

# ACTIVIDADES PRÁCTICAS DEL GRUPO GEIO AUTOMATIZADAS EN LA CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE<sup>1</sup>

AUTOMATED PRACTICAL ACTIVITIES OF THE GEIO  
GROUP IN THE FLEXIBLE MANUFACTURING CELL

ATIVIDADES PRÁTICAS DO GRUPO GEIO  
AUTOMATIZADAS NA CÉLULA DE MANUFATURA  
FLEXÍVEL

**Carlos Mauricio Zuluaga-Ramírez**

Magíster en Administración del Desarrollo Humano y Organizacional; Ingeniero Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira. Docente Catedrático. Coordinador Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones y la Ingeniería en General GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira - Colombia. cmzuluaga@utp.edu.co

**Ana María Aguirre-Henao**

Estudiante de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira. Co-investigadora Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones y la Ingeniería en General GEIO. Universidad Tecnológica de Pereira - Colombia. anamariaguirre@utp.edu.co

## RESUMEN

El artículo expone los resultados de un proyecto que buscó la articulación de las investigaciones realizadas por el Laboratorio de Manufactura Flexible y el Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones GEIO, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Industria de la Universidad Tecnológica de Pereira. Su objetivo principal consistió en permitir a los estudiantes la utilización de espacios de investigación en donde se pudieran generar trabajos para facilitar la interrelación y aplicación de conceptos vistos en diversas materias. Para alcanzar el objetivo, se hizo una adaptación de las lúdicas generadas desde el grupo GEIO, a través de la utilización de los centros automatizados y el software especializado del laboratorio de manufactura flexible, creando así prácticas en donde se unieron de forma sistémica los beneficios brindados desde la lúdica, como son aplicación, contextualización, vivencia de conceptos y los ofrecidos por la celda de manufactura flexible como la automatización de procesos, manejo del lenguaje de programación y uso de tecnologías para mejorar los sistemas productivos. La integración de estos espacios generadores de conocimiento aportó a la formación de competencias técnicas en los estudiantes de Ingeniería Industrial, ya que pudieron tomar un proceso productivo básico poco automatizado, proveniente de un micromundo generado a través de la lúdica y llevarlo a un plano profesional y tecnológico, mecanizándolo con el uso de maquinaria y herramienta especializada empleada en las industrias reales.

## PALABRAS CLAVE

*Automatización, celda de manufactura flexible, enseñanza, laboratorios, lúdica, prácticas de laboratorio.*

## ABSTRACT

*The article sets out the results of a project that sought to establish the articulation of the research carried out by the Laboratory of Flexible Manufacturing and the Operations Research Teaching Group (Spanish acronym, GEIO), belonging to the School of Industrial Engineering - Technological University of Pereira. Its main objective consisted of allowing the students to use research spaces where they could generate work to facilitate the inter-relationship and application of concepts reviewed in various subject areas. To reach this objective, an adaptation was made to the games generated by the GEIO group, through the use of automated centers and the specialized software of the flexible manufacturing laboratory, thus creating exercises where the benefits offered by the game were brought together in a systemic manner, such as its*

Fecha de recepción: 16 - 11 - 2013

Fecha de aceptación: 20 - 12 - 2013

*application, contextualization, viability of concepts, and those offered by the flexible manufacturing cell, such as the automation of processes, use of the programming language, and use of technologies to improve production systems. The integration of these knowledge-generating spaces contributed to the training of industrial engineering students in technical skills, since they were able to take part in a basic, barely-automated production process of a micro world generated through game play, and take it to a professional and technological level, mechanizing it through specialized machinery and tools used in real industries.*

## KEYWORDS

*Automation, flexible manufacturing cell, teaching, laboratories, games, laboratory practices.*

## RESUMO

*O artigo expõe os resultados de um projeto que procurou a articulação das investigações realizadas pelo Laboratório de Manufatura flexível e o Grupo de Ensino de Investigação de Operações - GEIO, pertencentes a Faculdade de Engenharia Industrial - Universidade Tecnológica de Pereira. Seu objetivo principal consistiu em permitir aos estudantes a utilização de*

*espaços de investigação onde se puderam criar trabalhos para facilitar a inter-relação e aplicação de conceitos vistos em diversas matérias. Para alcançar o objetivo, foi feita uma adaptação das atividades lúdicas criadas a partir do grupo GEIO, através da utilização dos centros automatizados e o software especializado do laboratório de manufatura flexível, criando desse modo práticas onde se uniram de forma sistêmica os benefícios fornecidos a partir das atividades lúdicas como são a aplicação, a contextualização e a vivência de conceitos, e os oferecidos pela célula de manufatura flexível como a automatização de processos, gestão da linguagem de programação e uso de tecnologias para melhorar os sistemas produtivos. A integração desses espaços geradores de conhecimento contribuiu para a formação das competências técnicas nos estudantes de engenharia industrial, uma vez que puderam adotar um processo produtivo básico pouco automatizado proveniente de um micro mundo gerado através da atividade lúdica e o levar até um plano profissional e tecnológico, mecanizando-o através de maquinaria e ferramentas especializadas utilizadas nas indústrias reais.*

## PALAVRAS-CHAVE

*Automatização, célula de manufatura flexível, ensino, laboratórios, atividade lúdica, práticas de laboratório.*

## Introducción

La construcción del conocimiento ha estado siempre ligada a la teoría y la práctica. En tal sentido, se entiende como teoría: "toda idea científica sintetizante, así como la exposición puramente especulativa de una ciencia". Igualmente, la práctica se entiende como: «la realización de actividades orientadas a adquirir destrezas»; y, en el ámbito pedagógico los conocimientos prácticos se entienden como el conjunto de ejercicios llevados a cabo sobre la realidad para capacitar al estudiante que aprende (Bulla, Giraldo y Manrique, 2007).

