TECNOLOGÍA: RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Gestión tecnológica de agua en empresas curtidoras: sistema de monitoreo de variables ambientales.

Technology management of tannery's water: monitoring environmental variables.

Edición Nº 20 – Agosto de 2014

Artículo Recibido: Mayo 02 de 2014

Aprobado: Agosto 06 de 2014

AUTORA

Lorena del Carmen Álvarez-Castañón
Doctora en Administración con acento en gestión de innovación y tecnología, Ingeniero en Sistemas Computacionales.
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), Evaluadora acreditada del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, en el área de ingeniería e industria.
Profesora-Investigadora de tiempo completo en la Universidad de Guanajuato, campus León; Profesora invitada del Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación de la Universidad Autónoma de Querétaro (programa del PNPC-CONACYT).
Guanajuato, México
Correo electrónico: lc.alvarez@ugto.mx

Resumen

La gestión del agua en México está inmersa en una profunda crisis multidimensional. La industria es el usuario de agua que más contamina y uno de los que más consume; uno de los sectores industriales con histórico impacto ambiental en México es el curtidor, en la ciudad de León ha sido la responsable del severo deterioro ambiental del acuífero del Valle de León. Este trabajo se relaciona específicamente con el problema de la innovación tecnológica en las empresas curtidoras, los conflictos socioambientales en la zona, asociados con el alto consumo hídrico, marcan la pauta para identificar propuestas de innovación tecnológica que aporten al alivio de la problemática ambiental en León. A partir de esto, una investigación de tipo cualitativo, en una tenería mediana que integra a su proceso de tratamiento de agua un sistema de medición, monitoreo y recopilación de la información de variables ambientales, ha arrojado resultados positivos respecto a la reducción del consumo de agua y de insumos químicos de proceso. La pregunta central fue ¿los sistemas de monitoreo de variables ambientales (SiMoVA) son una alternativa viable

para abonar a la sustentabilidad hídrica en la industria de la curtiduría?. Los resultados encontrados dan cuenta de la viabilidad técnica y financiera de dichos sistemas en el proceso de tenería.

Palabras clave: Innovación tecnológica, sustentabilidad, gestión de agua, curtiduría.

Abstract
Water management in Mexico is immersed in a deep multidimensional crisis. The industry is one of the users of the water that more consumed and the biggest polluter; an industry with a historic environmental impact in Mexico has been the tanner, in Leon has been responsible for the severe environmental deterioration in the water bodies. This paper relates specifically to the problem of technological innovation and its contribution to water management in the tanning industry. Environmental conflicts in the area, associated with the supply and downloads, set the tone for identifying proposals for technological innovation that contribute to the alleviation of water problems in León. Starting from, a qualitative study in a medium tannery; the company integrates in her manufacturing water treatment process a supervisory control and data acquisition of environmental variables. This has yielded positive results with respect to technical and financial viability in tannery process.

Key words: Technological innovation, sustainability, water management, tannery.

Introducción

La gestión del agua en México está inmersa en una profunda crisis multidimensional que afecta directamente a la sociedad y al medio ambiente, aunado a los límites ecológicos que puede imponer a la economía. Los problemas son múltiples pero se pueden sintetizar en la incapacidad de garantizar de manera universal los servicios de agua potable y alcantarillado, en cantidad y calidad, así como asequibles para toda la sociedad (Barkin, 2006). Se añade el problema del quebrantamiento de los ecosistemas hídricos por la sobreexplotación y contaminación de los diversos cuerpos de agua (Álvarez y Tagle, 2014).

Uno de los usuarios críticos del agua es el industrial, mismo que se caracteriza por su fuerte impacto en la extracción de agua, pero principalmente por sus descargas; su demanda bioquímica de oxígeno es tres veces mayor que la del usuario doméstico. Un sector con histórico impacto ambiental el es curtidor, cuyo desarrollo se ha visto favorecido en México, ubicándolo entre los diez mayores productores de pieles a nivel internacional (ANPIC, 2013). La industria está altamente concentrada por entidad federativa, según

INEGI (2011), 73% de las curtidurías mexicanas se encuentran en la ciudad de León, 11% en Guadalajara, 11% en la ciudad de México y 5% en el resto del país.

