

Análisis descriptivo de procesos industriales en ingeniería industrial

*Pablo Parra, Lauro Garcés
Ana Terán, Nino Vega (Compiladores)*



Universidad Politécnica Salesiana

Análisis descriptivo de procesos industriales en ingeniería industrial

Pablo Parra Rosero
Coordinador

Análisis descriptivo de procesos industriales en ingeniería industrial



ABYA | UNIVERSIDAD
YALA | POLITÉCNICA
SALESIANA

2017

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PROCESOS INDUSTRIALES EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

© Pablo Parra Rosero (coordinador). Co-autores: Limber Herrera, Alexis Lema, Christian Cepeda, Erika Martínez, Virgilio Ordóñez, Gustavo Anastacio, Milton Contreras, Anggie, Furlan, Carlos Lavayen, Kevin Torres, Andrés Torres, Cristina Villegas, Daniel Alonso, Richard Vera, Sara Izurieta, Javier Magallanes, Karla Leones, Tania Rojas, Geovanna Martínez, Julio Guachimboza, Jairon Zambrano, Axel Véliz, Pablo Pérez, Génesis Daza, René Guamán, Joselyn Jaramillo, Fernando Medina, Oswaldo Moreira, Bryan Parrales, Rai Preciado, Joao Quito, Kevin Ruiz, Ángel Sánchez, Juan Tipanluisa, David Aguilar, Gerardo Dután, Judith Elizalde, Alex García, Juan González, Jonathan Mendoza, Jomayra Jiménez, Nadia Mendieta

1ra edición: Universidad Politécnica Salesiana
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja
Cuenca-Ecuador
Casilla: 2074
P.B.X. (+593 7) 2050000
Fax: (+593 7) 4 088958
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec
www.ups.edu.ec

Área de Ciencia y Tecnología
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ISBN: 978-9978-10-284-8

Derechos de autor: 052346

Depósito legal: 006006

Edición, diseño,
diagramación
e impresión Editorial Universitaria Abya-Yala
Quito-Ecuador

Tiraje: 300 ejemplares

Impreso en Quito-Ecuador, noviembre de 2017

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

Índice

Presentación

Nuevas tecnologías para una producción más limpia: un estado del arte <i>Parra Pablo, Herrera Limber</i>	9
Líneas transportadoras en la industria, análisis de componentes y parámetros de diseño <i>Parra Pablo, Lema Alexis</i>	33
Utilización de residuos agroindustriales con fines energéticos <i>Parra Pablo, Cepeda Christian</i>	65
Obtención de Biogás a partir de desechos orgánicos de origen vegetal <i>Parra Pablo, Martínez Erika</i>	77
Análisis de Niveles de Iluminación como posible riesgo laboral en puestos de trabajos administrativos en una empresa de la ciudad de Guayaquil-Ecuador <i>Ordoñez Virgilio, Anastacio Gustavo, Contreras Milton, Furlan Anggie, Lavayen Carlos, Torres Kevin, Torres Andrés, Villegas Cristina</i>	93
Implementación de un techo verde y su beneficio térmico en el hogar <i>Pablo Parra, Daniel Alonso</i>	103
Análisis del bambú como materia prima en la industria <i>Parra Pablo, Vera Richard</i>	115
La Cerveza Artesanal en el Ecuador <i>Parra Pablo, Izurieta Sara</i>	127

Esterilización de alimentos enlatados <i>Parra Pablo, Magallanes Javier</i>	153
Uso de la fibra de Abacá en la industria <i>Parra Pablo, Leones Karla</i>	167
Control estadístico de la calidad en la elaboración de tapas plásticas <i>Rojas Tania, Martínez Geovanna, Guachimboza Julio, Zambrano Jairon, Veliz Axel</i>	177
Determinación de constantes térmicas de conductividad de diferentes metales <i>Pérez Pablo, Daza Génesis, Guamán René, Jaramillo Joselyn, Leones Karla, Magallanes Javier, Medina Fernando, Moreira Oswaldo, Parrales Bryan, Preciado Rai, Quito Joao, Ruiz Kevin, Sánchez Ángel, Tipanluisa Juan</i>	193
Aplicación de control estadístico para una industria fabricadora de sacos <i>Rojas Tania, Aguilar David, Dután Gerardo, Elizalde Judith, García Alex, González Juan, Mendoza Jonathan</i>	205
Prótesis desarrolladas para uso del ser humano <i>Parra Pablo, Jiménez Jomayra</i>	217
Reparación de ejes deslizantes <i>Mendieta Nadia, Veliz Axel</i>	237

Presentación

En el Ecuador, durante los últimos años, se ha venido promoviendo la Investigación desde el Estado y a través de las instituciones universitarias. La Universidad Politécnica Salesiana ha patrocinado la creación de Grupos de Investigación, entre ellos el GIPI, grupo de investigación de procesos industriales.

La Carrera de Ingeniería Industrial encargó al GIPI la coordinación de las jornadas académicas y de investigación, evento que tiene como finalidad proporcionar un espacio adecuado para la exposición de los trabajos de investigación desarrollados por la comunidad universitaria.

En esta obra se recopilan varios trabajos de revisión bibliográfica y otros artículos que muestran resultados de investigación aplicada, todos enmarcados dentro del análisis de los procesos industriales. Se abordan temáticas fundamentales tales como la producción limpia, tratamiento de residuos, riesgos laborales, control de procesos y uso de nuevas materias primas.

Los temas específicos seleccionados para este libro son: nuevas tecnologías para una producción más limpia, líneas transportadoras, reutilización de residuos industriales, obtención de biogás, niveles de iluminación como posibles causantes de riesgos laborales, techos verdes como alternativa de climatización, el bambú como materia prima en la industria, la cerveza artesanal en Ecuador, esterilización de alimentos enlatados, uso industrial de la fibra de abacá, determinación de constantes térmicas, control estadístico en procesos de fabricación, desarrollo de prótesis para el uso de seres humanos y reparación de ejes deslizantes.

Se ha optado por la selección de un formato de escritura científica IEEE, con la finalidad de contribuir con este trabajo a la comunidad de investigadores nacionales e internacionales; por esta razón se ha dispuesto el tema de cada artículo escrito en inglés y en español, y de la misma manera se ha procedido a redactar el resumen de cada artículo en ambos idiomas.

La lectura y análisis de este texto está recomendado para estudiantes o profesionales de ingeniería, de manera general, y de manera especial para estudiantes de ingeniería industrial. Al recoger trabajos desarrollados por estudiantes y profesores, este libro se constituye en una herramienta de trabajo para el aula de distintas asignaturas. Los estados del arte o revisiones bibliográficas brindarán la oportunidad de continuar con el proceso investigativo en las diferentes temáticas abiertas, y los reportes de investigación ofrecen resultados de gran interés dentro de los procesos industriales.

Con esta obra se aspira a contribuir, de forma significativa, al desarrollo de la investigación dentro de los centros de educación superior. El evento de las jornadas académicas y de investigación seguirá siendo la oportunidad para que cada vez un mayor número de estudiantes y profesores se integren a la investigación científica. Aspiramos a seguir publicando en el futuro obras que dejen constancia del esfuerzo desplegado por los miembros de la comunidad universitaria en esta dirección.

Se agradece el trabajo de revisión realizado por los profesores Raúl La Madrid, Phd. y Luis Caamaño, MS.c.

