

The Process in Closed Cycle as a Strategy to Improve Industrial Productivity

Gerardo Avendaño Prieto, PhD¹, William Eduardo Mosquera Laverde, MGA²

¹Universidad EAN, Colombia, gavendanop@ean.edu.co

²Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, williams.mosquera@campusucc.edu.co

Abstract— The Today in Colombia SMEs form more than 80% of companies productive transformation and the new objectives of competitiveness, free trade agreements (FTA) approved SMEs have caused worry more for the production process and leave a little aside occupational efforts and especially environmental management, which is counterproductive because for international buyers on visits to signing agreements, the above steps are a vital and important point, according to an exploratory study on the subject [1] showed that only 20% of SMEs has developed some environmental management and quality. Therefore, it is proposed that SMEs implement the working model in MRP closed as a strategy to optimize the production and improvement of national competitive advantage cycle, but having little impact materials that environment, the optimal use energy and water resources, as well as the proper disposal of the waste generated inside and outside the plant. This paper studies how they could implement the C2C model transformation SMEs in order to achieve sustainable development that goes hand in hand with productivity and international competitiveness.

Therefore, development work several components of industrial ecology are taken into account such as the life-cycle assessment (LCA) of a product in order to know how they are developing the transformation of a product, to thereby be able to determine in phases which this process can make an improvement through the inputs and resources that are being used, optimizing its use in a scheme of cleaner production, either with recycling them in the same process or in a new or alternative process in operation. This paper studied 10 SMEs transformation among which are food companies, plastics, supplies and services; where some inefficient processes, either by excess consumption or not having clear disposal of waste they generate is taken; with defined and chosen parameters proceeded to devise a strategy for improving the process under study, which was implemented with a pilot scheme to determine the level of savings achieved and forecast the future. As this subject is presented it is important in chemical engineering as it shows another model to improve efficiency in production processes and in turn improve the environment through the reduction of waste and pollutants other types, since the production more clean it brings to the production efficiency of the company with the optimal use of materials with an application model MRP and provides the environment in the use of resources and the decrease in the delivery of waste, which can lead an SME to enter the circle of eco-efficient companies that is that the entire production process takes into account the environmental component and further increased its national and international competitiveness.

Keywords—SMEs, LCA, C2C model, Industrial Ecology, closed production cycle.

Digital Object Identifier

(DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.190>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.

El proceso en ciclo cerrado como estrategia de mejorar de productividad industrial

Gerardo Avendaño Prieto, PhD¹, William Eduardo Mosquera Laverde, MGA²

¹Universidad EAN, Colombia, gavendanop@ean.edu.co

²Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, william.mosquera@campusucc.edu.co

Abstract— The Today in Colombia SMEs form more than 80% of companies productive transformation and the new objectives of competitiveness, free trade agreements (FTA) approved SMEs have caused worry more for the production process and leave a little aside occupational efforts and especially environmental management, which is counterproductive because for international buyers on visits to signing agreements, the above steps are a vital and important point, according to an exploratory study on the subject [1] showed that only 20% of SMEs has developed some environmental management and quality. Therefore, it is proposed that SMEs implement the working model in MRP closed as a strategy to optimize the production and improvement of national competitive advantage cycle, but having little impact materials that environment, the optimal use energy and water resources, as well as the proper disposal of the waste generated inside and outside the plant. This paper studies how they could implement the C2C model transformation SMEs in order to achieve sustainable development that goes hand in hand with productivity and international competitiveness.

Therefore, development work several components of industrial ecology are taken into account such as the life-cycle assessment (LCA) of a product in order to know how they are developing the transformation of a product, to thereby be able to determine in phases which this process can make an improvement through the inputs and resources that are being used, optimizing its use in a scheme of cleaner production, either with recycling them in the same process or in a new or alternative process in operation. This paper studied 10 SMEs transformation among which are food companies, plastics, supplies and services; where some inefficient processes, either by excess consumption or not having clear disposal of waste they generate is taken; with defined and chosen parameters proceeded to devise a strategy for improving the process under study, which was implemented with a pilot scheme to determine the level of savings achieved and forecast the future. As this subject is presented it is important in chemical engineering as it shows another model to improve efficiency in production processes and in turn improve the environment through the reduction of waste and pollutants other types, since the production more clean it brings to the production efficiency of the company with the optimal use of materials with an application model MRP and provides the environment in the use of resources and the decrease in the delivery of waste, which can lead an SME to enter the circle of eco-efficient companies that is that the entire production process takes into account the environmental component and further increased its national and international competitiveness.

Keywords—SMEs, LCA, C2C model, Industrial Ecology, closed production cycle.

I. INTRODUCCIÓN

En las PYMES¹ de transformación debido a su carácter de constitución la planeación, el control de la producción y de sus residuos no eran tan importantes como en las empresas de mayor tamaño, pero debido a la globalización y los problemas de cambio climático, las PYMES deben empezar a desarrollar los modelos de gestión organizacional debido a que los esquemas que se mencionaron anteriormente tienen incidencia en otros procesos como son la gestión de compra, gestión de mercadeo, gestión financiera, gestión comercial y la gestión ambiental entre otros. La planeación de la producción permite programar el uso de los recursos (humano, productivo, económico) dentro de la PYME por lo cual se considera un campo que debe abordarse también desde la ingeniería química, lo cual conlleva a buscar la mejor forma de asignar y emplear los recursos que desde el punto de vista financiero significa minimizar los costos del plan y proceso de producción al satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos de la empresa, respetando los límites hasta los cuales puede llegar la empresa, esto por medio de planes de producción más limpios viables o realistas.

Sin embargo, lograr la asignación de recursos adecuada requiere que para la toma de decisiones la información debe ser lo más precisa en lo posible por lo cual se requiere manejar la incertidumbre en los planes de producción y también conocer eficazmente el proceso productivo. Por lo anterior, el presente trabajo presenta el modelo de producción más limpio a través del trabajo en ciclo cerrado y por consiguiente implementar alguno de los modelos para sistemas de planeación MRP² con el manejo de parámetros de incertidumbre como son la disponibilidad necesaria servicios de fabricación, disponibilidad de inventario, manejo de los residuos generados, nuevos productos y procesos, en un ambiente frenado por las capacidades de los recursos; y el impacto que estos procesos generan en el medio ambiente.