La gestión del agua y energía en las curtidurías leonesas es un proceso complejo, el curtido al cromo es el método utilizado en el 80% de la industria, el resto curte con taninos vegetales (ANPIC, 2013). El impacto ambiental provocado por las empresas curtidoras se ha visto magnificado por los largos periodos, en los cuales el manejo de los desechos ha sido inadecuado; el establecimiento de sistemas de control de la contaminación se ha visto obstaculizado por las condiciones sociales y económicas que han prevalecido y el consumo hídrico es significativo.

Este trabajo se relaciona específicamente con el problema de la innovación tecnológica (IT) en las empresas curtidoras. El objetivo de la investigación es identificar propuestas de IT que aporten al alivio de la problemática ambiental en León. Por ello el documento se estructura en cuatro apartados, primero se esboza la postura teórica acerca de la innovación tecnológica para la sustentabilidad, enseguida se presenta el proceso de la gestión del agua en las curtidurías a fin de construir el objeto de estudio. Posterior se presenta la estrategia metodológica para seguir con el análisis y discusión de resultados.

1. Innovación tecnológica para la sustentabilidad

Uno de los retos más acuciantes por los que atraviesan las sociedades modernas es el medio ambiental, donde la IT tiene un papel preponderante en la relación industria-ambiente. La Ecología Industrial (EI) es el área de la economía ambiental que se encarga de dicha relación, a través del desarrollo de la IT, con el fin de aminorar el impacto de la misma en el medio ambiente.

El desarrollo de la IT debe cumplir con las características esenciales de: responsabilidad, respeto, prevención, obligación de saber informar y obligación de compartir el poder (Riechmann y Tickner, 2002). La IT debe orientarse como señala Leff (1986:173) a “la recuperación del potencial ecológico y ambiental. El saber técnico y científico es un recurso raro que debe crearse y administrarse para impulsar el desarrollo de la producción sustentable de recursos”.

Muchas empresas bajo la categoría de mercado “Empresa Socialmente Responsable (ESR)” han adoptado prácticas de eficiencia en materiales y energía para desmaterializar sus procesos productivos. Este enfoque plantea situaciones de “*win win*”, ya que la reestructuración de la industria genera procesos de sustentabilidad, junto con beneficios económicos a través de la reducción de costos y la ventaja competitiva que otorga la categoría de ESR en el mercado.

Para lograr una producción más amigable con los ecosistemas, diversas empresas han adoptado la ecoeficiencia y la producción más limpia; además de que enfatizan en un uso más responsable de los recursos y procuran minimizar los desechos y las emisiones generadas. De esta manera, se reduce la contaminación generada por la industria y las empresas generan valor agregado mediante el aumento de la calidad de los productos, aumentando así su competitividad (García 2008: 58).

García (2008) plantea que la sustentabilidad implica tener empresas relacionadas con su entorno y la inclusión de éstas en las esferas social-ambiental-económica (sostenibilidad). La relación empresa-ambiente ha permitido a éstas aumentar su rentabilidad basada en la protección al ambiente; reutilizar residuos como materia prima en otra industria; construir parques ecoindustriales; provocar una producción más limpia al final del tubo y valorar recursos naturales –aun cuando se consideran infinitos y no se toma en cuenta la irreversibilidad, ni la deuda ecológica generada por éstas-.

Desde la EI, se considera IT sustentable, aquella que aumenta la rentabilidad basada en la protección del medio ambiente y que efectivamente aminora los impactos industriales en el entorno. Además de que se considera imprescindible reestructurar la relación industria-ambiente para disminuir los impactos ambientales.

Como se mencionó anteriormente, un sector industrial con histórico impacto ambiental es el curtidor, por ello en la siguiente sección se esboza el proceso productivo y la gestión del agua en las empresas de dicho sector, con el fin de dar respuesta a la pregunta que guía este documento.

