundamental de esta etapa es el desarrollo e implementación de Anclajes funcionales.

Un Anclaje funcional es un mecanismo de agarre diferente de un dispositivo mecánico de sujeción tipo perno o tornillo. Estos mecanismos pueden ser abrazaderas, magnetos o tornillos con rosca removida, entre otros.

Como lo menciona el libro *Preparaciones rápidas de máquinas: el sistema SMED*,⁸ las personas asumen que si una tuerca tiene 15 pasos en su rosca, el perno debe girarse 15 veces para apretarlo; en realidad, esos 15 pasos están ahí para proveer la fricción que mantiene el conjunto tuerca-perno en su lugar, pero el propósito del perno es solamente sujetar o aflojar; girarlo otras 14 vueltas es realmente un desperdicio de tiempo y energía, pues las acciones de aflojar y apretar se producen realmente solo con el primero y último giros, respectivamente.

En esta Etapa se usan diferentes Métodos de mejoramiento, que tienen un gran componente de diseño mecánico para poder mejorar el desempeño de los equipos y mecanismos usados.

⁷ Productivity Press, *Op. cit.*

⁸ *Ibid.*

4.2.4.1 Métodos de mejoramiento usados en la Tercera Etapa de los Sistemas SMED

1. *Métodos de una sola vuelta*

El más común es el Método de tornillo o tuerca removida, como las tapas de gaseosa o cerveza tipo *twist-off* (Foto 4.4) en las cuales el proceso de apretar o aflojar se hace con menos vueltas.

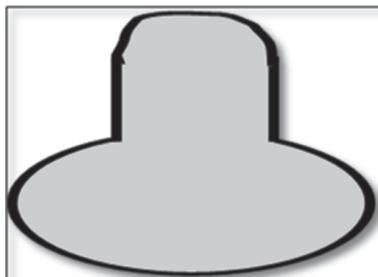
Foto 4.4 Ejemplo de tapas *twist-off*



Fuente: “Envases Elena Ibarreche”, sitio web: *Envases Elena Ibarreche*, disponible en: http://envases.elenaibarreche.com/index.php/Twist_Off, consulta: 4 de diciembre de 2010.

Otro Método es el de agujeros en forma de pera (Figura 4.7), que tienen como función desacoplar una unión tuerca-tornillo sin tener que sacar todo el tornillo: solo se afloja la unión, se desplaza hacia la parte ancha del agujero tipo pera, se desliza el conjunto tuerca-tornillo y se extrae el elemento completo.

Figura 4.7 Forma de un agujero tipo pera

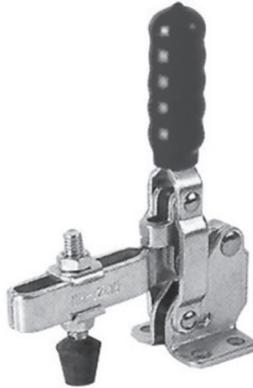


Fuente: elaboración del autor.

2. *Métodos de un solo movimiento*

Como su nombre lo indica, aseguran un objeto con un solo movimiento, por ejemplo, usando magnetismo, grapas o levas. La Foto 4.5 muestra Sistemas de grapa rápida vertical.

Foto 4.5 Sistemas de grapas



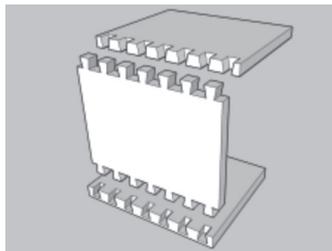
Fuente: “Representaciones y Distribuciones 2 Jal”, sitio web: *Representaciones y Distribuciones 2 Jal*, disponible en: http://www.2-jal.com/producto_AF.php?apartado=5&IDCATEGORIA=51&PLANTILLATEMP=AF&idcliente, consulta: 6 de diciembre de 2010.

Todos estos mecanismos buscan reemplazar la sujeción usando los Sistemas tuerca-tornillo.

3. *Métodos de interbloqueo*

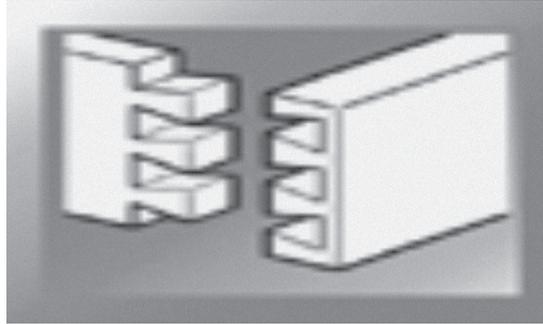
Aquellos en los que se ensamblan o ajustan piezas sin tener que usar algún elemento mecánico de sujeción; el más común es las colas de milano (Figuras 4.8 y 4.9).

Figura 4.8 Ejemplo de uniones usando colas de milano



Fuente: “Taller Abierto”, sitio web: *Taller Abierto*, disponible en: http://tallerabierto.net/cola_de_milano_26.html, consulta: 5 de diciembre de 2010.

Figura 4.9 Ejemplo de una unión usando colas de milano



Fuente: “Taller Abierto”, sitio web: *Taller Abierto*, disponible en: http://tallerabierto.net/cola_de_milano_26.html, consulta: 5 de diciembre de 2010.

4. *Eliminación de ajustes*

El número de operaciones de ensayo y ajuste necesario en un montaje depende de la precisión –o la falta de ella– con la que se hayan realizado el centrado y el dimensionado, y las condiciones del montaje de los primeros pasos de la preparación. Para eliminar dichos ajustes, existen tres técnicas prácticas:⁹ 1) usar Escalas numéricas; 2) hacer bien visibles las Líneas de centrado y los Valores de referencia (Foto 4.6); y 3) usar el Sistema del mínimo común múltiplo.

Foto 4.6 Micrómetro



Fuente: “Micrómetros de México (Micromex)”, sitio web: *Micromex*, disponible en: <http://www.micromex.com.mx/catalogo/medicion/medi036.htm>, consulta: 5 de diciembre de 2010.

⁹ *Ibid.*

1) Escalas numéricas fijas

Consisten en no dejar a la intuición de la persona encargada del montaje los ajustes o calibraciones necesarias. Esta incertidumbre debe ser eliminada, y para ello uno de los recursos más comunes es el uso de galgas o plantillas para el centrado, que contienen dimensiones fijas, que permiten establecer distancias confiables y conocer con antelación el tipo de galga o dispositivo requerido, y no tener que estar ensayándolos en cada cambio de referencia para ver si sirven o no sirven (Foto 4.7).

Foto 4.7 Ejemplo de galgas

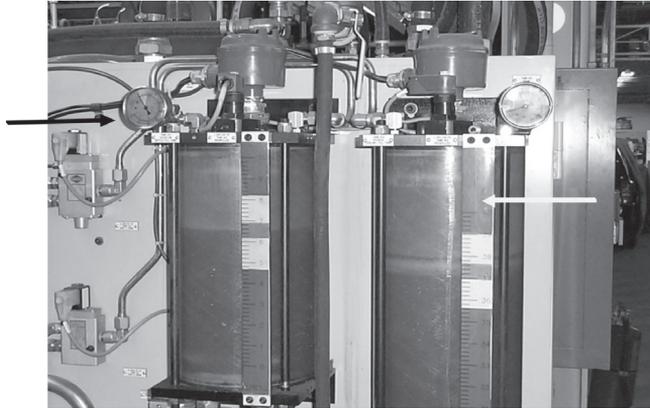


Fuente: “Matemáticas y Poesía”, sitio web: *Matemáticas y Poesía*, disponible en: www.matematicasypoesia.com.es/.../meuweb115.htm, consulta: 25 de febrero de 2011.