El concepto de práctica proviene de praxis, que significa acción y poiesis, que quiere decir producción o creación. Todo proceso educativo debe tener inmersos estos dos componentes, pero sin dejar a un lado el elemento teórico, el cual representa el pilar y soporte para conectar los conceptos abstractos con el mundo real.

El aula de clase en la actualidad, además de generar espacios donde el estudiante aumenta su dominio conceptual, debe propiciar ambientes para que se

prueben y experimenten las ideas generadas a través de la reflexión que ocasiona el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estas apreciaciones no son nuevas. El ser humano, desde siempre, ha aprendido a través de los sentidos. Esas sensaciones y contactos con la realidad son los que permiten el surgimiento de ideas que finalmente se convierten en conocimiento y teoría que habrán de servir como base inicial para generar conceptos aplicables en el ámbito real, y explicar así una dialéctica teórico-práctica que se retroalimenta constantemente.

El enfoque que plantea la construcción de conocimiento a partir de la experiencia y la práctica, se llama constructivismo y está siendo exitosamente aplicado en varias asignaturas del pènsun de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, en donde algunas clases son orientadas bajo la combinación de un componente teórico práctico. El aspecto teórico está entendido como los fundamentos, fórmulas, conceptos, modelos y métodos que se enseñan de manera magistral en el salón de clase; mientras que el componente práctico consiste en llevar ese conocimiento teórico a situaciones simuladas que

se asemejen a la realidad. En las asignaturas prácticas, generalmente, se trata de introducir herramientas que facilitan la interacción entre profesores y estudiantes, para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del uso de laboratorios que generan ambientes donde se simulan aspectos reales y concretos de la profesión y que permiten a los estudiantes realizar actividades de investigación, en donde aprenden no sólo a aplicar aspectos propios de la carrera sino que además se generan espacios para dar solución a problemas.

La intención de aplicar el enfoque constructivista en la educación no pretende sustituir la enseñanza teórica por la práctica; por el contrario: se busca que esta última sea un complemento para el aprendizaje en el aula de clase.

“En el área de ingeniería, un laboratorio práctico bien diseñado, es una valiosa herramienta que contribuye a reforzar la enseñanza y así lograr una mayor comprensión por parte de los estudiantes”. (Lugo, 2006). Por esto, la utilización de espacios de simulación, como complemento a las asignaturas de ingeniería industrial, facilita la interiorización de diferentes temas y permite que el estudiante aplique las herramientas aprendidas durante su carrera, de manera que pueda comprender en contexto la importancia de lo aprendido en clase.

Por otra parte, los laboratorios no sólo fortalecen competencias técnicas y refuerzan el contenido teórico de los programas, sino que además aportan al desarrollo de capacidades de comunicación, cooperación, liderazgo y toma de decisiones, necesarias para la formación integral del ingeniero industrial, así como también ejercitan el pensamiento sistémico, competencia profesional requerida en el mundo laboral, ya que en una organización es fundamental interactuar con todas las personas de manera global, para favorecer el trabajo en equipo, competencia importante a desarrollar por todos los jóvenes profesionales. En cada lúdica y práctica de laboratorio, los estudiantes tienen un objetivo determinado que deben alcanzar mediante el trabajo de todos, la sinergia del equipo y el compromiso. Es así como en el desarrollo de las actividades, los integrantes comprenden que si falla una parte del sistema se verá afectada la labor de todos.

Como explica la licenciada Chacin de Mujica (2010), son muchas las bondades del trabajo en equipo que favorecen la formación de los estudiantes:

- **Más ideas.** El efecto sinérgico que se produce cuando las personas trabajan juntas, tiene como resultado la producción de un mayor número de ideas (...).
- **Más creatividad.** La creatividad es estimulada con la combinación de los esfuerzos de los individuos, lo que ayuda a generar nuevos caminos para el pensamiento y la reflexión sobre los problemas, procesos y sistemas.
- **Mejora la comunicación.** Compartir ideas y puntos de vista con otros, en un entorno que estimula la comunicación abierta y positiva, contribuye a mejorar el funcionamiento de la organización.

Espacios como estos, favorecen la exploración de la creatividad, la creación de soluciones novedosas, el análisis de una situación desde diferentes perspectivas, así como la comprensión de un determinado problema, sus causas y consecuencias, como nos indica Paredes (2012): “El pensamiento sistémico se apoya de la participación de todos los integrantes de una organización, que aportan la mayor cantidad posible de perspectivas para proponer soluciones interfuncionales y tener una visión del todo”. Es precisamente un resultado que se pretende conseguir durante la interacción de los estudiantes con los conceptos propios de la carrera.

Además, es de gran importancia que los estudiantes participen en actividades que ejerciten habilidades comunicativas, fundamentales en cualquier organización, ya que si se habla de trabajar en equipo, no se podrá pretender alcanzar este objetivo sin fortalecer la comunicación en el grupo de trabajo, como explica Ayón Pimienta (2006):

La comunicación en una organización es de gran importancia, ya que gracias a ésta el trabajo en equipo es más eficiente, ayuda a tener un armonioso ambiente laboral donde los malentendidos disminuyen y se logran mejores resultados dentro de las diferentes áreas.

