

Reducción de Bullwhip en el suministro de bebidas

Diego José Gómez Montoya

Manuela Beltrán University, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, diego.gomez@docentes.umb.edu.co

Felipe Nestor Gutarra Meza

Continental University, Huancayo, Junin, Perú, fgutarra@continental.edu.pe

ABSTRACT

In those sectors where there are multiple links or actors that act as intermediaries (wholesalers, retailers, etc.), between factory and end users presents a phenomenon termed "Bullwhip", consisting of the distortion between the information emitted by the market demand and captures the manufacturer. This paper present a more rigorous study of this phenomenon and aims to create a mathematical model of the beverage distribution system, which may help mitigate "Bullwhip" on the demand information, using historical information from two beverage companies located in Peru and Colombia. The project developed through the following methodology: I. Recognition of the background studies concerning distribution logistics, II. Identification of variables that impact the distribution system beverage companies, III. Determination of causal relationships between variables identified. IV. Establishment of a model describing the beverage distribution system, integrating the actors involved and links, V. Validation of the proposed model with historical information from drinks companies, VI. Approach of recommendations or control measures aimed at mitigating "Bullwhip".

Keywords: Beverage Sector, Supply Chain, Bullwhip Effect, Stochastic Demand

RESUMEN

En aquellos sectores en los cuáles se presentan múltiples eslabones o actores que actúan como intermediarios (mayoristas, minoristas, detallistas, etc.), entre la fábrica y los clientes finales se presenta un fenómeno que se ha denominado "Efecto látigo" o "Bull Whip", que consiste en la distorsión entre la información de demanda que emite el mercado y la que capta el fabricante. Este artículo presenta un estudio más riguroso de este fenómeno y pretende generar un modelo matemático del sistema de distribución de bebidas, que permita mitigar el "Efecto látigo" sobre la información de demanda, tomando información histórica de dos empresas de bebidas: ubicadas en Perú y en Colombia respectivamente. El proyecto de desarrolla mediante la siguiente metodología: I.Reconocimiento de los antecedentes de estudios referentes a la logística de distribución, II. Identificación de las variables que tienen incidencia en el sistema de distribución de empresas de bebidas, III. Determinación de las relaciones causales existentes entre las variables identificadas. IV. Establecimiento de un modelo que describa el sistema de distribución de bebidas, integrando los actores y eslabones intervinientes, V. Validación del modelo propuesto con información histórica de empresas del sector bebidas, VI. Planteamiento de recomendaciones o medidas de control tendientes a la mitigación del "Efecto Látigo".

Palabras claves: Sector bebidas, Cadena de abastecimiento, Efecto Látigo, Demanda estocástica

1. INTRODUCCION

Con este trabajo se pretende generar un modelo matemático del sistema de distribución de bebidas, que permita mitigar el "Efecto látigo" sobre la información de demanda. Para ello se postulan metas parciales como: Reconocer antecedentes, identificar variables incidentes en el sistema de distribución de bebidas, determinar las relaciones causales entre dichas variables, establecer un modelo que describa el sistema e incluya los actores y eslabones intervinientes, utilizar el modelo propuesto con información histórica de empresas del sector bebidas y

plantear recomendaciones o medidas de control tendientes a la mitigación del Fenómeno. Este trabajo tiene un elevado componente cuantitativo, sin embargo se opta por trabajar con una hipótesis cualitativa que plantea que es posible modelar la cadena de suministro, de tal forma que puedan determinarse algunas medidas para mitigar las consecuencias del efecto látigo sobre un sistema logístico.

El fenómeno estudiado: Efecto látigo" o "Bull Whip", consiste en la distorsión entre la información de demanda que emite el mercado y la que capta el fabricante y es trascendental su comprensión y regulación, ya que trae como consecuencias incremento en los costos de mantener inventario, incertidumbre durante la planeación de la producción e incumplimiento de la demanda, que a su vez impacta sobre la imagen y el posicionamiento de marcas y empresas.

En cuanto antecedentes, la investigación relacionada con el problema de la amplificación de los pedidos en los sistemas de producción y distribución de forma documentada se remonta a inicios del siglo anterior (Holweg et al., 2005).