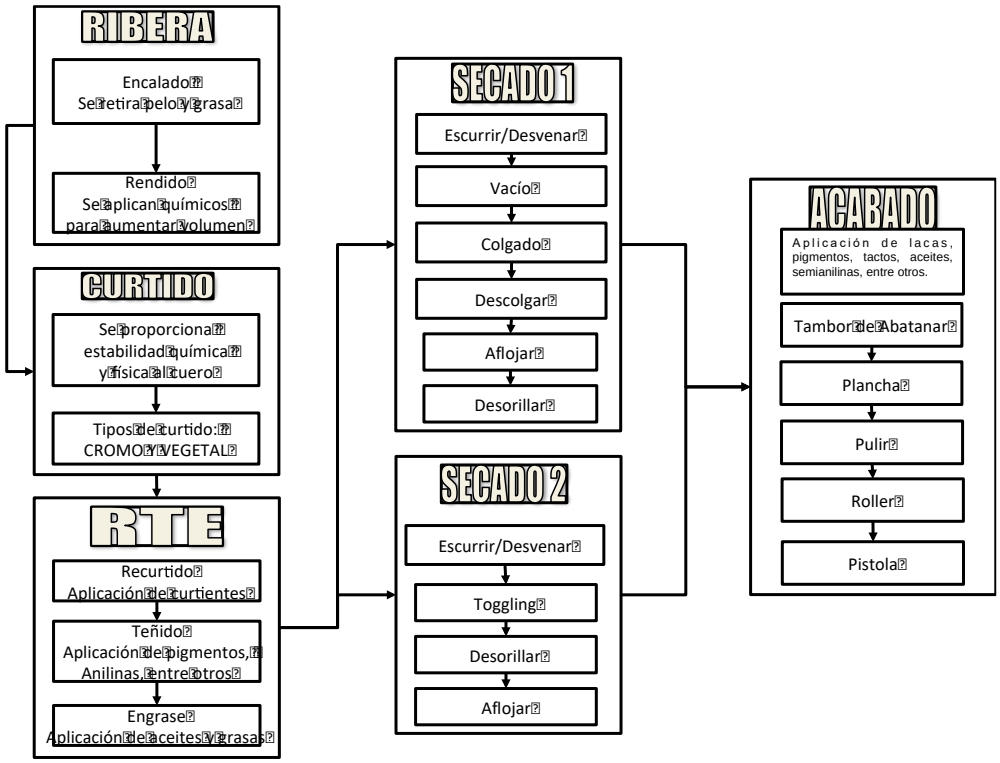
2. Gestión de agua en procesos de tenería

La industria de la curtiduría consiste en la transformación de cueros en pieles para la fabricación de diversos objetos; su producto es considerado un bien intermedio e insumo principal para otras industrias –como la de calzado o la automotriz-. Los tipos de cuero transformados con mayor frecuencia son de bovino, porcino, caprino, ovino y, en menor cantidad, de equino. Este proceso de transformación se puede clasificar básicamente en cinco etapas (figura I): ribera, curtido, RTE (recurtido-teñido-engrase), secado y acabado.

En la etapa de curtido, la temperatura promedio del agua utilizada en el proceso es de 70 grados, suponiendo que la temperatura ambiente del agua es de 21 grados, se requieren cantidades significativas de combustibles para subir su temperatura; la etapa de RTE implica una alta dosificación de productos químicos y alto consumo del recurso hídrico; la etapa de secado se caracteriza por altos consumos de energéticos –gas, diesel, energía eléctrica-, porque el cuero se somete a procesos de eliminación de exceso de agua, este proceso es fundamental en la calidad del cuero y descuidar el método de secado implica defectos en el producto.

Los efluentes de las tenerías contienen grandes cantidades de sangre, pelo, estiércol, proteínas tanto en solución como en suspensión, además de metales pesados como el cromo. La alta carga de materia orgánica provoca la creación de condiciones anaerobias de biodegradación, debido al elevado consumo de oxígeno disuelto. Estas condiciones, además de afectar la vida acuática, favorecen la producción de algunos gases nocivos como el hidrógeno sulfurado, dióxido de carbono y metano.

Figura I. Proceso de curtiduría



Fuente: elaboración propia, con base en datos obtenidos en el trabajo de campo.