2) Líneas de centrado y valores de referencia visibles

Muchas veces en la operación de montaje en una máquina, las Líneas de centrado y los Planos de referencia no son visibles; esto significa que la posición correcta para la herramienta, útil o pieza de trabajo se debe encontrar por intuición. Para la mejora de esta situación, se deben hacer visibles las Líneas de centrado y los Planos de referencia (Foto 4.8).

Foto 4.8 Líneas de centrado y Planos de referencia visibles



Fuente: María C. Cárdenas L., “Curso bimodal del módulo Sistemas visuales y manufactura de clase mundial” [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

3) Sistema del mínimo común múltiplo

Muchas operaciones en las máquinas tienen elementos comunes: se hacen cosas similares, pero con diferentes dimensiones, patrones y otras funciones. Esta metodología busca combinar estos elementos en un mecanismo que pueda realizar todas las tareas necesarias. Un ejemplo muy claro es el siguiente: ¿cuántas llaves diferentes tiene usted en su llavero? Si por alguna razón tiene que abrir la puerta de la oficina rápidamente porque está retrasado para una cita, ¿qué le ocurre? Que no encuentra la llave correcta, y mientras la busca y abre la puerta, ya han pasado varios minutos y llega tarde. ¿Qué sucedería si usted tuviera una llave maestra, con la que abre todo, que usted mismo administrara como responsable del puesto de trabajo? ¿Se demorará mucho abriendo la puerta que necesita? Este es un ejemplo de un Sistema de mínimo común múltiplo.

Otro ejemplo es el siguiente: una empresa, en sus máquinas inyectoras, maneja para sus cambios de referencia tres tipos de llaves. Si se modifican los elementos de sujeción y agarre, para que todos sean operados con llaves de la misma medida,

¿qué ocurre con el tiempo de cambio en esta situación? Se reducen las búsquedas y se mejora el tiempo de montaje, lo que lleva a unos mayores niveles de producción.

5. *La automatización*

Solo debe considerarse después de que se hayan realizado todos los esfuerzos posibles de mejora al aplicar las etapas analizadas.¹⁰ Una de las razones de esto es que, en las Etapas anteriores, en las mejoras realizadas antes de automatizar, se pueden reducir los tiempos de cambio de referencia de 3 horas a 3 minutos, mientras que la automatización podría reducirlo apenas 1 minuto más.

La automatización es muy adecuada cuando se tienen tareas peligrosas para el operario, o tareas muy monótonas que se facilitarían aplicando dicha mejora. Ejemplos de ella son los siguientes:

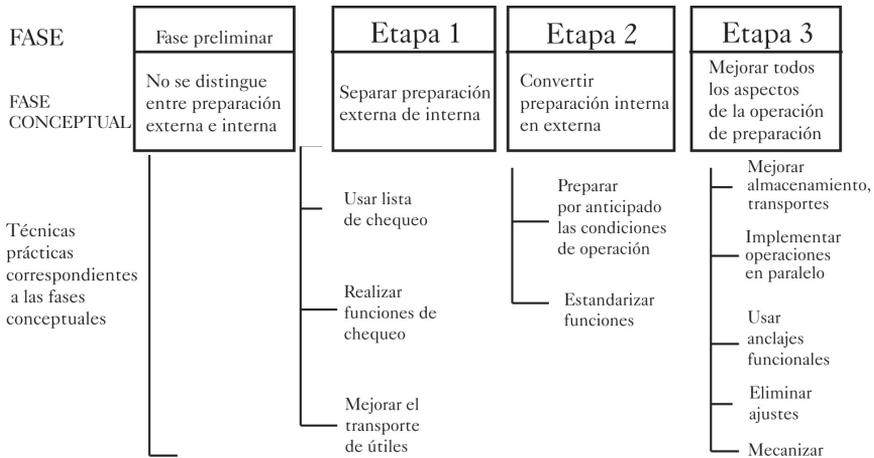
- Usar carretillas elevadoras para la inserción de las máquinas.
- Mover elementos y equipo pesado sobre mesas de rodillos.
- Sujetar y aflojar útiles por control remoto.
- Usar mandos eléctricos para hacer ajustes de altura.

Estas técnicas solo se deben considerar una vez se hayan refinado, tanto las operaciones de preparación como las administrativas, de modo que permitan que el cambio de referencia no dure más de 3 minutos. Al final, al implementar la automatización a los equipos, máquinas o dispositivos a los que se les quiere disminuir el tiempo de cambio, se logra lo que se llama los Cambios de referencia tipo OTED: *one touch exchange of dies*, técnica que busca que los montajes no duren más de 100 segundos (un poco más de un minuto y medio). Este es el gran reto por alcanzar una vez los Sistemas SMED hayan sido implementados.

La Figura 4.10 muestra un resumen de las diferentes Fases o Etapas de los Sistemas SMED, con las tareas que se deben realizar en cada una de ellas para obtener las mejoras establecidas por ellos.

¹⁰ *Ibid.*

Figura 4.10 Resumen de los Sistemas SMED



Fuente: Shigeo Shingo, *Una revolución en la producción: el sistema SMED*, 4.^a ed., México, Productivity Press, 1990.

4.3 Conclusiones

Como lo menciona Shingo en su libro *Una revolución en la producción: el sistema SMED*: “El hecho de que una operación de cambio de útil que requería tres horas pueda reducirse a cinco minutos prueba hasta qué punto se empleaban operaciones no necesarias y la ociosidad de las personas en el trabajo”.¹¹

El término “cambio de referencia” o *set-up* se aplica no solamente a la preparación y los ajustes para una operación de un proceso: también se refiere a las operaciones de inspección, transporte y espera, tiempos que muchas veces las empresas no consideran como parte de los tiempos de cambio de sus referencias.

El concepto de “tamaño económico de lote” es correcto en teoría; sin embargo, oculta un aspecto importante: la falsa hipótesis de que las reducciones drásticas en los tiempos de preparación de las máquinas es imposible. El tamaño económico de lote perdió su razón de ser cuando se desarrollaron los Sistemas SMED.¹²

¹¹ S. Shingo, *Op. cit.*

¹² *Ibid.*

Muchas empresas se encuentran en la problemática de tener que fabricar más variedad de artículos con menores tamaños de lote, aunque sus máquinas y tecnologías fueron concebidas para la fabricación de altos volúmenes de producción con tiempos de cambio muy largos; se ven así en la disyuntiva de rechazar los pedidos, fabricar inventarios, cambiar la tecnología o mejorar sus procesos productivos, haciendo que los tiempos de cambio sean más cortos. En este punto es donde los Sistemas SMED se vuelven beneficiosos y necesarios; y justifica implementar tareas de mejoramiento basados en estos Sistemas, aunque su montaje no sea tan fácil. Se requiere estandarizar los procesos, invertir en equipos y en formación de personal, y ser muy pacientes mientras el nuevo sistema de trabajo se vuelve parte de la cultura de la empresa.