Pablo Germán Parra Rosero

Nuevas tecnologías para una producción más limpia: un estado del arte

New Technologies for Cleaner Production: a State of the art

Parra Pablo, Herrera Limber

Resumen

Este trabajo trata sobre las diferentes investigaciones que se han realizado alrededor del mundo de las tecnologías, métodos y/o enfoques que se aplican para una producción más limpia, con la finalidad de buscar nuevas soluciones que permitan mitigar la contaminación ambiental generada por los diferentes tipos de procesos productivos. A la vez analiza y describe, mediante la revisión bibliográfica, cómo se ha originado el concepto de producción más limpia desde sus orígenes y cómo se va convirtiendo en el eje de un desarrollo sustentable en la actualidad, desde el punto de vista ambiental y económico. Se describe la problemática ambiental generada por los procesos industriales alrededor del mundo, y cómo en la actualidad se busca un desarrollo en conjunto entre los sistemas ecológicos naturales y las comunidades de plantas industriales. Se identifican tecnologías, métodos y/o enfoques que se utilizan en las industrias para generar una producción más limpia, obteniendo, a su vez, también réditos económicos y sus campos de aplicación. Se establecen cuáles son las fortalezas y debilidades al utilizar e implementar este tipo de tecnologías, métodos y/o enfoques en las diferentes industrias encaminadas a un desarrollo sostenible. Se concluye esta investigación con la descripción de los casos de aplicación de estas tecnologías tanto a nivel nacional como internacional.

Palabras claves: ecología, medio ambiente, producción más limpia, productividad.

Abstract

This research deals with the different investigations that have been carried out around the world of the technologies, methods and / or approaches that are applied for a cleaner production, in order to look for new solutions that allow mitigating the environmental pollution generated by the different types of productive processes. At the same time, it is analyzed and described through the bibliographic review as the origin of the concept of cleaner production since its origins and as it is becoming the axis of sustainable development at the present time from the environmental and economic point of view. Describes the environmental problems generated by industrial processes around the world, and as currently seeks a joint development between natural ecological systems and industrial plant communities. Technologies, methods and / or approaches that are used in the industries to generate cleaner production are identified, obtaining economic returns and their fields of application, establishing the strengths and weaknesses when using and implementing this type of technologies, Methods and / or approaches in the different industries aimed at sustainable development. We conclude this research with the description of the cases of application of these technologies both nationally and internationally.

Keywords: ecology, environment, cleaner production, productivity.

Introducción

El presente trabajo desarrolla el estudio de las tecnologías para una producción más limpia, con la finalidad de minimizar los efectos que la actividad industrial genera sobre el medio ambiente y la eficiente utilización de recursos naturales.

La filosofía de producción más limpia surge a partir de los años noventa, como una alternativa para reducir las consecuencias del acelerado desarrollo industrial sobre el medio ambiente. Esta filosofía es una respuesta a las leyes que se establecieron en los años noventa durante el notable desarrollo industrial que se vivía en aquella época [1]. Esta legislación estableció los niveles tolerables para la generación de basura y las emisiones de gases tóxicos al medio ambiente durante los procesos industriales.

De esta forma, como consecuencia del surgimiento y evolución de diferentes conceptos y teorías, desde los años 90 hasta la actualidad, surge la perspectiva de la Ecología Industrial. Esta perspectiva se establece como una alternativa bajo la cual los procesos lineales de producción se transforman en cíclicos, de tal manera que los procesos productivos imitan el comportamiento de los ecosistemas de la naturaleza, promoviendo el cierre del ciclo de materia [2], de tal forma que se garantiza el desarrollo sustentable [3] en cualquier nivel, relacionándose e impulsando las interacciones entre los diferentes sectores productivos relacionados con la economía, el medio ambiente y la sociedad [2]. Las diferentes opciones que se tienen para la programación y elección de procesos, en donde se aplican nuevas tecnologías, permiten aumentar la eficiencia y reducen notablemente la falta de tecnologías que deben aplicarse al cierre o final de las líneas de producción o de los procesos productivos [4].

El gran deterioro ambiental que en la actualidad se presenta es el resultado de las diferentes actividades industriales y del gran crecimiento de la población mundial en las últimas décadas; ante esta situación, la

actual sociedad se enfrenta a un escenario en donde se deben replantear o aplicar nuevas estrategias bajo una perspectiva del uso eficiente y eficaz de energía y los recursos naturales [2].

La gran trascendencia de la difícil problemática ambiental en los procedimientos de extracción de recursos y la transformación de las materias primas, sin objeción alguna, toma un gran valor dentro de nuevos sistemas o proyectos direccionados a preservar el desarrollo sustentable del medio ambiente y a su vez permitir el crecimiento de las economías [5].

En la actualidad, la gran mayoría de las organizaciones y empresas alrededor de todo el mundo deben estar encaminadas a la introducción en sus procesos productivos existentes de nuevos sistemas integrados de gestión ambiental y planes de manejo, que le permitan a la organización evaluar y mitigar de manera directa el nivel del impacto que se producen en los procesos productivos de sus organizaciones; de esta forma se da cumplimiento a las normativas constituidas en cada país [6].

El objetivo de esta investigación es identificar y valorar las tecnologías, métodos y/o enfoques más relevantes a nivel mundial aplicados a la industria, orientados a la obtención de una producción más limpia. Se plantea, además, valorar las fortalezas y debilidades de la aplicación de estas tecnologías, métodos y/o enfoques y por último identificar futuras líneas de investigación hacia la obtención de producciones industriales más amigables con el medio ambiente.

Este trabajo investigativo describe, en su sección 2, los problemas ambientales que se han originado como consecuencia de los procesos de producción. En la sección 3 se definen los conceptos actuales de la ecología industrial; en la sección 4 se presentan las tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia, aplicadas en la actualidad. En el apartado número 5 se valoran las fortalezas y debilidades de la aplicación de estas nuevas estrategias; en la sección 6 se plantean algunos casos prácticos de la aplicación de estas metodologías en la industria

ecuatoriana; y, en la última sección 7 se exponen las conclusiones de este trabajo.

Problemática ambiental

En el presente, el gran problema que están generando los seres humanos son las consecuencias ambientales que se originan debido a la actividad de la industria a nivel mundial. Esta problemática puede ser prevenida o mitigada siempre y cuando las organizaciones hagan cambios en sus procesos productivos, orientados a cumplir con los requisitos esenciales para la preservación del medio ambiente. Además, en este sentido, deberían incorporarse un conjunto de lineamientos dentro de sus sistemas y procesos industriales [7]. Para lograr este propósito es primordial la implementación de un nuevo modelo, como lo es el proceso industrial sostenible, el cual fomentará el desarrollo de la responsabilidad y competitividad de las empresas [3].

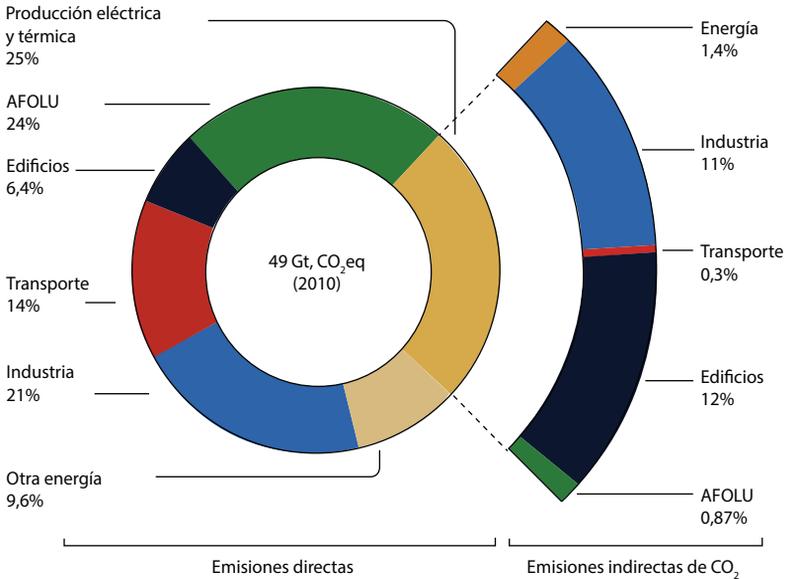
De acuerdo a los análisis de la Organización de las Naciones Unidas [8] relacionados al daño ambiental generado alrededor del mundo, se estima que para el año 2050, si continúa el enfrentamiento producción-consumo versus el medio ambiente, la gran parte de la población mundial no podrá satisfacer sus necesidades [9]. El enfoque tradicional con que se ha abordado el control de la contaminación considera como primera opción reducir los contaminantes después de que se hayan generado por los procesos productivos o industriales, exigiendo la aplicación de tecnologías de etapa final [10].