En el cuadro I se presenta a manera de ejemplo, la composición de los efluentes en algunas etapas del proceso. En esta tesitura, el tratamiento y procesado de pieles y cueros origina un notable impacto sobre el medio ambiente, no sólo en el tema del agua, sino también por los altos consumos energéticos que requiere el proceso. Es indudable que la industria de la curtiduría es altamente contaminante, principalmente el grado de contaminación al agua como consecuencia de los vertidos no tratados, los cuales pueden producir un rápido deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Cuadro I. Composición de las aguas en diversos procesos del curtido

Proceso de humectación

PRODUCTO	CANTIDADES
Agua	100 – 150 %
Ácido Oxálico ($C_2H_2O_4$) *	0.2 - .05 %
Tensoactivo	0.2 - .05 %
Ácido Acético (CH_3COOH) *	0.2 - .05 %
Ácido Fórmico (HCOOH) *	0.2 - .05 %

Proceso de Recurtido Catiónico

PRODUCTO	CANTIDADES
Agua	80 – 120 %
Sulfato Básico de Cromo ($2Cr(OH)SO_4$)	0.8 – 2.5 %
Sulfato de Aluminio (Al_2SO4)	1.0 – 2.5 %

Neutralizado

PRODUCTO	CANTIDADES
Agua	100.0 - 150.0%
Formiato de Sodio (HCOONa)	0.5 - 2.0%
Bicarbonato de Sodio ($NaHCO_3$)	0.3 - 1.5%
Sales Neutralizantes y Tamponantes*	0.5 - 2.0%

Recurtido

PRODUCTO	CANTIDADES
Agua	80.0 - 100.0%
Recurtientes Vegetales *(mimosa, quebracho o castaño)	2.0 - 18.0%
Recurtientes Fenólicos	2.0 -6.0%
Recurtientes Naftalénicos	2.0 - 6.0%
Recurtientes Acrílicos	2.0 - 4.0%
Recurtientes Proteínicos	2.0 - 4.0%
Recurtientes Resínicos	2.0 - 4.0%
Glutardehídos	2.0 - 6.0%

Teñido

PRODUCTO	CANTIDADES
Ácido Fórmico	0.2 - 1.0%
Anilinas Ácidas	0.1 - 5.0%
Anilinas Directas	0.1 - 1.0%
Anilinas Básicas (Catiónicas)	0.1 - 0.5%
Nivelador de Anilina *	0.1 - 1.0%
Amoniaco *	0.5 - 1.0%

Engrase

PRODUCTO	CANTIDADES
Aceites:	
Sulfatado	2.0 – 6.0%
Sulfitados	1.0 – 4.0%
Sulfonados	2.0 - 10.0%
Sulfoclorados	2.0 - 10.0%
Crudos	0.5 - 1.0%
Ácido Fórmico (HCOOH)	0.5 - 3.0%

Fuente: elaboración propia en base a datos obtenidos en el trabajo de campo.

La actividad de la industria cuero-calzado en Guanajuato genera alrededor de 266,000 empleos directos. Las empresas de dicho sector industrial tienen grandes retos que resolver en la gestión de agua y de energía; sus procesos deben garantizar pieles de excelente calidad y 100% libres de agentes contaminantes. Por tanto, es indispensable desarrollar tecnologías eficientes de apropiación social, para disminuir el impacto socioambiental y que las empresas sean competitivas en el mercado nacional e internacional.

3. Estrategia metodológica

La investigación se define de tipo exploratoria cualitativa, ya que este trabajo se relaciona específicamente con el problema de la IT y su aportación a la gestión del agua en la industria curtidora. Es de carácter descriptivo, ya que busca caracterizar la relación que existe entre IT y la sustentabilidad, ello marca la pauta para identificar propuestas de IT que aporten al alivio de la problemática planteada. Bajo el supuesto que los SiMoVA son una alternativa de innovación tecnológica viable para optimizar el consumo de agua y los insumos químicos del proceso en las curtidurías de León, Guanajuato.

La estrategia metodológica que guía la investigación es de estudio de caso y la pregunta central fue ¿los SiMoVA son una alternativa viable para abonar a la sustentabilidad hídrica en la industria de la curtiduría?. El horizonte temporal transcurre en 2013, el sujeto de estudio fue una tenería mediana que se encuentra instalada en la ciudad de León, se reserva el nombre de la misma a solicitud expresa del informante.

La entrevista semi-estructurada y la observación directa fueron las herramientas de recolección de datos. Dichas entrevistas se realizaron al director general y al director de operaciones de la empresa sujeto de estudio. La observación directa fue sobre el proceso productivo, recogiendo también las impresiones de los operarios.