Algunas causas comunes que provocan el fenómeno son: Perturbaciones debidas a sesgos introducidos en la demanda, perturbaciones introducidas por los tiempos de repuesta, prácticas logísticas inapropiadas y alteración de las condiciones de la red de distribución (Martín-Andino, 2006).

Sancar, realiza experimentos asumiendo parámetros para inducir la estacionalidad y variación de la demanda; finalmente concluye que la eliminación del efecto látigo es posible si se toman las acciones correctas en los negocios, tales como incrementar las habilidades de comunicación, cortar tiempos de entrega o implementar un sistema de información (Sancar, 2003).

Los estudios anteriores son un esfuerzo por hacer más eficiente la cadena de suministro, entendiendo esta como una red de organizaciones interrelacionadas que intervienen en diferentes fases del proceso productivo mediante actividades que pretenden añadir valor, desde el punto de vista del cliente, al producto, bien o servicio (Companys, 2005).

Según Stadtler, una cadena de suministro consta de dos o más organizaciones legalmente separadas que están conectadas por flujos de materiales, de información y financieros. Un problema que sufren los miembros de dichas redes logísticas es el temido “efecto látigo”, fenómeno que se refiere al aumento de la variabilidad en los pedidos incluso cuando la demanda del mercado es estable (Stadtler, 2008). La conceptualización de cadena de suministro ya aparece en los trabajos de Forrester, cuando sugirió que el éxito de las empresas dependía de la interacción entre los flujos de información, materiales, pedidos, dinero, mano de obra y equipos; también declaró que la comprensión y control de estos flujos es el trabajo principal de la gestión (Forrester, 1961). Forrester utilizó en sus experimentos de simulación una cadena de suministro compuesto por 4 niveles -fábrica, distribuidor, mayorista y minorista- (ver Figura 1).

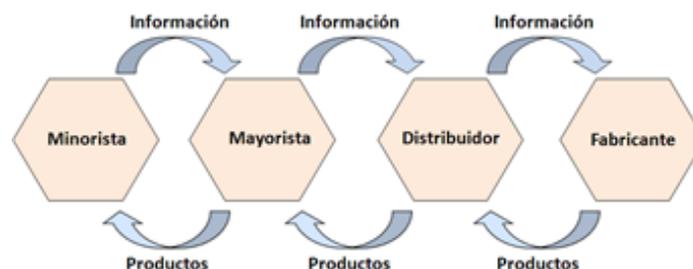


Figura 1: Configuración de una cadena de suministro

El efecto látigo determina una continua alteración de los planes de producción y una frecuente inestabilidad de los inventarios; lo anterior provoca un aumento de costes innecesarios para las organizaciones en el proceso de

creación de valor. Se ha estimado que las consecuencias económicas de este síntoma frecuente y dañino del sistema logístico pueden incidir en un incremento de costes innecesarios de hasta el 30% de las ganancias de la red (Metters, 1997).

2. MATERIALES Y METODOS

Esta investigación tiene un componente explicativo (pues encontrará el sentido de la incidencia o de las relaciones entre variables del sistema) y otro de tipo correlacional (al determinar la magnitud de las incidencias o la forma en que se presentan la relaciones, a modo de ecuaciones).

El enfoque es principalmente cuantitativo. Desde otra tipología de investigación se puede asumir como una investigación aplicada (en dos grandes empresas de bebidas, una Peruana y una Colombiana).

Los métodos a utilizar son: Dinámica de sistemas, modelos de Forrester y técnicas de predicción de demanda. En pensamiento sistémico, un 'Sistema' es una red de componentes, compleja, altamente interrelacionada que exhiben propiedades sinérgicas –el todo es mayor a la suma de sus partes- (Flood y Jackson, 1991).

Básicamente son tres los principios o pilares fundamentales sobre los que se apoya la dinámica de sistemas: a) Existencia de bucles de realimentación, b) Existencia de no linealidad en las relaciones entre variables, y c) Existencia de retrasos en las relaciones entre variables (Alonso y Álvarez, 2000).

El modelo desarrollado se genera con base en los trabajos realizados por Jay Forrester y otros profesionales del MIT (Massachusetts Institute of Technology) quienes estudiaron el fenómeno mediante el Juego de la Cerveza (Torres y Uribe, 2006).