En la industria, la condición de sostenibilidad involucra la reconversión tecnológica para establecer los procesos de manera más eficiente en el uso de materiales, insumos y recursos naturales [9].

En la actualidad, el incipiente desarrollo económico y el desarrollo demográfico siguen constituyendo las matrices más importantes del desmesurado aumento de las emisiones de CO₂ [12], originadas por la incineración de los combustibles fósiles. Sin embargo, el desarrollo in-

dustrial ha provocado la generación de un alto porcentaje de emisiones de estos gases como se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos [11]



Esta información indica que, si no se plantean esfuerzos para reducir las emisiones de gases contaminantes en el mundo, se prevén diferentes escenarios perjudiciales para la sociedad y el mundo.

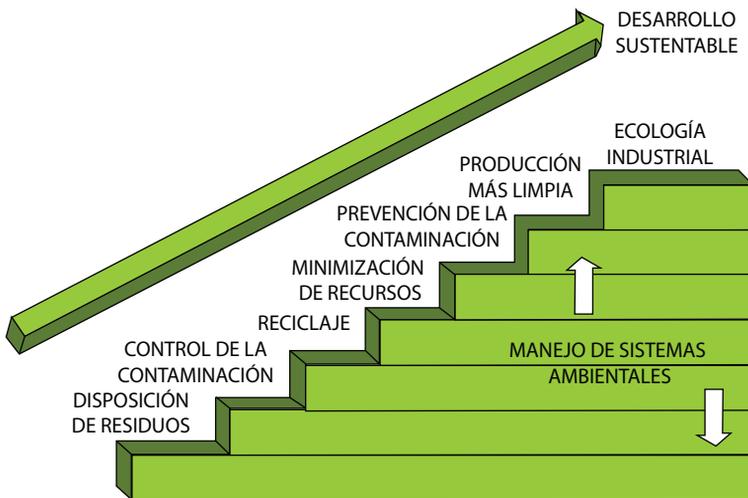
Se busca la aplicación de nuevas tecnologías que maximicen la eficiencia en la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y en el uso de las materias primas. Esta reducción debe permitir el reciclamiento y el reaprovechamiento de materias primas y productos. La disminución en la demanda tanto de productos como de servicios permitirá mitigar en un gran porcentaje el efecto que generan estos gases sobre el medio ambiente [11]. La implementación de iniciativas en

la aplicación de las tecnologías limpias, en el marco del desarrollo sostenible y la disminución de los impactos negativos al ambiente, han generado cambios en la concepción, el desarrollo del pensamiento, el devenir y la planeación de los nuevos procesos productivos en la generación de bienes y servicios a nivel global [10].

Ecología Industrial

Desde la década de los noventa hasta la actualidad, la definición de Ecología Industrial se ha afianzado tomando en cuenta a los sectores que permiten el desarrollo sustentable [2]. En la Figura 2 se muestra la evolución de los conceptos surgidos anteriormente hasta la concepción de la Ecología Industrial, como la perspectiva que en la actualidad se aborda y destaca el valor que tiene la sustentabilidad.

Figura 2
Evolución de los conceptos de la Ecología Industrial [2]



La ecología industrial establece una similitud entre los sistemas ecológicos naturales y la sociedad de plantas industriales, es decir, a todas las infraestructuras o las instalaciones de equipos industriales. Como en un ecosistema biológico, en un ecosistema industrial cada sistema o proceso deber ser contemplado como una pieza dependiente e interconectada de un sistema o proceso mayor [13].

La ecología industrial busca la posibilidad de establecer nuevas interrelaciones entre las empresas, como el fruto de establecer modificaciones en las actividades industriales y respondiendo así al conocimiento y normativas sobre sus impactos ambientales [14]. El principal objetivo que se plantea, al momento de establecer estas relaciones entre industrias, es el de optimizar el flujo de los recursos utilizados, encaminados a cerrar el ciclo de materia y, por ende, llegar a obtener un nivel cero de residuos [15].

Esto se lo puede conseguir usando los residuos que genera una industria como materia prima para otras industrias, como sucede en los ecosistemas naturales [16].

Tecnologías aplicadas

Las tecnologías que se aplican en la actualidad en los procesos de producción son el resultado de gran cantidad de investigaciones y experimentos, que se han desarrollado en las últimas décadas alrededor de todo el planeta y que influyen en un marco holístico en el mundo [17].

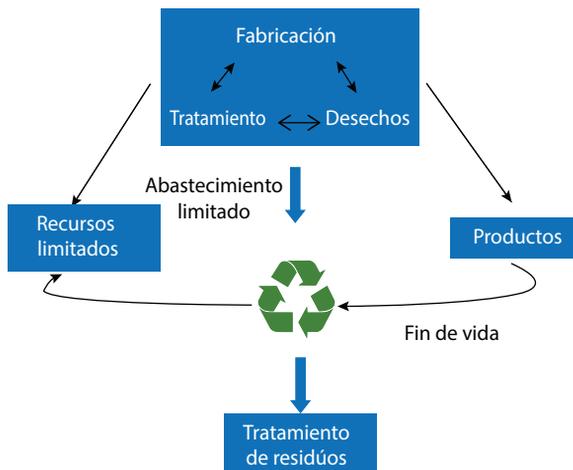
A. Metabolismo Industrial

Se describe el Metabolismo Industrial como el proceso en que los materiales o materias primas y la energía que se utilizan en los sistemas o procesos productivos fluyen a través de los sistemas industriales, desde la fuente hasta su disposición final [15]. Esta filosofía surge de una comparación con el metabolismo de los sistemas naturales, donde

los flujos de energía y materiales son cerrados, permaneciendo en un reciclaje constante [18]. Por lo tanto, el mayor objetivo del metabolismo industrial es el de minimizar el flujo de la materia prima en forma de residuo, mientras se maximiza el flujo interno de los materiales dentro del sistema productivo [19].

La aplicación de esta filosofía no solo se basa en el flujo de materiales en los procesos, sino también en que se pueden utilizar para la energía y el agua [15].

Figura 3
Modelo de un ciclo de metabolismo industrial [20]



B. Logística de Reversa

Es una estrategia que tiene como finalidad plantear, implementar y controlar el flujo eficiente y el costo efectivo de las materias primas, productos en proceso, productos terminados, empaques, productos defectuosos, etc., hasta la disposición adecuada de los mismos [21]. La logística reversa se incluye dentro de la perspectiva de la cadena de su-

ministro de ciclo cerrado [22], cuya función principal es la del diseño, operación y control de un procedimiento o sistema para aumentar la productividad en la creación de valor, tomando en cuenta el ciclo de vida del producto, por medio de su reutilización o aprovechamiento de distintos tipos y volúmenes de materiales durante un periodo de tiempo. Esta estrategia se puntualiza esencialmente como un método-herramienta para la administración de los materiales y residuos al final de su ciclo de vida en numerosas industrias a nivel mundial [21]. En la Tabla 1 se muestran los sectores en donde se aplica la logística reversa a nivel global.

