

# **Impacto en la Enseñanza y Aplicación de una Nueva Metodología en la Asignatura de Ingeniería de Métodos.**

## **Caso: Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo**

**Florángel Ortiz Zavala, Ruth Illada García**

Dpto. de Ingeniería de Métodos. Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Av. Universidad. Naguanagua. Valencia. Estado Carabobo. Venezuela. florangelortiz@intercable.net.ve, ryllada@yahoo.com

### **Resumen**

*Después de varias aplicaciones y revisiones surge una metodología llamada ESIDE, cuyo objetivo es la eliminación de toda clase de desperdicio con un enfoque sistémico. El análisis de las diversas versiones presentadas de dicha metodología, permitió comenzar su aplicación masiva, con la introducción en el año 2002 en el programa de la asignatura Ingeniería de Métodos I, del nuevo pensum de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de Carabobo. Hoy se presenta la evolución de la metodología desde su nacimiento hasta el presente, y se está en capacidad de mostrar los logros alcanzados. Para ello se realizó una investigación acción con una sección controlada durante un semestre, en la cual se registraron las dificultades y habilidades en la aplicación de la metodología ESIDE, y se hicieron los ajustes correspondientes. Los resultados fueron evaluados, tanto por el profesor de la materia como por tutores empresariales. Se pudo conocer las fortalezas y debilidades y comprobar la factibilidad y utilidad de la misma, por lo que se establece la importancia de su difusión, para extender su impacto en la comunidad académica y empresarial.*

**Palabras clave:** Ingeniería de Métodos, Desperdicios, Enfoque Sistémico.

### **1. Introducción**

En el año 2002 se introdujo en el programa de la asignatura de Ingeniería de Métodos I, del nuevo pensum de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, la enseñanza y aplicación de la metodología ESIDE, producto de investigaciones desarrolladas por profesoras adscritas al Departamento de Ingeniería de Métodos de la referida Universidad y que fueron divulgadas oportunamente en Ortiz e Illada (1995, 2000).

Esta asignatura, la cual se dicta en el octavo semestre de la carrera, es de naturaleza teórica – práctica, y en ella, los alumnos deben aplicar en una empresa de la zona el conocimiento adquirido en el aula para la mejora de los métodos de trabajo reportando los resultados en lo que se denomina el Trabajo Especial de Laboratorio (TEL). Es de destacar que los alumnos gestionan su aceptación en alguna empresa, preferiblemente manufacturera, en la cual son atendidos por un encargado quien actúa como el tutor empresarial, asesorando y evaluando el trabajo enviando sus comentarios al profesor de la materia.

Como resultado final del TEL se realizan propuestas para la mejora de algún proceso particular en las empresas que han dispuesto sus instalaciones para la práctica profesional de los estudiantes. Estas propuestas surgen a partir del estudio o creación de los indicadores de gestión que definen el área de mayor criticidad en el sistema estudiado, en la cual se identifica, cuantifica y analiza todo lo que no agrega valor. Para mejorar los indicadores de desempeño se proponen acciones de distinta naturaleza relacionadas con el campo de la asignatura, a saber: redistribución de planta, manejo de materiales y rediseño de puestos de trabajo que implica ahorro de movimientos o adecuación ergonómica de los mismos, diseño de dispositivos, uso apropiado de los materiales,

entre otras. De implementarse las propuestas, se obtienen mejoras sustanciales en cuanto a la productividad, eficiencia, seguridad y bienestar del trabajador, entre otros logros, que se traducen en beneficios económicos y de competitividad empresarial.

La metodología Eliminación Sistemática del Desperdicio (ESIDE), consiste en una serie de pasos aplicados en forma sistemática, cíclica y permanente para la mejora de los procesos, a través de la eliminación continua del Desperdicio, con un enfoque sistémico. Su concepto se basa fundamentalmente en dos pilares básicos.

En primer lugar, se encuentra la definición amplia del Desperdicio, entendido éste como todo aquello que no es la mínima cantidad de recursos (equipos, materiales, mano de obra, energía, entre otros) absolutamente esenciales para agregar valor al producto o servicio, con el fin de lograr la máxima satisfacción al cliente (Ohno, 1991). La palabra Valor en esta definición está referida a todo aquello que contribuye directamente a la función del producto o servicio y por lo cual el cliente está dispuesto a pagar.