Las unidades de análisis serán las empresas AJEPER (Perú) y POSTOBON (Colombia), así como los eslabones que se presentan en la cadena de suministro de algunas de sus bebidas. Se utilizarán como mínimo 10 periodos históricos para la construcción de los modelos.

Se obtuvieron los datos a partir de fuentes de información secundaria que poseen las empresas objeto de análisis y directamente de las áreas encargadas del manejo de cifras históricas. Para ello se diseñaron formatos para cada uno de los eslabones (Expendios, Distribuidores y Fábrica). Ver el formato de Distribuidores en la Tabla 1.

Tabla 1: Formato para levantamiento de datos en eslabón Distribuidores

Periodo	Pedido recibido de los expendios	Salida de producto	Entrada de producto	Inventario final	Demora en recibir la información de pedido	Demora entre la salida de producto de Distribuidores y la entrada al inventario de los Expendios
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

En este formato se incluyo para cada uno de los periodos mensuales estudiados la cantidad de cajas recibida del eslabon que lo provee, la cantidad de cajas que se entrego, el numero de cajas solicitados por el eslabon a proveer, el inventario al final del periodo y las demoras presentadas tanto en el flujo de información, como en la entrega de producto fisico.

3. RESULTADOS

Se determinaron las variables necesarias para modelar el sistema, estas son: la cantidad demandada de producto por parte de los clientes o del mercado en cada periodo, las órdenes o los pedidos (cada periodo) que realiza cada eslabón al eslabón que lo provee, el tiempo en que llega la información de pedido entre un eslabón y otro, la cantidad de producto que se despacha cada periodo en cada eslabón, la cantidad de producto que ingresa -o que se produce, en el caso de la Fabrica-, cada periodo en cada eslabón, los niveles de inventario y de Faltante de producto en cada periodo para cada eslabón y los tiempos de entrega de producto entre eslabones. La interacción entre estas variables, se analiza mediante un Diagrama Causal (Figura 2).

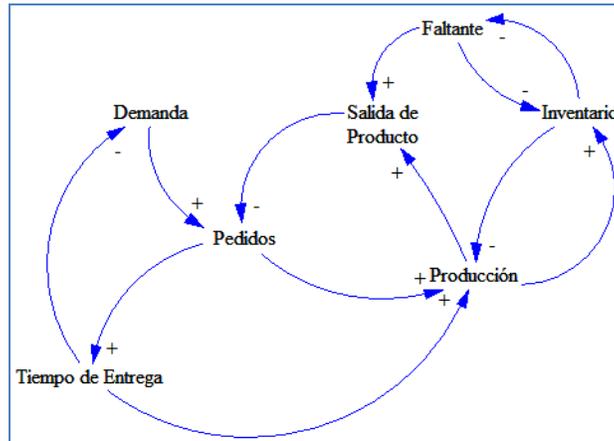


Figura 2. Diagrama Causal Genérico

El estudio de estas interacciones proporciona la base para la elaboración del Diagrama de Forrester que integra a los tres eslabones utilizados y se presenta en la Figura 3.