Tabla 1
Aplicación de la logística reversa por sector y región [21]

Residuos Sólidos	Autores	Región
Aluminio	Logozar, Radonjic y Bastic (2006)	Eslovenia
Envases y empaques de vidrio	González-Torre, Adenso-Díaz y Artiba (2004)	España
Aparatos electrónicos	Achillas <i>et al.</i> , (2010)	Grecia
Aparatos electrónicos	Andiç, Yurt y Baltacioğlu (2012)	Turquía
Papel	Pati, Vrat y Kumar (2008)	India
Automóviles	Seitz y Wells (2006); Kumar y Putnam (2008)	India
Electrodomésticos y aparatos electrónicos	Kumar y Putnam (2008)	Estados Unidos
Automóviles	Cruz-Rivera y Ertel (2009)	México
Resduos municipales	Fehr y Santos (2009) Zhang, Huang y He (2011)	Brasil
Construcción	Nunes, Mahler y Valle (2009)	Brasil
Baterías	Hojas, de Castro, Gomes y Gobbo (2010)	Brasil

Dentro de la logística reversa también existen riesgos en su utilización, sin embargo, la incertidumbre es un factor crítico, porque en contraste a la logística directa es incierto el suministro del material, así como

la demanda, la calidad y la periodicidad de llegada a los centros o áreas de procesamiento de los materiales [23]. Como la incertidumbre es uno de los factores a considerar, la logística de reversa se sustenta en la Investigación de Operaciones, la misma que de acuerdo a su funcionalidad se encarga de la creación y desarrollo de diversos modelos de optimización que permitan cumplir los objetivos propuestos del negocio [22].

Otro de los aspectos muy importantes dentro de la logística de reversa viene dado por las fases de vida del producto, debido a que, de acuerdo a la fase en la que se sitúe el producto dentro de su ciclo de vida, éste retorna al proceso; de esta manera se realizarán las actividades que estarán asociadas a la gestión de estos productos [21].

Aunque la logística reversa se basa en gran parte a la gestión de los Residuos Sólidos en cualquier etapa del ciclo del vida de los mismos, un gran número de investigaciones hacen referencia y promueven la utilización de los métodos de la Logística Reversa al final de las etapas de vida del producto, para poder hacer frente a las existentes y nuevas regulaciones ambientales que se están aplicando alrededor del mundo, como parte del compromiso de los países en los acuerdos internacionales sobre el medio ambiente [24] y la ocasión de poder recuperar valor en los residuos luego de su consumo o utilización. Ejemplos de esto se puede observar con los objetos electrónicos, neumáticos y vehículos. Esto permite a la Logística Reversa administrar los diversos residuos que se originan en las diferentes fases del ciclo de vida del producto; se pueden reutilizar estos residuos, de tal manera que sirvan como una alternativa de suministro de materiales que son costosos y que originan que se utilice de manera constante recursos como la energía eléctrica y el agua, para su proceso de gestión o procesamiento. Un claro ejemplo de este sistema de reutilización de residuos es el aluminio, cuyos residuos se los aprovecha para la fabricación y producción de láminas de aluminio [25].

En varios países alrededor del mundo esta filosofía de logística reversa está siendo utilizada en los procesos productivos de las empresas, como por ejemplo en Colombia, que no es solo una iniciativa por parte

de las empresas, sino que dentro de su legislación se han establecido reglamentos y normas que se deben de cumplir para la utilización de insumos y materias primas más baratos y amigables con el medio ambiente. Mediante estas normativas se va adoptando de manera paulatina un perfil de conciencia ambiental por parte de las industrias, a medida que se establece el cumplimiento de las leyes [21].

C. Procesos Bioquímicos

En la actualidad, esta metodología de producción más limpia ha cobrado mucha importancia, prueba de ello son las diferentes investigaciones y experimentos que se han realizado en diferentes procesos productivos como son en los procesos farmacéuticos [26], procesos alimenticios [27], procesos de construcción [28] y procesos agrícolas [29].

Estos procesos continuos permiten a las empresas no solo obtener una ventaja económica sobre sus competidores, debido a la reutilización de muchos de sus residuos generados en los procesos de producción, sino también obtener ventajas ecológicas muy notables [26]. Esta idea puede verse aplicada en los procesos alimenticios, por ejemplo, mediante la reutilización y el tratamiento de los residuos que se originan en los procesos productivos de una empresa láctea, en dónde los residuos pasan por una etapa de separación. Este proceso debe impedir tanto la abolición de los residuos con la inserción de líquidos, como su mezcla; esto provoca que el tratamiento de cada tipo de residuo no sea el adecuado [30].

En la construcción, la aplicación de estrategias amigables con el medio ambiente permitirá respaldar la minimización de los impactos que se generan tanto en los procesos de construcción como en la gestión de operación u ocupación de los edificios. Los términos de reducir, conservar y mantener son considerados dentro de las perspectivas de una construcción sostenible. La construcción de este tipo de edificios, aplicando estas estrategias sostenibles, genera no solo beneficios medio ambientales, sino que también réditos económicos [28].

La industria de los alimentos constituye uno de los sectores más productivos en términos económicos, sin embargo, es la que genera un mayor impacto sobre el medio ambiente, tanto por sus sistemas de procesos productivos como también por la gran variedad de productos alimenticios que se ofertan en el mercado. En este sector se emplean bacterias de fermentación en los procesos de tratamiento de residuos y también en los procesos de elaboración de los productos; mediante estas bacterias se minimiza la utilización de procedimientos químicos que ocasionan altos costos a la empresa y a su vez son muy contaminantes. Se pueden utilizar técnicas de fermentación en el manejo de los desechos antes de su disposición final [27].

En el sector de la agricultura se emplea la biorremediación, la cual consiste en un procedimiento de mineralización, también conocido como composteo. Este procedimiento se utiliza para estabilizar los lodos residuales y así poder obtener el humus como producto; dicho humus funciona como enriquecedor de las características físicas del suelo. Como resultado de todo este proceso bioquímico se logra obtener un suelo con buenas características físicas y sin contaminante alguno, por lo que dicho suelo está apto para utilizarse en cualquier actividad agrícola [28].

Todos estos procesos forman parte de diferentes estudios y experimentos que se han desarrollado con la finalidad de contribuir con el desarrollo sostenible sustentable.

Fortalezas y debilidades de las tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia

La aplicación de las diferentes estrategias encaminadas a una producción más limpia posee aspectos positivos y negativos a la vez, estos aspectos van a depender desde qué punto de vista se los ha considerado. La implementación de estas estrategias puede mejorar o minimizar los diferentes inconvenientes al interior de las empresas y en varios pro-

cesos productivos, paralelamente, sin embargo, esto se dará en forma progresiva [31]. Entre las ventajas importantes que se generan en la aplicación de estas estrategias se presenta:

- Minimización en la utilización de materias primas.
- Minimización en el consumo de energía (electricidad, combustible, etc.).
- Reducción en la utilización del agua.
- Minimización en las pérdidas de materiales.
- Disminución de fallas en los equipos y maquinarias.
- Disminución de accidentes en maquinarias.
- Procesos de operación sólidos.
- Mejora en la planificación y gestión de los sistemas de procesos.
- Ingreso económico adicional, como resultado de la recuperación y venta de productos.
- Minimización en los costos de manejo y/o disposición final de los residuos generados en los procesos.
- Merma de costos en las operaciones de la planta con manejo de residuos.
- Ahorro en costos legales asociados al pago de multas por problemas ambientales y de seguridad.
- Se crea una sobresaliente imagen ambiental.
- Permite el acceso a mercados con sensibilidad ambiental o, a su vez, tener una menor probabilidad de perder un mercado por problemas ambientales.
- Minimización de riesgos.
- Disminución de los índices de productos con defectos.

De igual manera, la implementación de estas estrategias puede ocasionar graves conflictos dentro de las empresas y, de manera simultánea, en los procesos productivos:

- Comprende significativos cambios en los productos o servicios y procesos productivos.