En el caso de la tenería estudiada, es miembro de *British Leather Centre* (BLC) y del *Leather Working Group* (LWG), quien le otorgó el *Gold Rated Medall;* este certificado se otorga a empresas que cumplen con los requisitos ambientales a nivel mundial. Éste valida que sus productos sean amigables con el medio ambiente mediante: gestión de energía para la eficiencia energética; gestión de agua, con procesos que reducen su consumo y la trata para el reúso en tareas de mantenimiento y riego de jardines; gestión de residuos, donde los clasifica y trata adecuadamente; aseguramiento de aire limpio, opera un sistema de control de emisiones; define una política de substancias restringidas.

Una vez esbozada la guía teórica y metodológica, en la siguiente sección se presentan los resultados de la investigación.

4. Innovación tecnológica para la sustentabilidad hídrica

La primera IT, relacionada con la gestión de agua, identificada en la empresa consiste en un sistema híbrido de precalentamiento de agua de proceso, cuyo objetivo es disminuir el consumo de energéticos fósiles. El sistema primario consiste en un arreglo de colectores solares y el sistema secundario es un sistema de gas LP que elevan la temperatura del agua en promedio de 21ºC a 70ºC, éstos conviven mediante un sistema mecatrónico que monitorea la temperatura y combina el trabajo de ambos sistemas para lograr la temperatura del agua que demanda el proceso. El promedio anual de la temperatura del agua calentada por el sistema primario es de 55ºC, aunque en los meses

de mayo y junio la temperatura del agua es cercana a 90ºC; por tanto, actualmente esta IT genera un ahorro del 60% en el consumo de gas LP –misma que opera desde 2008-.

La segunda IT identificada es la integración de un sistema *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) para la dosificación de formulaciones en procesos RTE, que en combinación con el uso de tambores de engrase ecológicos, genera ahorros significativos en el consumo hídrico y energético. Esta IT consiste en un sistema SCADA de monitoreo y control de dosificado de productos químicos, alimentado con información de *human machine interfaces (*HMI's) entre los tambores de proceso, para operar el sistema hidráulico mediante bombas de aire, mismas que trabajan mediante el principio de diferencia.

La tercera IT identificada es un SiMoVA integrado a la planta de tratamiento de efluentes, ésta es sobre la cual se profundiza en la investigación. El objetivo de ésta es monitorear la calidad del agua que es procesada en su planta de tratamiento, mediante indicadores de temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, nitratos, entre otros. Por ello, las mediciones se realizan en el registro de entrada antes de su ingreso del caudal a la planta de tratamiento y después de su proceso (salida de la planta de tratamiento).

El monitoreo de estas variables permite determinar el grado de contaminación del agua durante cada una de las descargas del proceso RTE. Con el análisis del banco de datos generado por el SiMoVA se determinan los parámetros óptimos para la construcción de cartas de control, además se pueden tomar acciones para ajustar las formulaciones –reducir las cantidades de químicos dosificados- y tiempos de proceso cuando sea necesario, con ello bajar el nivel de contaminación de los efluentes y reducir costos de operación.

El SiMoVA tiene una estructura de red y está compuesto de sensores, puertos de comunicación para envío y recepción de datos, controladores de hardware y software instalados en una computadora personal para monitoreo en tiempo real, con un sistema de alarmas integrado para reportar en forma automática situaciones fuera de control.

El impacto tecnológico del SiMoVA consiste fundamentalmente en que la empresa estudiada ha desarrollado tecnología propia, mediante un modelo de innovación abierta, para lograr la automatización del monitoreo de las variables del efluente de la planta y

optimizar los procesos de dosificación de químicos. El impacto económico es significativo por la reducción en el uso de productos químicos, la mejora en la implementación de las formulaciones y disminución en el uso del recurso hídrico; aunado a ello se disminuyen los tiempos en la inspección de las variables del efluente –turbidez, sólidos suspendidos, pH, demanda biológica de oxigeno (DBO)- y se asegura la calidad en las lecturas de medición.