En segundo lugar, la metodología se fundamenta en el Enfoque Sistémico ya que propone presentar todo proceso como un sistema, para el cual el análisis debe girar en torno a dos elementos clave: clientes y resultados (¿Qué valora el cliente en el producto o servicio?), así como también en los recursos y procesos del sistema (¿Se están usando los recursos de la mejor forma?, ¿El flujo del proceso es continuo?). Lo que se busca con la metodología es aumentar la productividad del proceso o actividad a partir de la detección y eliminación de los desperdicios presentes en cualquiera de sus elementos (productos, clientes, insumos, proveedores, recursos, tareas).

La última versión de ESIDE (Ortiz e Illada, 2000), contiene diez pasos con los que se planifica y ejecuta todo el proceso de mejora requerido por el sistema en estudio. Estos pasos son:

- Seleccionar el sistema a ser analizado
- Recolectar y organizar la información
- Decidir el alcance del estudio
- Identificar los desperdicios presentes
- Cuantificar los desperdicios
- Analizar los desperdicios
- Diseñar y seleccionar las soluciones
- Evaluar el impacto de las soluciones
- Diseñar un plan para la acción-control
- Implantar las soluciones

Puede observarse que la metodología centra su atención en tres aspectos principales: Sistema, Desperdicios y Soluciones. Ahora bien, cada uno de estos pasos tiene un propósito definido y para su aplicación se utilizan una serie de conceptos y formatos que guían al analista para realizar la mejora del sistema observado.

Con la implementación de la metodología surgieron dificultades las cuales se trataron de corregir sobre la marcha, por lo que se decidió no hacer obligatorio su uso en el TEL y permitir que el estudiante escogiese entre seguir la metodología general para la mejora de métodos formalmente establecida en los textos de Ingeniería de Métodos a través de la teoría del Análisis de la Operación (Maynard, 1998; Burgos, 1999; Niebel, 2000; Krick, 2000;) o aplicar ESIDE.

Esta situación no permitía reconocer con precisión las dificultades en su aplicación y por ello en el primer semestre de 2005 se realizó un estudio en alumnos cursantes de la asignatura a los

cuales se les exigió el uso de la metodología para evidenciar con mayor exactitud las dificultades y debilidades para ello, a fin de corregir las debilidades y potenciar sus fortalezas. De esta manera se estaría mejorando una metodología que aún sin haber sido lo suficiente divulgada ha demostrado sus bondades, a tal punto que además de haber sido utilizada en varios Trabajos de Grado (Cachutt. y Pinto, 2001; Barrios y Zavala 2002; Aguilera, 2003), ha sido escogida de manera espontánea como metodología en trabajos de la Maestría de Ingeniería Industrial.

## **2. El Problema**

La metodología ESIDE no ha sido suficientemente divulgada a lo interno de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad y a lo externo del resto de las Universidades venezolanas, ya que sus aplicaciones no han sido suficientemente estudiadas, para determinar las debilidades y fortalezas de la misma.

## **3. Metodología**

Para la formulación y posterior solución del problema, se trabajó bajo el paradigma de la investigación acción (Suárez, 2002), ya que la práctica realizada por los estudiantes se convirtió en objeto de la investigación, de manera que el conocer las dificultades encontradas al trabajar con ESIDE y el actuar para reducir o eliminar dichas dificultades formaron parte de un mismo proceso exploratorio.

El grupo participante estuvo formado por los 29 estudiantes de la materia pertenecientes a la sección 33 del primer semestre 2005, quienes conformaron 15 grupos de trabajo ubicados en igual número de empresas de las zonas industriales de Valencia, Tinaquillo y Maracay. También participaron profesores de la asignatura y 15 tutores empresariales. En los últimos semestres la matrícula se ha mantenido alrededor de los cien alumnos por semestre, los cuales generalmente se distribuyen en cuatro secciones. A los grupos objeto de la investigación se exigió el uso de la metodología ESIDE para la realización de su Trabajo Especial de Laboratorio, la cual aplicaron de manera gradual según se desarrollaban las distintas prácticas del Laboratorio.

