

DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EMPRESARIAL



La revista electrónica de COLINNOVACIÓN, tiene el compromiso de informar sobre la actualidad de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Colombia.



I Tabla de contenido

BENEFICIOS TRIBUTARIOS POR INVERSIÓN EN CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	3
TECNOLOGÍAS DE RECUBRIMIENTO / PINTURA PARA AUTOPARTES: ELECTRODEPOSICIÓN	4
PERDIDAS DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	10
VMI: UNA METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE PARTES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	16

INNOVAC

DIRECTOR

Gabriel Alberto Zamudio

EDITOR

Julian Andres Zamudio

CONSEJO EDITORIAL

Hermann Fuquen Juan Carlos Salavarrieta Claudia Sánchez



IMPRESIÓN - WEB COLINNOVACIÓN SAS.

COMUNICACIÓN

colinnovacion@gmail.com contacto@colinnovacion.com

Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial Edición 6 – Volumen 2 ISSN 2322-8725

BENEFICIOS TRIBUTARIOS POR INVERSIÓN EN CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

LA LEY 1819 DE 2016 Y SU IMPACTO. Gabriel Zamudio, Gerente (COLINNOVACION)

Palabras Clave — Ciencia Tecnología e Innovación, Beneficios Tributarios, LEY 1819 de 2016.

n la reciente reforma tributaria aprobada por el Congreso de la República y sancionada por el presidente bajo la Ley 1819 del 29 de diciembre del 2016 titulada "POR MEDIO DE LA CUAL SE ADOPTA UNA REFORMA TRIBUTARIA ESTRUCTURAL, SE FORTALECEN LOS MECANISMOS PARA LA LUCHA CONTRA LA EVASIÓN Y LA ELUSIÓN FISCAL, y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES", presenta cambios importantes en materia de inversiones por ciencia, tecnología e innovación para el sector privado.

El proceso de convergencia hacia mejores prácticas que inspiran a la OECD, la solicitud de ingreso de Colombia a esta organización, el evidente retraso en materia de innovación del aparato productivo nacional que el sector productivo reconoce en encuestas como la EDIT 2015, en la cual aproximadamente 6 mil empresas del sector manufacturero indicaron no ser innovadoras, y la necesidad de fortalecer mecanismos institucionales y legales que impulsen cambios orientados a favorecer y estimular las inversiones privadas en materia de ciencia, tecnología e innovación (en adelante CTI). Por tanto, estos fueron motivadores de este cambio legal en el desarrollo de las políticas industrial, tecnológica, científica e innovativas del país.

Los estímulos a la CTI fueron mejorados en esta nueva norma. La legislación anterior indicaba que las personas que desarrollaran proyectos de CTI podrían deducir de su renta el 175% del valor invertido sin superar el 40% de la renta líquida, dado que el 100% de la depreciación es una práctica común en las inversiones, el beneficio neto básicamente consistía en el 75% restante y para efectos prácticos con el impuesto de renta del 25% el ahorro neto para las empresas era del 18,75%. La ley 1819 mejoró y aclaró el uso del incentivo indicando que las inversiones en CTI podrán descontar el 25% del valor de las inversiones sin superar el 25% del impuesto de renta a cargo y adicionalmente podrán deducir el 100% de las inversiones.

En términos ácidos el beneficio para el sector privado pasó del 18.75% al 25%, presentando un incremento del 33% y brindó claridad y seguridad frente al tratamiento del 100% de las deducciones por inversión como beneficio al inversionista. Adicionalmente, para la vigencia fiscal 2017 el cupo de deducibilidad aprobado por el Estado se amplió de acuerdo con lo enunciado por el acuerdo 16 de 2016 y para el 2017 es de \$600 mil millones fijando un monto máximo

de \$75 mil millones como monto base por empresa para este tipo de proyectos.

Estos beneficios se suman al existente y asociado con el ingreso no constitutivo de renta y ganancia ocasional que existe para personas jurídicas o naturales. Este último, aplicado específicamente para el personal que se vincula en un proyecto calificado positivamente por el Consejo Nacional de Beneficios tributarios (CNBT), se permite que los ingresos correspondientes al valor de los honorarios recibidos por realizar labores directas de carácter científico, tecnológico o de innovación, serán recursos no grabados (tanto por retenciones, como en la declaración de renta).

Con esta nueva reforma estructural, el ecosistema legal para impulsar las inversiones en CTI se fortaleció beneficiando a las empresas, accionistas y personal científico e innovador, generando un clima adecuado para impulsar la creación de ventajas competitivas dinámicas a partir de la rentabilidad asociada con el conocimiento, esta coyuntura de ajuste empresarial derivada por el fin de la bonanza petrolera y sus efectos en la economía nacional es una buena noticia para disminuir la tasa efectiva de tributación que soporta el aparato empresarial colombiano.

Para el sector empresarial es el momento de invertir en CTI, el Estado hizo más atractivo el instrumento y es momento de aprovecharlo.

Bibliografía de Referencia:

Acuerdo 16 de 2016: "Por el cual se fija el monto máximo total de deducibilidad para el año 2017, prevista en el artículo 158-1 del Estado Tributario"

Ley 1819 del 29 de diciembre del 2016 "POR MEDIO DE LA CUAL SE ADOPTA UNA REFORMA TRIBUTARIA ESTRUCTURAL, SE FORTALECEN LOS MECANISMOS PARA LA LUCHA CONTRA LA EVASIÓN Y LA ELUSIÓN FISCAL, y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES"

Boletín técnico Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica sector Industria Manufacturera (2015-2016) (1 de diciembre de 2017)

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2015_2016.pdf

TECNOLOGÍAS DE RECUBRIMIENTO / PINTURA PARA AUTOPARTES: ELECTRODEPOSICIÓN

Claudia Sánchez, Consultora en Innovación Tecnológica

Resumen — De acuerdo con los informes de investigación y desarrollo (I*D) de la OECD, uno de los sectores con mayor intensidad de conocimiento es el automotor. Este sector está continuamente enfrentando mejora continua, optimización de procesos y diseños y la implementación de nuevas tecnologías que permitan cumplir con esos objetivos. Uno de los temas de desarrollo e implementación de mejoras es el área de recubrimiento de partes, así como de las cabinas del vehículo en su conjunto. A partir de estos procesos de pintura o recubrimiento, se busca tanto la protección de las piezas que conforman el vehículo contra la corrosión, al tiempo que se busca mejores condiciones ambientales y optimización del uso de los insumos en los procesos de fabricación. En este artículo se hará un acercamiento al estado del arte del proceso de recubrimiento conocido como electrodeposición, que es un proceso ampliamente establecido en esta industria, pero que recientemente ha tomado importancia en procesos de investigación, desarrollo e innovación, para la mejora de los procesos y de las propiedades de los productos que son tratados a través del mismo

Palabras Clave — Línea de Pintura, Procesos de manufactura, Electrodeposición, Industria automotriz, Autopartes, E-Coating.

1. Introducción

os elementos estructurales que componen los chasis de los vehículos automotores, son piezas sometidas a condiciones de desempeño y ambientales que requieren una fabricación que garantice condiciones de funcionamiento bajo parámetros de seguridad para los usuarios del vehículo y su entorno, con base en el cumplimiento de las propiedades del producto.

Se estima que la industria automotriz es una de las más exigentes tecnológicamente, entre los diferentes sectores de industria manufacturera (Sundararajan, Joshi, & Rama Krishna, 2016), esto se debe a que se encuentra continuamente buscando nuevas tecnologías y materiales con el fin de optimizar aspectos como uso de combustible, peso, emisiones, manteniendo un adecuado rendimiento del vehículo y el nivel de confort exigido por el usuario final (ibid).

El recubrimiento de las diferentes partes del vehículo tiene exigencias considerables: Por ejemplo, a través de recubrimiento de las piezas se espera su protección en términos de resistencia a la corrosión, mientras se presenta con acabados duraderos en el tiempo y atractivos para el cliente (Lambourne & Strivens, 1999).

Por otro lado, el proceso de recubrimiento o pintura debe contemplar las condiciones de fabricación en línea, por lo cual debe ser procesos diseñados de tal forma que se puedan desarrollar de manera flexible y optimizando los recursos utilizados. El objetivo es lograr las tasas que demanda la cadena de producción, cumpliendo con las restricciones de tecnología

tanto en los procesos como en los materiales (Ibid). De acuerdo con Merlo (2010) actualmente de las carrocerías fabricadas en el mundo, más del 98% usan electrodeposición como parte de sus procesos de recubrimiento.

2. ESTADO DEL ARTE

Los procesos de recubrimiento y pintura de cuerpos de vehículos automotores y camiones, ha evolucionado considerablemente para asegurar un acabado uniforme de la pintura y proteger los cuerpos de los vehículos frente a ambientes hostiles donde interactúan con agua, viento, polvo y residuos para evitar la corrosión y el desgaste de las partes.

Sundararajan, et al. (2016) mencionan que diferentes tecnologías de recubrimiento, como pulverización térmica, deposición láser, métodos electrolíticos y técnicas basadas en vapor, han sido usadas en la industria automotriz por considerarse adecuadas para cumplir requerimientos técnicos específicos de las piezas que componen los vehículos fabricados. Se debe recordar que los recubrimientos que se generan a través de esas técnicas tienen diferentes propiedades funcionales, debido a que también tienen diferentes características de composición y estructura (Sundararajan, Joshi, & Rama Krishna, 2016).