Un profesional que no sabe comunicarse, difícilmente podrá desenvolverse en un entorno laboral. Es necesario que desarrolle la habilidad de relacionarse con los demás y de saber escuchar, para así tomar decisiones de manera acertada.

Chapouille (2007) considera que, en general, son muchas las bondades del trabajo práctico, del uso de los laboratorios y del juego en la enseñanza. Todas estas actividades permiten que los estudiantes disfruten aprendiendo, compartan con sus compañeros, desarrollen la creatividad y la curiosidad en la resolución de problemas y en el aprendizaje. Este autor comenta que:

Al incluirse el juego en las actividades del aula se les va enseñando que aprender es fácil y divertido y que se pueden generar cualidades como la creatividad, el deseo y el interés por participar, el respeto por los demás, atender y cumplir reglas, ser valorado por el grupo, actuar con más seguridad y comunicarse mejor, es decir, expresar su pensamiento sin obstáculos (Chapouille, 2007, p. 65).

En el desarrollo de este artículo, se muestra cómo dentro de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, se unieron los esfuerzos de dos grupos y laboratorios de investigación fundamentados en la lúdica y en la metodología constructivista, para desarrollar una serie de actividades prácticas, en donde los estudiantes lograron aplicar conocimientos, incrementar habilidades, como creatividad, trabajo en equipo, comunicación, liderazgo, toma de decisiones, pensamiento sistémico y profundizar en temas de la ingeniería de manera experiencial, por medio de simulaciones automatizadas y juegos que complementaron los diferentes contenidos del p $\acute{e}$ nsum de Ingeniería y materializaron conceptos de manera sencilla, fortaleciendo así la formación integral del estudiante para retroalimentar su aprendizaje teórico.

## 1. El constructivismo

El constructivismo es un enfoque que plantea que el individuo construye a partir de la experiencia su propio conocimiento, a través de la interacción entre los aspectos cognoscitivos, sociales y afectivos, los cuales son construcción propia y no una copia de la realidad.

El constructivismo pedagógico se basa en una filosofía de “aprender haciendo”, la cual ha sido aplicada a la educación, en la que se plantea que el estudiante

aprende de conocimientos previos y de la interacción con los otros. Además, que el docente es un mediador y facilitador en este proceso. El constructivismo ha sido analizado desde diferentes puntos de vista, según diversos autores. Para Piaget (2000), el aprendizaje se da cuando el ser humano interactúa con el objeto que quiere conocer. Para Vygotsky (1962), tiene que ver con la interacción del individuo con las otras personas durante el proceso de aprendizaje, y para Ausubel, el individuo construye su propio conocimiento cuando se produce en él un aprendizaje significativo.

A continuación se explica con mayor profundidad la teoría del aprendizaje significativo, expuesta por David Ausubel, ya que está más relacionada con la idea de aprender haciendo a través de contenidos amigables y relaciones asociativas.

### 1.1. TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE AUSUBEL

Para Ausubel (1963), el aprendizaje significativo es “un proceso por medio del cual se relaciona nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo y que sea relevante para el material que desea aprender”.

Esta teoría ha tenido grandes implicaciones pedagógicas, ya que un estudiante, necesariamente, debe tener siempre este tipo de aprendizaje para que lo que aprenda no se convierta en simples palabras o frases sin sentido, sino que logre conectar sus conocimientos para así, más adelante, recordar lo aprendido de una manera fácil.

Existen dos requerimientos fundamentales para que pueda generarse un aprendizaje significativo:

1. Que el estudiante manifieste predisposición para aprender de manera significativa.
2. Presentación de un material que tenga significado lógico, o lo que Ausubel llama material potencialmente significativo.

En este tipo de aprendizaje, la información nueva adquiere significado cuando interactúa con aquello que está en la estructura cognoscitiva del individuo y a su vez contribuye a la estabilidad de la estructura conceptual que ya existe, lo cual facilita que éste construya su propio conocimiento.

## 1.2. CONSTRUCTIVISMO Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LOS LABORATORIOS LÚDICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La realización de prácticas de laboratorio en las que los estudiantes de Ingeniería Industrial aplican diferentes conceptos, sirve como complemento al proceso de formación; pero en el momento en que el laboratorio se vea como un lugar en el que simplemente se sigue una guía, como una receta, lo que se aprenda de manera experiencial no será muy diferente a lo aprendido en una clase magistral; por esto la importancia de aplicar una metodología que no sólo facilite y fortalezca el proceso de aprendizaje de los estudiantes sino, además, que ellos creen su propio conocimiento a partir de las conclusiones de cada práctica.

Para el desarrollo de las prácticas en los laboratorios de Ingeniería Industrial, se aplicó la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel. Para esto se buscó en el trascurso de la práctica que el estudiante relacionara la experiencia que estaba vivenciando con los conceptos que traía del aula de clase, teniendo presente los siguientes aspectos de un modelo constructivista:

- El profesor se convierte en un facilitador
- Se favorece el proceso de autoaprendizaje y un papel de alumno preponderantemente activo.
- Se aplica el aprendizaje colaborativo y el individual. Construcción de significados por parte del alumno.
- Es importante el desarrollo que construye el alumno de sus habilidades, actitudes y valores. El profesor reflexiona e investiga sobre el proceso y lo mejora constantemente.
- El profesor utiliza diversas estrategias didácticas: descubrimiento, comprensión, análisis, evaluación y aplicación de los conocimientos, y el estudiante construye el conocimiento a partir del aprendizaje vía experiencias, que permite mejorar su estructura cognitiva y modifica las actitudes, valores, percepciones y patrones de conducta.
- El estudiante desarrolla habilidades y destrezas provocadas por una interacción, motivadas por el profesor mediador del proceso de aprendizaje.