En una *primera etapa del TEL*, se seleccionó el área crítica a partir de indicadores, siguiendo los pasos 1, 2 y 3 de ESIDE (Sistema), esto dentro de los objetivos de la Práctica de Diagrama del Proceso. El paso 1 consiste en definir el sistema objeto de estudio, el cual puede estar delimitado por cualquiera de las siguientes entidades: empresa, gerencia, departamento, proceso, tarea, función, actividad u operación. Como se puede apreciar, el sistema seleccionado puede ser tan amplio como un conjunto de empresas o tan pequeño como un puesto de trabajo de cualquier naturaleza. La decisión depende de factores tales como: la posibilidad de actuación que sobre el sistema tenga el grupo o persona que realiza el estudio y la importancia estratégica del sistema en los resultados de la Organización.

Al respecto es posible delinear un sistema principal (por ejemplo la empresa) y definir el o los subsistemas de interés (por ejemplo, la gerencia de manufactura, un proceso de producción, una operación de ese proceso). Al hacer la selección se debe tomar en cuenta determinados criterios de desempeño del sistema, los cuales pueden ser cualitativos o cuantitativos. Entre los indicadores cualitativos se pueden mencionar: clima organizacional, imagen, posicionamiento, liderazgo, los cuales pueden ser evaluados según su importancia e impacto.

Entre los indicadores cuantitativos se tiene los financieros (ingresos, egresos, costos, rentabilidad), los de mercado (proporción de ventas, penetración), y los de producción (productividad, eficiencia, eficacia y calidad), los cuales pueden tomar un valor según el método de cálculo

preestablecido. Se escogerá obviamente, tomando en consideración el indicador de mayor importancia para la Organización en ese momento.

En el Paso 2 se recolecta y organiza la información para profundizar en el conocimiento del sistema a ser analizado. Para ello se pueden utilizar distintas herramientas. La forma denominada Registro de Sistema, se propone como una herramienta de uso obligado, en la cual se hará la referencia a otros diagramas, figuras o formatos utilizados para completar la información.

Por su parte en el Paso 3, se decide el alcance del estudio. En principio se puede considerar que todo el sistema amerita estudio, pero por limitaciones y restricciones del mismo es posible delimitar la acción, basándose en factores tales como: el tiempo para conseguir soluciones, recursos humanos y financieros, magnitud, aspectos legales y técnicos.

Por ejemplo, un proceso que se quiere mejorar tiene distintas operaciones, cada una de las cuales requiere de un estudio independiente para buscarle soluciones, pero debido a restricciones puede requerirse seleccionar el área crítica mediante un proceso de toma de decisiones. Lo que se decida en este punto puede implicar la redefinición del sistema inicialmente seleccionado y la selección de un subsistema del mismo, por lo que habría que regresar al punto 2 y describir apropiadamente el mismo. Luego, se debe verificar el alcance. Esto se realizará tantas veces como se requiera, generando un ciclo que se rompe en el instante que el analista lo decida.

En la *segunda etapa del TEL*, se analizó el área crítica de acuerdo al propósito de la Práctica de Estudio Crítico del Proceso, a través de los pasos 4, 5 y 6 de ESIDE (Desperdicios). En el Paso 4 se identifican los desperdicios presentes en cada componente del sistema. Para ello se cuenta con una lista de chequeo de los Desperdicios comunes, la cual sirve de referencia para tal propósito. Sin embargo, es indispensable una comprensión profunda del significado de desperdicio para ser capaz de identificar la presencia de éste en cualquier elemento del sistema.

El Paso 5 permite cuantificar los desperdicios presentes, como una forma de medir su impacto. La información obtenida, debe ser tratada adecuadamente para establecer las prioridades del tratamiento, en función a la presencia de los desperdicios y a la magnitud en el desempeño del sistema de los mismos. Esto no significa que no deba eliminarse toda forma de desperdicio, simplemente es necesario tener en cuenta las prioridades para proceder a dicha eliminación.

En el Paso 6 se analizan los desperdicios con el objetivo de determinar las causas de los mismos. Se requiere aplicar sistemáticamente la pregunta ¿Por qué? para esclarecer en donde ESIDE la fuente del desperdicio, a la cual debe dirigirse la principal acción. Se sugiere la técnica de los cinco porqué para llegar a la causa raíz.