Entre los métodos electrolíticos se encuentra la electrodeposición, que se basa en el principio físico de atracción entre polos opuestos. Para la realización de este proceso, las piezas metálicas se cargan con co-

rriente, para luego sumergirse en un baño con partículas de tinta con carga opuesta (Losey, Kelly, Badgayan, Sahu, & Rama Sreekanth, 2017), facilitando que toda la superficie de la parte, incluyendo las geometrías que serían complejas para aplicación de pintura en un proceso convencional (como por ejemplo esquinas y grietas) tengan un revestimiento continuo, siendo catalogado como un método eficiente y económico con respecto a los demás métodos de aplicación (Lambourne & Strivens, 1999).

Lambourne et al. (1999) indicaban que el proceso de electrodeposición se ha constituido como el principal método de recubrimiento usado en las carcasas de acero de los automóviles. Mencionan estos autores que, en el caso de las cabinas de vehículos, el proceso tiene diferentes pasos que abarcan: desengrasado, tratamiento con fosfato, electrodeposición (primer) y aplicación de capas de acabado (por pulverización), incrementando la resistencia a la corrosión y mejorando la apariencia del vehículo (Lambourne & Strivens, 1999).

2.1. TIPOS DE PROCESO DE ELECTRODEPOSICIÓN

La solución usada en electrodeposición es una mezcla de resina, aglutinante, pasta (que contiene los pigmentos) y solvente. El proceso de electrodeposición puede ser tipo anódico o catódico (Akafuah, y otros, 2016).

El proceso anódico puede realizarse al cargar negativamente las partículas de pintura, que se depositarán sobre la pieza (sustrato metálico) cargada positivamente (Merlo, 2010).

Por su parte, la electrodeposición catódica que se desarrolló posteriormente (en los años 70s), se realiza al tener carga positiva en las partículas de pintura, lo cual ocasiona que estas sean atraídas al sustrato metálico cargado negativamente. Dadas las características de proceso, se mejoró la resistencia a la corrosión usando esta última técnica (Ibid).

Con respecto al proceso de electrodeposición de la carrocería de un vehículo, esta puede ser usada como ánodo y también como cátodo. Sin embargo, se ha considerado que la electrodeposición catódica da mejor resultado en la protección contra la corrosión de estas piezas (Lambourne & Strivens, 1999).

2.2. Proceso De Electrodeposición

La electrodeposición es una tecnología ampliamente usada en la industria automotriz que se ha aplicado al tratamiento de distintas partes metálicas en la industria en los últimos años. Desde los años 60s se viene utilizando esta tecnología y hoy se estima que cerca del 98% de todos los cuerpos de automóviles utilizan

esta técnica (Bakhtiary-Noodeh, 2017-B).

Los procesos y las tecnologías asociadas a la electrodeposición han evolucionado considerablemente y hoy en día ofrecen desempeños sobresalientes al minimizar la generación de residuos y productos químicos. Esto hace que los nuevos procesos sean amigables con el medio ambiente y a la vez económicamente eficientes, gracias a que disminuye el uso de pintura dispersa y el uso de materiales, a niveles que con técnicas anteriores no se lograba alcanzar (Ibid).

A pesar de las mejoras en el comportamiento general contra la corrosión de los recubrimientos electrolíticos catódicos, su protección de los bordes bajos de las piezas es un problema importante ya que el nivel de recubrimiento no alcanza a ser el mismo que en las superficies planas, haciendo de estas áreas, sectores críticos a la corrosión y al desgaste (Ibid).

El proceso de electrodeposición de pintura para partes metálicas en la fabricación de automóviles se divide en cuatro etapas principales las cuales se muestran a continuación (Merlo, 2010):

2.2.1. LIMPIEZA Y PRE-TRATAMIENTO

El proceso de limpieza es crucial para asegurar un alto desempeño en el acabado de la pintura a aplicar en los siguientes procesos. Las piezas por lo general en los procesos previos de transporte, soldado y adecuación son impregnadas con grasas, polvos y distintos residuos que deben ser removidos para una correcta aplicación de la pintura. Es por esto que limpiadores alcalinos son utilizados para asegurar la limpieza adecuada de las piezas.

También en esta fase se realiza un pre-tratamiento de fosfatado (Hierro o Zinc) los cuales son aplicados para proveer adhesión entre la electrodeposición y el sustrato e igualmente mejorar la protección a la corrosión. Finalmente se realiza por lo general un enjuague con agua des-ionizada antes de introducir la pieza al proceso de electrodeposición (ibid).

2.2.2. BAÑO DE ELECTRODEPOSICIÓN

Este proceso consiste en una solución que se compone entre un 80-90% de agua desionizada y 10-20% de solidos de pintura. El agua des-ionizada actúa como un portador para las partículas sólidas de pintura la cual se compone de resinas, pigmentos y solventes. La resina es el factor principal de la película de pintura ya que provee propiedades como la protección a la corrosión y durabilidad contra los rayos ultravioletas. Los pigmentos proveen el color, brillo e igualmente protección a la corrosión. Los solventes ayudan a asegurar la uniformidad en la película de pintura para su buena apariencia y aplicación. Durante el proceso de

electrodeposición, la pintura es aplicada a una parte con un cierto grosor de película, el grosor es regulado a través del nivel de voltaje aplicado. El proceso de deposición se limita a sí mismo y se reduce en la medida que la pieza se aísla eléctricamente cuando se aplica el recubrimiento y pintura.

Los sólidos de pintura se depositan inicialmente cerca al electrodo, por tanto estas zonas de la pieza en tratamiento son las primeras en aislarse eléctricamente por lo que los sólidos de pintura son forzados a buscar zonas menos aisladas donde el metal no está aún recubierto, asegurando un recubrimiento completo de la pieza. A esta característica de la electrodeposición se le conoce como "poder de penetración" o "throwing power" en ingles que se refiere a la capacidad de colocar un recubrimiento de manera uniforme en una pieza que contenga formas irregulares.

El proceso de electrodeposición depende de varios componentes que permiten su correcta operación como lo es: un rectificador el cual provee carga de corriente directa permitiendo la deposición de material iónico, bombas de circulación para mantener el baño de pintura de manera adecuada, un intercambiador de calor y chiller para mantener controlada la temperatura del baño de electrodeposición, filtros los cuales remueven partículas de suciedad introducidas dentro del proceso y ultrafiltros que permiten el permeado para el enjuague y la recuperación de excesos de solidos de pintura.

2.2.3. Post-Enjuague

Al salir del proceso de electrodeposición algunas partículas de pintura en exceso que no se depositaron eléctricamente quedan sobre la superficie y deben ser removidas para mantener la eficiencia del proceso y la estética del producto final. Los materiales de enjuague se proveen desde los ultra-filtradores y son llamados impregnadores. Estas sustancias contienen elementos orgánicos de bajo peso molecular y algunos solventes. Los sólidos de pintura en exceso y los elementos de enjuague e impregnadores son devueltos al proceso en contraflujo (Lovell, 1990)

2.2.4. HORNEADO

Después de aplicar el post enjuague, las partes recubiertas entran al horno para completar el proceso de curado de la película de pintura. Las temperaturas de horneado oscilan entre los 82 C° y los 190 C° dependiendo del tipo de electrodeposición aplicada.

2.3. NUEVAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DEL PROCESO DE ELECTRODEPOSICIÓN

Los nuevos usos para electrodeposición continúan apareciendo, ofreciendo rendimientos superiores, uti-

lizando procesos y materiales ecológicos y económicamente eficientes. Se encuentran ejemplos que incluyen piezas y accesorios para automóviles y en otras industrias, como es el caso de electrodomésticos, intercambiadores de calor, objetos decorativos chapados y componentes sensibles al calor (Merlo, 2010).

Las principales ventajas de los procesos de electrodeposición actuales incluyen:

- <u>Con respecto al producto</u>: cobertura total de piezas complejas con una uniformidad de película. Se presentan eficiencias de transferencia de material en un rango de 95 a 99%.
- Con respecto al proceso: tienen sistemas altamente automatizados de circuito cerrado con excelente productividad y bajos costos de operación. Presentan velocidades de línea rápidas y altas densidades de trasiego de piezas, muy bajas emisiones de aire y aguas residuales, que fomentan el cumplimiento ambiental y sistema totalmente cerrado que conduce a un método de aplicación de pintura más limpia y segura (Merlo, 2010).

3. Nuevas Tecnologías

3.1. NUEVOS MATERIALES

3.1.1. APLICACIÓN DE POLÍMEROS EPOXY

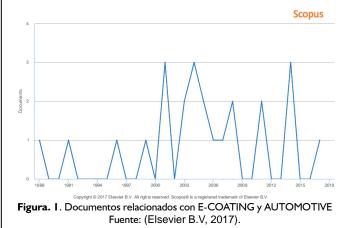
El uso de polímeros Epoxy mejorados es una vertiente tecnológica que proviene de aplicaciones tradicionales, como la propuesta en su investigación Bakhtiary-Noodeh (2017-B) en el que utiliza un microgel como partículas ultrafinas. Los microgeles son modificadores reológicos, los cuales pueden ayudar a incrementar la viscosidad del recubrimiento. Esta aproximación en el control de flujo a través de microgeles permite incrementar significativamente la protección en la corrosión en los bordes, evitando que los depósitos de recubrimientos se retiren de los bordes durante el curado, sin el aumento en la rugosidad de la película de pintura final ni afectación en la estabilidad de la pintura.

