



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

IMPLEMENTAR EN EL LABORATORIO DE LOGÍSTICA LA LÚDICA CROSS DOCKING COMO HERRAMIENTA DE FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS INDUSTRIALES

María Elena Bernal Loaiza, Diego Fernando Ordóñez Rosero, Andrés Eduardo Muñoz Moreno, Karen Daniela Escalante Gómez, Karen Trinidad Tenorio Gómez, Edwin Escobar Arenas, Laura Calvo Salazar, Alejandro Rodríguez Prieto, Gerardo Alexander Rangel Enríquez

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Resumen

Como parte del proceso de formación del ingeniero industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, se desarrollan prácticas dentro del laboratorio móvil de logística, lo que propicia la innovación en los estudiantes y permite profundizar sus conocimientos de control de inventarios, trazabilidad, picking-packing, sistemas de información logísticos y procesos de automatización en su etapa productiva; con la tecnología pasiva de antenas, etiquetas inteligentes, lectores, servidor y góndola que fundamentan las funciones de una plataforma Cross Docking con un software que recrea la recepción, despacho e inventario de productos.

La implementación de la lúdica Cross Docking en el laboratorio como herramienta de formación de los ingenieros industriales, fusionó este laboratorio con la simulación desarrollada por la línea de investigación de logística Supply Chain de GEIO (Grupo de la enseñanza de la Investigación de Operaciones).

La lúdica está formada por dos fases. En la primera de ellas se trabaja un sistema con cinco entidades: fábrica, tres distribuidores y un cliente, quienes conforman la cadena de suministro. En esta, los clientes realizan pedidos a los distribuidores y estos hacen los pedidos a la fábrica, la cual maneja un inventario infinito. Los distribuidores cuentan con restricciones: capacidad de la bodega, costos de transporte, distancias, rentabilidad, mezcla de productos. Esta primera etapa generó excesos y faltantes de inventarios para los distribuidores.

La segunda fase se aplicó el Cross Docking indirecto, dando a los distribuidores la oportunidad de organizar las entregas al cliente según los criterios que se determinen al iniciar la sesión. Todo el proceso se realizó mediante etiquetas de identificación por radiofrecuencia RFID optimizando la gestión logística. La simulación permitió leer múltiples transacciones, almacenando y recuperando datos con ondas de radio,

para transmitir la identidad de un producto, nombre, código de barras, cantidad, ubicación y estado; generando así ventajas competitivas sostenibles en el tiempo.

Finalmente se realizó una plenaria con el grupo participante, donde se concluyó los logros de cada fase, demostrando que la implementación de la lúdica con las herramientas informáticas en la gestión logística constituye un elemento diferenciador para la transmisión de conocimiento, estimulando la innovación y la reflexión.

Palabras clave: Cross Docking; herramientas tecnológicas; radiofrecuencia

Abstract

As part of the training process engineer at the Technological University of Pereira, were develop mobile laboratory practices within the logistics, which fosters innovation and enables students to deep inside their knowledge of inventory control, traceability, picking - packing, logistics information systems and automation processes in their productive years, with passive technology antennas, smart tags, readers, and gondola server, functions based on a Cross Docking platform with software that recreates the reception, deliver and inventory products .

The implementation of Cross Docking game in the lab as a training tool for engineers, merged this laboratory with simulation developed by the line of research Logistics Supply Chain GEIO, belong to (Group to teaching Operations Research).

This game comprises two phases. In the first of these works a system with five entities: factory, three dealerships and a customer, who make up the supply chain. Where customers place orders to distributors and these make the orders to the factory, which handles infinite inventory. The dealers have restrictions: capacity of the warehouse, transportation costs, distances, profitability, and product mix. This first stage generated inventory excesses and shortages for dealers.

The second phase was applied indirect Cross Docking, giving retailers the opportunity to arrange for deliveries to the customer according to criteria to be determined at the beginning of the session. The whole process was performed using RFID tags optimizing logistics management. The simulation allowed reading multiple transactions, storing and retrieving data using radio waves to transmit the identity of a product, name, barcode, quantity, location and status; generating sustainable competitive advantage over time.

Finally there was a meeting with the participant group, which concluded the achievements of each phase, showing that the implementation of the playful activity with the tools in logistics management is a differentiating factor for the transmission of knowledge, stimulating innovation and reflection.