Finalmente, en la *tercera etapa del TEL*, se siguió al diseño y evaluación de las mejoras correspondiente a los pasos 6 al 9 de la metodología (Soluciones) lo cual se hizo parcialmente en la Práctica de Diseño de Dispositivos y se completó en la entrega del Informe Final.

Para reducir y/o eliminar las causas de los desperdicios presentes en el sistema, se pueden aplicar distintas soluciones las cuales pueden ser generadas rápidamente, según el conocimiento previo de los que participan en la búsqueda de la solución o pueden requerir un estudio más detallado si no se visualiza fácilmente la solución. Esto constituye el Paso 7 de ESIDE. Si existen varias soluciones posibles debe recurrirse al proceso de selección de alternativas para el cual se presenta una guía. Algunas de las herramientas recomendadas por ESIDE, para la solución de problemas industriales son: Inspecciones en la fuente y Poka Yoke (Shingo, 1991-a), SMED (Puesta a Punto Rápida) (Shingo, 1991-b), Mantenimiento Productivo Total (Nakajima, 1991),

entre otros.

En el Paso 8 se evalúa el impacto de las soluciones en el sistema. Se propone recopilar y organizar toda la información perteneciente al nuevo método de trabajo (método propuesto), comparando los criterios calculados en el punto 1 (método actual), con valores estimados a partir de las mejoras.

El Paso 9 consiste en diseñar un plan para la acción-control. El definir las acciones a seguir en la implantación de la solución, permite llevar un seguimiento durante el tiempo especificado para ello. Un buen proceso de planificación implica determinar todos los recursos (humanos y materiales) necesarios para tal propósito, así como también el recurso tiempo, y asigna responsabilidades.

El plan debe responder claramente el qué hacer, cómo hacerlo, cuándo hacerlo, dónde hacerlo y quién debe hacerlo.

El último paso de la metodología, Paso 10, es implantar y verificar las soluciones (mejora continua). Para esto no alcanza el tiempo de permanencia del alumno en la empresa, sin embargo, lo más importante es que ellos reconozcan que, cada esfuerzo de planificación debe estar asociado a la acción o ejecución del mismo. Por otra parte, cuando se actúa se obtienen los resultados reales que permiten corregir las desviaciones, si las hay, respecto a lo planificado, o también hacer un juicio objetivo de los resultados alcanzados con las mejoras.

En cada una de estas etapas se evaluaron los distintos avances y a través de las consultas, se hicieron los ajustes en algunos formatos y se explicó con más detalle la metodología a los alumnos. Los tutores empresariales revisaron los avances presentados por los estudiantes y enviaron reportes con sus comentarios para manifestar su conformidad y apreciación de los resultados obtenidos en cada fase del trabajo. Esta evaluación fue trasladada a una escala numérica para reflejar su percepción.

Finalmente, se contrastaron los resultados cuantitativos reflejados en las notas obtenidas en las distintas fases del proyecto, con las apreciaciones cualitativas realizadas por los tutores empresariales, para observar la correspondencia o no de las mismas. Estos resultados fueron analizados a la luz de la experiencia con el alumno. De allí surgen las conclusiones del estudio.

#### 4. Resultados

Los resultados de la evaluación promedio de los avances de los proyectos realizada por el docente a cargo y los tutores empresariales se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Evaluación promedio de los TEL por el Docente y los Tutores Empresariales.  
Fuente: Elaboración propia.

EVALUACIÓN	SISTEMA	DESPERDICIOS	SOLUCIONES
DOCENTE	16,57	12,87	13,81
TUTOR	17,08	16,8	16

Con los resultados obtenidos se pueden observar las coincidencias y diferencias en cuanto a la apreciación del profesor y el tutor empresarial. En primer lugar, es de destacar que la evaluación de los profesores es más rigurosa en cuanto a que considera ciertos aspectos que no son tomados en cuenta por los tutores, como por ejemplo la capacidad de describir el proceso, así como las habilidades de redacción y expresión, tanto oral como escrita. Mientras que con los tutores la

comunicación es más directa y específica al caso en observación, por lo que resulta más fácil para los alumnos entenderse con ellos que con los profesores.

Aun así se puede observar cierta coincidencia en cuanto a que la primera etapa es la más fácil de manejar por el estudiante y por tanto es en la que resulta mejor evaluado.