Seguidamente se mostrará cómo se llevó a cabo el proceso de articulación de los dos laboratorios de la Facultad de Ingeniería Industrial para lograr en los estudiantes procesos de aprendizaje significativo basados en la experiencia, la experimentación y la simulación de conceptos mediante actividades lúdicas.

## 2. Los laboratorios y grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial aplicados al proceso de enseñanza aprendizaje

Los laboratorios y grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, son espacios académicos en donde los estudiantes pueden aplicar los conceptos vistos en el salón de clase de forma práctica, acercándose así a un ambiente real que posibilita el desarrollo de habilidades técnicas, sociales y humanas.

Dentro de ellos se cuenta con GEIO (Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones), el cual nace a partir de la identificación de una necesidad dentro de la facultad, donde no se hacía investigación porque no se tenían laboratorios y no se invertía en laboratorios porque no se hacía investigación.

Este problema fue superado gracias a la creación del anterior grupo el cual, a través de metodologías constructivistas, busca llevar a los salones de clase micromundos que permitan al estudiante interactuar con los conceptos.

El equipo maneja diez líneas de investigación: Administración, Aleatoriedad, Antropología Industrial, Flow Shop, Job Shop, Lean Manufacturing, Optimización, Producción Básica, Sistemas Dinámicos y Supply Chain Management.

Dentro de cada una de las líneas se desarrollan actividades lúdicas basadas en procesos investigativos, en donde se presentan conceptos de ingeniería con la ayuda de materiales sencillos como fichas de lego, vasos plásticos, hojas de papel, marcadores, elementos de madera y otros materiales que permiten llevar la fábrica al salón de clases.

El equipo se ha vuelto un referente nacional de laboratorio, debido a su forma particular de trabajar y a su enfoque metodológico basado en la lúdica como herramienta pedagógica. Es fundador de la RED IDDEAL (Red de Investigación, Desarrollo y Divulgación de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje a través de la Lúdica), conformada por veinte instituciones del país, que han contratado sus servicios de capacitación e investigación para formar grupos dedicados a enseñar temas de Ingeniería a través de la lúdica.

El grupo ha sido exitoso en investigación y extensión, ya que ha creado un producto (Laboratorio de Ingeniería Industrial) que se ha vendido a veintiuna universidades y además ha formado docentes, investigadores, profesionales, que aunque ya no hagan parte activa del mismo, tratan de llevar este tipo de metodologías, filosofía y enfoque a los escenarios donde se desempeñan.

GEIO es un modelo de equipo de investigación en el que cada miembro aporta desde sus capacidades y saberes. Se basa en la filosofía: “Yo propongo, todos hacemos”, lo cual permite que estudiantes desde el inicio de sus carreras estén en capacidad de presentar ponencias, escribir artículos para revistas indexadas y tener capacidad crítica, de expresión y relación interpersonal.

La Figura 1 muestra una actividad lúdica desarrollada por el grupo GEIO en una capacitación brindada a profesores y estudiantes de la Universidad ICESI, en Cali, Colombia.

Figura 1. Actividad lúdica de GEIO con fichas de lego



Fuente: Los autores

Otro de los laboratorios donde los estudiantes pueden aplicar conceptos de forma práctica es la Celda de Manufactura Flexible, la cual fue incorporada a la Facultad de Ingeniería Industrial en 2005, con el fin de brindar a docentes y estudiantes una herramienta fundamental para acercarse más al área de producción, enfocada en la automatización de procesos productivos.

La celda es un conjunto de componentes electromecánicos que trabajan para crear un producto. Aquella permite la integración de maquinaria, herramienta especializada y talento humano, para generar procesos de manufactura a escala académica. Cuenta con los siguientes componentes:

ALMACÉN DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO:

Es un almacén automatizado, que consta de catorce posiciones organizadas verticalmente en dos columnas, en cada posición se cuenta con sensores inductivos que indican al sistema si la posición se encuentra libre o en uso; el diseño del almacén es para contenedores de piezas cilíndricas y prismáticas, construidas a partir de polímeros como el acetal, o aleaciones de aluminio, por su facilidad para maquinar prototipos. La materia prima y el producto terminado se recolectan usando el brazo robot que posee el almacén. (Ver Figura 2).

Figura 2. Almacén de materia prima y producto terminado



Fuente: Los autores

CINTA TRANSPORTADORA: Los pallets<sup>2</sup> que contienen la materia prima se mueven entre cada estación por medio de la cinta transportadora. Cada pallet tiene registrado un código binario en el sistema principal para poder ser capturado en la estación que se necesita, el reconocimiento del pallet se logra cuando se activan los sensores después de leer la configuración de las placas correspondientes a su código específico. (Ver Figura 3).

Figura 3. Cinta transportadora



Fuente: Los autores

**ESTACIÓN DE SUPERVISIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD:** Es una cámara Sony con especificaciones previas de la materia prima a utilizar. Permite comparar si hay productos no conformes para evitar reprocesos o prototipos defectuosos. La cámara tiene en su memoria una fotografía de un patrón ideal de materia prima, para comparar todo el material que pase por la inspección con este patrón y de esta manera determinar si cumple o no con las características requeridas. (Ver Figura 4).