El proyecto plantea como objetivo general; El proponer un modelo de MRP en ciclo cerrado que mejore la productividad en las pymes industriales ante los retos de competitividad con un cuidado intenso del entorno.

Para lograrlo a través de los siguientes objetivos específicos:

¹ PYMES: pequeñas y medianas empresas

² MRP: Material Requirements Planning [3].

Determinar el nivel de control de procesos de transformación en las pymes industriales.

Determinar el porcentaje de materiales y recursos amigables con el entorno empleados por las pymes.

Proponer la estrategia ambiental corporativa que más se acople en las pymes de estudio.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se entiende por sostenibilidad a la satisfacción de las necesidades actuales sin involucrar los recursos para las futuras generaciones. Por lo anterior, la gestión de procesos tiene como objetivo mejorar la productividad de las empresas para lograrlo se debe pensar en la planeación de los insumos y materiales necesarios como clave para no agotar los recursos básicos sin dañar el medio natural imprescindible para mantener el desarrollo social y el estado de bienestar. Para los dos casos, se debe hacer un tratamiento adecuado de los residuos que se generan de forma que se minimice el impacto sobre el entorno a la vez que se reduce el consumo de materias primas e insumos. Es claro que las PYMES son culpables de la gran generación de residuos de todo tipo debido a la imposibilidad técnica de no producirlos, se hace necesario una correcta gestión de los mismos mediante la implementación de técnicas de selección en la fuente, reutilización, recuperación o reciclaje, ya sea material o energética, colocándose al final de la cadena de gestión la incineración (con o sin recuperación de energía) o su vertido. Lo cual provoca una mayor emisión de gases que aumentan el cambio climático global y el agotamiento del espacio físico por el exceso en residuos sólidos [2].

Para solucionar estos problemas se debe hacer una correcta gestión de procesos con la disminución de los residuos industriales al completar el ciclo de vida del producto al reincorporarlo al proceso productivo, reduciendo de esta manera el consumo, ya sea de materiales naturales o de combustibles fósiles. Por lo anterior, se debe trabajar en dos aspectos: el reciclado de los productos fabricados y el empleo de materiales reciclados en el proceso productivo, para lo cual es esencial el MRP y el C2C³ proporcionando a las PYMES herramientas útiles para optimizar sus procesos y reducir el impacto ambiental incluso en el empleo de sus productos. Por lo cual, una solución posible es la puesta en marcha de industrias en ciclo cerrado que disminuya al máximo en impacto negativo sobre el ambiente.

En la actualidad en Colombia las pymes forman más del 80 % de las empresas de transformación productiva y por los nuevos objetivos de competitividad, tratados de libre comercio TLC aprobados han provocado que las pymes se preocupen más por el proceso de producción y dejen un poco de lado las gestiones ocupacionales y en especial la gestión ambiental, lo cual, es contraproducente porque para los compradores internacionales en las visitas para firma de convenios, las gestiones anteriores

³ C2C: Cradle to Cradle: producción de la cuna a la cuna

son un punto vital e importante, según un estudio exploratorio sobre el tema [1] mostro que solo el 20% de las pymes ha desarrollado algo de la gestión ambiental y de calidad. Por lo anterior, se propone que las pymes implementen el modelo de trabajo en MRP ciclo cerrado⁴ como estrategia a la optimización de la producción y mejora de la ventaja competitiva nacional, pero teniendo en cuenta materiales que impacten poco el entorno, la optimización en el uso de los recursos energéticos e hídricos, así, como la correcta disposición de los residuos que se generan dentro y fuera de la planta de producción. Este trabajo estudia cómo se podría implementar el modelo C2C en las pymes de transformación con el fin de lograr un desarrollo sostenible que vaya de la mano con la productividad y competitividad internacional.

III. MARCO TEORICO

Planeación de requerimientos de materiales (MRP)

La planeación de requerimiento de materiales (MRP) considera el control de inventarios y la planeación de la producción; En el pasado cuando se realizaban modificaciones a los programas de producción el tiempo era tan largo que los inventarios no se ajustaban a las necesidades de materiales para la fabricación. Cuando la tecnología (computadoras) fue utilizada para realizar esta planeación se logró reaccionar de manera adecuada a los cambios generados por la demanda del producto, es decir ajustar al mismo tiempo el pronóstico, los puntos de abastecimiento, los tamaños de lotes, los tiempos de entrega y los cambios en los inventarios.

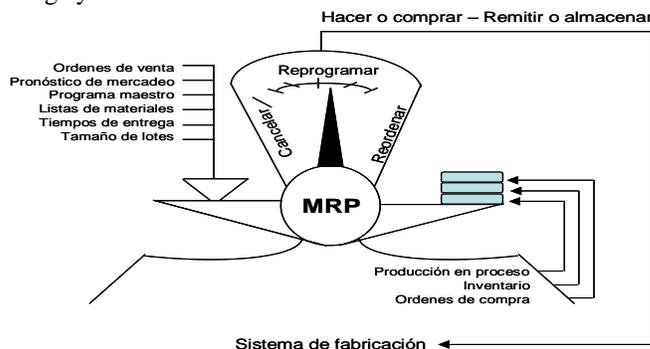


Figura 1. Balanza MRP

Ventajas y desventajas

⁴ MRP (Material Requirements Planning) de ciclo cerrado es una consecuencia de la evolución de ensayo y error aplicada a sistemas MRP en el mundo real. A través de este proceso de evolución se fueron incorporando restricciones de capacidad, y gracias a esto que los sistemas MRP cerrados no permiten validar al gerente de producción planes de producción cuando la planta de producción no puede físicamente cumplir con los requerimientos generados por el plan maestro de la producción [3].