- Implica cambios en la utilización de insumos y materias primas.
- Aumento de costos en la implementación de nuevas tecnologías para el control de los procesos.
- Engrandecimiento de las instalaciones de la empresa, lo que genera costos.
- Capacitación del personal de la empresa o el ingreso de personal capacitado, generando nuevos costos.
- Falta de conciencia ambiental por partes de los gerentes.
- Poca adaptación de tecnología a las necesidades y circunstancias actuales.

Casos de aplicación

A continuación, se presenta la aplicación de estas tecnologías para una producción más limpia a nivel nacional e internacional, analizando los beneficios obtenidos:

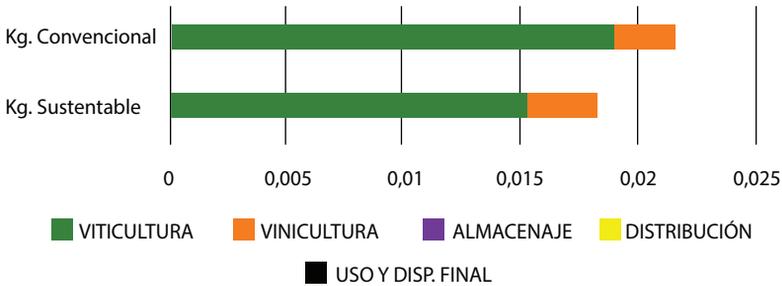
A. Panorama internacional

Las grandes empresas a nivel internacional son sin duda un ejemplo y referencia en la aplicación y usos de tecnologías, métodos y/o enfoques con respecto a muchas empresas del Ecuador. El sector vitivinícola en México es un claro ejemplo de que aplicando estrategias encaminadas a una producción más limpia se obtienen beneficios no solo ambientales sino también económicos, ya que esta industria genera anualmente alrededor de 4232,00 millones de pesos, es decir \$225'229.472 millones de dólares americanos [32]. En la Figura 4 se observa la comparación de los residuos que se generan en el proceso de viticultura y en empresas convencionales donde no se aplica ninguna estrategia sostenible; la comparación se realizó en base a visitas a las empresas que aplican tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia [33].

Los residuos orgánicos generados en el proceso de viticultura convencional, es decir, sin ninguna estrategia encaminada a una producción más limpia, son mayores comparados a los procesos sustenta-

bles de fabricación del vino; por consiguiente, es notoria la diferencia cuando se aplican estrategias que mejoran la productividad de los procesos y a su vez disminuyen la generación de residuos.

Figura 4
Residuos orgánicos generados por la industria de vinicultura [33]



B. Panorama nacional

La logística reversa en la industria ecuatoriana es poco utilizada, sin embargo, a nivel mundial grandes empresas han integrado a sus actividades empresariales este tipo de estrategia que les han permitido obtener grandes beneficios, no solo en términos económicos sino también en términos organizativos y de gestión de calidad ambiental [21].

Una de las empresas que aplica la logística reversa es Omniflife Del Ecuador S.A. Esta es una empresa dedicada a la comercialización de suplementos nutricionales y productos cosméticos producidos por el Grupo Omniflife Chivas, con sede en México [34]. Mediante la recuperación y la reutilización de sus productos no conformes, le ha permitido aumentar su competitividad en términos de mejora de manejo de inventarios y reducción de costos dentro de sus operaciones productivas como se muestra en la Tabla 2. A su vez, le ha permitido reducir la utilización de materias primas, lo cual beneficia al medio ambiente [35].

Tabla 2
Reducción de costos en productos no conformes [35]

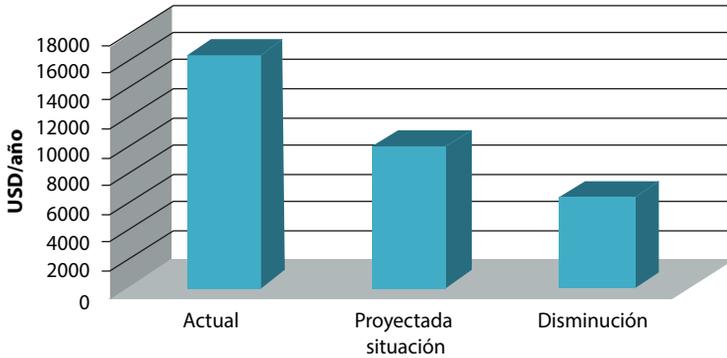
Semestre	Producto no conforme	Costo
Noviembre de 2014 – Abril de 2015	Nutricional y Cosmético	\$94 140.85
Mayo de 2015 – Noviembre de 2015	Nutricional y Cosmético	\$19.188.31

En la Tabla 2 se muestra la situación de la empresa antes de la utilización de la estrategia de logística reversa comprendida entre los meses de noviembre de 2014 y abril de 2015 y, luego de la aplicación de esta estrategia durante los meses de mayo y noviembre de 2015, los costos se reducen en un 79,62%, denotando así la eficiencia en cuanto a costos de la implementación de la logística reversa.

Los procesos bioquímicos encaminados a una producción más limpia van a depender del tipo de industria o proceso que se utilice, este es el caso del proceso de tinturado implementado en la industria “Textiles María Belén”, ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, en donde, mediante la disminución de químicos, logran la reducción de costos en sus procesos y mejoran la productividad. También se han implementado dispositivos de medición que permitan tener un mejor control sobre cada etapa de los procesos de tinturado que se realiza a lo largo de toda su cadena de producción [36].

En la figura 5 se muestra la situación actual de la empresa, antes de la disminución de químicos en sus procesos de producción y la situación que se proyecta en base a la disminución de químicos en busca de una producción más limpia en sus procesos. Se puede constatar que existe una disminución en costos anuales en aproximadamente \$6443.02. Esto ratifica, una vez más, que con la utilización e implementación de estrategias encaminadas a una producción más limpia, no solo se obtienen beneficios para el medio ambiente sino también para la empresa.

Figura 5
Comparación de costos de químicos [36]



ENVAGRIF C.A. es una empresa que se encarga de la producción de productos alimenticios [37] que, mediante proyectos de instalación de nuevas tecnologías y la utilización de otras materias primas, logró tener un sistema productivo menos contaminante hacia el ambiente y, a su vez, obtuvo réditos económicos y productivos. Prueba de ello es que se logró pasar de 75 unidades por horas-hombres a 600 unidades por horas-hombre [38]. En la Tabla 3 muestra el antes y después de la aplicación de una producción más limpia en términos económicos.

Tabla 3
Evaluación económica [38]

*Costo del Cambio	
Adecuaciones de la máquina	\$ 2.500,00
*Costo operacional antes de la P+L	
Materia Prima (61 224 kg Guanábana y 41 190 kg Mora, 0,7 \$/kg promedio)	\$ 71.690,00
Gastos de Fabricación (Se considera el consumo de diésel, electricidad y otros)	\$ 1.601,00

Mano de obra directa (22 personas por día, 48 días de producción por año a 8 \$/d)	\$ 8.448,00
Gastos Administrativos y de Ventas	\$ 43.200,00
Total	\$ 124.939,00
Ventas (3 000 unid/día*1,07 \$)	\$ 154.080,00
*Costo operacional después de la P+L	
Materia Prima (195 918 kg Guanábana y 131808 kg Mora, 0,7 \$/kg promedio)	\$ 229.690,00
Gastos de Fabricación (Se considera el consumo de diésel, electricidad y otros)	\$ 34.573,00
Mano de obra directa (67 personas por día, 48 días de producción por año a 8 \$/d)	\$ 25.728,00
Gastos Administrativos y de Ventas	\$ 138.240,00
Total	\$ 427.949,00
*Ingreso por la Venta de las Unidades Producidas	
Ventas (48 días*9 600 unid/día*1,07 \$/unid.)	\$ 493.056,00
Total	\$ 493.056,00
*Beneficio económico	
Total	\$/año 33.466

Como se muestra en la Tabla 3, el beneficio total que le queda a la empresa es de \$33.466 debido a la implementación de una producción más limpia.