Figura 4. Estación de supervisión para el control de calidad



Fuente: Los autores

**ROBOT MITSUBISHI:** Este es un manipulador de material liviano, tipo industrial, con cinco grados de libertad, el cual se mueve a través de un eje de guiado lineal con seis posiciones para diversas tareas. Simula el movimiento de un brazo humano, es el único componente de la

celda de manufactura que está a escala industrial por lo que normalmente se utiliza al 30% de su capacidad real debido a que se requiere que realice operaciones de mucha precisión; para esto se le han agregado dos elementos adicionales, una estructura metálica (mesa) para desarrollar procedimientos didácticos de soldadura, ensamble de piezas con fichas de lego y otras prácticas relacionadas con la investigación de operaciones, métodos y tiempos y demás lúdicas adaptadas del Grupo GEIO. (Ver Figura 5)

Figura 5. Robot Mitsubishi



Fuente: Los autores

**FRESADORA CNC:** Permite la fabricación de prototipos bajo diseños CAD-CAM<sup>3</sup> o simplemente bajo código CNC<sup>4</sup> hecho manualmente para algún esquema sencillo. Cuenta con un magazín de ocho herramientas con diferentes diámetros y longitudes, ; posee una pantalla de control con la cual se programa y opera manualmente. (Ver Figura 6).

Figura 6. Fresadora CNC



Fuente: Los autores

**ESTACIÓN MANAGER:** Es el computador principal donde están los diferentes aplicativos, para manejar la celda en su conjunto, o para operar con independencia componentes como el robot o el almacén y la cinta, permitiendo planear una orden de producción y lanzar la fabricación monitoreando en 3D cada etapa del proceso. Todos los componentes de la celda se integran mediante el software Minitel y el robot Mitsubishi mediante el programa Cosirop. (Ver Figura 7).

Figura 7. Estación manager



Fuente: Los autores

A continuación se muestra cómo estos dos laboratorios de investigación, basados en metodologías constructivistas, se articularon para crear una serie de prácticas en donde los estudiantes, de manera clara y sencilla, pudieran llevar las lúdicas del grupo GEIO, relacionadas con la fabricación de productos de forma manual y automatizarlas en la Celda de Manufactura Flexible, a través de un proceso de mecanizado, que permitió tener una mejor calidad, estandarización y rapidez en la transformación de la materia prima.

### 3. La fábrica de vasos desarrollada en GEIO e implementada en la Celda de Manufactura Flexible

En este aparte se presenta el primer ejercicio lúdico desarrollado por GEIO de manera manual, que se utilizó como actividad práctica para mostrar a los estudiantes cómo un proceso productivo puede ser automatizado a través de la utilización de maquinaria especializada.

#### 3.1. FÁBRICA DE VASOS (GEIO, 2009)

En este ejercicio se enseñan varios de los conceptos claves para el entendimiento y funcionamiento de las herramientas que ofrece la Manufactura Esbelta, (o producción Lean). Desde una práctica sencilla se llega al entendimiento de conceptos complejos usados en la realidad.

Durante la realización de la actividad, se muestran las diferencias que existen entre el método de producción tradicional (Push)<sup>5</sup> y el método (Pull)<sup>6</sup>, que utiliza la herramienta KANBAN<sup>7</sup> para reducir los desperdicios y mejorar el control de la producción, acercándose más a lograr el justo a tiempo JIT<sup>8</sup>.

La lúdica inicia dividiendo una mesa de trabajo en cinco estaciones, usando una cinta de enmascarar. En el primer centro de fabricación se colocan vasos plásticos y un contenedor genérico con fichas de lego pequeñas; en el segundo, otro contenedor genérico con fichas de lego grandes y tapas plásticas; en la tercera estación se colocan stickers y un marcador; finalmente, en la cuarta estación, se establece un lugar para los productos buenos y otro para los elementos defectuosos. (Ver Figura 8).

Figura 8. Actividad lúdica en fábrica de vasos



Fuente: Los autores.

El operario de la estación uno toma un vaso, introduce una ficha de lego pequeña y lo pasa a la estación dos. El operario de la estación dos introduce en el vaso una ficha de lego grande y lo tapa, luego lo pasa a la estación tres y así sucesivamente con todos los recipientes. El operario de la estación tres pinta un sticker con el marcador y lo pega en la parte inferior del vaso. Una vez realizada esta tarea, lo envía a la estación cuatro. El operario de la estación cuatro revisa los productos y declara como elementos conformes los que cumplan con las siguientes condiciones:

- Sticker bien pintado y pegado.
- Vaso con dos fichas (grande y pequeña).
- Vaso bien tapado.

El ejercicio se lleva a cabo en dos etapas, en la primera cada operario trabaja a su máxima capacidad para explicar el concepto de push. La segunda fase muestra la implementación de la metodología pull en el proceso productivo. Aquí se introduce el concepto de Kanban visual, agregando en cada estación un espacio donde se coloca el producto en proceso; con esta técnica los operarios sólo pueden fabricar cuando este espacio se encuentre vacío, mostrando así como la producción es halada por el cliente. (Ver Figura 9).

Figura 9. Estación de trabajo N. 1, con Kanban de espacio.