Es importante que las directivas de las empresas se hagan varias preguntas con relación a los Sistemas SMED: ¿el sistema productivo que se tiene es capaz de responder a los cambios en la demanda, que cada vez con mayor frecuencia exigen tamaños de lote más pequeños y con productos más variados? ¿Se encuentra la empresa en condiciones de realizar operaciones de cambio de referencia en vacío, esto es, la empresa apoya que su personal analice las operaciones de cambio de referencia en horario no laboral o laboral, buscando que se detecten e implementen las mejoras? ¿Tiene disposición para asignar recursos económicos para la adquisición y mejora de dispositivos en las máquinas, que busquen mayores niveles de automatización? ¿Tiene medidas y evaluadas en detalle cada una de las actividades que conllevan un cambio de referencia? ¿Ha analizado la cantidad de unidades que se dejan de producir y, obviamente, de vender en dicho tiempo, y a cuánto dinero equivale el tiempo en que la máquina se encuentra detenida?

Todas estas inquietudes, al ser resueltas por las directivas, permiten abrir un panorama de trabajo, no solo con los Sistemas SMED, sino con cualquier otro tipo de herramienta de producción.

Ejercicio

De acuerdo con la teoría de los Sistemas SMED, dé una propuesta de mejora del proceso o de mejora de diseño del producto, con el propósito de disminuir los tiempos de montaje o los tiempos de ensamble del producto.

1. Bombillo de n vatios (montaje y desmontaje en el plafón).
2. Alistar mesa para una cena (todo el proceso hasta el retiro de los platos).
3. Las seis tapas de las celdas de la batería de un carro (se hace el supuesto que dichas celdas se deben revisar cada hora).
4. Botas militares (proceso de ponerse y quitarse las botas; para esto se deben aflojar y quitar los cordones; no es hacer o deshacer el nudo únicamente).
5. Proceso de cambio de la llanta de un carro.
6. Escoba de trapear (proceso de escurrido).
7. Carpeta de cartón que tiene ganchos *legajadores* (proceso de archivar y sacar papeles o documentos).
8. ¿Qué es mejor: una máquina rápida con montajes lentos o una máquina lenta con montajes rápidos?
9. Proceso de planchado de una camisa (cómo agilizarlo).

Capítulo 5

Los Sistemas *poka-yoke*

5.1 Introducción

Los Sistemas *poka-yoke* son la herramienta de producción, que se enfoca en la mejora continua de la calidad de los productos y servicios, utilizando mecanismos o dispositivos muy simples en la mayoría de los casos y, a veces, implementando automatizaciones para el logro de mejoras de la calidad. Estos sistemas fueron desarrollados por el ingeniero japonés Shigeo Shingo, que buscó con esta herramienta eliminar las inspecciones de control de calidad.

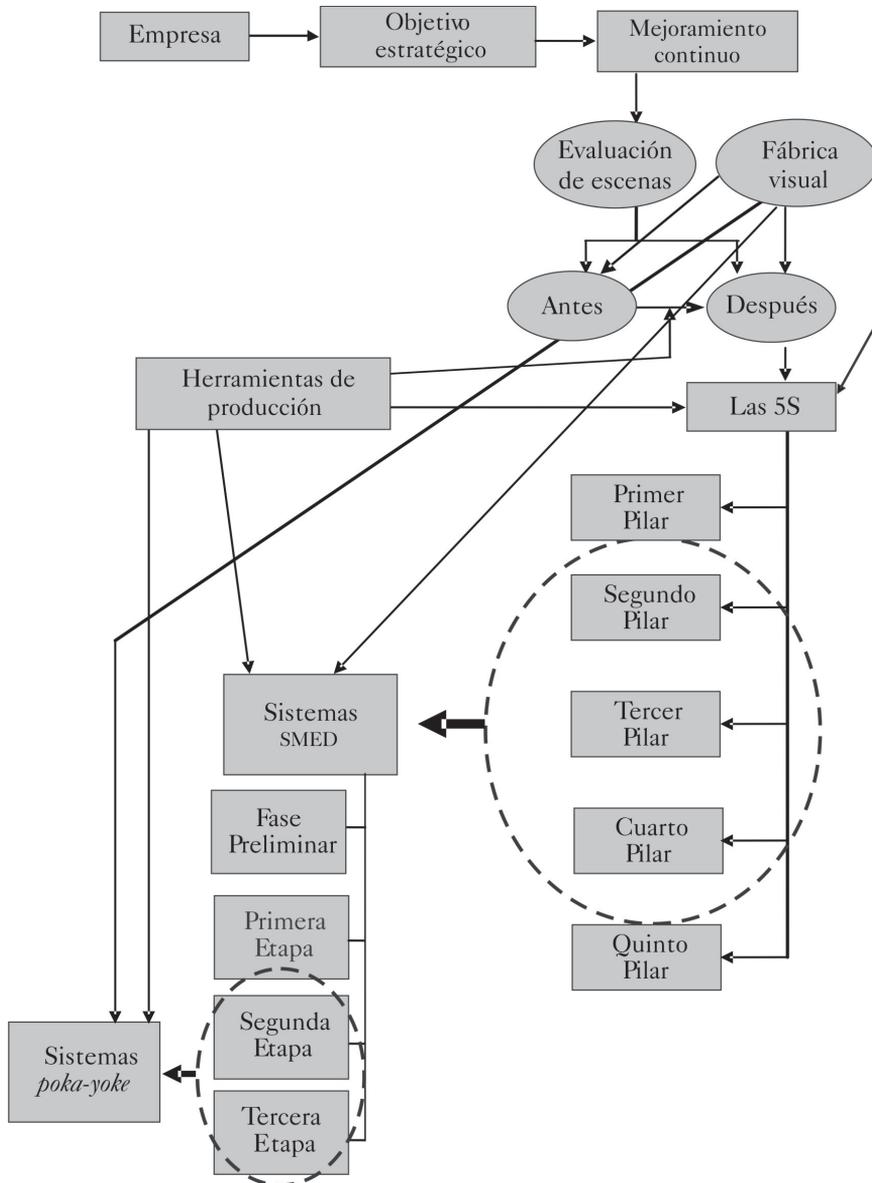
Dichos métodos son denominados “Sistemas a prueba de errores” (*fool proofing* –a prueba de tontos–), y la idea detrás de ellos es respetar la inteligencia de los trabajadores, y liberarles tiempo en sus puestos de trabajo, para que se puedan dedicar a actividades más productivas.¹

Como lo presenta la Figura 5.1, los Sistemas *poka-yoke* tienen una estrecha relación con los Sistemas SMED, los Sistemas de las 5S y la Fábrica visual. Por lo tanto, es posible afirmar que si una empresa tiene bien implementadas las 5S, tiene en consecuencia muy desarrollados los Sistemas *poka-yoke*; y si la empresa tiene desarrollados los Sistemas SMED, especialmente las Etapas Segunda y Tercera, los Sistemas *poka-yoke* estarán muy avanzados, y será más fácil hacer mejoramientos en términos de la calidad del proceso productivo.

El origen de los Sistemas *poka-yoke* se basó en el mejoramiento de la calidad de los productos y los procesos, aunque esta mejora no se quedó allí: los Sistemas *poka-yoke* han encontrado muy buen espacio en otras áreas funcionales y administrativas de las empresas, logrando mejoras en sus procesos, y en la seguridad y bienestar de las personas que trabajan en las áreas donde son aplicados.

¹ Shigeo Shingo, *Tecnologías para el cero defectos: inspecciones en la fuente y el sistema poka-yoke*, 3.ª ed., Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1990.

Figura 5.1 Los Sistemas *poka-yoke* dentro de la estructura de trabajo con las herramientas de producción



Fuente: elaboración del autor.