El progreso del MRP va de la mano con los progresos de la tecnología en cuanto a computadoras se refiere pues se crearon instrumentos cuantitativos de administración como son la programación lineal y el programa de ruta crítica, como se observa en la figura 1. La *American Production and Inventory Control Society (APICS)* implantó la MRP por primera vez. En la actualidad hay organizaciones que venden paquetes de programas y asesorías para la implementación del MRP. Las principales ventajas de la implementación del MRP son la reducción de inversión en cuanto a inventarios, también en los costos de producción y adquisiciones, además de una mejora en servicio de entregas.

Por otro lado, la implementación de un sistema MRP no es sencilla, si la Compañía que desea instalar el sistema lo hace apresuradamente, es decir, sin hacer un análisis que pruebe que las operaciones de producción son adaptables al sistema, ésta fracasará en la implementación y generará gastos innecesarios. La solución está en verificar que las operaciones de producción pueden adaptarse al MRP en lugar de tratar que el MRP se adapte al resto del sistema de producción.

Generalidades del MRP

Las industrias manufactureras implementan el MRP principalmente ya que elaboran productos finales que se ven afectados de manera directa por la demanda del mercado, por lo que si esta última varía se deben ajustar las cantidades de materia prima y componentes así como el programa de producción para cumplir las necesidades del mercado. Se deben considerar el tipo de manufactura y el tiempo de entrega requeridos para decidir qué características debe tener el MRP a implementar. Las manufactureras que realizan trabajos especiales de bienes de capital, sistemas eléctricos, válvulas de alto rendimiento, o las manufactureras que deben entregar en tiempos más cortos por mencionar algunas son las que más se ven beneficiadas con la implementación del MRP.

El MRP relaciona lo que es el programa de producción planeado con la lista de materiales necesarios para la fabricación. Se checa el inventario con que cuenta la manufacturera para ordenar únicamente los componentes que no se tienen en existencia. Considera los tiempos de entregar de los materiales faltantes para que cuando sean requeridos se encuentren en las estaciones de trabajo según lo estipule el programa de producción. Lo anterior minimiza el inventario de producción en proceso. Los ajustes que llegaran a realizarse serán acertados si el pronóstico, las listas de materiales, los tiempos de fabricación, las rutas y el control de inventarios son exactos. El control de la producción se deriva de los pronósticos que sirven para la realización de la planeación de producción (considerando la capacidad real, los inventarios, la demanda pronosticada y los pedidos que tiene la manufacturera) así como el control de inventarios. En la figura 2 se puede ver como el sistema MRP genera pedidos de reabastecimiento planeado en base a la información que proporciona la producción en proceso y el inventario de producción en proceso. La información requerida para

controlar las operaciones se genera con la cantidad de producción en los centros de trabajo, del inventario de producción en proceso y del estado de los trabajos [4].

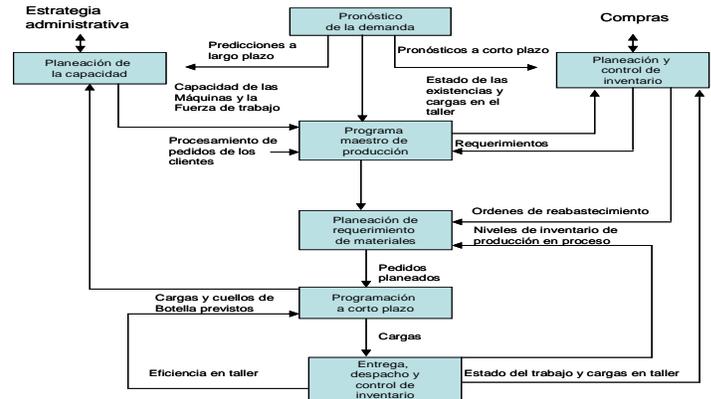


Figura 2. MRP con los elementos del control de producción *Producción en Ciclo Cerrado Facilitando la Transición hacia una Economía Circular.*

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) representan casi dos tercios del empleo en América Latina y el Caribe (ALC), las mismas aportan menos de la mitad al PIB total debido a los bajos niveles de productividad. Muchas empresas cuentan con diseño de productos y métodos de producción ineficientes que resultan en exceso de desechos y contaminación. Mientras que las multinacionales en países industrializados han empezado a utilizar el diseño sostenible, gestión sostenible de materiales y los métodos de Producción en Ciclo Cerrado para lograr ahorros en costos y mejorar la competitividad, las empresas en latino américa y el caribe han sido más lentas en adoptar estos métodos debido a la falta de conocimiento de diseño y métodos de producción innovadores, junto una serie de limitaciones en recursos financieros, humanos, y tecnológicos [5].

Producción en Ciclo Cerrado: Solución para acelerar la transición hacia una economía circular

El concepto de Producción en Ciclo Cerrado (PCC) se basa en un innovador diseño como paradigma de manufactura llamado “Cradle to Cradle” o “de la Cuna-a-la-Cuna”. Este nuevo paradigma implica una perspectiva de diseño que busca la eco-eficacia en primer lugar y donde se enfoca en el desarrollo de procesos industriales o de manufactura donde los materiales utilizados para la creación de un producto se convierten en valiosos nutrientes al llegar a satisfacer su uso por el consumidor final y haber alcanzado el fin de vida útil. La producción en ciclo cerrado no sólo comprende el uso racional de los materiales y recursos, sino que implica un enfoque fundamental en el diseño sostenible de productos y servicios para dar un salto hacia una industria de ciclo cerrado sostenible y sustentable, que sea capaz de ofrecer a sus clientes productos de alta calidad e incentivar a los países en alcanzar

una economía circular⁵. El diseño adecuado de los productos aumenta la eco-eficacia, o con otras palabras, el potencial de los ingredientes básicos contenidos en el producto para ser utilizados de nuevo y volver a entrar en el ciclo de producción (ciclo técnico) o para volver a entrar al sistema (biósfera) de forma segura y contribuir al capital natural (ciclo biológico) como se muestra en la figura 3.