Fuente: Los autores

### 3.2. ADAPTACIÓN DE FÁBRICA DE VASOS Y CREACIÓN DE LA HELADERÍA LEAN, EN LA CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE (AGUIRRE ET AL., 2011)

La práctica "Heladería Lean" tomó como referencia la actividad realizada por el grupo GEIO llamada "fábrica de vasos", la cual fue adaptada para elaborar, a través de un proceso automatizado, dos tipos de referencias, productos "A" y "B", compuestos por un vaso y dos fichas de lego. La referencia del producto "A" contiene fichas amarillas, y la del producto "B" verdes, simulando con cada color un sabor de helado.

A continuación, se describe el procedimiento seguido en este laboratorio:

Como primera medida se debe cargar la línea de producción con dos productos terminados "A" y "B", que van a ser transportados por la banda de la celda de manufactura mediante contenedores con una tarjeta Kanban. (Ver Figura 10).

Dicha tarjeta puede ser de dos tipos de color (el amarillo representa la referencia "A", el verde representa la referencia "B") para indicar qué producto se debe fabricar, en qué cantidades, y con qué especificaciones.

Figura 10. Contenedor prismático celda de manufactura flexible



Fuente: Los autores

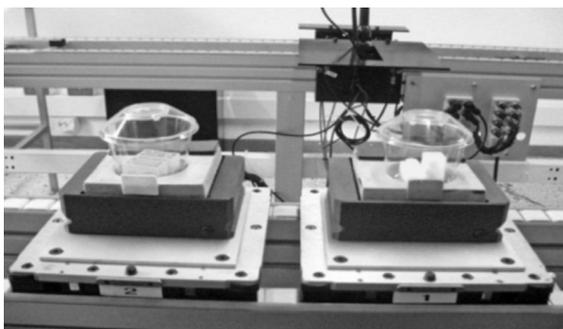
Para simular la demanda del cliente, una persona encargada del área de producción arroja un dado; si el número resultante al tirarlo es par, quiere decir que el mercado ha demandado producto "A", por lo tanto el operario de la estación manual retira el vaso (producto "A") del contenedor y lo reemplaza por uno vacío, pero si el número resultante es impar significa que se debe elaborar el producto "B", realizando la misma operación. Un facilitador desde la estación manager corre el programa "Minitex" y envía la orden de producción, de acuerdo con el Kanban de color que identifica el faltante de producto "A" y/o "B". Teniendo en cuenta que la línea de ensamble trabaja bajo el sistema Pull, solamente se produce lo demandado por el cliente.

El vaso vacío comienza a moverse a lo largo del proceso hasta llegar a la estación del "Robot Mitsubishi"; éste lo toma y lo lleva a la "mesa de llenado", la cual representa un espacio adaptado a la celda en donde se deben introducir las fichas de lego, según el producto que se haya demandado.

Una vez el robot identifique a través del sensor de colores el tipo de producto a fabricar, se empieza a ejecutar la orden; es decir, se llena cada vaso con fichas verdes

o amarillas. Después, el producto es transportado hasta la estación del operario encargado de tomar un adhesivo, pintarlo con marcador rojo y adherirlo a la parte inferior del vaso. El paso siguiente es tapar el vaso y realizar una inspección de calidad, verificando si éste contiene las dos fichas de lego correspondiente a la referencia del producto: si la tapa está sujeta al vaso, si el adhesivo está pintado en su totalidad y bien sujeto al fondo del vaso. Por último, se devuelve el producto a la cinta transportadora para ser llevado al almacén de elementos terminados. El proceso se inicia cada vez que el encargado de producción lance el dado. (Ver Figura 11).

Figura 11. Producto terminado celda, de manufactura flexible



Fuente: Los autores

## 4. Lúdica mesas y sillas, desarrollada en GEIO e implementada en la celda de manufactura flexible

En esta práctica se hace uso de la lúdica mesas y sillas desarrollada por el equipo GEIO, para elaborar productos a escala utilizando fichas de lego y simulando un proceso de fabricación con ayuda de mano de obra tradicional.

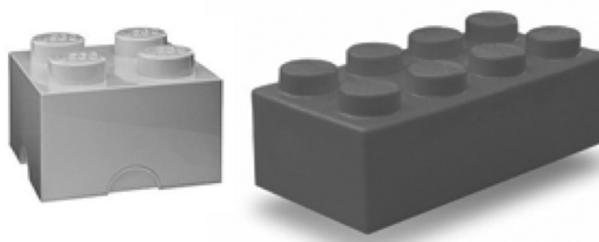
Una vez analizada la actividad, se lleva a la celda para observar cómo es el comportamiento de la fabricación de los mismos productos involucrando la automatización y el lean manufacturing.

A continuación se presenta una descripción del desarrollo de este ejercicio en cada uno de los laboratorios de investigación.

### 4.1. PRODUCCIÓN DE MESAS Y SILLAS (GEIO, 2009)

La lúdica comienza con la división del grupo de estudiantes en pequeños subgrupos, a los cuales se les asigna un número determinado de fichas de lego de 8 y 4 pines. (Ver Figura 12).