En su investigación Bakhtiary-Noodeh (2017-B) utiliza un microgel de epoxy-amina en la electrodeposición. Los resultados de mejora en la deposición en bordes se analizan con pruebas de Spray de sal y espectroscopia de impedancia electroquímica, también las propiedades termo-mecánicas son investigadas con un análisis dinámico termo-mecánico entre otros. Los resultados de esta investigación fueron satisfactorios, encontrando progresos en el recubrimiento, basados en la mejora de la viscosidad para el proceso de horneado.

3.1.2. APLICACIÓN DE NANO PARTÍCULAS

El uso de nano partículas se ha introducido en las tecnologías de electrodeposición como una opción para contrarrestar el problema del recubrimiento de bordes en piezas metálicas. En el estudio de (Bakhtiary-Noodeh M. M., 2017) se analizó el efecto de nano partículas de silicio en las propiedades mecánicas del proceso de electrodeposición, obteniendo resultados que mejoraron el proceso de electrodeposición y la calidad de la pieza final.

Para mejorar el desempeño tanto de materiales como del recubrimiento es útil reducir el tamaño de grano. La combinación de composiciones únicas y novedosas microestructuras, han mostrado un potencial sobresaliente para una variedad de aplicaciones estructurales y no estructurales (Gurrappa, 2008). Los nanomateriales están clasificados como policristales de fase sencilla o de multifase y según su dimensionalidad se clasifican en Cero Dimensional, Una dimensión (Laminar), Dos Dimensiones (Filamentos) o tres dimensiones (cristalinos). También pueden contener los nanomateriales fases cristalinas, quasi-cristalinas o amorfas y pueden ser metálicas, cerámicas o composites. Entre los materiales anteriores, se ha prestado la mayor atención a la síntesis, consolidación y caracterización de los cristales nanoestructurados 3D, los cuales se usan en aplicaciones que requieren alta resistencia y mejor formabilidad.



En la investigación de Low et al, (2006) demostró que la inclusión de partículas nanométricas puede dar una mayor microdureza y resistencia a la corrosión a las piezas tratadas, así como un crecimiento modificado para formar un depósito de metal nanocristalino y un cambio en el potencial de reducción de un ion metálico. Muchos parámetros de funcionamiento influyen en la cantidad de partículas incorporadas, incluyendo densidad de corriente, agitación del baño (o movimiento de la pieza de trabajo) y composición del electrolito. Se han logrado altas tasas de incorporación de partículas dispersadas usando una alta concentración de nanopartículas en la solución

electrolítica, y una baja concentración de especies electroactivas; también el uso de la ultrasonificación durante la deposición y técnicas de corriente pulsada mejoro el proceso de deposición (Low, 2006).

Como resultado de las propiedades únicas de los nanomateriales electrodepositados, se han logrado varias propiedades, como por ejemplo, la combinación de mayor resistencia al desgaste por efecto de dureza y reducción de la corrosión localizada, resultado de un mejor comportamiento del revestimiento protector. Los materiales protectores pueden utilizarse como superficie dura sobre sustratos más suaves y menos resistentes al desgaste (Gurrappa, 2008).

3.2. NUEVOS PROCESOS

Con respecto a los métodos electrolíticos, se ha desarrollado un nuevo proceso conocido como electrodeposición pulsada (PED). Su desarrollo implica el uso de corriente pulsante con el fin de hacer cambios en la composición y el tamaño de grano del depósito a través de su espesor. El objetivo es modificar las propiedades de la película de recubrimiento (Sundararajan, Joshi, & Rama Krishna, 2016). Además, PED facilita la obtención de recubrimientos con mejoras en las propiedades mecánicas. Las capas generadas en procesos de investigación han permitido obtener incremento tanto en la dureza del revestimiento, como en la resistencia al desgaste, reducción de la fricción y mejora en la resistencia a la corrosión (Ibid).

4. TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN

Con respecto a las publicaciones realizadas recientemente sobre el tema, en SCOPUS, se realizaron búsquedas con dos criterios específicos. El primero ("ecoating" and automotive) y el segundo ("electrodeposition" automotive) con un filtro en el área de ingeniería (Elsevier B.V. 2017).

4.1. "E-COATING" AND AUTOMOTIVE

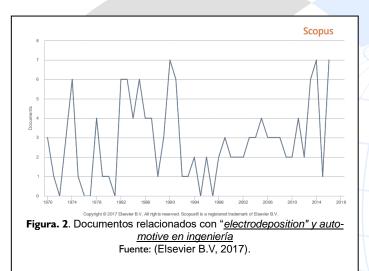
Se encontraron 24 documentos, la mayoría de los cuales se han desarrollado a partir del año 2000, con mayor número de producción en 2001, 2004 y 2014, como se puede ver en la Figura 1. Aproximadamente, según la misma fuente, el 70% de los artículos se agrupan en temáticas asociadas a ingeniería y en ciencia de los materiales.

Con respecto a la filiación de los autores de estos documentos, aunque dos de los artículos se encuentran asociados con una universidad, las entidades con las que están vinculados los autores son en mayor proporción empresas privadas, en su gran mayoría del sector químico, concretamente fabricantes de pintura como PPG Industries.

4.2. "ELECTRODEPOSITION" AND AUTOMOTIVE

Adicionalmente, en este caso se filtró específicamente para el área de ingeniería.

Se encontraron 134 documentos, que en términos de tiempo tuvo amplia difusión entre los años 80-90 y que recientemente se han desarrollado nuevos procesos de investigación, que han ocasionado la publicación entre el año 2015 y 2016 de nuevos documentos, como se puede ver en la Figura 2. Aproximadamente, según la misma fuente de estos documentos, el 40% estaba también relacionado con ingeniería de los materiales y el 20% relacionado con temas medioambientales.



Con respecto a la filiación de los autores, se encuentra un número importante de documentos publicados por empresas del sector metalmecánico, que en su mayoría son proveedoras del sector automotriz, así como tres documentos de Ford Motor Company. Una particularidad es que los documentos publicados por estas empresas tienen va tiempo y los más recientes son de Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation de 2013, Âichi Steel Corporation en 2011, ÂutoNetworks Technologies, Ltd en 2009, 2010 y 2011, Nisshin Steel Co.,Ltd. en 2009 y 2010, los cuales en su mayoría fueron publicados con otras empresas o con universidades. Se presenta también un número importante de documentos publicados por investigadores de Universidades de diferentes países, en mayor proporción de Asia.

5. CONCLUSIÓN

El proceso de electrodeposición está ampliamente difundido en los procesos de fabricación de vehículos, para los procesos de pintura de cabina, como de diferentes autopartes. Es utilizado en piezas que requieren recubrimientos contra la corrosión y mejora en diferentes propiedades mecánicas, de manera que el producto pueda cumplir con la funcionalidad para la cual fue diseñado.

En los procesos convencionales de recubrimiento, se ha identificado que la electrodeposición catódica, tiene mejores resultados en la protección contra la corrosión.

Aunque es un proceso de amplia difusión, al ser usado en la industria automotriz, se han identificado relativamente recientes procesos de investigación, desarrollo y mejora continua, que permitirán optimizar el proceso de electrodeposición, garantizando el uso de materiales ecológicos, la optimización en el uso de insumos, generando así pintura más limpia; adicionalmente, se ha buscado la automatización de los procesos y el desarrollo de productos económicamente eficientes con mejor comportamiento de las capas de recubrimiento.

Del análisis bibliométrico se pudo observar que la tecnología específica de electrodeposición tuvo un desarrollo inicial en los años 70 y 80, tal como se mencionó al inicio del artículo; sin embargo, se han desarrollado recientemente objetos de investigación en estos temas, haciendo nuevamente vigente esta temática.



BIBLIOGRAFÍA

- Akafuah, N. K., Poozesh, S., Salaimeh, A., Patrick, G., Lawler, K., & Saito, K. (2016). volution of the Automotive Body Coating Process—A Review. *Coatings*, 6-24.
- Bakhtiary-Noodeh, M. M. (2017). Improvement of the edge protection of an automotive electrocoating in presence of a prepared epoxy-amine microgel. *Progress in Organic Coatings*, 103, 111-125.
- Bakhtiary-Noodeh, M. M. (2017-B). Edge protection improvement of automotive electrocoatings in the presence of silica nanoparticles. Surface and Coatings Technology, 317, 134-147.
- Elsevier B.V. (Mayo de 2017). Search/Scopus. Obtenido de Sitio Web de SCOPUS: https://www.elsevier.com/solutions/scopus
- Gurrappa, I. B. (2008). Electrodeposition of nanostructured coatings and their characterization—a review. Science and Technology of Advanced Materials, 9(4), 1-11.

- Lambourne, R., & Strivens, T. A. (Edits.). (1999). PAINT AND SURFACE COATINGS: Theory and Practice (2 ed.). Cambridge (England): Woodhead Publishing Ltd
- Losey, M. W., Kelly, J. J., Badgayan, N. D., Sahu, S. K., & Rama Sreekanth, P. S. (2017). Electrodeposition. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 1-20.
- Lovell, G. (1990). Electrocoat Basics. *Prod. Finish*, BASF Corporation, 54.
- Low, C. W. (2006). Electrodeposition of composite coatings containing nanoparticles in a metal deposit. *Surface and Coatings Technology*, 201(1), 371-383.
- Merlo, L. (2010). Electrocoating . *Metal Finishing*, 108(11-12), 171-175.
- Sundararajan, G., Joshi, S. V., & Rama Krishna, L. (2016).