Conclusiones

Con este trabajo investigativo se ha logrado identificar y valorar las tecnologías, métodos y/o enfoques más relevantes a nivel mundial aplicados en la industria, orientados a la obtención de una producción más limpia.

Se ha logrado constatar que la adecuada gestión ambiental, enfocada al cuidado del medio ambiente por parte de las empresas, se ha es-

tablecido como un factor esencial de la competitividad y desarrollo de las empresas en las diferentes regiones y países alrededor de todo el mundo.

Se han podido determinar las diferentes estrategias y métodos que permiten ser más amigables con el medio ambiente, como son el metabolismo industrial, la logística reversa y los procesos bioquímicos; en torno a ello se han descrito las fortalezas y debilidades de la aplicación de estas metodologías.

Se puede afirmar que estas tecnologías, métodos y/o enfoques, en el marco del desarrollo sostenible y la mitigación de los impactos negativos al ambiente, han generado resultados en el cambio de la concepción, el desarrollo del pensamiento y la planeación de los nuevos procesos productivos en la generación de bienes y servicios a nivel de todo el mundo.

La eficiencia y la eficacia de la Logística Reversa denota que esta estrategia es la más óptima y que es aplicable en la industria ecuatoriana de acuerdo a la revisión que se realizó, sin embargo, va a depender del nivel de compromiso de las empresas encaminadas al cuidado del medio ambiente, por lo que es necesario en el Ecuador y los demás países del mundo se establezcan normativas que permitan estimular la aplicación de estas estrategias. Se debe fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico al servicio de la conciencia ambiental.

Las diferentes investigaciones realizadas alrededor del todo el mundo manifiestan cómo la producción más limpia se implanta como una estrategia preventiva y de mitigación orientada a la optimización de un subsistema, evolucionando hacia una estrategia integral de producción, consumo, comercio y desarrollo.

Las tecnologías, métodos y/o enfoques de la gestión ambiental, en general, y específicamente de las estrategias de producción más limpia, constituyen un gran impacto en la economía mundial.

Recomendaciones

En el Ecuador existe poca implementación de estrategias encaminadas a la producción más limpia, siendo el principal problema, no la falta de recursos sino la falta de una conciencia ambiental por parte de las empresas.

Todas estas tecnologías, métodos y/o enfoques están encaminados hacia un desarrollo productivo más ecológico, fomentando el cuidado, preservación del medio ambiente y, a su vez, presenta un gran desafío hacia nuevas líneas de investigación encaminadas a la obtención de producciones industriales sostenibles.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar encuestas y observaciones de campo, para obtener datos primarios más específicos de las industrias del sector local. Además, se pueden desarrollar proyectos de investigación e implementación basados en la logística reversa para determinar el nivel de aplicabilidad y fiabilidad que existe dentro de las industrias ecuatorianas y, a su vez, determinar ventajas más específicas de esta metodología en términos ambientales.

Referencias

- [1] H. Dieleman, "Cleaner Production and Innovation Theory. Social Experiments As A New Model To Engage In Cleaner Production", *Rev. Int. Contam. Ambient [online]*, vol.23, n° 2, p.79-94, May, 2007.
- [2] C. Torre-Marín, S. Granados, R. Herrera, R. Martínez, "Ecología industrial y desarrollo sustentable", *Revista Académica Ingeniería*, Vol.13, n.1, p. 63-70, Enero-Abril, 2009.
- [3] A. Sánchez, A. Francisco, "La Auditoría Ambiental, la Empresa Amigable con el Ambiente y el Desarrollo Sostenible", *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, Vol. X, n.20, p. 174-194, Julio-Diciembre, 2015.
- [4] C. Bustos, G. Chacón, "La estrategia de producción del sector industrial", *Revista Sapienza Organizacional*, Vol. X, n.4, p. 49-74, Diciembre, 2015.

- [5] S. Gutiérrez, F. Calero, C. Álvarez, “Implementación de un plan integral de residuos sólidos generados en el proceso de producción en una industria alimenticia de salsas y conservas de piña”, *Revista Producción Más Limpia*, Vol.4, n.2, p. 30-43, Julio-Diciembre, 2009.
- [6] A. Basu, J. Dirk, “Industrial Ecology Framework for Achieving Cleaner Production in the Mining and Minerals Industry”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, n.4, p. 299-304, 2006.
- [7] J. Loayza, V. Silva, “Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales”, *Revista de Investigación Industrial Data*, Vol. 16, n.1, p. 108-117, enero-junio, 2013.
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [online]. *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo*. 2015. Disponible en: http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- [9] C. Fúquene, “*Producción Limpia, Contaminación y Gestión Ambiental*”, 1era.ed., Editorial Javeriana, Colección Biblioteca del Profesional, p.17, 2007.
- [10] J. Arroyave, L. Garcés, “Tecnologías ambientalmente sostenibles”, *Revista Producción más Limpia*, Vol. 1, n.2, p.78-86, Julio-Diciembre, 2006.
- [11] IPCC (2015), “Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014”, Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Disponible: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5_SPM_brochure_es.pdf
- [12] Elblogverde [online]. “Efecto invernadero y calentamiento global: Definición”. Disponible en: www.elblogverde.com/efecto-invernadero-y-calentamiento-global
- [13] T. Considine (2008, Septiembre). Ecología Industrial. Pennsylvania State University, Estados Unidos. *Revista Virtual Pro* [online]. Disponible en: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/ecologia-industrial-the-pennsylvania-state-university-state-college-pa-estados-unidos->
- [14] T. Spiro, W. Stigliani. (2003). *Química Medioambiental* (2.ª ed.). Pearson Educación S.A. Madrid. Disponible: https://books.google.es/books/about/Qu%C3%ADmica_medioambiental.html?hl=es&id=tmcCAAACA
- [15] M. Agudelo. (2013). *Aplicaciones de ecología industrial en la gestión integral de residuos peligrosos*. Tesis de Maestría, Máster Universitario en Sos-

- tenibilidad. Universidad Politécnica De Catalunya. Disponible: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20841/Mem%C3%B2ria%20-%20Agudelo%20Guinand,%20Mar%C3%ADa%20Isabel.pdf?sequence=1>
- [16] X. Castells (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz Santos, España. Disponible: https://books.google.com.ec/books/about/Tratamiento_y_valorizaci%C3%B3n_energ%C3%A9tica.html?id=KBTPxIi6IRsC
- [17] B. Hoof, C. Herrera, “La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia”, *Revista de ingeniería. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia*. Vol. X, n.26, p. 101-120, Noviembre, 2007.
- [18] IDEAM (2011). Informe Nacional Generación y Manejo de residuos peligrosos en Colombia. [online] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022431/INFORMENACIONA-LWEB.pdf>
- [19] E. Lowe, S. Moran, J. Warren, “*Discovering Industrial Ecology: An executive briefing and sourcebook*”. Columbus: Battelle Press, 1997
- [20] M. Camargo, J. Gurrulat (2012). Proyectando a gestao ambiental para a sustentabilidade. *Revista BA*. [online]. Disponible <http://www.banasqualidade.com.br/2012/portal/conteudo.asp?codigo=10436&secao=Revista%20BA.%202012>
- [21] P. Montoya, C. Cecilia, T. Lozada, V. Holguín, C. Julio, M. Rebellón, L. Fernando, “La logística de reversa y su relación con la Gestión Integral y Sostenible de Residuos Sólidos en Sectores Productivos”, *Revista Unilibre Cali*, Vol. 9, n.1, p. 226-238, Enero-Junio, 2013.
- [22] V. Guide, V. Wassenhove, “The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research”, *Operations Research*, Vol. 57, n. 1, p.p.10-18, Jan-Feb, 2009.
- [23] P. Beullens. “Reverse logistics in effective recovery of products from waste materials”, *Operations Research*, Vol. 3, n. 4, p. 283-306, 2004.
- [24] Consejo de La Unión Europea (2016). Acuerdos internacionales sobre actuación en materia climática. [online]. Disponible en: <http://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>
- [25] K. Logozar, G. Radonjic, M. Bastic, “Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.49, n.1, p.49-67, Noviembre, 2006.