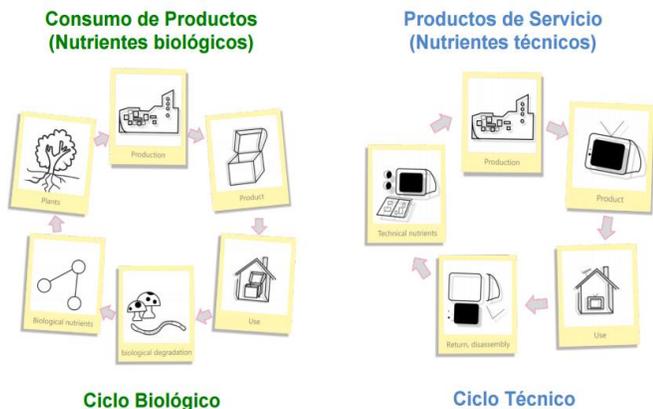


Figura 3. Ciclo biológico y técnico

El ciclo técnico y el ciclo biológico sirven para elaborar un nuevo producto con una calidad mayor o comparable a la original. De esta manera, en línea con los principios de la gestión de materiales sostenibles, se minimiza la extracción continua de materias primas y recursos (siendo en general procesos intensivos de uso de energía), además de mejorar el desempeño medioambiental de los procesos de manufactura.

El enfoque de Producción en Ciclo Cerrado (PCC) se distingue de los métodos tradicionales de reciclaje o de producción más limpia donde los residuos utilizados para la creación de materiales, dan como resultado un producto de menor valor agregado y/o para un uso secundario, en este sentido lo que intentan hacer es un proceso de producción "menos malo" o de minimizar el impacto negativo sobre el medioambiente. El objetivo del PCC en cambio es diseñar productos, procesos y sistemas que son "beneficiosos" para la economía, la sociedad y el ambiente enfocándose no solo en minimizar un impacto negativo pero en generar un impacto positivo sobre el medioambiente⁶ y medios de vida de la humanidad [6].

Así pues, la metodología de Producción en Ciclo Cerrado en las Américas (PCC) es una innovadora herramienta que tiene como fin contribuir al desarrollo sostenible de la industria de

⁵ Economía Circular se refiere a una economía industrial no lineal que tiene por intención Restaurar. Su objetivo es emplear energías renovables, eliminar el uso de productos químicos tóxicos, y erradicar la generación de desechos a través de un diseño minucioso. Involucra un manejo cuidadoso de los materiales donde estos tienen un uso continuo en un ciclo biológico o técnico.

⁶ <http://www.youtube.com/watch?v=4jORau0V62c>

los países de las Américas, mejorando principalmente la eficiencia energética y el desempeño ambiental al reducir la polución del medio ambiente junto al impacto del cambio climático por efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector de manufactura. De igual forma contribuir a la productividad y competitividad de las empresas en particular las MIPYMES. [7]

Beneficios Proceso de Certificación C2C

La certificación con su logo de la figura 4, tiene los siguientes beneficios:

1. Reducción de la dependencia y la extracción continua de materias primas creciente y escasas;
2. Diferenciación y valor de marca;
3. Conocer el potencial del producto para ser utilizado en múltiples ciclos productivos teniendo en cuenta la salud humana, del medio ambiente y procesos de manufactura sostenibles;
4. Evaluación experta sobre la toxicidad de los ingredientes del producto a través de la cadena de abastecimiento;
5. Caracterización y mitigación de potenciales problemas y riesgos ambientales;
6. La evaluación por una tercera parte proveerá datos para verificar posibles reclamos sobre sus productos, cumplimiento de regulaciones y para contribuir a otras certificaciones;
7. Ventaja competitiva, acceso a nuevos mercados

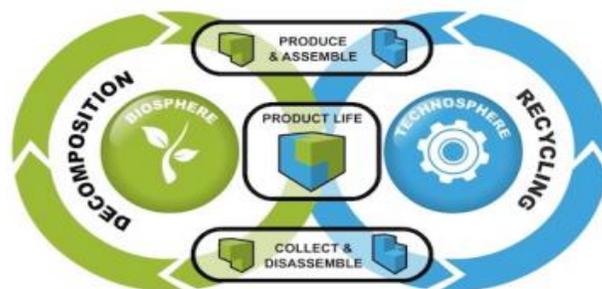


Figura 4. Producción en ciclo cerrado (PCC)

MRP de Ciclo Cerrado.

El concepto de MRP de ciclo cerrado es una consecuencia de la evolución de ensayo y error aplicada a sistemas MRP en el mundo real. A través de este proceso de evolución se fueron incorporando restricciones de capacidad, y gracias a esto que los sistemas MRP cerrados no permiten validar al gerente de producción planes de producción cuando la planta de producción no puede físicamente cumplir con los requerimientos generados por el plan maestro de la producción [3]. Un MRP de ciclo cerrado implica un sistema MRP que brinda retroalimentación a la programación desde el sistema de control de inventario. Brinda información al plan de capacidades, MPS, y al plan de producción. Prácticamente todos los sistemas comerciales MRP son de ciclo cerrado [8].

IV. METODOLOGIA

Se emplea una metodología de tipo exploratoria⁷ con una muestra en donde se toman 10 diferentes PYMES escogidas de forma discrecional, con el fin de hacer la caracterización de los procesos de transformación con un ACV y de los residuos generados, en estas pymes deben estar definidas claramente las áreas productivas desde los materiales, procesos y uso de recursos que se pueden mejorar al implementar el modelo de MRP y además, contar con un funcionario que esté dispuesto a implementar una estrategia ambiental corporativa al trabajar en un ciclo cerrado de producción, para la mejora de la eficiencia productiva y la contribución en la disminución del cambio climático al entregar menos residuos al entorno.

Muestra

Se estudiaron 10 PYMES de la zona geográfica de la Sabana de Bogotá; donde se encontraron los siguientes tipos de compañías: 5 pymes de transformación de química, 2 pymes de transformación de alimentos y 3 pymes de servicios, la variedad se debe a la exigencia de la investigación en donde se deben cumplir con las condiciones presentadas anteriormente. Para este artículo se documentan 3 PYMES las cuales presentaron resultados de más relevancia para el estudio.