5.2 Por qué enfocarse en el concepto de “cero defectos”

La principal razón para involucrarse en el concepto de cero defectos es mantener la satisfacción y lealtad de los clientes. El cero defectos, al igual que el “cero inventarios” y el “cero tiempo de entrega” son un deseo, una meta por lograr, que hay que buscar cada día y que, por lo tanto, cada vez que la empresa vaya acercándose a dicho objetivo, aumente la lealtad y preferencias de los clientes hacia los productos de la compañía.

5.2.1 Causa de los defectos

Antes de definir el origen de los defectos, es importante conocer qué es un error y qué es un defecto.

- *Error*
Es el seguimiento o desarrollo inadecuado de un procedimiento.
- *Defecto*
Es la carencia de las cualidades de un producto o servicio.

La Tabla 5.1 presenta diferentes ejemplos de Errores y Defectos para obtener una mayor claridad sobre lo que se plantea en los Sistemas *poka-yoke*.

Tabla 5.1 Ejemplos de Errores y Defectos

Error	Defecto
Uso del material inadecuado para producir.	Producto con una fisura en su superficie.
Montaje por equivocación de una pieza que no corresponde.	Empaque con las letras de la impresión ilegibles.
Mala formulación de la mezcla por poca legibilidad del estándar.	Producto guardado en el empaque que no es el correcto.
Olvidarse de encender una máquina de apoyo al proceso productivo.	Producto manchado.
Usar la herramienta que no corresponde.	Envío del producto al destino equivocado.

Fuente: elaboración del autor.

En los sistemas de producción, los defectos en los productos son causados por un error en un procedimiento o una operación; por lo tanto, también es importante conocer el tipo de inspección de calidad que se lleva a cabo en el lugar de trabajo. Estos son los siguientes:

- *Inspección evaluativa*

En la cual se separan solamente los productos defectuosos de los buenos y no se toma ninguna medida correctiva; con esta Inspección no se reduce la tasa de defectos.

- *Inspección informativa*

En esta actividad se separan los productos defectuosos de los que no lo son, y se analiza la información que permite evaluar la causa del problema de calidad; con este tipo de Inspección se reduce la tasa de defectos, pero no se puede evitar que el defecto aparezca.

- *Inspección en la fuente*

Esta inspección es la típica de los Sistemas *poka-yoke*. En ella no se busca encontrar el defecto en el producto, sino la fuente causante del error, para poder atacarla y eliminarla. Este tipo de Inspección es la ideal, debido a que la empresa no busca los problemas en el producto, sino que evalúa y corrige si son las variables, o los parámetros, los que hacen que se produzca un artículo defectuoso.

La Inspección evaluativa es muy común en las empresas en las cuales se hacen muestreos de aceptación. Si el lote no pasa las pruebas de muestreo, simplemente se rechaza y devuelve al proveedor, o sea que no se hace ningún tipo de inspección informativa.

La Inspección informativa se encuentra más en el interior de los procesos productivos de la empresa; cuando se detecta que un producto se sale de sus parámetros de control, la empresa analiza el porqué se dio esta situación, y se detiene la producción del artículo hasta que la variable, parámetro o condición se corrija –no se continúa con la producción– y, lo que es más importante, se hace un registro o estándar que indica cuál fue el defecto, su causa, la solución implementada y los resultados a los que se llegó.

Con la Inspección en la fuente se busca tener, en tiempo real, información sobre el comportamiento de las diferentes variables que están involucradas en la producción del artículo, así que si alguna se

sale de sus parámetros de control, el proceso productivo se detiene, con la ventaja que no es necesario esperar a que el producto esté fabricado completamente.

5.2.1.1 Tipos de errores más comunes en el lugar de trabajo

Como se ha mencionado a lo largo de este texto, otra de las tareas que debe realizar el ingeniero de planta es la búsqueda constante y la eliminación de desperdicios en el lugar de trabajo. Si los desperdicios llevan a la generación de defectos en los productos fabricados, se deben considerar los errores que se cometen en el proceso de fabricación de los artículos; por lo tanto, la tarea de los ingenieros de planta se convierte en la búsqueda constante de errores en los productos, procedimientos y procesos que se llevan a cabo en la empresa. Los errores más comunes son los siguientes:²

- *Error por desconocimiento*

Se comete cuando la persona, por no estar lo suficientemente entrenada en la labor asignada, comete errores de desconocimiento; la respuesta más típica es: “Yo no sabía que eso no se podía hacer así”.

- *Error por olvido*

Se presenta, por ejemplo, cuando se está realizando un montaje de una referencia, y se le olvida al operario que la pieza, que se va a fabricar, lleva otro tipo de acabado superficial, y deja el que estaba antes.

- *Error por inadvertencia*

Ocurre, por ejemplo, cuando el operario está distraído y ubica la producción que transporta para ser procesada en otra máquina, y obtiene un producto completamente diferente al esperado.

- *Error por identificación*

Se da cuando los empaques, envases o embalajes son iguales entre sí, y el producto que se almacena es distinto en cada unidad de empaque; así, es muy fácil confundir los recipientes de materia prima que se usan, y utilizar la materia prima que no es la requerida.

² Productivity Press, [Equipo de desarrollo], Nikkan Kogyo Shimbun, ed., en: *Poka-yoke. Mejorando la calidad del producto evitando los defectos*, Cambridge, Productivity Press, 1991.

- *Error debido a la lentitud*

Se presenta, no tanto en el producto como tal, sino más bien en la prestación de un servicio; la lentitud hace que el usuario final evalúe el proceso como lento y mal realizado, lleno de errores procedimentales.

- *Error voluntario*

Se da por el hecho que el operario realiza una tarea y la quiere mejorar o acelerar, y por esta razón el producto sale defectuoso o la máquina se daña; el error es voluntario, porque él sabía que a la máquina no se le podía incrementar la velocidad –aunque finalmente lo haya hecho– y el producto y la máquina se dañaron. Cabe aclarar que la intención del operario no era causar daños.

- *Error intencional*

Es muy similar al anterior, pero, a diferencia de este, el operario sí busca hacer daño al producto o a la máquina; es muy común cuando hay sabotajes.

- *Error por falta de estándares*

Ocurre cuando no existen en la empresa instructivos de trabajo bien claros, y al dejar a discreción del operario lo que se debe hacer, se pueden generar errores que llevan a defectos en el producto.

- *Error por sorpresa*

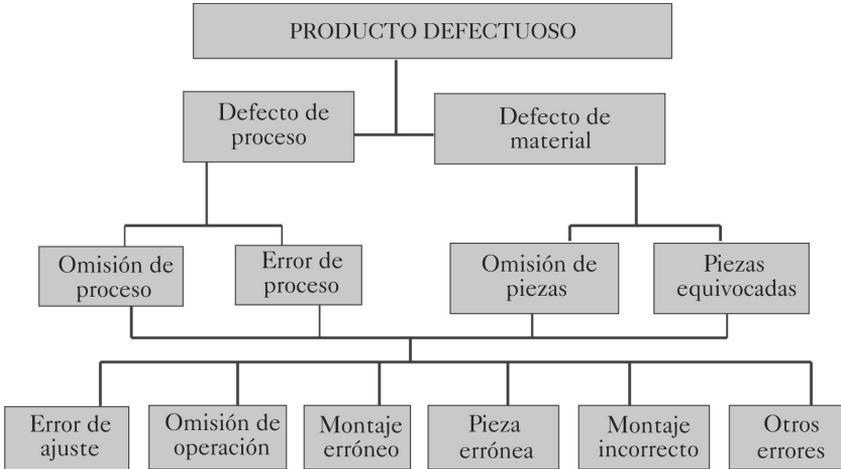
Se da cuando el equipo opera en forma diferente a la que se espera, por ejemplo, una máquina opera defectuosamente sin haber dado muestras de alguna anomalía.