- [26] M. Jiménez, A. Amórtegui, “Producción más limpia en la industria farmacéutica”, *Revista Producción más Limpia*, Vol. 2, n.1, p.30-38, Enero-Junio, 2007
- [27] M. Restrepo, “Producción más limpia en la industria alimentaria”, *Revista Producción más Limpia*, Vol. 1, n.1, p. 87-101, Enero-Junio, 2006
- [28] L. Varón, D. Sierra, L. Bedoya, “Indural: un aporte significativo a la producción más limpia y la construcción sostenible”, *Revista Producción más Limpia*, Vol. 6, n.1, Junio, 2011
- [29] A. Martínez, Ma. Pérez, J. Pinto, B. Gurrola, A. Osorio-Rodríguez, “Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes”, *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol.27 no.3, p. 241-252, Enero, 2011.
- [30] J. Garzón, J. López. (2008).”Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la empresa Friesland Lácteos Purace de san Juan De Pasto”. Universidad Tecnológica de Pereira, Proyecto de investigación presentado como requisito para optar el título de Especialista en Gestión Local, disponible en:<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1539/62844G245.pdf?sequence=1>
- [31] María Gómez Gallo, Luz Florez López, Raúl Cardona Pareja, Carolina Cano, Daniel Villa Vélez y Mario Rendón González, “Producción más limpia en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia)”, *Revista Producción Más Limpia*, Vo.5, n.2, Julio-Diciembre, 2010.
- [31] Marvin Addiel Góngora Rosado, “Propuestas de prácticas sustentables en la Industria vitivinícola de Baja California, México”, Tesis para obtener el grado de Maestro en administración integral del ambiente. Colegio de la Frontera Norte, México. 2016.
- [33] Omnilife [online], Somos Omnilife. Disponible en: <https://www.omnilife.com/somos-omnilife/>. 2017.
- [34] Gisela Nataly Medina Vargas, “Incremento de la productividad del área de logística de la empresa Omnilife del ecuador s.a., mediante el desarrollo, implementación y validación de un modelo de gestión basado en logística reversa”, Tesis previa a la obtención de grado de máster (msc.) en ingeniería industrial y productividad, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2016.

- [35] Sofía Johanna Morillo Chandi, “Propuesta de producción más limpia (p+l) en el proceso de tinturado, en la industria “textiles maría belén” ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniera Ambiental Grado Académico de Tercer Nivel de formación, Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 2012.
- [36] Envagrif [online Nosotros. Disponible en: http://www.envagrif.com/nosotros_esp.htm.
- [37] Luis Antonio Luzuriaga Robalino, “Plan de implementación de producción más limpia en la empresa ENVAGRIF C.A.”, Proyecto previo a la obtención del título de Especialista en Producción más Limpia, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2011.

Líneas transportadoras en la industria, análisis de componentes y parámetros de diseño

Conveyor lines in the industry, component analysis and design parameters

Parra Pablo, Lema Alexis

Resumen

El presente trabajo investigativo pretende analizar y recopilar la información necesaria acerca del funcionamiento, diseño y aplicaciones industriales de las cintas transportadoras, con parámetros de calibraciones internacionales, dando un enfoque a la mejora en nuestra industria nacional. Se parte desde el análisis de los componentes, el cálculo de los principales esfuerzos y la información proporcionada por los principales fabricantes. Además, se aborda el tema de diseño en el cual analizaremos cómo se calcula el tipo de componente idóneo para las necesidades que se requieren, describiendo las bases informativas en cuanto al desarrollo construcción y fabricación de las cintas transportadoras

Palabras claves: potencia de motor, tracción, peso específico, eje, potencia total.

Abstract

This research work aims to analyze and collect the necessary information about the operation, design and industrial applications conveyor belts with International calibration parameters with a focus on improving our national industry. It starts from the Component Analysis, Calculation of Key efforts in addition to the information provided by the major manufacturers. In addition, the issue of design in which it will look like the type suitable component is calculated for the needs required addresses.

Keywords: engine power, traction, specific weight, axis, total power.

Introducción

Una línea transportadora es un conjunto de componentes y sistemas mecánicos utilizados para el transporte de objetos y/o productos, que se utilizan en los debidos procesos industriales [1], conformado por una transmisión principal en la cual consta de un eje y piñones que están conectados a un motor, el cual dará el movimiento a la cinta transportadora de forma continua [2]. Estas líneas sirven para conectar diferentes procesos, llevando el producto de un lado a otro; suelen ser horizontales o inclinadas [3].

Las líneas transportadoras en nuestro medio son comúnmente utilizadas en la industria alimenticia, siendo de vital importancia que cumpla con estándares de calidad y generalmente de estructura inoxidable. En Ecuador se usan para transportar materiales agrícolas e industriales, tales como grano, productos terminados, componentes, alimentos, a menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas transportadoras elevadoras. Además, existe una amplia variedad de cintas transportadoras que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés.

Su función más importante, a nivel de transporte, es hacerlo de forma continua, tanto de materiales homogéneos como mezclados, a distancias que pueden oscilar entre algunos metros y decenas de kilómetros.

Uno de los componentes principales de los transportadores es la banda de goma, que ejerce una doble función [4]:

- Contener el material transportado.
- Transmitir la fuerza necesaria para transportar la carga.

Los ramales, superior y de retorno de la banda, descansan sobre una serie de rodillos soportados por estructuras metálicas. En los dos extremos del transportador la banda se enrolla en tambores, uno de los cuales, acoplado a un órgano motor, transmite el movimiento.

Las cintas o bandas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de palets, permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los pro-

cesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario todo esto gracias a las bandas transportadoras.

Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia.
- Se adaptan al terreno.
- Tienen una gran capacidad de transporte.
- Permiten transportar una variedad grande de materiales.
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado.
- Se puede desplazar.
- No altera el producto transportado.

Entre los principales componentes de esta línea transportadora tenemos:

A. Elemento deslizando

Son los elementos sobre los cuales se apoya la carga, ya sea en forma directa o indirecta, perteneciendo a estos los siguientes:

- **Correa o banda:** que da el nombre a estos equipos, tendrá una gran variedad de características, y su elección dependerá en gran parte del material a transportar, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida, capacidad de carga a transportar, etc.
- **Polines:** generalmente los transportadores que poseen estos elementos incorporados a su estructura básica de funcionamiento, son del tipo inerte, la carga se desliza sobre ellos mediante un impulso ajeno a los polines y a ella misma.

B. Estructura soportante

La estructura soportante de una cinta transportadora está compuesta por perfiles tubulares o angulares, formando en algunos casos

verdaderos puentes que se fijan a su vez, en soportes o torres estructurales apernadas o soldadas en una base salida.

C. Elementos motrices

El elemento motriz de mayor uso en los transportadores es el del tipo eléctrico, variando sus características según la exigencia a la cual sea sometido. Además del motor, las poleas, los engranajes, la moto reductora, son otros los elementos que componen el sistema motriz. Aquí también constan los tensores que son los elementos que permitirá mantener la tensión en la correa o banda, asegurando el buen funcionamiento del sistema.