Para validar financieramente el SiMoVA, se realizó un análisis comparado del consumo hídrico y de productos químicos antes y después de operar el sistema, durante un periodo de doce meses. En primer caso, se utiliza un indicador de litros por dm^2 producido mensual y se encontró que hubo un ahorro de 8.41% promedio mensual en el consumo del mismo. En el segundo, se utiliza un indicador en monto total de productos químicos por formulación y se encontró que durante el mismo periodo hubo un ahorro del 7.25% promedio mensual en el costo de ellos.

A manera de conclusiones

La industria curtidora ha hecho un uso desmedido de los recursos naturales, tanto de renovables como no renovables. Los resultados del contraste de la IT con las categorías definidas a partir de la teoría se sintetizan en la figura II. Desde la perspectiva de la EI la tecnología SiMoVA se puede catalogar como rentable para la optimización del consumo hídrico y de los insumos químicos aplicados en el proceso de RTE, algunos de los impactos de ésta son:

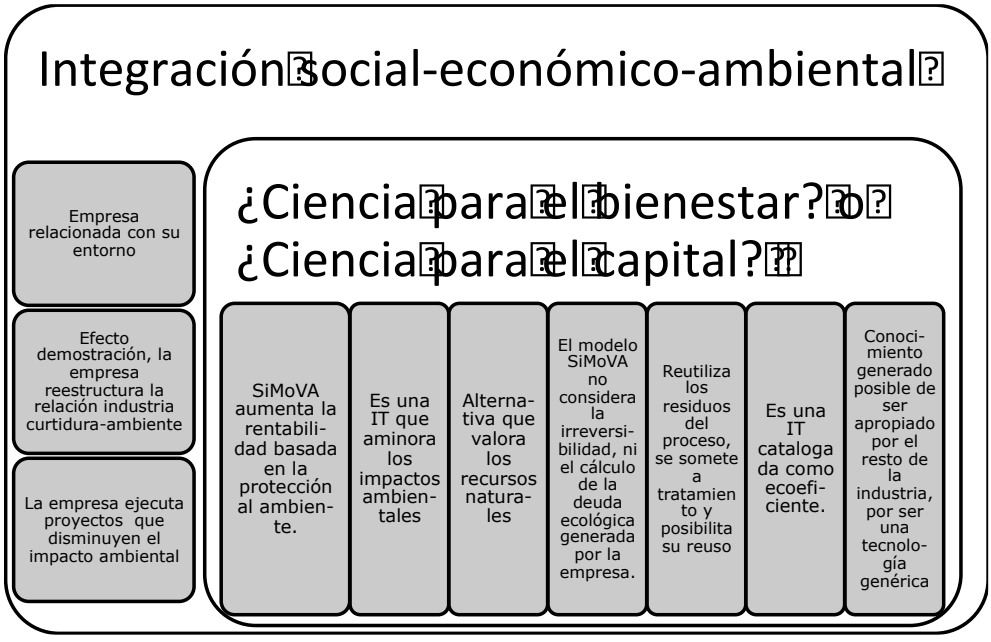
1. Optimización en el consumo agua de proceso en las áreas de RTE y acabado, dado que la disminución en el consumo hídrico permite atenuar el grave problema de sobreexplotación a los mantos acuíferos que se tiene en la zona.
2. Optimización en el consumo de productos químicos, dado que mediante el mapa y control del proceso se establecen niveles satisfactorios de insumos y se posibilita el reúso del agua tratada para aplicación en riego de áreas verdes.
3. Mejora continua en la calidad en los procesos productivos, lo que impacta en la seguridad y calidad de vida del personal involucrado en los mismos, dado que las lecturas en tiempo real en la planta se realizan mediante el SCADA.

4. Fortalecimiento de la competitividad y productividad de la empresa en un sector industrial de bajo nivel tecnológico en sus procesos de manufactura.

Después de evaluar la IT, presentada en este documento, ésta si corresponde a una innovación tecnológica que aporta a la sustentabilidad desde el enfoque de la ecología industrial, la evidencia encontrada da cuenta del interés de la empresa por su entorno y su modelo de negocio podría catalogarse como ecoeficiente. Tal como Graedel (1994, citado en Carpintero 2005:120) plantea es una alternativa que pretende optimizar la productividad de todos los insumos del proceso de curtido para reducir sus requerimientos y el volumen de sus residuos; aunado a ello, pretende incorporar el aprovechamiento de los desechos generados por su propio proceso. SiMoVA es un sistema innovador para el control de variables ambientales, lo que aminora el impacto de la empresa al medio ambiente y es rentable; tiene una operación simple y de bajos requerimientos operativos.