Figura 12. Fichas de lego de 4 y 8 pines

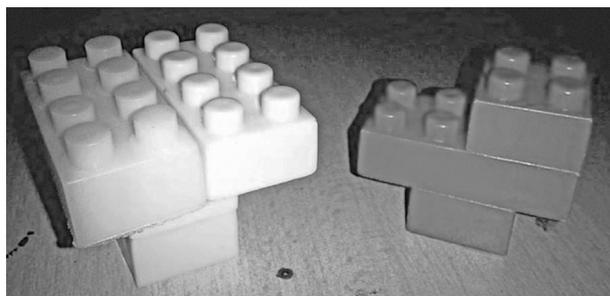


Fuente: Los autores

Posteriormente se les muestra la construcción de una mesa y una silla y se asigna una utilidad por cada unidad producida (\$16 para mesas, \$10 para sillas). Por último, se pide escoger una combinación del producto para llevar al máximo sus ganancias, usando todos los recursos disponibles.

Minutos después, se socializan los resultados encontrados por cada grupo y dentro de ellos se determina la solución óptima. Después de haberlo descubierto experimentalmente, se procede a realizarlo analíticamente utilizando el método gráfico de investigación de operaciones, llegando al mismo resultado. (Ver Figura 13).

Figura 13. Mesa y silla elaboradas con fichas de lego



Fuente: Los autores

## 4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA LÚDICA MESAS Y SILLAS DEL GRUPO GEIO, EN CONDICIONES DE AUTOMATIZACIÓN EN LA CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE (AGUIRRE *ET AL.*, 2011)

El objetivo principal de la implementación de esta actividad lúdica, desarrollada por el equipo GEIO en la celda de Manufactura Flexible, es comparar la fabricación de mesas y sillas utilizando mano de obra tradicional, con la elaboración de estos mismos productos pero involucrando la automatización.

Antes de realizar la lúdica con el uso de la celda, los estudiantes deben realizar la programación del Robot Mitsubishi en el Software Cosirop<sup>10</sup> para que este ejecute los movimientos necesarios para fabricar mesas y sillas.

Para este trabajo se fabricaron una serie de plantillas especiales en icopor, que fueron colocadas en una mesa de trabajo. Dentro de cada plantilla se sitúan las fichas de lego que se utilizan para elaborar los productos y así garantizar que permanezcan en una posición fija, en donde son sujetadas por el brazo robótico y ensambladas pieza a pieza.

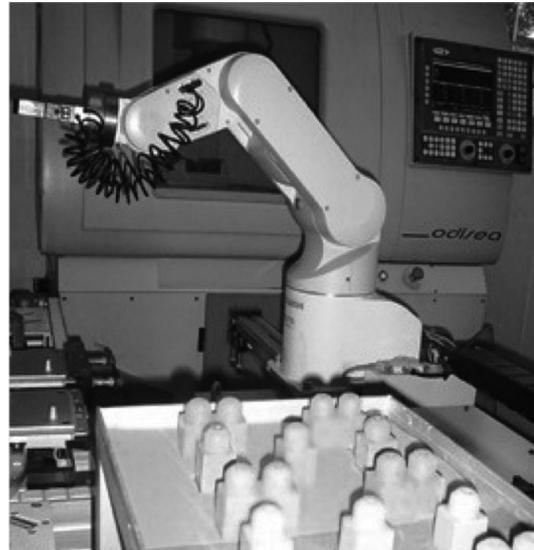
Una vez terminados los productos, son depositados por el robot en la banda transportadora de la celda y llevados hasta el almacén de producto terminado, donde esperan en bodega para ser comprados por el cliente. (Ver figura 14).

Con la automatización de las anteriores lúdicas desarrolladas por GEIO, haciendo uso de la Celda de Manufactura Flexible, los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial pudieron desarrollar habilidades técnicas al interactuar con herramientas, máquinas y sistemas productivos a los cuales se enfrentarán una vez puedan ejercer en empresas productivas reales.

La hibridación de conocimientos generada a partir de la unión del laboratorio GEIO con la Celda de Manufactura Flexible, permitió también que las lúdicas pudieran ser trabajadas con un enfoque técnico y tecnológico, en donde pasaron de ser juegos desarrollados con materiales sencillos de madera y plástico, a convertirse en ejercicios

vivenciales, en donde se usaron softwares especializados y equipos robóticos para crear prácticas que simularan ambientes mucho más reales, en donde el estudiante ve y vive los conceptos.

Figura 14. Brazo robótico realizando proceso de ensamble de mesas y sillas



Fuente: Los autores.

## 5. Conclusiones

- Llevar las actividades lúdicas desarrolladas por el equipo GEIO al Laboratorio de Manufactura Flexible, permitió integrar los trabajos de investigación desarrollados por ambos grupos, para que los estudiantes pudieran analizar los impactos positivos y negativos de la automatización y, a su vez, realizar analogías directas con las formas de producir.
- Las actividades prácticas llevadas a cabo en los dos laboratorios de la Facultad de Ingeniería Industrial, motivaron a los participantes a expresar sus opiniones, relacionar conocimientos previos con problemas de la vida cotidiana y a trabajar en equipo. Todo esto influyó en el proceso formativo de los estudiantes, ya que la relación que establecieron con el profesor a través de los ejercicios lúdicos impactó en el ser, la exigencia académica en el saber y la proyección práctica de la asignatura en el hacer.
- Los laboratorios lúdico-prácticos son una gran ayuda para dinamizar procesos de aprendizaje, aplicar conocimientos, desarrollar habilidades y profundizar

en temas de la ingeniería de manera ágil y práctica. Las lúdicas como complemento a diferentes contenidos, aterrizan conceptos de manera sencilla, fortalecen la formación integral del estudiante y retroalimentan el aprendizaje teórico.