Determinación de categorías:

Con las pymes escogidas se inicia el proceso de investigación y análisis de las mismas, para las cuales, se definen tres categorías básicas como muestra la tabla 1 y estas son: Producción; en donde se analizan las dimensiones de materias primas, consumo de insumos, generación de residuos. Ambiental; en este se analizan dimensiones como desperdicio de materias primas, exceso en generación de residuos, impacto ambiental de los residuos; y por último el componente Estratégico con las dimensiones de modelo MRP, proceso en ciclo cerrado y productividad.

Tabla 1. Categorías de proceso en ciclo cerrado

	CATEGORÍA	DIMENSIÓN	VARIABLE
PRODUCCION EN CICLO	PYMES	NORMAS LEGALES	LEYES, RESOLUCIONES
		INGRESOS	ENTRE 80 A 1000 MILLONES

⁷ Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que únicamente hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio. Por ejemplo, si alguien desea investigar lo que opinan los habitantes de alguna ciudad sobre su nuevo alcalde o gobernador y cómo piensa resolver los problemas de ella, revisa la literatura y se encuentra con que se han hecho muchos estudios similares pero en otros contextos (otras ciudades del mismo país o del extranjero). [9]

CERRADO	AREAS PRODUCTIVAS	ADMISNISTRATIVA, PRODUCTIVA, COMERCIAL	
	FUNCIONARIOS	GERENTES, SUPERVISORES	
	PRODUCCION	MATERIAS PRIMAS	RENOVABLES, NO RENOVABLES
		CONSUMO DE INSUMOS	MEDIO, ALTO, REUTILIZABLE
		GENERACION DE RESIDUOS	RECUPERABLES, NO RECUPERABLES, GESTIONADOS
	AMBIENTAL	GESTION MATERIAS PRIMAS	CONTROL, CONSUMO, RECICLABLES
		GESTION DE RESIDUOS	SELECCIÓN EN LA FUENTE, DISPOSICION CORRECTA, VALORIZACION
		IMPACTO DE RESIDUOS	BAJO, MEDIO, ALTO
		EDUCACION AMBIENTAL	OPERATIVO, DIRECTIVO, MONITOREO
	ESTRATEGICA	MODELO MRP	MARTERIAS PRIMAS, PROCESOS INTERMEDIOS, PLANEACION
		PROCESO DE CICLO CERRADO	USO DE MATERIALES, RESIUDOS RECUPERABLES, NUEVOS PRODUCTOS
		PRODUCTIVIDAD	EFICIENCIA
		EFICACIA	

Recolección de datos:

De acuerdo con los objetivos específicos la toma de datos se realizará en tres momentos y a partir de tres técnicas: (uno) para describir los procesos de gestión productiva y ambiental de las pymes escogidas se realizaron entrevistas semiestructuradas a las personas encargadas del área de producción; (dos) para evaluar el nivel de usos de los recursos, lo mismo que para establecer la gestión ambiental se desarrolló una observación directa no participante. Al final, se contrastaron los resultados, (tres) al entrevistar a un número representativos de los gerentes de las empresas seleccionadas. La entrevista semiestructurada es una forma especial de entrevista en donde a partir de la interacción verbal entre el entrevistador y el entrevistado, a pesar de la existencia de un cuestionario, se genera la flexibilidad suficiente para conocer el proceso de gestión productiva y ambiental mediante la reconstrucción oral. Así, a través del relato se podrán identificar cuáles son los procesos empleados para ella, lo mismo que las motivaciones para estas formas de organización; La entrevista sea individual o colectiva tiene la

frescura y la vitalidad propia del intercambio personal y puede complementarse muy bien con indagaciones como la observación directa.

La observación directa no participante sobre la gestión productiva y ambiental permitió establecer los problemas de implementación y operación que pueden dificultar que el proceso de ciclo cerrado o el modelo MRP se implementen adecuadamente. En ella, se recogieron datos a partir de una serie de protocolos y guías, lo mismo que “interrogando” a los individuos observados. Esta técnica permitió observar atentamente el fenómeno, tomar la información y registrarla para su análisis. Además, permite la aceptación de material poco estructurado, lo mismo que trabajar con grandes volúmenes de información, por ello es conveniente para los estudios exploratorios como el presente.

Con este registro sistemático, válido y confiable de las gestiones productivas y ambientales implementadas para cumplir con los principios de la sostenibilidad empresarial, se definió el universo de aspectos observados con las entrevistas. Se codificaron los protocolos de observación, los cuales servirán dan confiabilidad y validez a los resultados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las PYMES trabajadas y con la implementación del modelo de PCC, en unión con el modelo MRP, se lograron los siguientes resultados; se mostraran la caracterización de las PYMES estudiadas como en la tabla 2 y a partir de este momento se denominarían a partir del número asignado.

Tabla 2. PYMES estudiadas

numero	Tipo PYME	Actividad económica
1	Alimentos	Producción arroz empacado
2	Servicios	Diagnósticos médicos
3	Químicos	Fabricación de guantes

Con la enumeración de las PYMES se inicia la presentación del cumplimiento de los objetivos específicos, como se describen a continuación.

1.1. Control de procesos

Al determinar el nivel de control de los procesos de transformación en las PYMES estudiadas se empleó la observación directa no participativa en cada una de las empresas con base en el ACV del producto o servicio principal de cada una de las pymes industriales, escogiendo un producto o servicio clave para la empresa se llegaron a los siguientes resultados:

Empresa 1: el producto principal es trilla de arroz con el ciclo de vida mostrado en el diagrama de flujo de la figura 5.