Por otra parte, a juicio del profesor la evaluación fue mejor en la etapa de solución que en la de identificación de desperdicios, básicamente porque en esta última se requiere que el alumno justifique muchos de los datos que le son suministrados directamente por la empresa. Por otra parte, para el tutor la fase de solución es en la que tiene puesta sus mayores expectativas por lo que es en ella donde es más exigente.

#### **4.1. Debilidades de la metodología ESIDE**

Durante la fase de evaluación se pudo detectar y registrar mediante esta investigación, para la metodología ESIDE las debilidades que se mencionan a continuación.

Algunos de los formatos no son fácilmente comprendidos por el estudiante. En esta oportunidad y por la experiencia de los semestres anteriores se hizo una modificación a la forma 1.1, ya que era en la que se había apreciado mayor dificultad. Esto permitió lograr un fácil de la forma en esta experiencia. Sin embargo, el hecho de que varias de las formas utilizan escalas de ponderación subjetivas crea la necesidad de reforzar más el trabajo en equipo y la participación del personal de la empresa involucrado en el proyecto para lograr mejores resultados en la fase de selección del sistema.

En cuanto al Paso 3, en muchas ocasiones el estudiante no considera la necesidad de limitar su estudio a elementos específicos del sistema, o no le es fácilmente entendible. Adicionalmente, se ha incluido una propuesta de considerar además del impacto en el sistema de cada elemento, el del elemento en el desperdicio por lo que se incrementa el tiempo en un paso que más bien la experiencia dice podría ser opcional. El propósito original de esta evaluación fue determinar o validar la escogencia acertada del sistema, más sin embargo no está siendo de utilidad para tal objetivo.

Por otra parte, el estudiante al carecer de un material de apoyo donde se ilustre con casos la aplicación de metodología, tiende a hacer sus propias interpretaciones del procedimiento por lo que esta resulta una de las principales debilidades. Esto explica el porque los profesores que no conocen la metodología no se sienten con confianza de transmitirla adecuadamente en sus clases.

En la etapa de identificación y análisis de desperdicios, el uso de las formas le crea tal claridad al estudiante que luego prescinde de la explicación necesaria en los informes escritos, por lo que es la causa de fallas en los mismos. Por otro lado, en el análisis de las causas se confunde mucho el análisis de las causas ya que la forma sugiere una linealidad de la causalidad que no es lo que en realidad se presenta. También se observó que en algunos casos no fue fácil trabajar con el concepto desperdicio,

Para la fase de soluciones el hecho de no dedicar suficiente tiempo de la asignatura en la enseñanza de las herramientas modernas para la mejora de los procesos, ocasiona que el alumno sea poco creativo al respecto.

## 4.2. Fortalezas de la Metodología ESIDE

Entre las fortalezas de la metodología obtenidas de la investigación se encuentra la inclusión de los indicadores de gestión como herramienta de decisión para la selección de las áreas críticas en el paso 1. Este es un tema muy a tono con las exigencias empresariales de hoy, por lo que al tutor le entusiasma la idea de que se construyan indicadores para su área si no los tiene, o saberse medido por medio de sus propios indicadores. Sin embargo, se requiere de un mayor contenido en cuanto a la teoría dada en clases al estudiante para el diseño de indicadores, especialmente relativos a los procesos de producción.

En el 100% de los casos los grupos fueron capaces de detectar problemas en las áreas seleccionadas y la metodología les orientó para el logro de propuestas de mejoras concretas. En cuanto a los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología, se determinó que para todas las empresas se consiguieron ahorros sustanciales que justificaron plenamente las inversiones obteniendo ahorros importantes. Esto se explica por los buenos resultados, en cuanto a que el índice de reprobados fue mínimo, y esto más atribuible a fallas al alumno que a la metodología como lo corrobora que ningún proyecto obtuvo una mala percepción por parte de los tutores.

En lo que se refiere a la facilidad de aplicación se pudo notar que para los estudiantes fue más sencillo identificar oportunidades de mejora y proponer soluciones que con la metodología tradicionalmente seguida, ya que ésta no le provee de instrumentos precisos como las formas que piden o brindan información. Estos logros se deben a que la herramienta guía al analista en la búsqueda de desperdicios presentes en todos los elementos del sistema, lo cual crea grandes oportunidades de mejoras con un enfoque integral, que no deja de lado ningún aspecto, por pequeño que éste sea, y que garantiza el uso adecuado de los recursos disponibles en pro del sistema y de su mejora.