Keywords: Cross Docking; technological tools; RFID

1. Introducción

Partiendo de la definición de Logística como: "Un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y añadiendo valor al consumidor" (Ballou, 2004), este trabajo muestra la importancia de la

aplicación de la tecnología de Radio Frecuencia del laboratorio móvil de logística de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, fortaleciendo los procesos de enseñanza de las asignaturas, investigación y gestión del talento humano. Según el CSCMP el concepto de Cross Docking es: “Un sistema de distribución en el que la mercancía recibida en el almacén o centro de distribución no se guarda, sino que está preparado para su envío a las tiendas al por menor. Cross Docking requiere una estrecha sincronización de todos los movimientos de envío entrante y saliente. Al eliminar el inventario, almacenamiento y operaciones de selección, se puede reducir significativamente los costos de distribución. (CSCMP, 2010). Por lo anterior se aplicó una lúdica Cross Docking en dos fases. La fase uno simula una cadena de suministros desarrollada por la línea de investigación de logística Supply Chain de GEIO (Grupo de la enseñanza de la Investigación de Operaciones), que permite identificar los roles y analizar los inventarios para tomar decisiones y la segunda se realizó con la ayuda de un software IDC LOGISTIC LAB y elementos del laboratorio, donde los estudiantes pueden ver en la práctica como las herramientas logísticas del laboratorio potencializan y mejoran el flujo de productos, teniendo trazabilidad y control sobre los mismos, mostrando las ventajas de administrarlos estratégicamente desde el proveedor hasta que son alistados y empacados a cada uno de los clientes.

Teniendo como premisa que el laboratorio se convierte en una herramienta diferenciadora para la formación de los estudiantes, hacen que estos tengan más destrezas y habilidades para la toma de decisiones en su formación laboral.

2. Fase Uno

En esta fase se trabaja un sistema de logística tradicional, “la cadena de suministro esta formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente” (Chopra, 2008). En este caso se cuenta con cinco entidades: fábrica, tres distribuidores y un cliente. A través de los siguientes pasos se desarrolla la lúdica: Paso 1: Conformar tres (3) equipos para que asuman el rol de distribuidor (Ver tabla 1). Paso 2. Explicar los objetivos “Identificar los roles en una cadena de suministro” y las instrucciones del juego que se explican en el paso 4.

Paso 3. Dar inicio a la lúdica, donde los distribuidores compran productos teniendo en cuenta las limitantes (ver tabla 2), realizando el primer pedido a la fábrica. A los distribuidores se les entregan los productos. Paso 4. El cliente genera el pedido, y por medio de un proceso aleatorio se selecciona el distribuidor al cual se le realizará la compra, si éste no tiene la capacidad de suplir el pedido, se realizará nuevamente una selección aleatoria para seleccionar el nuevo distribuidor, éste proceso se repetirá hasta que la demanda sea suplida. Se repite como máximo 5 corridas los pasos 3 y 4. Al finalizar cada corrida se calcula la utilidad del ejercicio para cada uno de los distribuidores (Hoja de cálculo). Se realizan las conclusiones de la primera fase y se pasa la fase dos.

2.1 Información general de los distribuidores

En la siguiente tabla se identifican las diferentes características que se puede tener en cuenta para un rol de distribuidor.

2.2 Información general de los productos

Los productos están representados por ficha de legos, las posiciones indican el espacio ocupado dentro de la bodega, por ejemplo el producto A tiene 2 posiciones lo que indica dos pines en la ficha de lego. El precio de compra y el precio de venta son variables que se en cuenta para toma de decisiones.

TABLA DE INFORMACIÓN	
Capacidad de Bodega (posiciones)	
<i>Distribuidor 1</i>	450
<i>Distribuidor 2</i>	350
<i>Distribuidor 3</i>	250
Distancias	
<i>Distancia del distribuidor 1 al cliente (en km)</i>	10
<i>Distancia del distribuidor 2 al cliente (en km)</i>	20
<i>Distancia del distribuidor 3 al cliente (en km)</i>	30
<i>Costo de Transporte (en \$)</i>	20
Costo de Posiciones en la bodega	
<i>Posición llena \$</i>	2
<i>Posición vacía \$</i>	4
<i>Penalidad por Posición no despachada (en \$)</i>	1

Tabla 1. Datos generales


INFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS				Imagen
Producto	Posiciones	Precio de Compra (en \$)	Precio de Venta (en \$)	
<i>A</i>	2	5	11	
<i>B</i>	4	20	35	
<i>C</i>	6	60	84	
<i>D</i>	8	90	130	

Tabla 2. Características de los productos

De acuerdo con lo anterior la primera fase permite identificar los roles de una cadena de suministro y las limitantes que puede generar la no comunicación entre distribuidores. Dando como resultado un aumento en los costos.