 Engineered surfaces for automotive engine and powertrain components. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 1-6.

 doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.coche.2015.10.001



PERDIDAS DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Juan Carlos Salavarrieta T., Consultor en Innovación Tecnológica

Resumen — El crecimiento de la demanda de energía eléctrica requiere de una ampliación y expansión permanente de la cobertura de redes de distribución, así como la modernización de equipos y materiales de las redes existentes. Aspectos como altos niveles de pérdidas no técnicas, particularmente debidas a robo de energía desde las redes eléctricas, genera la necesidad de una mejora integral tanto de los procesos, como de los elementos integrados a la operación distribución de energía, a través del desarrollo de nuevas tecnologías en conjunto con proveedores de bienes del sector eléctrico, requiriendo mayores capacidades de ingeniería local. Estas circunstancias, generarán nuevos retos en términos de seguridad y confiabilidad, no solo de las líneas de distribución, sino de diseño y desarrollo de los elementos que las componen, de tal forma que permitan reducir las pérdidas no técnicas.

Palabras Clave — Perdidas no técnicas, Medición Inteligente, Cable de conducción, Comportamiento social

1. Introducción

El impacto y la importancia que tienen las pérdidas no técnicas de energía en el presupuesto de las empresas de servicios públicos del sector eléctrico, representan un aspecto importante, estimado en un 18% para el año 2006, en dicho año la demanda comercial fue de 52.3 GWh/Año lo que representan una pérdida de 1.9 billones de pesos aproximadamente. Se hace evidente el esfuerzo que requiere la reducción de este tipo de pérdidas, implementando estrategias y tecnologías puntuales que permita disminuirlas (Romero López & Vargas Rojas, 2010).

Este artículo pretende describir brevemente el concepto de perdida no técnica y el impacto que puede tener para la empresa prestadora del servicio público. La descripción del tipo de perdidas no técnicas forma la base para describir la problemática en la que se encuentra el sector, y más aun, cuanto parte del problema se encuentra en temas socioeconómicos en donde el consumidor final aprovecha las deficiencias técnicas de la cadena de valor de la energía y procede a sustraer de manera ilícita el servicio público mediante conexiones no autorizadas, poco técnicas, y que pueden afectar la integridad de la comunidad.

2. Perdidas de energía

Las pérdidas eléctricas se clasifican en técnicas y no técnicas. Las primeras están vinculadas con la energía que se pierde en el proceso de transformación, medición y transporte de la electricidad a través del uso de materiales y equipos convencionales. Desde el punto de vista de las leyes físicas y con el uso de materiales y equipos desarrollados a la fecha, no ha sido posible reducir a cero las pérdidas técnicas. En el caso de las pérdidas no técnicas, estas tienen su origen en ineficiencias de carácter administrativo, comercial y en el uso indebido (o robo) de la electricidad.

Mohassel et al. (2014) indican que las pérdidas eléctricas a través de la cadena de valor de la energía se encuentran desde la generación, pasando por los sistemas de transmisión, distribución y utilización. Se puede hacer referencia a las pérdidas durante el proceso de generación las cuales son técnicamente definibles (pérdidas técnicas); sin embargo, las pérdidas durante la transmisión y distribución difícilmente se pueden medir, detectar, calcular y prevenir, lo cual impacta directamente en la utilidad de las compañías (Mohassel, Fung, Mohammadi, & Raahemifar, 2014).

2.1. PÉRDIDAS TÉCNICAS

Están relacionadas con la trasmisión de energía a través de diferentes equipos del sistema. Algunas de las causas son el recalentamiento natural de los conductores (efecto Joule), el efecto corona en las líneas de transmisión, así como el efecto de la suma de pérdidas por resistencia; en los transformadores por su parte, se presentan pérdidas tanto en los devanados como en el núcleo, que corresponden a pérdidas tanto en vacío como con carga (Intriago Acosta, Ramirez Quiroga, & Veloz Camino, 2004). Este tipo de pérdida se considera natural, debido a la disipación de energía en las líneas y componentes (Mohassel, Fung, Mohammadi, & Raahemifar, 2014).

2.2 PÉRDIDAS COMERCIALES

Están relacionadas con la deficiente gestión comercial o administrativa en actividades como errores de lectura, retrasos de facturación, errores en los equipos de medición, demoras en reconexión de servicio, falta de un registro adecuado de consumos propios, clientes sin identificación comercial, equipos de medición obsoletos y suspensiones no justificadas entre otros. Los sociales que se podrían describir como hurto de energía en las zonas de ingresos económicos escasos, a través de conexiones ilegales, y por hurto relacionado con conexiones ilegales (antes del contador) al sistema energético, o debido a la manipulación de los contadores para alterar el funcionamiento y disminuir así el valor de la factura. Este tipo de pérdida tiene una relación directa con el grado de automatización de los procesos de comercialización, lo cual se ve reflejado en la ineficiencia en los sistemas de lectura, facturación y recaudo. (Intriago Acosta, Ramirez Quiroga, & Veloz Camino, 2004)

3. TIPOS DE ROBO DE ENERGÍA

Haciendo una clasificación de los tipos de robo (Smith, 2004), se encuentran cuatro actividades diferentes: El primero es el fraude que consiste en la manipulación o engaño deliberado y consciente de los medidores. El segundo es robo, es decir, intervención directa de las líneas a través de las conexiones ilegales. El tercer tipo consiste en que los clientes sistemáticamente no pagan sus cuentas atrasadas durante un largo período de tiempo. El último tipo de robo consiste en la existencia de irregularidades en la facturación.

En lo que corresponde a la problemática de las pérdidas no técnicas se ha identificado que en países en vías de desarrollo, se registran pérdidas de un 10% a un 40% atribuidas a factores de intervención de la red eléctrica de forma ilegal de algunos consumidores, creando escenarios de fraudes que afectan la sostenibilidad de la operación de distribución de energía en las empresas de servicios públicos (Intriago Acosta, Ramirez Quiroga, & Veloz Camino, 2004).

Un caso de este tipo de problemática se evidencia en la investigación presentada por Henriques et al (2014), los autores describen un problema que definen "común" para las empresas de distribución de energía en Brasil, el fraude cometido por algunos usuarios quienes usan conexiones ilegales para obtener electricidad. Estas desviaciones producen pérdidas económicas a los concesionarios responsables de la distribución de la electricidad, que en Brasil terminan siendo penalizadas a los usuarios honestos, ya que las pérdidas no técnicas son cargadas a los precios del servicio electricidad.

En Brasil el análisis del comportamiento del consumidor es un foco importante de atención. Trabajos recientes se han concentrado en instalar equipos de bajo costo que analizan la medida de consumo eléctrico. Pero otros métodos como son los medidores inteligentes y medidores sin contacto están consiguiendo mayor relevancia. Para la identificación del fraude de energía, se pueden utilizar algunas técnicas, tales como contadores conectados en paralelo o un análisis directo. El uso de sistemas especializados ha atraído gran atención de los investigadores: el uso de datos históricos para identificar fraudes utilizando técnicas como de la ruta óptima, también el sistema inteligente llamado Máquina Soporte Vector y análisis de datos por el método de la evolución diferencial (ibid).

Autores como Wang et al (2011) mencionan que las pérdidas estimadas totales de energía alrededor del mundo igualan la capacidad de generación de Alemania, Reino Unido y Francia. Se estima que las empresas de servicios públicos pierden más de USD 25 billones de dólares cada año en robo de energía. En el caso de India el robo de energía es de USD 4.5 billones cada año. La recuperación de solo el 10% de esas pérdidas conservaría 83.000 GWh y reduciría las emisiones de carbono por 9.2 millones de toneladas anuales (ibid).

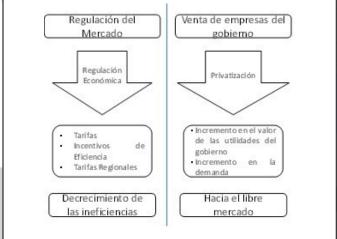
4. OTROS CAUSANTES DE PERDIDAS NO TÉCNICAS

Varios autores han definido los distintos métodos que se utilizan para cometer el fraude. Entre las técnicas recopiladas por Wang et al (2011) se encuentra la intervención directa a los alimentadores de distribución eléctrica, como transformadores, cables principales de distribución entre otras. Otra forma muy común de robo de energía se realiza manipulando el medidor. Este último método se realiza para intervenir la cantidad medida de electricidad. Entre los métodos específicos comúnmente identificados se cuenta con la

interrupción del disco rotatorio para insertar una película que disminuya la rotación del disco o la introducción de un fluido muy viscoso para el mismo fin. Otros métodos que se han identificado es la utilización de aparatos de radio frecuencia para interrumpir el funcionamiento del medidor o el intercambio de terminales de entrada y salida en el medidor, manipulando el medidor y exponiendo el mismo a un shock mecánico.