Respecto a los aspectos metodológicos, en todos los estudios se siguieron los pasos sin necesidad de hacer ajustes como en las primeras experiencias de validación de ESIDE.

## 5. Conclusiones

La experiencia realizada permite asegurar que ESIDE es una herramienta funcional que guía al analista durante todo el proceso de identificación de desperdicios y la creación e implantación de soluciones para su reducción o eliminación, manteniendo en forma constante una visión sistémica.

Se ha seguido un enfoque teórico-práctico para la generación de esta herramienta, útil en la mejora integral de los sistemas y su aplicación ha dado excelentes resultados impactando positivamente al sector industrial venezolano, sobre todo de las pymes en las que se realizan la mayoría de los trabajos de la asignatura.

Es necesario resaltar que cualquier analista que use la técnica ESIDE, debe recordar que el método más eficientemente diseñado fracasará sin un ambiente humano agradable, en el que el trabajo en equipo y el liderazgo, así como también el respeto y la colaboración mutua son la clave del éxito. Los mejores resultados de los TEL fueron precisamente donde la empresa tuvo la mayor colaboración con los estudiantes y compromiso con el trabajo.

A partir de la experiencia se deduce la necesidad primordial de publicar un material didáctico, inspirado en el Manual de Aplicación ya desarrollado, con estudios de casos que constituya una

excelente guía para el analista o equipo de trabajo que desee poner en práctica la metodología.

La investigación permitió el logro de los objetivos al mostrar los resultados alcanzados con la enseñanza y aplicación de la metodología ESIDE en la asignatura de Ingeniería de Métodos I, de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de Carabobo. Esto facilitó el análisis de las fortalezas y debilidades de la metodología, lo cual constituye un insumo fundamental para la preparación de un material bibliográfico que permita divulgarla acertadamente a la comunidad académica y empresarial.

## Referencias

- Aguilera, P. (2003). *Mejora del Proceso de Extrusión en una Empresa Cauchera*. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Barrios, M.; Zavala B. (2002). *Disminución del Retrabajo en una Planta Procesadora de Envases de Vidrio*. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Burgos, F. (1999). *Ingeniería de Métodos, Calidad y Productividad*. 2da Edición corregida. Dirección de Medios, Publicaciones y RRPP. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Cachutt, C.; Pinto, F. (2001). *Bases para el Mejoramiento Continuo del Centro de Producción de Arquitectónicos en una Fábrica de Pinturas*. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Krick, E. (2000). *Ingeniería de Métodos*. Editorial Alfaomega.
- Maynard (1998). *Manual del Ingeniero Industrial*. Hodson, W (ed). Editorial McGraw Hill. Tomo I. México.
- Nakajima, S. (1991). *Programa del Desarrollo del TPM (Implantación del Mantenimiento Productivo Total) 1ra edición*. Tecnologías de Gerencia y Producción S.A. Madrid.
- Niebel, B. (2000). *Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos*. 11va Edición. Editorial Alfaomega. Colombia.
- Ohno, T. (1991). *El Sistema de Producción Toyota (Más allá de la Producción a Gran Escala, 1ra ed., Eds. Gestión 2000*. España
- Ortiz, F.; Yllada R. (1995). *Eliminación Sistémica del Desperdicio (Enfoque Moderno al Análisis de la Operación)*. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Ortiz, F.; Yllada R. (2000). *Mejoras de Métodos de Trabajo a través de ESIDE (Estudio de Casos y Ajuste de la Metodología)*. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Shingo, S. (1991-a). *Tecnologías para el Cero Defectos (Inspecciones en la Fuente y el Sistema Poka Yoke)*, 2da ed. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción S.A.
- Shingo, S. (1991-b). *A Revolution in Manufacturing (The SMED System)*, 1ra ed. Cambridge: Productivity, Inc.
- Suárez, M. (2002). *Algunas reflexiones sobre la investigación acción colaboradora en la educación*. *Revista Electrónica de la Enseñanza de las Ciencias*. Vol 1. No. 1. Consultado el 2 de febrero de 2005. En: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero1/Art3>.