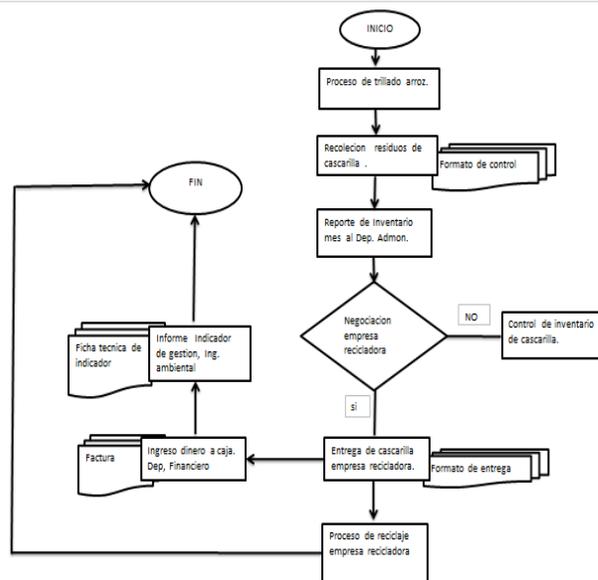
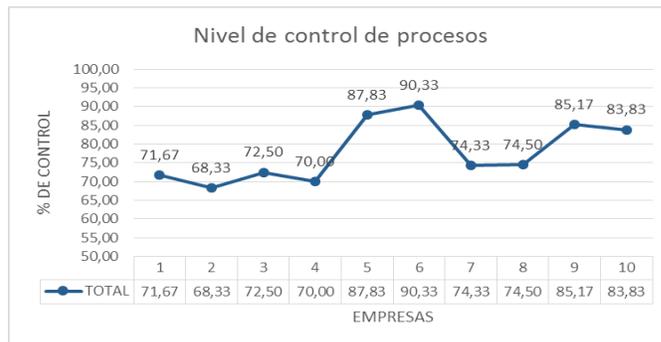


Figura 5. Diagrama de flujo para empresa 1.

Como se observa en la figura 5 en el ciclo de vida de trilla de arroz en el bloque que existe un menor control es en la disposición final de la cascarilla que se genera, ya que se enviaba a incineración o a los vertederos de la zona [10].

Empresa 2: Esta compañía de servicios médicos, el control de procesos lo determina el manual de buenas prácticas (MBP) que exige el ministerio de salud por lo tanto el diagrama de flujo en la figura 6, hace referencia al consumo de energía en la empresa en especial en el área administrativa, debido a que es el recurso donde se presenta el mayor despilfarro y poco control y la etapa de un control extremo se presenta en la etapa de alista miento de material.



Figura 6. Diagrama de flujo empresa 2.

Empresa 3: El producto principal es la fabricación de guantes, que tiene el siguiente diagrama de flujo del proceso en la figura 7.

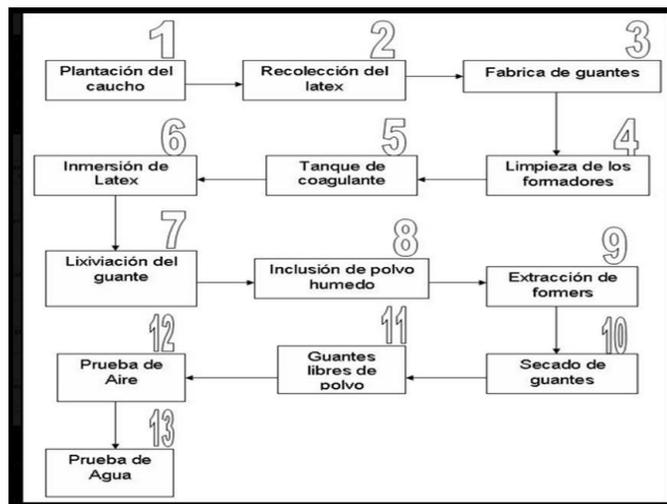


Figura 7. Diagrama de flujo empresa 3.

Como se observa en la figura 7, el principal problema se tiene en el reproceso en la fabricación del guante por defectos al momento de desmoldarlo, lo cual aumenta los residuos sólidos que se generan y da como resultado un bajo control en la disposición final de los productos.

Los resultados del nivel de control de los procesos en las PYMES estudiadas se presenta en la figura 8, en donde se muestra en la curva la etapa de mayor control y en el inferior de la curva la etapa de menor control y que por lo general, es donde se debe trabajar para la mejora de la productividad de la PYME.

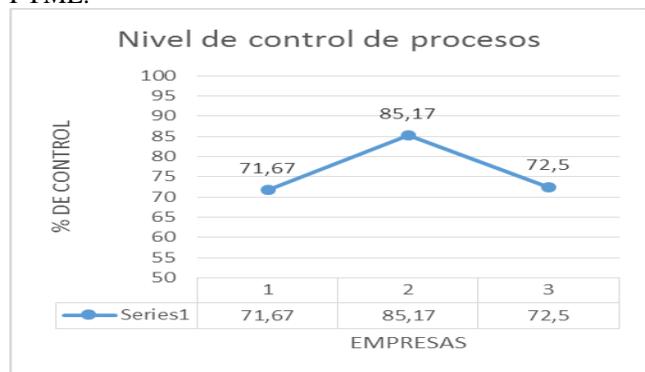


Figura 8. % de control de procesos en PYMES

Empleo de materiales e insumos

Empresa 1: En esta empresa de transformación de alimentos el control y empleo de los materiales e insumos tiene un gran control, pero se encuentra que los costos por la disposición final de los residuos generados en cascarilla de arroz son altos

como se muestra en la tabla 3. Por lo tanto, se plantea un manejo o empleo eficaz para este material [11].

Tabla 3. Gastos por disposición final de la cascarilla

Descripción	Medidas		Ganancias/pago Mensuales
	Kilogramos	Toneladas	Valor
Gasto Actual mes	1558000	1558	\$9,044,616.00
Gasto Actual año	18696000	18696	\$108,535,392.00

Empresa 2: En esta compañía se **encontró** dentro del Ecomapa, que los principales recursos utilizados en este centro conciernen a uso de energía eléctrica, agua, materiales de oficina (Papel, cinta, esferos, etc.). Se determinó que el recurso que más se utiliza es la energía eléctrica por la cantidad de bombillos que se tienen dentro de un espacio físico, por tanto determinamos que nuestra mejora radica en cuantificar la cantidad de luces encendidas al día y programar su uso mediante bombillas que se prendan solo con la presencia de una persona dentro del lugar, así lograremos que no haya un desperdicio mayor y exceso de costos por gasto desproporcionado.

Actualmente se cuenta con ocho consultorios los cuales cuentan con bombillos de 100 Watt, lo cual hace que el consumo de energía aumente. A continuación en la tabla 6 se presenta el costo promedio mensual de consumo.