5.2.1.2 Tipos de defectos

Los defectos en los productos son causados por los errores, y los defectos resultantes de estos errores se dan principalmente en el material y en el proceso. Los primeros ocurren por omisión o error, lo que significa que no se usó el material adecuado para producir el artículo, o que no se usó en la cantidad o calidad requeridas. Y los segundos también se dan por omisión o por error, es decir, que se pudo haber omitido una etapa en un proceso productivo, o que se llevó a cabo una etapa sin todas las condiciones de calidad exigidas, lo que trajo como consecuencia

un producto defectuoso. La Figura 5.2 muestra los diferentes errores que causan defectos en los productos.

Figura 5.2 Tipos de defectos



Fuente: elaboración del autor.

5.3 Elementos centrales de los Sistemas *poka-yoke*

El desarrollo de los Sistemas *poka-yoke* exige que se tengan tres elementos principales de control, para que las tareas de mejoramiento se puedan aplicar y se logren los resultados esperados:

1. *Inspección en la fuente*

Chequear los factores que causan los errores, no los defectos resultantes.

2. *Inspección al 100%*

Usar en el puesto de trabajo dispositivos o mecanismos que eviten cometer errores en la operación, al informar automáticamente cuando se detecte una condición de operación anormal.

3. *Acción inmediata*

Siempre que el operario detecte que una variable o un parámetro se sale de sus condiciones normales de operación, debe estar en

capacidad de detener la máquina para no seguir produciendo errores, o la máquina debe tener dispositivos automáticos que la detengan en el mismo instante del problema.

Se debe tener en cuenta que al trabajar con los Sistemas *poka-yoke* se está trabajando con seres humanos, y que se desea que la persona en su puesto de trabajo cometa la menor cantidad de los errores posibles; por esto, al evaluar dichos sistemas se debe considerar que el ser humano es un ser que olvida, que debe aprender más de lo que olvida, y que si se regaña al operario no se logra nada: solo disminuye su moral, lo desestimula y hace las cosas mucho más complicadas, a la hora de contar con él para llevar a cabo labores de mejora en un futuro cercano. Por lo tanto, es mejor, siempre que sea posible, tener en los diferentes puestos de trabajo los procedimientos para la inspección en la fuente.

Uno de los elementos de inspección en la fuente más usados son las preguntas que se mencionaron en el Cuarto Pilar de las 5S: los cinco “por qué”, con los cuales se busca llegar hasta la raíz del problema que causa todos los defectos en los productos. Un ejemplo puede ser el siguiente: el equipo que su operario maneja tiene aserrín regado en el suelo, debajo de la máquina. Por lo tanto, usted le pregunta:

—*¿Por qué hay aserrín debajo de la máquina?*

La respuesta del operario es:

—*Porque está botando aceite.*

Usted procede:

—*¿Por qué está botando aceite la máquina?*

Responde:

—*Porque la manguera de alimentación de aceite tiene una fuga.*

Usted continúa:

—*¿Por qué la manguera tiene una fuga?*

Contesta:

—*Porque el técnico de mantenimiento cambió los acoples de la máquina y los dejó flojos.*

Usted sigue:

—*¿Por qué dejó flojos los acoples de la máquina?*

Responde:

—*Porque lo estándares de operación de la hoja de trabajo están desactualizados.*

Al aplicar esta metodología de los cinco “por qué” –hacer cinco veces la pregunta *por qué*–, se logra llegar de una manera sencilla hasta la causa fundamental de los problemas en la planta, lo que permite que los procesos de mejoramiento se hagan desde la base, desde la parte operativa, y que sean los operarios los que hagan las sugerencias y planteamientos de mejoramiento de sus condiciones de trabajo.

5.4 Estrategias para el concepto de “cero defectos”

La aplicación de los Sistemas *poka-yoke* usa tres Estrategias que están completamente interrelacionadas, y que tienen diferentes grados de automatización. Estas Estrategias son las siguientes:³

1. *No producirlo*

Significa que no se debe producir inventario en exceso: se debe fabricar lo que requiere el mercado y, dado el caso que se defina producir una cantidad adicional, esta debe acomodarse a los parámetros que dicen los modelos de inventarios que la empresa aplique.

2. *Producirlo para que resista cualquier uso*

El cliente o usuario final es quien descubre los diferentes usos de los productos, aunque esto pueda generarles daños a ellos mismos, a la persona o al equipo sobre el cual se van a usar. El hecho de que “resista cualquier uso” significa que se le debe dar al cliente, o usuario final, un manual de instrucciones lo suficientemente claro para que dicho artículo sí sea usado bajo las condiciones que sean permitidas, y se le debe aclarar que cualquier uso o aplicación inadecuada conlleva la pérdida de la garantía. Estas afirmaciones pueden estar en contravía con los elementos del *poka-yoke*, pero es importante garantizarle al cliente o usuario final los alcances del producto, y hasta dónde lo puede usar sin causarle algún tipo de daño que le haga perder su garantía.

3. *Una vez abierto, usarlo inmediatamente*

Esta estrategia *poka-yoke* :viene asociada con el tiempo de vida del producto –su fecha de vencimiento–. Se desea lograr que el cliente esté enterado de que su producto es perecedero, que no dura para

³ *Ibid.*

siempre, y que debe usarlo, no almacenarlo. También se interpreta como el uso inmediato de las materias primas apenas lleguen al puesto de trabajo –no dejarlas almacenadas–, buscando aplicar los conceptos de un sistema de producción “justo a tiempo” (*just in time*, JIT).

5.5 Los Sistemas *poka-yoke* y el control estadístico de calidad (SPC)

El control estadístico de la calidad, por su sigla en inglés *statistical process control*, evalúa, después de procesar un producto, si este es o no es aceptable, con base en unas variables por controlar elegidas por el analista de calidad. Cuando la muestra escogida presenta un problema, la información es retroalimentada al proceso productivo y se hace la corrección. Puede ocurrir que ya se han fabricado productos que poseen el defecto o problema: el SPC es mucho mejor que la sola inspección visual, debido a que genera información sobre lo que ha pasado en el proceso productivo, aunque informa muy tarde los errores o desviaciones de la norma establecida –cuando el error ya ha sucedido– y, por consiguiente, muchos productos pueden haber sido fabricados con errores.⁴

Los Sistemas *poka-yoke* no esperan a que el defecto se presente, sino que intervienen antes de que el sistema productivo fabrique muchos productos –como ocurre con el SPC–. Dichos sistemas permiten que la máquina se detenga inmediatamente, una vez detecte que alguna variable o parámetro del producto se sale de su curso normal; el sistema para el equipo e informa al personal que algo ha ocurrido. Para esto, los Sistemas *poka-yoke* usan dos tipos de ayudas:

1. Los Sistemas de control automático

Que detienen la máquina cuando alguna irregularidad ocurre o bloquea el movimiento de la pieza, para que no pase a otro proceso.

2. Los Sistemas de alarma

Que no detienen la máquina, pero informan a su operador que una situación anómala está ocurriendo y debe detenerla.

⁴ Productivity Press, [Development Team], *Mistake-proofing for operators: the zqc system*, Portland, Productivity Press, 1997.

Los Sistemas de control automático son mucho más adecuados desde el punto de vista *poka-yoke*, porque evitan que el defecto ocurra una vez se haya detectado el error.