Identificar este tipo de innovaciones tecnológicas es relevante porque el impacto económico de la industria curtidora en la región es significativa para su competitividad. Es acuciante para México al igual que muchos países emergentes, desarrollar tecnologías propias para lograr la eficiencia hídrica. Sin embargo, la evaluación del SiMoVA desde el enfoque de la economía ecológica plantea la continuidad de la investigación.

Figura II. Contraste SiMoVA-Teoría social



Fuente: elaboración propia.

Referencias Bibliográficas

Libros

1. Álvarez, Lorena y Daniel Tagle. 2014. Recircular agua de proceso en tenerías, ¿una alternativa de innovación tecnológica sustentable?. En
2. Barkin, David. 1998. Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable. Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo. México. ISBN: 9687671041; versión electrónica.
3. Barkin, David y Dan Klooster. 2006. Estrategias de la gestión del agua urbana en México: Un análisis de su evolución y las limitaciones del debate para su privatización. En Barkin, David (coordinador). 2006. *La gestión del agua urbana en México: retos, debates y bienestar.* Págs. 1-45. Universidad de Guadalajara. México.
4. Carpintero, Oscar. 2005. El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-200). Colección Economía vs Naturaleza. Fundación César Manrique. España. ISBN: 84-88550-60-X.
5. Huang, C. et al. (1993). Waste Management. 13-361.
6. Leff, Enrique. 2008. Discursos sustentables. Siglo XXI. México.
7. Lezama, Cecilia. 2001. Estrategias empresariales para la innovación tecnológica y la protección ambiental: el caso de una empresa fundidora. En Corona, Leonel y Ricardo Hernández (coordinadores). 2001. *Innovación tecnológica y medio ambiente*. Págs. 79-98. Plaza y Valdez. México.
8. Martínez, Joan y Jordi Roca. 2003. Economía Ecológica y Política Ambiental. FCE. México.
9. Riechmann, Jorge. y Joel Tickner. 2002. El Principio de precaución, en medio ambiente y salud pública: de las definiciones a la práctica. Editorial Icaria. España.

Artículos

1. Barkin, David. 2011. La economía ecológica y solidaria: Una propuesta frente a nuestra crisis. Revista Sustentabilidades. No. 5. Chile. Págs. 4-10. Fuente: http://www.sustentabilidades.cl/Revistas/RevistaNumer5.html (consultado el 30-04-2013).
2. Barkin, David et al. 2012. La significación de una Economía Ecológica Radical. Revista REDIBEC. Vol 19. México. Págs. 1-14. Fuente: http://www.redibec.org/IVO/REV19_01.pdf (consultado el 30-04-2013).
3. García, Edith. 2008. La Economía Ecológica frente a la Ecología Industrial. El caso de la industria de la curtiduría en México. Revista Argumentos. Vol. 21 No. 56 Año 21 Enero-Abril 2008. México. Págs. 55-71. Fuente: http://148.206.107.15/biblioteca_digital/estadistica.php?id_host=6&tipo=ARTICULO&id=4850&archivo=1-309-4850anx.pdf&titulo=Econom%C3%ADa%20ecológica%20frente%20a%20econom%C3

%ADa%20industrial.%20El%20caso%20de%20la%20industria%20de%20la%20curtidur%C3%ADa%20en%20México. (consultado el 30-04-2013).

Normas

1. NMX-GT-001-IMNC-2007: Sistema de gestión de tecnología - Terminología.

Cibergrafía

1. Asociación Nacional de Proveedores de la Industria de Calzado (ANPIC), consultado por última vez el 31 de marzo de 2014, disponible en: www.anpic.com .
2. Cámara de la Industria de la Curtiduría. (2013, enero 31) [On line]. Disponible: www.cicur.org. Varias estadísticas.
3. Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría. (2013, febrero 28) [On line]. Disponible: www.canalcur.org. Varias estadísticas.
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2013, marzo 31) [On line]. Disponible: www.inegi.org.mx . Varias estadísticas.