Tabla 4. Costo energía empresa 2.

RECIBOS PUBLICOS	WATT	COSTO (Por)	DESPERDICIO
Codensa (Energía)	800 W	6400	\$ 5120000

Empresa 3: se trabaja con componentes para plásticos, caucho y todos sus derivados las cuales se trabajan en tres plantas de producción; Las cuales generan un cierto volumen de residuos para algunos procesos de producción se puede llegar a reutilizar dichos residuos o denominado skrap. Para algunos casos el sobrante al momento de inyectar, soplar, moldear, o coextruir se puede moler y de esta forma aprovecha el residuo inicial generado e iniciar de nuevo el proceso de producción. Se evidencian fallas en el proceso de elaboración de guantes látex que generan sobrecostos y a su vez residuos peligrosos que no son manejados de manera correcta y adecuada; Se encuentran canecas de mezcla que no están con su debida identificación y expuestas a que caiga algún objeto dentro de la mezcla. Temperaturas por fuera de condiciones en el secado de película y piscina 1 (en la piscina 1 se toma una muestra de registros en compañía con el señor de calidad de látex donde la temperatura es de 42.5 °c); el mal

programa de la temperatura de la maquina afecta el proceso de rollo ya que no cumple con las condiciones y tiempos adecuados del ciclo productivo para el producto [12].

Lo anterior genera SOBRECOSTOS, en la producción de guantes de látex, ya que la planta fabrica alrededor de 1.000.000 a 1.200.000 guantes de diferentes referencias mensualmente. Y el costo del producto defectuoso equivale a \$50.000.000 a \$60.000.000 para un total aproximado entre 500-600 millones anuales, el 50 % de los guantes defectuosos son clasificados para venta en el almacén, la suma de estos materiales perdidos en la fabricación de los guantes asciende a la suma de \$55.000.000.

Estrategia ambiental

Empresa 1: Se propone como estrategia la venta de la cascarrilla como insumo para la fabricación de bloques de concreto y como material abrasivo para limpieza de metales, para ello se propone el siguiente cronograma de la tabla 5.

Tabla 5. Cronograma del proyecto

Actividades	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5.
Recopilación de información y formulación de proyecto					
Búsqueda de promovedor de recolección de la cascarrilla					
Negociación de precio por Kilogramo					
Desarrollo de proceso de inventario, suministro y entrega de producto.					
Socialización y logros del proyecto.					
Entrega de Informe.					

Al definir y desarrollar el proyecto como piloto en la empresa se obtienen los siguientes resultados en costos y ganancias de la figura 9.



Figura 9. Ganancias estrategia empresa 1.

Con la estrategia se pueden obtener ganancias de aproximadamente \$ 13000000, luego de tener en este proceso costos por \$ 9000000 mensuales.

Empresa 2: Esta empresa de servicios médicos plantea una estrategia de ahorro de recurso energético a través de sensores y luces ahorradoras en varias sucursales de la compañía.

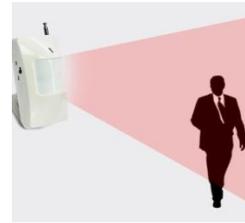


Figura 10. Sensores

Por medio de la instalación de sensores y bombillas ahorradoras en varias sucursales de la empresa (10 sucursales) se logran ahorros y optimización del uso de los recursos como muestra la figura 10, después de varios meses de implementación.

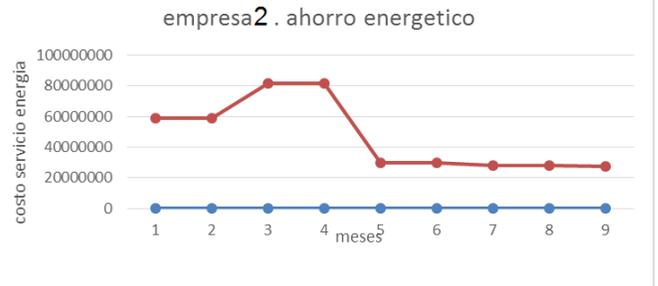


Figura 10. Estrategia energética empresa 2.

Con la estrategia de ahorro energético, la empresa pasa de un consumo de 58 millones mensuales a un consumo de 28 millones, es decir, un ahorro de 30 millones mensuales, después de haber invertido en dos meses 40 millones de pesos, pero con un ahorro continuo.

Empresa 3: Se propone como estrategia el manejo correcto de sus residuos peligrosos como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Estrategia de gestión de residuos solidos

TIPO DE RESIDUO	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
RESIDUOS PELIGROSOS	Asegurar las condiciones de orden y aseo del punto ecologico	Proceso y/o responsable asignado
	Depositar los RESPEL en las canecas rojas del punto ecologico	Colaboradores de cada proceso y/o asignado
	Trasladar los RESPEL al centro de acopio	Operarios de Gestión Ambiental
	Asegurar que en el Centro de Acopio se dispongan las tarjetas de emergencia de los RESPEL	Coordinador y/o Analista de Gestión Ambiental
	Confirmar con el gestor autorizado la recolección, transporte y disposición de los RESPEL	
	Verificar la documentaron y uso de EPP por parte del gestor	
	Verificar y controlar el pesaje, cargue, rotulación y despacho de los RESPEL	Coordinador y/o Analista de Gestión Ambiental Operarios de Gestión Ambiental
	Realizar la evaluación al contratista	Coordinador y/o Analista de Gestión Ambiental
	Diligenciar y entregar el formato (Ficha de autorización de salida de residuos)	Coordinador y/o Analista de Gestión Ambiental
	Entregar las remisiones de recolección transporte de RESPEL enviados para disposición final	Gestor autorizado para la recolección, transporte y disposición final de RESPEL
Archivar y mantener la información	Coordinador y/o Analista de	

Con la implementación de la gestión de residuos peligrosos se logró la disminución de costos de la figura 11.



Figura 11. Disminución de costos empresa 3

Como se observa en la figura de pasar de unos costos de reproceso de 50 millones se disminuyó en un 50% a tener costo en promedio de 27 millones que se pueden ir mejorando entre más se comprometa la empresa en la correcta gestión de los residuos peligrosos [13].