3. Fase dos

En la segunda fase se aplicó el Cross Docking indirecto, con la ayuda del software IDC LOGISTIC LAB, donde los distribuidores organizan las entregas al cliente según los criterios que se determinen al iniciar la lúdica. Todo el proceso se realizó mediante etiquetas de identificación por radiofrecuencia RFID. El desarrollo y aplicación se logró a través de los siguientes ítems:

3.1 Equipo de trabajo

Tres facilitadores, quienes orientaran la lúdica, cuatro facilitadores de apoyo a los participantes, un facilitador de manejo de software. El tiempo aproximado requerido para el desarrollo normal de la práctica es de 2 horas.

3.2 Tecnología Logística

Antenas de recepción y despacho de productos, Router, Impresora de códigos de barras y tag de Radio frecuencia. Software IDC LOGISTIC LAB, Computador, Tags de Radio frecuencia.

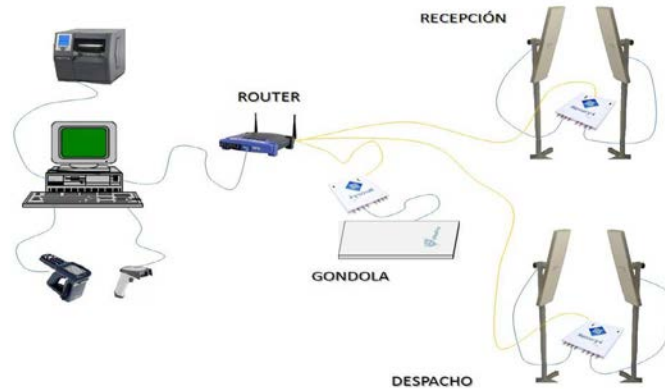


Imagen 1. Tecnología laboratorio móvil de logística
Fuente: Los Autores

3.3 Materiales

Productos (fichas de lego) A-B-C, Camiones para transporte, 5 Equipos portátiles, 3 impresoras (2 laser y 1 pos).

3.4 Roles de los participantes

Clientes. (CL), Operarios CD, Operador logístico (encargado de la planificación, implantación, y control eficiente de flujo físico de productos) (Orjuela, 2005), Transportadores, Proveedores. (Pr), Operario de Software.

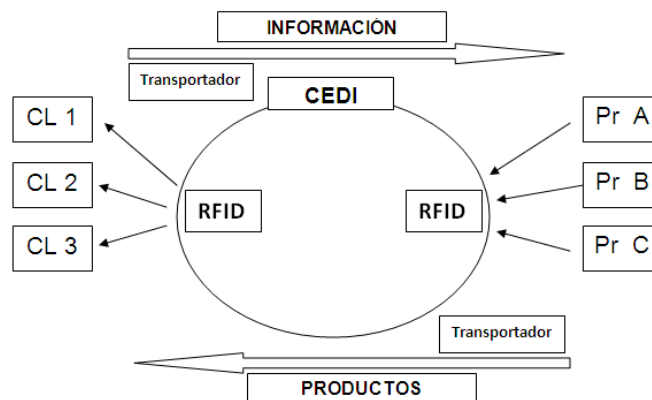


Imagen 2. Distribución de los roles
Fuente: Los Autores

3.5 Actividades antes de iniciar la lúdica

Ubicar a cada uno de los participantes en sus puestos de trabajo, entregar TAG- EAN 14 impresos a los proveedores, entregar formato de pedido y tabla de pedidos de Lotes a los clientes, entregar camión a cada transportador, explicar cada uno de los roles, entregar un tipo de producto a cada proveedor, crear productos, y clientes en el software.