4.1 SOLUCIONES DESDE LA POLÍTICA PÚBLICA

En países como Turquía, donde se presenta una problemática relacionada con pérdidas no técnicas, se han tomado medidas desde el punto de vista de la política pública, comenzando por la regulación del mercado y la privatización, pasando por la entrega de beneficios e incentivos por eficiencia y financiación de entidades como universidades y otros que realicen actividades que permitan solucionar el problema y evitar el impacto que este tipo de pérdidas ocasiona (Tasdoven, Fiedler, & Garayev, 2012). La ilustración, muestra algunas soluciones propuestas e implementadas en Turquía.



Figura, 1. Esquema del uso actual de los instrumentos de gobierno para hacer frente a las pérdidas no técnicas. Fuente: (Tasdoven, Fiedler, & Garayev, 2012)

4.2. Redes y Medidores Inteligentes para con-TRARRESTAR EL EFECTO DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Se han utilizado sistemas de Redes inteligentes y medidores inteligentes con el fin de limitar la facilidad de realizar intervenciones en las redes. La Tabla 1 hace una breve referencia a un conjunto de técnicas de robo a través de medidores convencionales y sus efectos y permite establecer algunas de las medidas que se pueden tomar, por ejemplo: el cambio de contadores por medidores inteligentes. Sin embargo, algunas de las técnicas utilizadas en el robo de medidores electromecánicos funciona igualmente en sistemas con medidores inteligentes y AMI (Mohassel, Fung, Mohammadi, & Raahemifar, 2014).

Sin embargo, estos estudios dan cuenta de algunos de los posibles mecanismos de restricción, o contramedida, que pueden ser útiles parcialmente, o hasta cierto punto de la red, pero no necesariamente prevenir todos los problemas. De hecho, se ha comenzado a investigar cuales son los puntos débiles de los sistemas asociados con redes inteligentes y concretamente de la infraestructura de medición avanzada, por cuanto tienen una estructura de red compleja, cantidad limitada de medidores y datos privados sensibles. Se han presentado evaluaciones de los modelos de amenaza existentes (Figura 2), que se pueden presentar a pesar de la existencia de los AMI, o directamente relacionados con estos dispositivos, que permitan identificar la vulnerabilidad de los sistemas, y establecer futuras líneas de investigación para establecer soluciones tanto en la detección como en la prevención de robo de energía.



por robo de energía.

Fuente: (Jiang, y otros, 2014)

4.3. ANÁLISIS DE SOLUCIONES INCLUYENDO EVALUA-CIÓN ETNOGRÁFICA

La literatura técnica contempla dos variables a analizar al momento de identificar pérdidas en el sector eléctrico: Una está relacionada con el robo, y está orientado a identificar oportunidades de evitarlo, y la segunda establece una regulación para los usuarios fraudulentos, conforme a normativas. Sin embargo, a pesar de los desarrollos tecnológicos que se han generado para contrarrestar las pérdidas no técnicas de energía, la experiencia ha hecho evidente que esos métodos por si solos no solucionan el problema (Winther, 2012).

Por otro lado, existe un énfasis creciente en la litera-

tura "sobre los enfoques de abajo hacia arriba para combatir la corrupción en el que destacan la responsabilidad social y los métodos participativos de cómo los clientes pueden contribuir a mejorar el desempeño de los proveedores de servicios" (Winther, 2012). En esta corriente, se encuentra una identificación de oportunidades en la relación cliente-proveedor como elemento fundamental para evitar prácticas inadecuadas y no sostenibles con la energía.

servicios; finalmente, confianza en que los otros usuarios pagarán la cuota de servicio (Fjeldstad, 2004).

Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de analizar el comportamiento de los ciudadanos desde el punto de vista de su cultura, revisar las diferentes medidas de ética que puedan tener y su relación con la empresa que presta el servicio de distribución y transmisión de energía, con el fin de generar un conocimiento

Técnica de robo	Efecto	Contra medida en contadores inteligentes	
Conexión directa a las líneas de distribución	Zero lectura en el metro	Capaz de grabar lecturas de cero e informar proveedor de servicios públicos a través de AMI	
Conexión a tierra del cable neutro	Contador de energía supone el circuito no está completo y no mide	Capaz de grabar lecturas de cero e informar proveedor de servicios públicos a través de AMI	
Colocación de un imán para contador electromecánico	Campo magnético efectos de movimiento de la bobina y hace que se mueva lentamente o incluso detener	No bobina giratoria en contadores inteligentes	
El bloqueo de la bobina y la prevención de su rotación	Afecta el movimiento de la bobina y hace que se mueva lentamente o incluso detener	No bobina giratoria en contadores inteligentes	
Dañar la bobina giratoria es decir, golpeándola	Afecta el movimiento de la bobina y hace que se mueva lentamente o incluso detener	No bobina giratoria en contadores inteligentes	
Invertir las conexiones de entrada / salida	La bobina comienza a moverse en la dirección inversa, que es también un método para crear lectura más baja	No bobina giratoria en contadores inteligentes	
Transformador de Corriente (TC) la manipulación del alambre	Al dañar el aislamiento cables "en el lado secundario y cinta adhesiva.	Basado en el número de cables manipulados, el medidor puede ser obligado a leer menos o incluso cero	
Sabotaje caja a prueba	Transformador de Corriente (CT) por desplazamiento de fase Cambiar la posición de los cables dañados puede causar desplazamiento de fase que altera la lectura del medidor	Sabotaje caja a prueba	
En tres metros de fase, neutro se mantiene abierto y se utiliza sólo uno de cada tres fases	Medidor electromecánico asume que ninguna energía pasa a través de él para el cliente	Fuga a tierra (EL) parpadea	

Tabla. 1. Técnicas de robo de energía en medidores convencionales y contramedidas en Smart grid **Fuente:** (Mohassel, Fung, Mohammadi, & Raahemifar, 2014)

Sin embargo, las dos corrientes reconocen que el robo de energía radica en parte en la intervención de la naturaleza humana, así como comportamientos socioeconómicos que no pueden ser parametrizados inclusive teniendo equipos de medición avanzada (Jiang, y otros, 2014).

Esto plantea un escenario en donde no es suficiente solucionar los desafíos técnicos. Se deben tener en cuenta estudios etnográficos en lugares de alta ocurrencia de este tipo de irregularidades como Zanzibar (Tanzania) e Islas Sunderban (India) para establecer la relación de los usuarios del servicio con sus proveedores. Se pudo identificar que la moralidad y el grado de cumplimiento de los clientes, están condicionados por el tipo de relación que tenían con el proveedor (Winther, 2012). Uno de los aspectos relevantes de la cadena de valor se encuentra en la relación entre el cliente y el proveedor, y su grado de confianza, la cual puede ser afectada en tres dimensiones: la primera dimensión apunta al uso de los ingresos de la compañía para entregar los servicios que se esperan; la segunda, confianza en los procedimientos justos para aplicación de ingresos y distribución de

mayor del entorno, y de esa manera incrementar el grado de cumplimiento de los clientes y lograr sistemas de energía sostenible (Winther, 2012).

4.4. CONSIDERACIONES DE INFRAESTRUCTURA (CABLEADO)

Una parte de la problemática referente al robo de electricidad se encuentra en el tipo de infraestructura que se tiene al final de la cadena de valor, donde se hace más vulnerable el sistema. En este punto se encuentran las derivaciones a nivel residencial, en donde el sistema de cableado permite derivaciones artesanales, y en donde las empresas de servicios públicos también han ahondado esfuerzos para evitar robos en estos puntos.

Ciertos principios de diseño son comunes a los cables de alimentación eléctrica, se utilizan en el sector industrial o en la industria de suministro de electricidad, según lo anota autores como Banks & Fraser (2005).

La mayoría de tipos de cable para la conducción de electricidad pueden ser de cobre o de aluminio. Para

la mayoría de los cables de alimentación de forma de conductor serán compuestos de aluminio sólido, aluminio trenzado, cobre sólido (para los pequeños tamaños de cableado) o de cobre trenzado, aunque la elección puede estar limitada en ciertos estándares de cables. Los conductores sólidos proporcionan mayor facilidad en el montaje de los conectores y el ajuste de los núcleos en las juntas y terminaciones. Cables con conductores trenzados son más fáciles de instalar debido a su mayor flexibilidad, y para algunas aplicaciones industriales es necesario un conductor altamente flexible (Banks, 2005).

Dónde la extensión de las rutas de cable son relativamente cortas, un cable multi-núcleo es generalmente más barato y más conveniente de instalar que el cable de un solo núcleo. Cables unipolares son utilizados en circuitos donde las corrientes de carga requieren el uso de grandes tamaños de conductores, entre 500 mm y 1200 mm. En estas circunstancias, la conexión en paralelo de dos o más cables multi-core sería necesaria con el fin de lograr la capacidad requerida de transmisión y esto presentaría dificultades de instalación, especialmente en cajas de conexionado.

Cable de un solo núcleo también podría ser preferido donde el tamaño de los conductores es pequeño, y se necesitan cables más largos, entre las bahías conjuntas o en la colocación, unión y terminación que dictan su uso. A veces, es preferible utilizar un cable de 3 hilos en la parte principal de la longitud de la ruta de conducción y utilizar el cable de un solo núcleo para entrar en el espacio restringido de una caja de terminación. En este caso, una transición de un tipo de cable a la otra se consigue utilizando articulaciones que se colocan varios metros de la caja de terminación (Popovic, 2003).