VI. CONCLUSIONES

A partir de este trabajo se logró conocer que desde que el hombre existe tiene una relación muy directa con la naturaleza, pero que al pasar de los años cada vez más la degradan y causan daños muy desfavorables para la naturaleza en general con su comportamiento.

Con el proyecto de la inclusión de la cascarilla de arroz dentro del inventario como un producto fuera de especificaciones para la comercialización a la empresa escogida para el tratamiento de los residuos sólidos se logra una meta del 85% de ingresos no operacionales dentro del proyecto.

Bajo la relación comercial entre la trilladora y la empresa recuperadora de energía se disminuye en un 80% el impacto negativo de la utilización actual de los residuos sólidos.

Teniendo en cuenta estas dificultades se ha implementado capacitaciones para separar en la fuente y así disminuir la cantidad de trabajadores necesarios para la limpieza, implementación de llaves ahorradoras para evitar el desperdicio de agua e implementar una picadora con el fin de que los desechos verdes puedan tener un proceso que traiga ganancia para la naturaleza y para la plaza; Con estos cambios que se pretende disminuir la contaminación atmosférica, evitando los malos olores, propagación de roedores que conlleva a enfermedades, generando tanto para trabajadores como para clientes un ambiente más amigable al tiempo que la empresa adquiere una mayor utilidad.

En la empresa de guantes plásticos se logra tener una clasificación adecuada de los residuos generados, una adecuada capacitación al personal frente a la producción y manejo de los residuos; y la adecuada identificación y almacenamiento de las materias primas.

Con base en información recogida a lo largo del trabajo, se pretende implementar el uso racional de los recursos y comprometer a la organización para minimizar el impacto

ambiental de sus operaciones, productos y servicios, para evitar efectos adversos sobre sus integrantes, la comunidad y el medio ambiente [14].

Existe un relación entre los altos niveles de contaminación atmosférica y aumento de estrés en las personas que la componen, el primero debido a la falta de un supervisor que genere un mayor rendimiento en las áreas de trabajo y un buen manejo de las materias primas que la componen generando también así un estrés por parte de los empleados, ya que no encuentran una salida eficaz y eficiente en la realización de actividades dentro del área en que se desempeñan en las empresas de transformación.

Podemos evidenciar que debido al servicio educativo que se presta se genera un consumo constante y abundante de papel, La idea es que tanto las estudiantes, como los profesores, como el personal de administración participen en las diferentes iniciativas de reciclaje que se pretenden implementar. En general las campañas de reciclaje estarán bajo el control del Comité Ambiental Escolar, pero estas mismas requerirán de la participación activa del resto de la comunidad educativa.

En la empresa de servicios médicos se logró reducir costos del más del 50% en consumo de energía mensual con la implementación del sistema de sensores de movimiento que no afectarían en nada la prestación del servicio.

Podemos determinar que la implementación de la producción más limpia genera tantos beneficios ambientales de cuidado y buena administración de los recursos, como un beneficio económico a la compañía reduciendo costos de uso de materias primas y diseños amigables con el medio ambiente.

Así mismo la compañía se posiciona competitivamente en el mercado ya que cuenta con normas y estándares ambientales que permiten generando consumo y demanda de productos y servicios elaborados que cuentan con producción más limpia.

REFERENCES

- [1] O. Vásquez. W. Mosquera. "Estudio exploratorio del impacto en la implementación de sistemas normalizados de calidad y ambiental en la gestión y productividad en las PYMES en Bogotá D.C." UNAD.2013.
- [2] Cámara de Comercio. Balance de la economía bogotana, 2007 y 2008, y primer semestre del 2009- Cámara de comercio de Bogotá pág 11 recuperado de http://camara.ccb.org.co/documentos/4737_Balance_de_la_economia_bogotana_Parte_1.pdf. 2010.
- [3] Wong, C.M. Kleiner, B.H. "Fundamentals of material requirements planning, Management". Research News, Volume 24 Number 3/4. 2001.
- [4] P. Reyes. "Planeación de requerimientos de materiales". 2011. pp.6-22.
- [5] Jiménez, G. Planeación de los recursos de fabricación. Universidad nacional de Colombia. Encontrado el 20/08/2015 en <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060015/Lecciones/Capitulo%20III/mrp2.htm>. 2010.

- [6] McDonough, W. Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press. Mc Graw Hill. México
- [7] Organización de los Estados Americanos (OEA). “Energía y Mitigación al Cambio Climático”. Departamento de Desarrollo Sostenible DDS. Secretaría Ejecutiva de Desarrollo Integral. Diseño de ciclo cerrado. 2014.
- [8] Heizer, J. Render B. (2009). “Operation Management – Flexible” Edition. 9th edition, Mc Manual de dirección de operaciones. Pearson Prentice Hall. 2009.
- [9] Hernández, R. Fernández C. Baptista P. “Metodología de la Investigación”. Mc Graw Hill, México. 1997.
- [10] Espinas, J. (2012). *El Vidrio I Materiales*. Tesis de grado no publicada, Universidad La Salle ARQ, Colombia.
- [11] Herrera, C. (1997). Política nacional de producción más limpia. Ministerio del medio ambiente. Encontrado el 10/09/2015 en <https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/PoliticasyPoliticaProduccionMasLimpia.pdf>
- [12] Luna Nova, D. A. (2010). *Diseño y distribución de la nueva planta de vidrio templado y laminado de Vitelsa S.A. en la ciudad de Bogotá*. Tesis de grado no publicada, Universidad Pontificia Bolivariana, Floridablanca - Colombia. Recuperado de http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1276/1/digital_20449.pdf
- [13] Parra Mantilla, E. C. (2009). *Formulación de un plan de gestión ambiental para la empresa Vitelsa S.A.* Tesis de grado no publicada, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7455/2/131434.pdf>.
- [14] Zevallos E. (2002). Panorama de las micro, pequeñas y medianas empresas (mipyme) en varios países de América latina. Fundes. Bogotá.