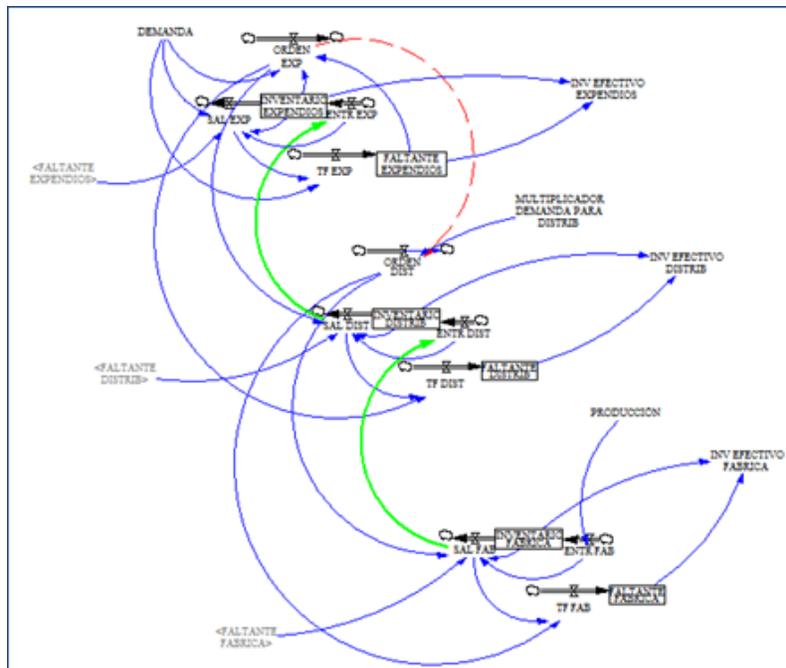


Figura 3. Diagrama de Forrester del Sistema de Distribución

La comprensión del Diagrama inicia con la Demanda que emiten los clientes; esta se representa mediante una variable auxiliar, que luego de ser analizada en el software estadístico StatFit, se determinó como una distribución Estadística Uniforme –tanto en AJEPER como en BAVARIA-, con parámetros 1.786.550 y 2.483.680 (en el caso de AJEPER). En la figura 4 se aprecia como oscilaría la demanda en un horizonte de 60 meses (5 años).

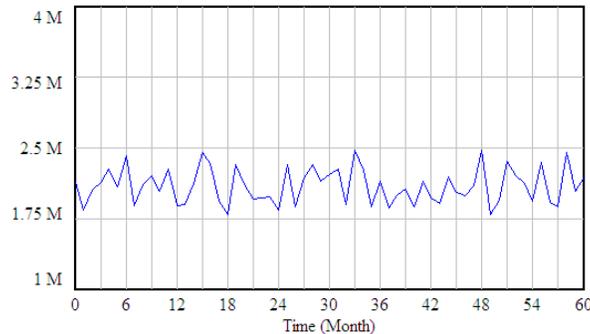


Figura 4. Demanda Simulada para AJEPER (durante 5 años).

En ambos casos (AJEPER y BAVARIA), el p-value fue superior a 0,05 -utilizando los métodos Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling-, por tanto no se rechaza la hipótesis de que las cifras de Demanda se ajustan a distribuciones Uniformes.

Por otra parte el INVENTARIO EXPENDIOS es concebido como una variable de nivel que se alimenta de la variable de flujo ENTR EXP (entrada de producto físico al eslabón expendios) y se drena por la variable de flujo SALEXP(salida de producto físico del eslabón expendios). El valor inicial para esta variable fue un promedio del Inventario de seguridad que maneja la empresa.

La salida de producto se calcula de forma dinámica cada periodo de acuerdo a la siguiente expresión:
 $SAL\ EXP = \min(INVENTARIO\ EXPENDIOS + ENTR\ EXP, DEMANDA + FALTANTE\ EXPENDIOS)$; esto indica que la salida de producto es el mínimo valor entre lo que se podría entregar y lo que se debería entregar.

Para calcular la entrada de producto se utilizó la expresión:
 $ENTR\ EXP = DELAY\ FIXED(SAL\ DIST, 0.25, 0)$, significa que la entrada física a expendios es la salida del eslabón Distribuidores, con una demora fija de 0.25 meses (es decir 1 semana).

Existe otro tipo de variable de nivel llamada FALTANTE EXPENDIOS que refleja los momentos en que se tienen demanda pendiente o por cumplir; ésta variable inicia en cero (ya que el INVENTARIO inicia en un valor positivo y éstas son variables excluyentes). La tasa o flujo denominado TF EXP es aquella que alimenta periodo a periodo a FALTANTE EXPENDIOS.

$$TF\ EXP = DEMANDA - SAL\ EXP$$

Mientras que FALTANTE EXPENDIOS se calcula así:

$$FALTANTE\ EXPENDIOS_t = FALTANTE\ EXPENDIOS_{t-1} + TF\ EXP_t$$

La orden que se emite por parte de Expendios sigue la siguiente ecuación:
 $ORDEN\ EXP = \max(0, DEMANDA - (INVENTARIO\ EXPENDIOS - FALTANTE\ EXPENDIOS))$.
 ORDEN EXP (Orden Expendio), a su vez alimenta a ORDEN DIST (Orden Distribuidor), mediante la ecuación
 $ORDEN\ DIST = MULTIPLICADOR\ DEMANDA\ PARA\ DISTRIB * ORDEN\ EXP$; cuyo Multiplicador es de 1,25 hasta el periodo 4 y de 1,17 desde el período 5 en adelante.