Cables blindados son útiles en aplicaciones en las que los rigores de la instalación son severos y donde se requiere un alto grado de protección externa contra impactos durante el servicio. Armadura de cables de acero (SWA) estos cables están comúnmente disponibles aunque los cables blindados con cinta de acero (STA) también están disponibles para su uso. En general, se prefiere los SWA, ya que permite que el cable se introduzca en una instalación con un sistema que jalona y agarra el cable de la parte exterior de la cubierta externa y transfiere toda la tensión tirando a la SWA. Esto normalmente no se puede hacer con cables STA, debido al riesgo de dislocación de las cintas de armadura durante el tirón (ibid).

Los sistemas de protección Múltiples a tierra (PME) realizan el uso combinado Neutro y Tierra (CNE). La ventaja de este tipo de cables es la eliminación de un

conductor por el uso de tierra y neutro concéntrico, junto con la introducción de nuevos diseños que utilizan aluminio para todos los conductores de fase (Tora Galván, 1997).

Anteriormente los tipos de cable CNE se establecieron, con aislamiento de papel de 4 núcleos enfundados y el cable blindado se utilizaba comúnmente. Los cuatro conductores eran las tres fases y el neutro, y la vaina de plomo el camino a la tierra de la subestación. El incentivo para la PME fue la necesidad de mantener una buena puesta a tierra para la protección de los consumidores. Con los cables de papel, mientras que la propia cubierta de plomo pueda llevar adecuadamente las corrientes de defecto a tierra a través del transformador existe la vulnerabilidad en la integridad del circuito debido a las conexiones pobres y vulnerables en las articulaciones y en las terminaciones. Al utilizar el conductor neutro del cable de alimentación para este propósito se evitó la necesidad de un conductor de tierra separada (Ibid).

5. CONCLUSIONES

Para disminuir los indicadores de perdida de energía en el país y mejorar los indicadores de eficiencia en empresas de servicios públicos se deben hacer esfuerzos en campañas que promuevan el mejor uso de la energía eléctrica en hogares y empresas, haciendo énfasis en los peligros para la salud publica y el posible daño a los equipos conectados a la red.

A su vez, es necesario crear mayores niveles de confianza entre el proveedor de servicios públicos y los usuarios, y esto se puede conseguir a través de la implementación de mejor tecnología y equipos más eficientes, tanto por parte del proveedor de servicios como el usuario. Por parte del proveedor, por ejemplo, la implementación de sistemas de medición inteligente y reportes en tiempo real de consumos que permitan tomar acciones oportunas respecto a la eficiencia de la operación, mejoraría la confianza entre las partes. Por parte de los consumidores, promover el uso de electrodomésticos de menor consumo de energía, la racionalización del consumo y la no intervención de los sistemas de monitoreo de consumo de electricidad es vital para una buena gestión de la energía.

Para finalizar, es necesario maximizar los beneficios tanto para la comunidad como para las empresas de servicios públicos, el Estado podrá ser garante de esto, mediante una legislación apta que permita una relación benéfica para las partes, que se refleje en una mejora de la competitividad y un uso racional del recurso eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Fjeldstad, O.-H. (2004). What's trust got to do with it? Non-payment of service charges in local authorities in South Africa. *J. of Modern African Studies*, 539–562.
- Gudmundsson, J., & Horton , M. (2016). *Spatio-Temporal Analysis of Team Sports*. Nueva York: Cornell University.
- Intriago Acosta, R., Ramirez Quiroga, C. A., & Veloz Camino, H. A. (2004). Plan Estratégico para la reducción de pérdidas comerciales en la Empresa Eléctrica Distribuidora Regional Manabi (EMELMANABI S.A.). Guayaquil Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Isaac, L. (2015). Technology in Sport. Sports Management, 1-2.
- Jiang, R., Lu, R., Wang, Y., Luo, J., Shen, C., & Shen, X. (2014). Energy-Theft Detection Issues for Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid. TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY, 105-120.
- Mohassel, R. R., Fung, A., Mohammadi, F., & Raahemifar, K. (2014). A survey on Advanced Metering Infrastructure. *Electrical Power and Energy Systems*, 473–484.

- Popovic, L. (2003). Determination of the reduction factor for feeding cable lines consisting of three single-core cables. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 18(3), 736-743.
- Romero López, J., & Vargas Rojas, A. (2010). Modelo de incentivos para la reducción de pérdidas de energía eléctrica en Colombia. *Artículo de investigación Rev. maest. derecho econ.*, 6(6), 221-257.
- Smith, T. B. (2004). Electricity theft: a comparative analysis. *Energy Policy*, 2067–2076.
- Tasdoven, H., Fiedler, B. A., & Garayev, V. (2012). Improving electricity efficiency in Turkey by addressing illegal electricity consumption: A governance approach. *Energy Policy*, 226–234.
- Tora Galván, J. (1997). *Transporte de la energía eléctrica*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Winther, T. (2012). Electricity theft as a relational issue: A comparative look at Zanzibar, Tanzania, and the Sunderban Islands, India. *Energy for Sustainable Development*, 111–119.

INNOVACION

VMI: UNA METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE PARTES EN LA INDUSTRIA AU-TOMOTRIZ

Hermann Fuquen, Consultor en Innovación Tecnológica

Resumen — El sector automotor depende de una logística optimizada en todos los eslabones de su cadena de abastecimiento para alcanzar altos niveles de servicio y cumplir los tiempos para satisfacción de los requerimientos del cliente final. Esto aplica tanto en la entrega de autopartes y componentes para las líneas de ensamble de vehículos, como para los talleres que ofrecen servicios post-venta y requieren contar con inventarios para una rápida respuesta ante requerimientos de piezas específicas de reemplazo. En este artículo se identificarán los sistemas más usados para la gestión de inventarios y procesamiento de órdenes de abastecimiento, que permiten una optimización de la cadena logística y el aseguramiento de un servicio post-venta de alta calidad.

Palabras Clave — Logística, Gestión de Inventarios, Autopartes, Cadena de Abastecimiento

1. Introducción

En este artículo se abordará una metodología logística para la optimización de la cadena de abastecimiento especialmente diseñada para la industria automotriz, también se identificará el estado del arte de las tecnologías actuales aplicables a la industria automotriz.

Dentro de las investigaciones para la gestión de la cadena de abastecimiento, los esfuerzos para minimizar los costos totales en términos de la reducción en la cantidad de inventarios a lo largo de las cadenas de suministro, ha sido una tarea recurrente en la industria. Sin embargo, lograr este objetivo se ha convertido en una difícil tarea, debido a que la demanda de los clientes se ha vuelto cada vez más diversa y los ciclos de vida de los productos más cortos. En muchos casos, las necesidades del cliente se hacen impredecibles y las situaciones económicas crean la existencia de patrones no estacionarios (Kim & Jun, et.al, 2005).

Esta situación ha llevado que sea difícil satisfacer la necesidad de los clientes, con metodologías logísticas de amplio uso en esta industria como el Justo a Tiempo (JIT – Just in Time) resultando en perdida de ventas o altos costos para resguardar altos inventarios (Ibid).

A continuación, se mostrará el estado del arte de una de las prácticas logísticas aplicables y los últimos desarrollos para el manejo de inventarios en la industria automotriz.

2. VENDOR MANAGEMENT INVENTORY - VMI

Según Fry et al., (2001) la metodología VMI de gestión de inventarios del vendedor se presenta cuando se genera un acuerdo entre un agente aguas arriba de la cadena de abastecimiento, como un proveedor o fabricante, y un agente aguas abajo de la cadena, como un vendedor minorista o distribuidor, en el que se pacta que el primero (fabricante) tomará el control de la gestión de los inventarios del segundo (vendedor minorista). Bajo el esquema VMI el fabricante toma las decisiones en cuanto al tiempo y cantidad de entregas de material al vendedor. En algunos casos según el acuerdo, el fabricante puede seguir siendo el dueño de los artículos suministrados aun cuando estén localizados en las instalaciones del vendedor, bajo el título de consignación.

Los programas VMI utilizan información compartida entre los dos actores con el fin de ajustar los inventarios a las demandas de los clientes, basados en las políticas de inventarios que se concierte entre ambos. En un típico sistema VMI el vendedor constantemente está informando al fabricante el nivel de inventarios, con lo que el fabricante de manera autónoma decide cuando y cuanto enviar de material a cada vendedor (Fry et al., 2001). Estos sistemas de intercambio de datos para desarrollar las metodologías VMI se basan en sistemas de información robustos que muchas veces utilizan tecnologías como el RFID (Radio Frequency Identification) como se describirá posteriormente.

Una de las primeras implantaciones de sistemas VMI data de la década de 1980 entre Procter & Gamble y WalMart, el cual se cita como un caso exitoso que ayudo a reducir los costos para ambos actores. Otros ejemplos de este tipo de implementaciones se docu-

mentan en casos empresariales como el de Intel y Lexmark en suministro de periféricos, Boeing y Alcoa en manufactura pesada (Fry et al., 2001).

Es de destacar que la disminución de costos no esta garantizada con la simple implementación de estos sistemas, ligados a la disminución de inventarios y aumento en los niveles de servicio, debido al conjunto de variables que afecta su operación. Para los vendedores generalmente hay una disminución en costos, debido a que el fabricante asume los procesos administrativos para el manejo de inventarios, trasladando este costo (Ibid). De otro lado, el fabricante cuenta con información sobre la demanda real del consumidor, lo que le podría permitir ahorros en la programación de producción. Por tanto, los sistemas VMI fomentan los acuerdos cooperativos entre los actores de la cadena de abastecimiento que pueden redundar en contratos a largo plazo, términos de pago favorables entre otras (Ibid).