5.6 Métodos para el uso de los Sistemas *poka-yoke*

Existen tres métodos principales para el uso de los Sistemas *poka-yoke*:⁵ Métodos de contacto, Métodos de valor fijo y Métodos sin contacto (*motion step methods*).

5.6.1 Métodos de contacto

Actúan cuando el producto hace contacto físico con el dispositivo o equipo *poka-yoke*.

Un ejemplo son los conmutadores de límite, que al ser presionados por el producto detienen la máquina o cambian el sentido de movimiento. La Foto 5.1 muestra ejemplos de conmutadores de límite: cuando el producto mueve la parte superior del dispositivo, hace que la máquina se detenga o cambie el sentido de movimiento.

Foto 5.1 Ejemplo de conmutadores de límite (Métodos de contacto)



Fuente: “Sensotek Control Solution (СТК)”, sitio web: *Sensotek*, disponible en: www.sensotek.com.mx/productos.asp, consulta: 5 de diciembre de 2010.

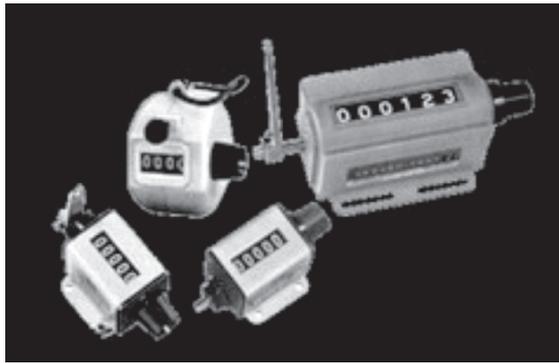
⁵ *Ibid.*

Estos conmutadores se encuentra en las máquinas rectificadoras, en las cuales la mesa se mueve sobre el eje X, de izquierda a derecha y viceversa; el cambio de sentido se da cuando la mesa magnética portapieza, en su recorrido de derecha a izquierda, activa el conmutador, haciendo que cambie su movimiento de izquierda a derecha.

5.6.2 Métodos de valor fijo

Se usan especialmente cuando en el proceso de fabricación de un producto la máquina tiene que hacer muchas operaciones, que se repiten hasta alcanzar un valor requerido; el caso más típico es un contador. Por ejemplo, sobre una pieza se deben hacer 15 puntos de soldadura utilizando un soldador de electropunto; el contador de la máquina se habilita para que cuando se alcancen los 15 puntos, la máquina se apague o informe con una alarma que ya llegó a la meta establecida. La Foto 5.2 muestra diferentes contadores, tanto mecánicos como eléctricos.

Foto 5.2 Ejemplos de contadores (Métodos de valor fijo)



Fuente: “Zeising, Instrumentos para medición y control”, sitio web: *Zeising*, disponible en: <http://www.zeising.com.ar/conta.htm>, consulta: 6 de diciembre de 2010.

5.6.3 Métodos sin contacto

Básicamente son fotoceldas en las que cuando un producto o algún elemento extraño interrumpen el haz de luz que ellas generan, detienen inmediatamente la máquina o el proceso productivo, o encienden una alarma que alerta sobre la situación que ocurrió. Un ejemplo típico de estos mecanismos sin contacto son las puertas de los ascensores,

en las que si una persona u objeto bloquea su fotocelda, las puertas no se cierran.

5.7 Ejemplos de Sistemas *poka-yoke*

Foto 5.3 Tapa del tanque de gasolina de un automóvil



Fuente: John Grout, sitio web: *poka-yoke*, disponible en: <http://facultyweb.berry.edu/jgrout/everyday.html>, consulta: 6 de diciembre de 2010.

Para evitar la pérdida de la tapa en el llenado de gasolina de los automóviles, algunos vehículos traen un sistema de seguridad que deja que la tapa quede colgando mientras se llena el tanque.

Foto 5.4 Adhesivo que muestra vibraciones de una máquina por encima del límite permitido



Fuente: John Grout, sitio web: *poka-yoke*, disponible en: <http://facultyweb.berry.edu/jgrout/everyday.html>, consulta: 6 de diciembre de 2010.

Para saber el nivel de vibración de las máquinas, se les pega un adhesivo como muestra la imagen; cuando llega a un nivel de vibración, la imagen se ve clara; de esta forma, se conoce su nivel.

Foto 5.5 Control de estatura a la entrada de un juego mecánico



Fuente: John Grout, Sitio web: *poka-yoke*, disponible en: <http://facultyweb.berry.edu/jgrout/everyday.html>, consulta: 6 de diciembre de 2010.

Foto 5.6 Sartén con un punto indicador de temperatura



Fuente: John Grout, sitio web: *poka-yoke*, disponible en: <http://facultyweb.berry.edu/jgrout/everyday.html>, consulta: 6 de diciembre de 2010.

5.8 Conclusiones

Como lo menciona el libro *Poka-yoke: mejorando la calidad del producto evitando los defectos*,⁶ con toda una variedad de piezas que llegan de

⁶ S. Shingo, *Op. cit.*

cientos de proveedores, tendría que existir algo de magia para poder tener pocas unidades defectuosas por millón de unidades producidas. ¿Dónde está el truco? No hay ninguno: consiste en aplicar técnicas muy sencillas, a prueba de errores, que hacen que el personal a cargo de la producción, las máquinas y los procesos, diseñen mecanismos y procedimientos para eliminar todos los defectos. Dichas técnicas pasan desde las más simples –un control visual– hasta las más complejas –mecanismos automáticos para la detención de las máquinas–. Pero, sobre todo, detrás del *poka-yoke* se encuentra la convicción de que no es aceptable producir incluso un pequeño número de artículos defectuosos; y esta convicción parte de las directivas de la empresa y llega hasta el último operario de la planta.

Al igual que con las herramientas anteriores, los Sistemas *poka-yoke* requieren que las directivas sean conscientes de que las mejoras con este tipo de ayudas son incrementales y toman tiempo y dedicación. Adicionalmente, con los *poka-yoke* se requiere que haya establecida una cultura de la calidad, que permita que el personal de la empresa conozca las variables y parámetros que afectan la calidad del producto, para que así se puedan tomar las decisiones de mejoramiento más adecuadas, y la implementación de sistemas a prueba de errores no sea vista como un proceso de automatización, que busca eliminar a las personas por ser estas las causantes de los errores humanos en el lugar de trabajo.

Es importante recordar que los métodos estadísticos comúnmente usados para el control de calidad, como lo menciona Shingo,⁷ no previenen los defectos, aunque proporcionan información probabilística de cuándo ocurrirán. La manera de evitar que esto ocurra en un proceso es la introducción de controles: los mecanismos *poka-yoke*, con los cuales se busca eliminar el defecto, al reducir los posibles errores que se generan en el proceso de fabricación del producto.

⁷ *Ibid.*

Ejercicio

De acuerdo con la teoría *poka-yoke* y los ejemplos discutidos:

1. En su sitio de trabajo, determine 10 situaciones, tanto productivas como administrativas, que estén afectando la calidad del producto o servicio que usted ofrece.
2. Desarrolle y plantee mecanismos y dispositivos *poka-yoke* para cada una de ellas, y evalúe los resultados de mejoramiento obtenidos al aplicarlos.