3.6 Desarrollo de la lúdica

El desarrollo de la lúdica comienza con una explicación a los participantes sobre Cross Docking, RFID, y conceptos logísticos indispensables para el desarrollo normal de la práctica.

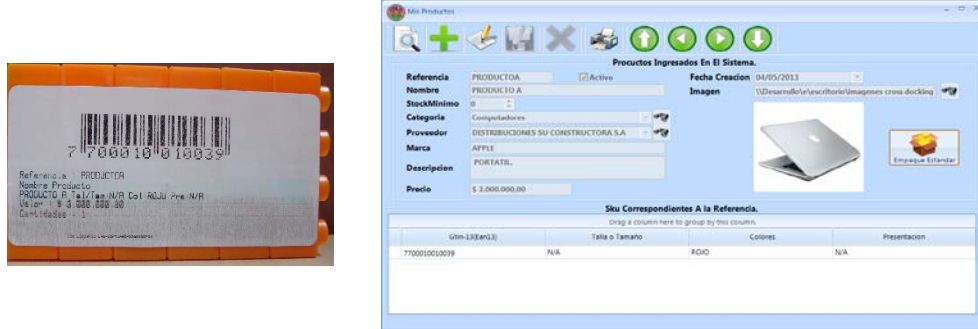


Imagen 3. Producto A y Software IDC LOGISTIC LAB
Fuente: Los Autores

Los lotes de los productos son los siguientes:

Producto A: 20 unidades, producto B: 25 unidades, producto C: 35 unidades

Pedidos múltiples de 20		Pedidos múltiples de 25		Pedidos múltiples de 35	
Producto A		Producto B		Producto C	
Pedido 1	0-300 (15)	Pedido 1	0-1125 (45)	Pedido 1	0-1400 (40)
Pedido 2	0-700 (35)	Pedido 2	0-1000 (40)	Pedido 2	0-875 (25)
Pedido 3	0-800 (40)	Pedido 3	0-625 (25)	Pedido 3	0-1225 (35)

Tabla 3. Pedidos de lotes

La tabla 3, muestra las limitaciones de pedido en unidades para cada producto. Por ejemplo el producto A en el pedido 1, sólo se puede pedir hasta 300 unidades lo que corresponde a 15 lotes de 20 unidades.

A continuación se explica los pasos para el desarrollo de la lúdica:

1. Los clientes generan un pedido de tres tipos de productos (A-B-C) al CEDI, en la cantidad que deseen siempre y cuando estén sujetos a la tabla de pedidos de lotes (ver tabla 3). El pedido se realiza en los respectivos formatos.
2. El CEDI revisa los pedidos y genera órdenes de compra a los proveedores, se imprimen y se envían a los proveedores. Este procedimiento se hace en el software IDC LOGISTIC LAB.
3. Los proveedores reciben la orden de compra impresa, alistan sus productos en lotes, añaden un TAG de radiofrecuencia con código EAN 14 y envían el pedido al CEDI, con su respectiva factura impresa.
4. El traslado de los productos es realizado por los transportadores que podrán ser identificados, junto con el pedido, por las antenas de radiofrecuencia, ubicadas a la entrada del CEDI. Para el traslado de cada pedido se usan los camiones.
5. El operario de manejo de software, se encarga de la recepción de las mercancías, mediante las antenas de Radiofrecuencia, verificando así que los productos recibidos, sean los que se pidieron, si no es así, se devuelven al proveedor. Se imprime el resultado de esta transacción.
6. Después de la recepción del pedido, los operarios del CEDI desembarcan los productos de los camiones (picking), y los agrupan (packing) de acuerdo a los pedidos de los clientes. Esta etapa debe ser realizada

con rapidez y eficiencia, dado que por y para efectos de la lúdica, se tendrá un flujo constante de productos, es decir que cada cierto tiempo se estarán generando pedidos por parte de los clientes. (No puede existir stock de productos por un tiempo).

7. Una vez se tengan diferenciados los productos que se entregaran a cada cliente, se les añade un código de RFID con EAN 14 al pedido de cada cliente.

8. Se realiza la lectura de salida de los productos a cada proveedor por medio de una antena de RFID, de inmediato se genera una factura que se imprime.

9. Se hace lectura de cada uno de los transportadores que llevaran los pedidos y estos de inmediato inician el recorrido en los camiones hasta los clientes.