2.1 Ventajas del Modelo VMI

Al comparar el modelo VMI con el método tradicional para el manejo de inventario donde el distribuidor toma las decisiones, según lo menciona Mishra & Raghunathan (2004) se presentan varias ventajas, por lo que los distribuidores deberían estar interesados en adoptar las metodologías VMI para sus negocios. Estos autores indican ventajas como el fomento de competencia entre los proveedores de piezas y artículos. Cuando un cliente final no encuentra disponible el elemento que busca de determinado proveedor, es posible que adquiera el producto competidor de otro proveedor que se encuentra en inventario. Por tanto, los fabricantes bajo el modelo VMI pueden empezar a buscar satisfacer la demanda de sus consumidores tradicionales, pero también de nuevos consumidores que no encuentran el producto de su competidor. Para el distribuidor es beneficiosa esta competencia ya que los fabricantes tenderían a rivalizar en cuanto a espacio en bodega o cantidades de inventario para asegurar la disponibilidad de su producto.

Mishra & Raghunathan (2004) concluyen en su investigación a través de un caso de estudio en que se aplica un modelo matemático, que describe a dos fabricantes de piezas independientes y un distribuidor, los cuales deberían estar interesados en adoptar los modelos VMI, debido a un aumento potencial en sus

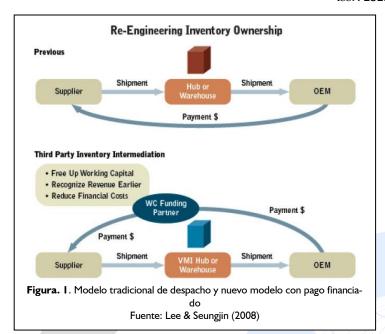
ganancias. Esta modelación demuestra que la competencia entre fabricantes de productos substitutos es favorable para el distribuidor al compararlo con los modelos tradicionales de pedidos decididos por el distribuidor. Debido a que en los modelos VMI se acuerdan las políticas y capacidades de inventario del distribuidor, este modelo reduce y optimiza el costo de mantenimiento de inventarios y reduce los costos generados por perdida de ventas cuando el elemento no se encuentra disponible.

Un interesante hallazgo se define en que la conveniencia para los fabricantes de adoptar VMI puede no ser tan alta desde el punto de vista económico, ya que los costos de gestión de inventarios aumentan cuando el fabricante se hace cargo de sus distribuidores. Sin embargo, la información de la demanda puede ser un insumo clave para los fabricantes y así como la posible disminución de los costos de mantenimiento de inventarios. Al trasladar piezas a los distribuidores hace que este tipo de manejo pueda llegar a ser un buen incentivo para los fabricantes (Mishra & Raghunathan, 2004).

2.2 Cuestiones de Propiedad y Manejo

Dentro de los nuevos modelos logísticos para el manejo de los inventarios como VMI uno de los aspectos a evaluar en la definición de mecanismos de manejo de inventarios redunda en la política de propiedad de los inventarios, su ubicación y cómo se realizan los pedidos de abastecimiento. Lee & Seungjin (2008) analizan esta situación y formulan las distintas opciones de negociación entre el fabricante y distribuidores. Se examina el tradicional mecanismo de compra y propiedad del inventario por parte del distribuidor, así como el de inventario por consignación, donde la propiedad permanece en el fabricante, aunque este ubicado en las instalaciones del distribuidor.

Otra alternativa mencionada es la de trasladar la propiedad del inventario a un tercero. Este es el caso de fabricantes de OEM (Original Equipment Manufacture) en el cual una entidad financiera compraba los inventarios sin necesidad de cambiar su ubicación geográfica a cambio de un pago de interés. Bajo este modelo, una vez se vendían las unidades se pagaban a la entidad financiera más el interés (Lee & Seungjin, 2008). A continuación, se muestra este modelo gráficamente.



La anterior ilustración muestra este esquema de propiedad por un tercero que es el propietario del inventario en comparación al tradicional de pago directo.

Otras cuestiones respecto al manejo del inventario se centran en la localización del mismo, para lo que se proponen soluciones como ubicación en el sitio del comprador, en un centro de distribución del fabricante interno a sus instalaciones y otro externo a sus instalaciones. Finalmente, se examina la forma de hacer los pedidos de reabastecimiento (Lee & Seungjin, 2008). En la siguiente ilustración se muestran distintos casos para varias entidades y se explica como solucionaron los tres aspectos críticos para el manejo del inventario mencionados anteriormente.

La figura 2 muestra como en el caso de distintos fabricantes e industrias se han adoptado distintas soluciones para el manejo de los inventarios. Se destaca el caso de SATURN, donde es el fabricante quien toma las decisiones de reabastecimiento y el de Volkswagen. donde es el distribuidor quien toma esta decisión. Los casos 1 y 6 son los escenarios tradicionales en donde no hay transferencia de propiedad ni poder de decisión.

2.3 VMI y la Inteligencia de Negocios

Como se hace evidente de las anteriores definiciones y aproximaciones a las ventajas de VMI, se puede resaltar su afinidad con el uso de herramientas de inteligencia de negocios para explotar las ventajas de esta metodología.

Según Algara & Charen (2008) la inteligencia de negocios ayuda a analizar la información que se genera con VMI a través de la cadena de suministro, en la

que se pueden realizar las siguientes actividades:

- Realizar un detallado y profundo análisis de las transacciones de ventas históricas, anticipar mejor la demanda, y relacionar sus posiciones de almacenamiento tanto a corto como a largo pla-
- Realizar con precisión el seguimiento del inventario en toda la cadena de suministro, desde el pedido a través de centros de distribución a los puntos de distribución.
- Desarrollar y potenciar modelos de análisis de comportamiento basadas en hechos de los clientes para comprender los factores que influyen en las ventas.

Design	Whose (Inventory Ownership)	Where (Inventory Location)	How (Replenishment Control)	Descriptor	Example
1	Buyer	Buyer	Buyer	Traditional Model	Standard
2	Supplier	Buyer	Buyer	Consignment Model	Pepsi-Cola, Volkswagen
3	Buyer	Buyer	Supplier	VMI without Consignment	Saturn
4	Supplier	Supplier	Buyer	Buyer Controller Supplier Hubs	Dell, Amazon
5	Supplier	Buyer	Supplier	VMI with Consignment	Nokia, Smart
6	Supplier	Supplier	Supplier	Traditional Model	Standard
7	Buyer	Supplier	Buyer	Pre-Positioning, Reverse Consignment	Seagate, Xilinx
8	Buyer	Supplier	Supplier	Forward-Buying	Cisco, Starbucks
9	Supplier	Third Party	Supplier	VMI with Consignment & Third-Party Owned Hub	Apple Computer
10	Third Party	Supplier	Supplier	Supplier Hub with Inventory Financing	Circuit City

Figura. 2. Casos de propiedad de inventarios en la industria

Al utilizar entornos de Business Intelligence de clase mundial, se aumenta la visibilidad en la gestión de inventarios, sin obstaculizar las operaciones diarias. Mediante la extracción de información proveniente de sistemas dispares en un repositorio centralizado, como una bodega de datos empresariales, los distribuidores están informando sobre indicadores relacionados con su cadena de suministro, ventas, producción y operaciones internas para tomar mejores decisiones basadas en hechos empresariales. Mediante la utilización de la bodega de datos que soporta la definición de tendencias para datos históricos y futuros, tales como semanas de suministro, venta directa, rotación de inventarios, el retorno del margen bruto en el inventario y la contracción de ventas, los distribuidores pueden mejorar la calidad de sus datos y su precisión, para así gestionar los niveles de inventario y evitar la pérdida de ventas o de exceso de oferta, proporcionando a los vendedores externos mayor visibilidad en el rendimiento del producto y permitiendo a los gerentes y ejecutivos tomar decisiones más oportunas, utilizando un conjunto común de datos fiables en toda la comunidad de usuarios.

2.4 Sistemas de Contratación en modelos VMI

Uno de los principales factores en la definición de modelos VMI, esta centrada en los términos de contratación entre fabricantes y distribuidores. Estos términos definen las políticas comerciales tales como las responsabilidades en el remplazo de inventario, así como las reglas para compartir el costo de la cadena de abastecimiento. En la investigación efectuada por Nagarajan & Rajagopalan (2008) se examinan mecanismos para la fácil contratación de sistemas VMI, en la que se puedan acordar pagos justos e incentivos para que todos los actores de la cadena de abastecimiento vinculada al VMI colaboren entre sí.

Particularmente estos autores se centran en mecanismos de subsidio para los costos de inventario, donde el distribuidor carga al fabricante un monto por unidad promedio de inventario usado, permitiendo al fabricante realizar la gestión del inventario. De esta manera se intenta ofrecer un esquema justo y atractivo para la aplicación de metodologías VMI entre distintas entidades.

En el sector automotor, un claro ejemplo de esquemas de contratación esta dado por el llamado "bajo consignación" en el que los inventarios son propiedad del fabricante pero están colocados en las bodegas del distribuidor listos a ser dispuestos. En este caso, el fabricante asume la inversión en el costo del capital y el distribuidor asume el costo del espacio, seguridad, entre otros. En este caso el fabricante asume parte del costo de mantenimiento del inventario por lo tanto se genera un subsidio.