Capítulo 6

Implementación de las herramientas de producción

En los capítulos anteriores se presentaron diferentes herramientas de producción: la Fábrica visual, las 5S, los Sistemas SMED y los Sistemas *poka-yoke*, describiendo sus etapas, requerimientos, ventajas y beneficios. Nada de esto se puede lograr, ni implementar, si no se tienen en cuenta los siguientes aspectos operativos y administrativos, que permiten un buen inicio y desempeño con estas herramientas.

6.1 Participación y compromiso de las directivas

Para que todo proceso de mejoramiento se pueda desarrollar correctamente y no tenga inconvenientes, las directivas de una empresa deben ser partícipes totales dentro del proceso de mejora y, además, deben velar porque las etapas de desarrollo se vayan cumpliendo según los cronogramas establecidos. Así, las principales tareas de las directivas deben ser:

- Determinar muy bien las áreas de la empresa a las cuales se les van a aplicar técnicas de mejoramiento de procesos, además de las herramientas de producción.
- Seleccionar el personal idóneo para la dirección e implementación de las tareas de mejoramiento en el área escogida. Esta selección se debe basar en la detección de los líderes, es decir, los empleados responsables y comprometidos con la mejora;¹ adicionalmente, estas personas deben conocer muy bien el proceso productivo
- Entregar recursos para la implementación de cada una de las diferentes etapas que comprenden dichas herramientas de producción. Esta entrega no es solo material, sino también, principalmente,

¹ Masaaki Imai, “Capítulo 1”, en: *Kaizen. Clave de la ventaja competitiva japonesa*, México, Ccesa, 1998.

de tiempo. Las directivas deben estar conscientes de que las capacitaciones, talleres y trabajos de desarrollo necesitan tiempo de los operarios y de sus jefes directos, y que deben ser realizados en el horario laboral.

- El tiempo asignado a las diferentes actividades de capacitación debe ser visto como una oportunidad de mejoramiento; se le debe explicar al personal que, si en días previos, se hacen avances de la producción para suplir lo que no se fabrica durante las capacitaciones, no habrá distracciones y se podrá responder por los pedidos comprometidos con los clientes.
- Con relación a los recursos y materiales de trabajo, las directivas deben entregarlos o, en caso contrario, dar los recursos económicos necesarios para su adquisición.
- Dar ejemplo de aplicación de las herramientas de producción y participar activamente en las tareas de formación, entrenamiento y evaluación. Un ejemplo de lo que deben hacer, es preguntarle constantemente a sus dirigidos y líderes de los procesos de mejoramiento: *¿por qué? ¿Por qué se demora tanto tiempo el cambio de referencia? ¿Qué podemos hacer para reducirlo? ¿Por qué nos dio tan bajo el puntaje en la evaluación de las 5S? ¿Qué podemos hacer para mejorarlo?* Todas estas preguntas generan, no solo el cuestionamiento sobre el funcionamiento de la empresa, sino que dejan retos que ella misma debe alcanzar.
- Motivar en el personal operativo y directivo la presentación de sugerencias o ideas de mejora al proceso productivo, por ejemplo, haciendo las preguntas mencionadas anteriormente, para que estas se reflejen como un reto por alcanzar, dirigido a los supervisores y líderes de los grupos de trabajo. Un elemento motivador, para que la parte operativa escriba las sugerencias de mejoramiento, es la transcripción que el supervisor o líder de grupo haga de las sugerencias realizadas por los operarios; cabe aclarar que esta tarea solo se hace una vez, para generarle confianza al operario y para que él mismo proceda a escribir sus ideas futuras de mejoramiento.
- Desarrollar y establecer, junto con los supervisores y jefes de línea, los puntos de control y verificación, determinando las variables críticas que se van a medir, entrenando al personal operativo en su

medición y control, y desarrollando los planes de mejora cuando sea necesario.

- Un último elemento de responsabilidad debe ser potenciar la creatividad de sus empleados en la detección de desperdicios,² haciendo hincapié en la formación y capacitación constante de sus trabajadores en el análisis de los procesos productivos, a través de la detección de operaciones que agreguen o no agreguen valor.

En resumen, como lo menciona Barnes:³

- Cuando un empleado no sabe qué hacer... ¡comunícale!
- Cuando un empleado no sabe cómo hacerlo... ¡entréñalo!
- Cuando un empleado no desea hacer una tarea... ¡motívalo!
- Cuando un empleado sabe qué hacer, es competente y está motivado para hacer... ¡proporciónale empoderamiento!
- Cuando un empleado ha hecho y cumplido o superado los estándares... ¡recompénsalo!

6.2 Participación y compromiso de los empleados

Al igual que con las directivas, el compromiso de los empleados, especialmente los de la parte operativa, es fundamental para el buen desarrollo de cualquier proceso de mejoramiento en las empresas. Dentro de los roles que el personal operativo debe ejercer, para el logro de una buena implementación de las herramientas de producción, están los siguientes:

- Participar constantemente y con entusiasmo en las actividades de mejoramiento. Esto significa que la parte operativa tiene como tarea mostrar interés e involucrarse en los programas de mejoramiento.
- Solicitar que se les entreguen recursos y, especialmente, que se les dé tiempo para implementar las mejoras, más importante aún,

² Masaaki Imai, "Capítulo 6", en: *Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo (gamba)*, Bogotá, McGraw-Hill, 1998.

³ Tony Barnes, *Estrategias Kaizen. Cómo lograr un liderazgo exitoso. Guíe su organización hacia el mejor futuro*, Bogotá, McGraw-Hill, 1997, pp. 42-49.

para las capacitaciones, desarrollo, planeación y elaboración por escrito de las propuestas de mejoramiento. Como todo proceso de mejoramiento involucra las directivas y la parte operativa, se busca con esto una relación “gana-gana”, en la cual los primeros obtienen un cuerpo operativo más capacitado e involucrado con la empresa, y esta, a su vez, obtiene unas condiciones de trabajo más seguras y adecuadas, además de beneficios económicos o materiales acordes con las sugerencias realizadas por los operarios.

- Entrenar y motivar a los demás compañeros del área de trabajo en la aplicación de las herramientas de producción, y servir como un apoyo a las inquietudes y sugerencias que estos tengan, con relación a las diferentes etapas de implementación.
- Seguir y hacer seguir los estándares establecidos con las directivas para la mejora de procesos, y presentar ideas creativas para el mejoramiento de dichos estándares, que lleven a una mejora en las condiciones de producción del puesto de trabajo.
- Estar atentos al piso de la fábrica, el *gemba*,⁴ para detectar e informar constantemente los desperdicios que se encuentren allí.

⁴ M. Imai, “Capítulo 6”, en: *Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo (gemba)*, *Op. cit.*

Bibliografía

Álvarez, Alejandra, Carolina Álvarez y Marisol Valladares, s. t. [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2005.

Arango, Andrés, Camilo Arango y Esteban Ramírez, s. t. [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2008.

Arrieta Posada, Juan Gregorio, “Estudio de las mejores prácticas en manufactura conocidas como herramientas de producción aplicadas en el sector metalmeccánico de la ciudad de Medellín”, *Revista Universidad EAFIT*, Medellín, vol. 40, núm. 133, enero-febrero-marzo, 2004, pp. 106-119.

_____, “Interacción y conexiones entre las técnicas 5S, SMED y *poka-yoke* en procesos de mejoramiento continuo”, *Tecnura*, Bogotá, año 10, núm. 20, semestre 1, 2007, pp. 139-148.

Barnes, Tony, *Estrategias Kaizen. Cómo lograr un liderazgo exitoso. Guíe su organización hacia el mejor futuro*, Bogotá, McGraw-Hill, 1997.