- La experiencia del grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones y del Laboratorio de Manufactura Flexible, ha mostrado que el país necesita de un cambio radical en sus procesos educativos, tendientes a la inclusión del estudiante como un agente activo de su proceso de formación, dándole las herramientas para modificar su entorno y contribuir al desarrollo de la sociedad.
- La propuesta educativa basada en actividades lúdico-prácticas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial, surge como una invitación para vincular la academia con la sociedad y el mundo laboral, cambiando los métodos tradicionales de enseñanza y la manera como se acude a aprender a la universidad.
- Se evidencia una vez más que el trabajo continuo en equipo y a largo plazo produce resultados. El nivel de compromiso de los estudiantes investigadores de ambos grupos crece cada vez más, por lo que se está procurando establecer mecanismos de mayor impacto para la socialización de la generación de nuevo conocimiento dentro de la comunidad académica y las aulas de clase.
- Es importante destacar que durante los últimos semestres, se ha venido presentando la inclusión de un nuevo servicio por parte de los laboratorios que ofrece la facultad. Las visitas técnicas por parte de otras Instituciones a la celda de manufactura y al laboratorio del grupo GEIO, ha hecho que estos se estén constituyendo como fuente de investigación constante dentro de la academia. ☰

## NOTAS

1. Artículo producto del proyecto: "GEIO como promotor de la investigación participativa a través de herramientas de aprendizaje activo para la potenciación de la formación del Ingeniero Industrial". Entidad Financiadora: Universidad Tecnológica de Pereira. Entidad ejecutora: GEIO
2. Armazón plástico empleado para el movimiento de elementos a través de la cinta transportadora.
3. Siglas provenientes del inglés que significan lo siguiente: C.A.D. (Computer Aided Design). C.A.M. (Computer Aided Manufacturing).

Es una tecnología que normalmente abarca el diseño gráfico, el manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas, herramientas, robótica y visión computarizada.

4. Control Numérico Computarizado. Lenguaje de programación usado para operar la fresadora.
5. Es el modelo de producción tradicional, donde el operario labora a su máxima capacidad y empuja el trabajo a la siguiente estación.
6. Este sistema consiste en elaborar solamente la cantidad de productos requeridos por el cliente. El trabajo de cada estación no es enviado a la operación siguiente hasta que ésta no sea liberada.
7. Es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo justo en cada uno de los procesos que tienen lugar, tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas.
8. Hace parte de la filosofía del Lean Manufacturing donde se pretende la eliminación de todas aquellas actividades que no agregan valor al producto. El JIT busca que se produzca lo que se necesita en el tiempo que se necesita.
9. Software que integra todos los componentes del laboratorio.
10. Software computacional que permite guiar el brazo del robot directamente a lo largo de una trayectoria que debe seguir. Los puntos del camino se graban en la memoria y luego se repiten.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIRRE HENAO, Ana., ARENAS SEPULVEDA, Diana., BERNAL LOAIZA, María, CARO VÁSQUEZ, Alexander, GARCIA ARIAS, Juan, HENAO BERNAL, Catherine, HURTADO VALOYES, Susan, SERNA HOYOS, James, VALENCIA GIRALDO, Juan. Una metodología para fortalecer la formación integral del ingeniero industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Ponencia en la Reunión Nacional y Expoingeniería ACOFI 2011. Santa Marta Colombia. 2011.
2. AUSUBEL, David Paul. The psychology of meaningful verbal learning; an introduction to school learning. New York: Grune & Stratton, 1963
3. AYON PIMIENTA, Rosa M. Importancia de la comunicación en las organizaciones, un sistema de comunicación eficiente y un experto en comunicación que lo administre. *En: Revista e-scholarum [en línea]. 2006, no.1 [citado 12 de noviembre de 2013]. Disponible en Internet:<<http://genesis.uag.mx/revistas/esholarum/articulos/negocios/organizacional.cfm>>*
4. BULLA, José; GIRALDO, José & MANRIQUE, Martha. Teoría y práctica en Ingeniería Industrial. *En: Email-Educativo. 2007, vol.7, no. 1, p. 1-12.*
5. CHACIN DE MUJICA, Maribel. Trabajo en equipo. [en línea]. 2010 [citado 12 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://pide.wordpress.com/2010/04/03/trabajo-en-equipo/>>
6. CHAPOUILLE, María V. La importancia del juego en el proceso educativo. *En: Reflexión académica en diseño y comunicación: experiencias y propuestas en la construcción del estilo pedagógico en diseño y comunicación. Febrero, 2007, vol. 8, p. 64-65.*

7. Constructivismo. [en línea] [citado 12 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://saberes.my3gb.com/etaquita/politec/constructivismo.htm>>
8. Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones GEIO. Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2009.
9. LUGO, Guadalupe. La importancia de los laboratorios. Construcción y tecnología en concreto [en línea]. 2006 [citado 12 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.imcyc.com/revistact06/dic06/INGENIERIA.pdf>>
10. PAREDES, Sadey. Pensamiento sistémico en las organizaciones. [en línea]. 2012 [citado 10 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://go-tools.blogspot.com/2012/05/pensamiento-sistemico-en-las.html>>
11. PIAGET, Jean. El Nacimiento de la Inteligencia en el Niño. Traducido por Pablo Bordonaba. España: Crítica. 2000. 576p.
12. VYGOTSKY, Lev. Thought and language. Cambridge: The MIT Press. 1962