10. Cada uno de los 8 pasos anteriores se repite “n” veces en intervalos de minutos. Esto para dinamismo de la lúdica y para que los participantes puedan observar claramente el concepto de Cross Docking. Se determinara un tiempo óptimo de entrega del producto desde que se genera el pedido, hasta que los transportadores lo entreguen a los clientes.

11. Al término de la práctica se hace una retroalimentación de conceptos, demostrando las ventajas de utilizar el Cross Docking y la tecnología de identificación por Radio Frecuencia, de igual forma se pide a los participantes que generen conclusiones, y expresen el aprendizaje que tuvieron al participar de la lúdica.

4. Conclusiones

- ✓ La lúdica Cross Docking desarrollada por el grupo GEIO y la implementación de la misma en el laboratorio móvil de logística de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, permitió que los estudiantes de Ingeniería Industrial fortalecieran los conocimientos y habilidades en el campo logístico, así como, destrezas de comunicación y trabajo en equipo.
- ✓ La primera fase de la lúdica en GEIO propicia espacios para que los estudiantes aumenten su potencial en la innovación de nuevo conocimiento y análisis de situaciones que aporten ideas para mejorar los procesos identificados en una simulación de una cadena de suministros y la segunda fase con la práctica en el laboratorio, permitió a los estudiantes tener un acercamiento real a las herramientas con las que se encontraran en la vida laboral, generando en ellos seguridad, creatividad y motivación.
- ✓ Se logró demostrar como las herramientas logísticas de identificación por radio Frecuencia RFID utilizadas en la segunda fase de la lúdica mejoran en gran medida el flujo de los productos en la cadena de suministros, obteniendo mejores resultados a los presentados en la primera fase.

5. Referencias

- BALLOU, Ronald. Logística Administración de la Cadena de Suministro. 5° ed. México: Pearson Educación, 2004. 24 p
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) Glosario de Términos disponible en: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp> [fecha de consulta: 30 de abril de 2013]
- CHOPRA, Sunil. MEINDL, Peter. "ADMINISTRACION DE LA CADENA DE SUMINISTRO: Estrategia, Planeación y Operación" Tercera Edición, Pearson Educación, Mexico,2008
- Calsina Miramira, Willy Hugo, Campos Contreras, César, Ruez Guevara, Luis Rolando. Sistemas de almacenamiento logísticos modernos Industrial Data [en línea] 2009, 12 (Enero-Junio) : [fecha de consulta: 22 de abril de 2013] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81620149006>> ISSN 1560-9146

- García Zapata, Teonila, Quintanilla García, Jean Carlo. Implementación de instrumentos básicos para un laboratorio con tecnología RFID Industrial Data [en línea] 2012, 15 (Enero-Junio) : [fecha de consulta: 22 de abril de 2013] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81624969006>> ISSN 1560-9146
- ORJUELA, Javier, CASTRO, Óscar, SUSPES, Edwin. “Operadores y plataformas logísticas”. Tecnura [en línea] 2005, 8 (Sin mes): [fecha de consulta: 22 de abril de 2013] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257020406011>> ISSN 0123-921X

Sobre los autores

- **María Elena Bernal Loaiza:** Ingeniera de Sistemas, Magister en Investigación de Operaciones y Estadística. Docente Asistente. Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. mbernal@utp.edu.co
- **Diego Fernando Ordóñez Rosero:** Ingeniero Industrial, Especialista en Administración y Magister en Administración. Docente Auxiliar. Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. dordonez@utp.edu.co
- **Andrés Eduardo Muñoz Moreno:** Asistente Administrativo, Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira anecdom@utp.edu.co
- **Karen Daniela Escalante Gómez:** Estudiante séptimo semestre Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, karenescalante15@hotmail.com.
- **Karen Trinidad Tenorio Gómez:** Estudiante séptimo semestre Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, karenzitatenarios@hotmail.com.
- **Edwin Escobar Arenas:** Estudiante decimo semestre Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, edesco15@hotmail.com
- **Laura Calvo Salazar:** Estudiante tercer semestre Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, lauriscalvo27@hotmail.com
- **Alejandro Rodríguez Prieto:** Estudiante séptimo semestre Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, alejanrodriguez@utp.edu.co
- **Gerardo Alexander Rangel Enríquez:** Estudiante decimo semestre Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, alexra_76@hotmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)