Betancur, María C., Marcela Echandía y Yulieth Ocampo, s. t. [trabajo de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2010.

Cárdenas L., María C., *Curso bimodal del módulo sistemas visuales y manufactura de clase mundial* [proyecto de grado de la materia Herramientas de Producción, Ingeniería de Producción], Medellín, Universidad EAFIT, 2007.

Chase, Richard B., Nicholas J. Aquilano y F. Robert Jacobs, “Nota técnica 4”, en: *Administración de la producción y operaciones*, México, McGraw-Hill, 2009.

Dávila Vides, Jairo y Juan Camilo Pineda Cuartas, *Cómo mejorar la productividad en su organización*, Medellín, TPM Latino, 2005.

Greif, Michel, *La fábrica visual. Métodos visuales para mejorar la productividad*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993.

Hirano, Hiroyuki, “Capítulo 4”, en: *Manual para la implementación del justo a tiempo* [just in time, JIT], México, Productivity Press, 1991.

Imai, Masaaki, “Capítulo 1”, en: *Kaizen. Clave de la ventaja competitiva japonesa*, México, Cecsá, 1998.

_____, “Capítulo 6”, en: *Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo (gembá)*, Bogotá, McGraw-Hill, 1998.

Organización Internacional del Trabajo (OIT), “Capítulo 10”, en: *Introducción al estudio del trabajo*, México, Limusa, 1995.

Productivity Press, [Equipo de desarrollo], Nikkan Kogyo Shimbun, ed., en: *Poka-yoke. Mejorando la calidad del producto evitando los defectos*, Cambridge, Productivity Press, 1991.

_____, *5S para todos: cinco pilares de la fábrica visual*, Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1997.

_____, [Development Team], *Mistake-proofing for operators: the ZQC system*, Portland, Productivity Press, 1997.

_____, *Preparaciones rápidas de máquinas: el Sistema SMED*, México, Productivity Press, 2001.

Schonberger, Richard, “Capítulo 1”, en: *Manufactura de clase mundial para el próximo siglo*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.

Shingo, Shigeo, *Una revolución en la producción: el sistema SMED*, 4.^a ed., México, Productivity Press, 1990.

_____, *Tecnologías para el cero defectos: inspecciones en la fuente y el sistema poka-yoke*, 3.^a ed., Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1990.

Sipper, Daniel y Robert L. Bulfin, “Capítulo 7”, en: *Planeación y control de la producción*, México, McGraw-Hill, 1990.

Índice temático

5S, Las 33, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 60,
61, 64, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 78,
79, 80, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89,
90, 92, 94, 95, 98, 123, 130, 139,
143, 144

A

Acción inmediata 129
Administración visual 27, 33, 35, 36,
37, 38
Anclaje funcional 113
Automatización 119

C

Calidad 20
Cero
defectos 125, 131
inventarios 125
tiempo de entrega 125
Compensación 19
Comprobaciones funcionales 110, 111
Contador 134
Contorno 40, 90
Control estadístico de la calidad 132
Controles visuales 31, 32, 34, 35, 36,
39, 46

D

Defecto 125
Despilfarro 71
Diagrama hombre máquina 104, 105,
108
Directivas
papel de las 86
Disciplina 55, 85

E

Eliminación de ajustes 116
Empresa de clase o categoría mundial
17, 20
Error 125
debido a la lentitud 128
intencional 128
por desconocimiento 127
por falta de estándares 128
por identificación 127
por inadvertencia 127
por olvido 127
por sorpresa 128
voluntario 128
Escala numérica fija 117
Escena 22, 23, 24, 25, 34, 53, 56, 60,
72, 94, 95
Escenario 22, 36
Eslóganes 5S 87
Estándar 53, 79, 125, 126

F

Fábrica visual, La 27, 29, 32, 44, 53,
80, 123, 139
Fabricación de piezas de ensayo y
ajuste 99
Fase preliminar 104, 113
Fool proofing 123
Fotos 94

G

Gente 20

H

Hoja de evaluación 56, 60

I

Indicadores de planta 17

Informe rojo, El 68, 69, 78

Inspección

en la fuente 126, 129

de calidad 22

de control de calidad 123

evaluativa 126

informativa 126

Inventario 56, 78, 90, 98, 103, 131

L

Líder mundial 21

Limpieza 32, 78

estandarizada 55, 82, 83, 84, 89

Línea de

demarcación 45

demarcación de pasillos 75

productos 20

acción de equipos 77

centrado y planos de referencia visibles 117

flujo en tuberías 75

tipo cebra 75

Lista de chequeo 110, 111

M

Mapa 94

Mejoramiento continuo 18, 27, 32, 34, 50, 53, 55, 71, 79, 92, 103, 104

Metas y criterios de limpieza 80

Métodos

de contacto 133

de interbloqueo 115

de una sola vuelta 114

de un solo movimiento 115

de valor fijo 134

sin contacto 133, 134

N

Nivel

1 35

2 35

3 35

4 35

5 35

6 36

Niveles del producto 45

O

Objetivos estratégicos 17

Operaciones

auxiliares 100

de ajuste y calibración 99

de manufactura 99

de margen de tolerancia 100

de montaje y desmontaje 99

de preparación y post-ajustes 100

en paralelo 112, 113

esenciales 100

externas 106

internas 106

para el surtido de materias primas 99

principales 100

Orden 30, 32, 40, 44, 55, 71, 72, 90, 92

Organización 19

Organizar 64

OTED

one touch exchange of dies 119

P

Papel de

las directivas 86

la parte operativa 86

Participación y compromiso de

las directivas 139

los empleados 141

Pensamientos 94

Pilar
cuarto 82, 83
primer 56, 64, 70, 80
quinto 85
segundo 71, 74, 75, 78
tercero 78, 79, 80, 81, 82
Pirámide 35, 49
Poka-yoke 34, 36, 39, 123, 129, 131,
132, 136, 139
Precios 19
Primera etapa 104, 106
Principios de economía de movimien-
tos 72
Productos nuevos 19
Promoción de la Disciplina 87
Proveedores 18

R

Registros fotográficos 60

S

Segunda Etapa 108
Segundo Pilar 71, 74, 78
Seiketsu 55, 82
Seiri 55
Seiso 55, 78
set-up 120
Shingo, Shigeo 95, 99, 106, 120, 123,
137
Shitsuke 55, 85
Sistema
del mínimo común múltiplo 118
a prueba de errores 123
de alarma 132
de control automático 132
SMED 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102,

103, 104, 106, 107, 111, 112,
113, 119, 120, 121, 122 123, 139,
144
Fase preliminar 104
Primera etapa 106
Segunda etapa 108
Tercera etapa 113
visuales 27, 28, 30, 32, 33, 34, 35,
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47,
48, 49, 74, 75, 76, 77, 78, 90, 91,
93, 112, 118

SPC *Statistical Process Control*

Control estadístico de la calidad 132

T

Tablero de defectos 41
Tarjeta roja 64, 65, 66, 67, 68
Tercera Etapa 114
Termómetro 45
Tiempo de cambio de referencia 103,
112
Tiempo de
entrega 19
montaje 101, 103, 105, 108, 111,
119

Z

Zona
máxima de trabajo 72
normal de trabajo 72
piloto 68
roja
de almacenamiento temporal 56,
68, 70, 71
de evaluación 56, 60, 67, 87



Este libro se terminó de imprimir
en Cargraphics,
para el Fondo Editorial Universidad EAFIT
Medellín, mayo de 2011
Fuente: Caslon 540 normal, *Caslon 540 italic*