Finalmente se crea una variable INV EFECTIVO EXPENDIOS, que corresponde a la resta entre INVENTARIO EXPENDIOS y FALTANTE EXPENDIOS; esta variable es aquella que puede mostrar el comportamiento característico del efecto látigo.

Se realizaron dos corridas al modelo (una de ellas con Demoras en la entrega mensuales y la otra con Demoras semanales). En primera instancia se compara la Información de Demanda Original para AJEPER frente a aquella que arroja el modelo.

La suma entre el Inventario Expendios y el Faltante (teniendo en cuenta que este último se concibe como un Inventario Negativo), será el Inventario Efectivo; en las Figuras 5 a 7 se aprecia cómo se comporta en cada uno de los eslabones -Expendios, Distribuidores y Fábrica, respectivamente-. Cada uno de los colores indica un escenario (Rojo: Demoras en semanas, Verde: Demoras en meses, Azul: Demoras en semanas con Demanda Constante). Se evidencia que la fluctuación alrededor de un inventario efectivo de 0, muestra un patrón cíclico a partir del mes 19, con demoras semanales (y a partir del mes 34, con demoras mensuales). El tipo de demanda (constante o estocástica), no implica diferencias significativas en el comportamiento del Inventario Efectivo – solamente un retraso más.

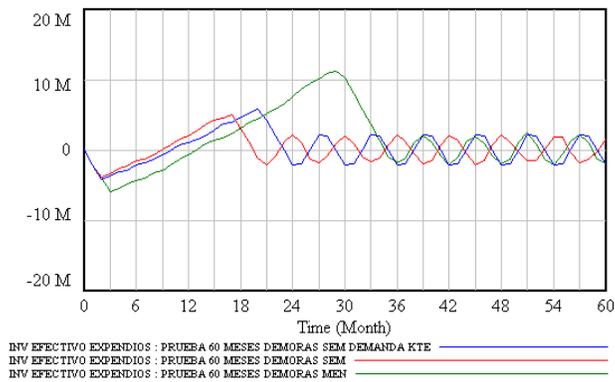


Figura 5. Inventario Efectivo Expendios

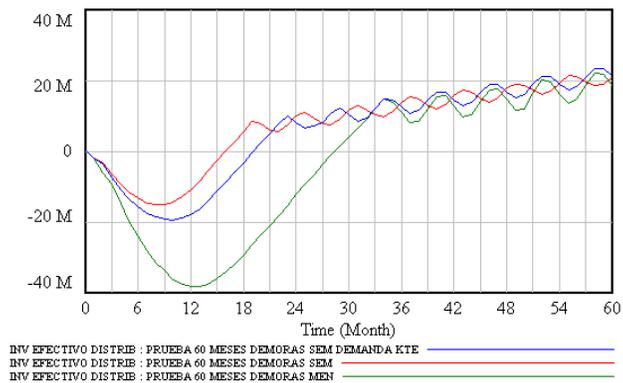


Figura 6. Inventario Efectivo Distribuidores

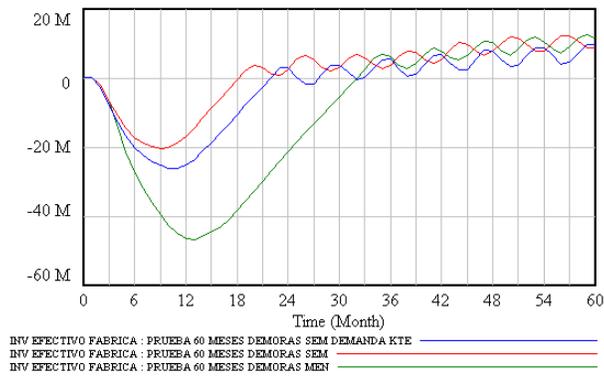


Figura 7. Inventario Efectivo Fábrica

Se encontró que en el caso de Demoras Mensuales, se presenta una amplificación del efecto látigo llegando a un punto más bajo el Inventario Efectivo, respecto al caso de Demoras Semanales. En los eslabones Distribuidores y Fábrica, se presenta un comportamiento oscilatorio a partir del periodo 19; sin embargo ya no alrededor de un Inventario Efectivo de 0, sino alrededor de una línea de tendencia positiva (esto ocurre porque la orden de los Distribuidores está relacionada de forma linealmente positiva con la Orden de los Expendios).