3. Antecedentes de la aplicación de sistemas VMI

El caso más representativo del inicio en la aplicación de sistemas VMI en el mundo, fue desarrollado por General Motors en Estados Unidos con su división de vehículos SATURN, mencionado en el caso de estudio de Cohen & Cull et.al (2000). El caso de SATURN es representativo ya que demostró como el desarrollo tecnológico en cadenas de suministro llevo a un servicio post-venta de alta calidad y a la lealtad de los clientes a la marca.

Lo que SATURN llevo a cabo fue la adopción y el continuo refinamiento del concepto de gestión del inventario conjunta, una variante del VMI descrito anteriormente, que implica compartir los riesgos del inventario con los distribuidores y concesionarios. SATURN demostró que al implementar una estrategia para satisfacer la demanda de partes para sus clientes, pudo incrementar sustancialmente el nivel de satisfacción de los usuarios de sus vehículos en servicios post-venta.

El inventario de los distribuidores de SATURN llegaba a rotar más de 7 veces al año, superando en su momento a todos los niveles de rotación de inventarios de sus consumidores, haciendo que sus distribuidores tuvieran siempre las partes requeridas por los clientes.

Esa eficiencia llevo a dos beneficios para SATURN como fueron la alta rentabilidad y satisfacción de sus distribuidores y el incremento en la lealtad de sus clientes. SATURN estaba considerada como una de las 10 marcas de automóviles con mejor servicio en su cadena de abastecimiento (Ver Figura 3.), comparado favorablemente con marcas de autos lujosos como VOLVO, LEXUS e INFINITI.

Como era de esperarse, los clientes de SATURN volvían a los concesionarios por reparaciones y mantenimientos programados por muchos años debido a la alta fidelidad que adquirían con la marca. Esta buena posición para SATURN se debió a una estrategia de trabajo cooperativo en su canal de socios, con los distribuidores, donde estos suministraban información de sus ventas e inventarios y SATURN realizaba las decisiones de reposiciones de partes. La definición de incentivos aseguraba que los riesgos y recompensas de la colaboración fueran adecuadamente distribuidos (Cohen & Cull et.al, 2000).

4. ESTADO DEL ARTE – REVISIÓN DE PATENTES

Se realizó una revisión de patentes en el mes de Octubre de 2016, tomando distintas bases de datos. Aunque se encontraron invenciones relacionadas al manejo de inventario con VMI para el sector de consumo, solo se encontraron algunas relacionadas con el sector automotor; a continuación se destacan estas últimas:

a. Patentes Vendor Management

Esta patente describe un sistema general VMI para el manejo de inventarios en bienes de consumo se resume a continuación:

Vendor-managed inventory method and system

Número de solicitud: 09/918,108

Número de publicación: US 2003/0023501 A1 Cesionario original: Shipley Company, L.L.C.

Fecha de presentación: 30 Jul 2001

Esta patente describe una herramienta VMI para el monitoreo y remplazo automático de inventario tal y como se describe en los procesos VMI mencionados anteriormente.

b. Patentes para el manejo de partes automotrices

De las patentes estudiadas, la gran mayoría con aplicaciones en el sector automotor, correspondía al ma-

nejo de inventarios de vehículos junto a los concesio-iv. narios; sin embargo, en cuanto al manejo de partes y repuestos solo se encontraron algunas patentes como las que se resumen a continuación:

i. Historical vehicle parts database system

Número de patente: 7945478 Fecha de presentación: 17 Mar 2010 Cesionario original: HyperQuest, Inc.

Fecha de emisión: 17 May 2011

La anterior patente se enfoca en llevar una base de datos histórica sobre las partes vendidas en concesionarios a través de un sistema computacional. El sistema incluye el control de inventarios de varios concesionarios y las interfaces Web para su gestión. La patente esta enfocada en proveer información a los aseguradores de vehículos, para pronosticar las partes más demandas por sus clientes y así generar mejores políticas de inventarios en los centros de atención y reparación, así como políticas de compras de partes.

ii. Inventory and parts management system and method particularly suited to automotive dealer applications

Número de solicitud: 10/101,917 Inventor: Stephen D. Reading

Número de publicación: US 2002/0138373 A1

Fecha de presentación: 19 Mar 2002

La patente se refiere a sistemas de gestión de inventarios específicamente entre concesionarios y fabricantes de partes de automóviles, la invención incluye la calificación de los concesionarios, sistemas para informar las piezas que no rotan para ser devueltas al fabricante entre otras.

шi. Integrated inventory management system

Número de patente: 7216096

Fecha de presentación: 22 Nov 2000 Fecha de emisión: 8 May 2007 Número de solicitud: 09/718,955

Inventores: James H Untiedt, Nagendra Prasad, Todd

C DeLong, William C Steel

Cesionario original: DaimlerChrysler Corporation

Esta patente describe un sistema de gestión de inventario que estructura datos de información de órdenes de partes de concesionarios; el sistema puede recibir una solicitud para llenar una orden de repuesto de vehículos y es capaz de determinar una lista de posibles proveedores o distribuidores que tienen la parte del vehículo solicitada. Incluye una base de datos con los inventarios de concesionarios suscritos, todo a través de sistemas de información.

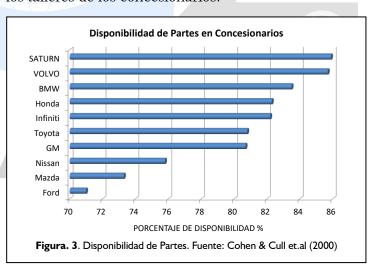
E2 automobile dealership information management system

Inventores: Kathryn A Jones, Patrick H Caruso, Dorothy B Thompson, Mark A Guisinger, Christopher M Scott, Lawrence J Deters, Parrish Hanna, Steven P. Gaeke, James C Adkins, Macarthur Kammeron, Michael S Gokey, Wiilliam E Jamison, Edward J Wasser, Paul J. Militello

Cesionario original: Reynolds and Reynolds Holdings,

Número de patente: 7249322 Fecha de presentación: 20 Feb 2001 Fecha de emisión: 24 Jul 2007 Número de solicitud: 09/785,462

La anterior invención proporciona, una arquitectura de software de aplicaciones, integrado con todas las funciones requeridas por un concesionario de automóviles, incluyendo ventas, finanzas y seguros, contabilidad, Recursos Humanos / nómina, partes, servicio, y el núcleo E2 (incluidas las funciones de gestión de clientes, gestión de vehículos, actividad / procesos, roles, usuarios / departamentos, seguridad, la interfaz de usuario, informes, impresión y mensajería instantánea), junto con facilitadores de comercio electrónico, integración de la cadena de suministro, y un sistema de comunicación. La invención también proporciona bases de datos relacionales, (interfaces gráficas de usuario, es decir, basados en navegador, interfaces de programación de aplicaciones). Adicionalmente, se puede implementar en un centro de operaciones con un servidor de Microsoft Windows. También incluye el manejo de partes y su inventario en los talleres de los concesionarios.



5. CONCLUSIÓN

La industria automotriz está consolidando medios para integrar su cadena logística por distintos canales, sustentados en las tecnologías de información y comunicaciones, así como en métodos organizacionales que permiten desencadenar distintos tipos de innovaciones en procesos y organización. La gestión de inventarios se hace cada vez más eficiente gracias a sistemas como el descrito VMI, el cual será parte fundamental para mejorar el servicio al cliente y aumentar la utilidad esperada de los negocios del sector automotor.

Se espera que las innovaciones en manejo de inventarios integren cada vez más información generada en tiempo real y se comparta con todos los interesados, para optimizar los modelos de distribución de manera permanente y así generar pronósticos de demanda que permitan la planeación de la producción de manera eficiente en los fabricantes.

BIBLIOGRAFÍA

Algara & Charen (2008). 5 Ways Business Intelligence Can Enhance Inventory Management. B Eye Network – US Edition. Disponible en: http://www.b-eye-network.com/view/8599

Cohen, M. Cull, C. Hau, L. Willen, D (2000). Saturn's Supply-Chain Innovation: High Value in After-Sales Service. MIT Sloan Magazine Summer 2000. Volume 41, Issue # 4.

Fry, M. J., Kapuscinski, R., & Olsen, T. L. (2001). Coordinating production and delivery under a (z, Z)-type vendor-managed inventory contract. Manufacturing & Service Operations Management, 3(2), 151-173.

Kim, C. O., Jun, J., Baek, J. K., Smith, R. L., & Kim, Y. D. (2005). Adaptive inventory control models for supply chain management. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 26(9-10), 1184-1192.

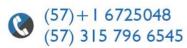
Lee, H.L. & Seungjin, W. (2008). The whose, where and how of inventory control design. Supply Chain Management Review. 12. 22-29.

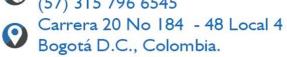
Mishra, B. K., & Raghunathan, S. (2004). Retailer-vs. vendormanaged inventory and brand competition. Management Science, 50(4), 445-457.

Nagarajan, M., & Rajagopalan, S. (2008). Contracting under vendor managed inventory systems using holding cost subsidies. Production and Operations Management, 17(2), 200-210.



















www.colinnovacion.com