Ante un escenario de Demanda Conocida por todos los eslabones, el eslabón Expendios es aquel que se ve relativamente más afectado debido a que el faltante que se presenta en un principio le provoca un faltante que permanece oscilando alrededor del mayor valor que alcanza el Faltante en el primer modelo realizado y que ya no es pertinente cumplir en periodos posteriores. Este valor tiene una relación cercana a 1,9 veces la demanda. El eslabón Distribuidores tendría un Faltante cercano a los dos millones de cajas en cada uno de los periodos simulados y el eslabón Fábrica podría reaccionar en el mismo periodo que conoce la Demanda, así su Inventario Efectivo sería de 0 unidades.

4. DISCUSIÓN

Mediante el desarrollo de este trabajo se determinaron las variables necesarias para modelar el sistema; también se lograron determinar las relaciones causales existentes entre las variables identificadas, mediante la elaboración de un diagrama causal que muestra la dirección y el sentido de cada relación de incidencia (positiva o negativa). También se argumentaron los motivos de dichas relaciones y se elaboró un modelo con un componente gráfico muy claro (en términos de niveles, flujos y variables auxiliares), según los Diagramas de Dinámica de Sistemas propuestos por Jay Forrester. Este Modelo incluye diversas ecuaciones que representan el funcionamiento del sistema por componentes e integra las relaciones entre eslabones durante la distribución de bebidas.

A partir del estudio del sistema y del modelamiento generado se realizaron varias pruebas sobre escenarios posibles, tales como modificar los tiempos de entrega de producto, asumir otro comportamiento en la demanda y permitir que todos los eslabones conozcan las señales de demanda directamente del mercado tan pronto como se generan. Estas pruebas simulaban como se comportarían los niveles de Inventario Efectivo (Inventario Positivo – Faltante) en un horizonte de 60 meses (es decir 5 años). Por lo anterior se propone implementar un conjunto de medidas que se detallan a continuación: i) Propiciar la Integración de eslabones –ya que en la actualidad cada ente actúa motivado por su bienestar particular-. Esto se lograría mediante la implementación de un sistema de información que envíe la información desde los expendios hasta los responsables de realizar la planeación de la producción, ii) Tratar de reducir los tiempos de entrega del producto, lo cual podría lograrse introduciendo mejoras a los procesos productivos y a los procesos administrativos de despacho, iii) Utilizar el Stock de Seguridad para ayudar a cubrir la demanda –en la actualidad se presentan periodos con Faltante de Producto y simultáneamente con Inventario de seguridad, cuando deberían ser variables excluyentes.

REFERENCES

- Alonso, Isabel y Álvarez, Yolanda. (2000). “El proceso de toma de decisiones en entornos complejos: una aplicación metodológica”. Universidad de Oviedo, Facultad de Ciencias Económicas.
- Company, R. (2005). “Diseño de sistemas productivos y logísticos”. EPSEB-UPC.
- Flood, Robert y Jackson, Michael. (1991). “Creative Problem Solving. Total Systems Intervention”. John Wiley & Sons.
- Forrester, J. W. (1961). “Industrial Dynamics”. Portland (OR): Productivity Press.
- Holweg, M., Disney, S.M., Holmström, J., Småros, J. (2005). “Supply chain collaboration: making sense of the strategy continuum”. European Management Journal, Vol. 23.
- Martín-Andino, Ramón. (2006). “El efecto látigo (bullwhip) en las cadenas de suministro y la dependencia de los agentes que las integran”. Tesis para la obtención del grado de Doctor, Universidad pontificia comillas de Madrid - ets de ingeniería (icai) (Departamento de Organización Industrial).
- Metters, R. (1997). “Quantifying the bullwhip effect in supply chains”. Journal of Operations Management. Vol. 15.
- Sancar, Urun. (2003). “Quantification of the Bullwhip Effect”. Department of Management Information Systems – Bogazici University.
- Stadtler, H. (2008). “Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies”. Springer-Verlag-Berlin.
- Torres, M. y Uribe, Paula. (2006). “El juego de la cerveza”. Universidad Tecnológica Metropolitana - Facultad de Ingeniería - Departamento de Industria - Ingeniería en Sistemas.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.