D. Tambor motriz y de retorno

La función de los tambores es funcionar como poleas o rodillos, las que se ubicarán en el comienzo y fin de la cinta transportadora; para su selección se tomarán en cuenta factores como: potencia, velocidad, ancho de banda, entre otros [5].

Este tipo de transportadoras continuas están constituidas básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en “cabeza”. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión.

Análisis y características de los componentes de las líneas transportadoras en la industria

Las cintas transportadoras vienen desempeñando un rol muy importante en los diferentes procesos industriales y esta se debe a varias razones, entre las que se destacan las grandes distancias a las que

se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, su gran capacidad de transporte, la posibilidad del transporte de los diversos materiales (minerales, vegetales, combustibles, fertilizantes) empleados en la construcción [6].

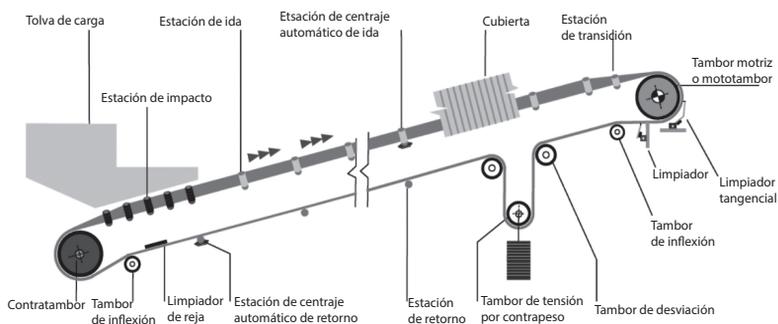
También se las define como elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es transportar, elevar o distribuir materiales hacia otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que las manipule directamente de forma continuada. Las cintas transportadoras sirven para el transporte horizontal o inclinado de objetos sólidos o material a granel, cuyas dos ventajas principales son:

- Gran velocidad.
- Grandes distancias.

Su función más importante, a nivel de transporte, es hacerlo de forma continua, tanto de materiales homogéneos como mezclados, a distancias que pueden oscilar entre algunos metros y decenas de kilómetros.

La Figura 1 muestra un esquema general de una cinta transportadora. En él se pueden ver los distintos elementos que la componen.

Figura 1
Principales componentes de las Cintas trasportadoras [7]



A. La Banda

La banda es uno de los elementos más importantes de toda la instalación y se le puede considerar como el elemento principal, pues tiene que ser capaz de cumplir las siguientes funciones:

- Absorber las tensiones desarrolladas en el arranque.
- Transportar la carga.
- Absorber la energía de impacto en el punto de carga.
- Resistir a los efectos de temperatura y agentes químicos (calor, aceite y la grasa que contiene los materiales, acidez, etc.).
- Cumplir con los requisitos de seguridad como la resistente al fuego.

También en el aspecto económico es, en general, el componente de mayor precio, tal como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1
Costo de la Banda [7]

B (mm)	L (m)	Coste de la Banda (% del total)
650	30	13
650	79	18
800	300	23
800	380	33
1000	100	16
1000	124	18

B. Tipos de bandas

Las bandas se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos, según el tipo de tejido:

- De algodón.
- De tejidos sintéticos.
- De cables de acero.

Según la disposición del tejido:

- De varias telas o capas.
- De tejido sólido.

Según el aspecto de la superficie portante de la carga:

- Lisas.
- Rugosas.
- Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados

Las bandas lisas son para instalaciones horizontales y con un pequeño ángulo de inclinación. Las calidades de sus recubrimientos y su carcasa exterior pueden combinarse adecuadamente, según las exigencias de funcionamiento. La fabricación estándar abarca anchos desde 400mm a 1600mm. Para utilizaciones específicas se pueden fabricar hasta un ancho de 2200 mm con bandas reforzadas.

Las bandas rugosas sirven para incrementar el coeficiente de adherencia de los materiales transportados, pudiendo funcionar tanto en plano horizontal como inclinado.

Este tipo de superficie se suele utilizar en el transporte típico de aeropuertos, sacos de correo, fardos, etc. (Figura 3, 5). Su recubrimiento puede realizarse, según las necesidades, confeccionándose con 1200 mm de ancho máximo. Existen multitud de tipos de grabados de rugosidad. Las bandas nervadas son usadas para instalaciones con elevado ángulo de inclinación, las cuales evitan el retroceso o caída del producto transportado, incrementándose la capacidad de carga de la banda. En función de las características del material transportado y el ángulo de inclinación del transportador, se determina el tipo y altura del perfil más adecuado, consiguiéndose perfiles de hasta 70° de inclinación. Se fabrican en anchos de 400mm, 500mm, 600mm, 650mm, 800mm, 1000mm y 1200mm. (Ésta última se puede fabricar con los nervios a 1000mm o 1200 mm).

Los tejidos empleados en la actualidad para el diseño de una banda, son los mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2
Tipos de tejidos [8]

Nombre Común	Designación
Algodón	B
Rayón	Z
Poliéster	E
Poliamida	P
Cable de Acero	St

Los tejidos naturales como el algodón se emplean muy poco en la actualidad al haber sido sustituido por el tejido sintético como es el rayón, poliéster y la poliamida, además de cable de acero. De los tejidos sintéticos, los más empleados son el poliéster (E) para la urdimbre y la poliamida (P) para la trama, dando origen a un tejido llamado EP. Respecto al poliéster se puede decir que es una fibra química conocida comercialmente como trevira y terylene. En cuanto a la poliamida, también es una fibra sintética conocida como nylon y perlón. Debido a la necesidad de conseguir que las bandas sean capaces de soportar mayores tensiones, ha llevado a desarrollar la fabricación de bandas con cable de acero. En estas, la urdimbre está formada por cables de acero cuyos hilos están completamente galvanizados y embebidos en la goma para garantizar la marcha recta de la banda.

Las diferentes resistencias de las bandas se logran utilizando cables de distintos diámetros y a su vez el espaciado entre cables también varía. La rigidez transversal se logra en general por la propia goma, que al ser más flexible que el tejido empleado en la trama de las bandas EP, le confiere mayor ángulo de artesa. Por último, se habla de la banda de tejido sólido (Solid woven). Su característica más destacada es que el recubrimiento es parte integral de la banda, dándole mayor resistencia al fuego e impidiendo la penetración del agua. Además, su no separación de la carcasa le confiere una propiedad inherente de tejido sólido [8].

Las fibras sintéticas de la urdimbre proporcionan la resistencia a tracción y las fibras exteriores se encargan de amortiguar los impactos. Son muy resistentes al desgaste de los bordes de la banda, impidiendo la separación de sus fibras. El espesor de los recubrimientos de la carcasa se define en función del tipo de aplicación de la banda y de la anchura de ésta, además de otras características como el tipo de material y grado de abrasividad. Tomando en consideración las propiedades mecánicas de resistencia, alargamiento y abrasión, se han establecido las categorías W, X, Y, Z en la Tabla 3.

Tabla 3
Calidad de los recubrimientos. Norma DIN 22102 [8]

Calidad de los recubrimientos	W		X	Y	Z
Resistencia a la tracción longitudinal [N/mm ²]	18		25	20	15
Alargamiento de rotura longitudinal [%]	400		450	400	350
Abrasión [mm ²]	90		120	150	250

La cubierta protege a la carcasa de la abrasión y cualquier otra condición local que contribuya al deterioro de la banda. En algunos casos muy concretos, estas condiciones pueden ser moderadas de tal forma que no se requiere protección ni cobertura para la banda. En otros casos, la abrasión y el corte pueden ser tan severos que se requiera una cubierta superior más gruesa de lo normal. De cualquier modo, el propósito de la selección de la cubierta es suministrar suficiente protección a la carcasa con el fin de que llegue al límite de su vida útil.

B. Rodillos y soportes

Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora y de su calidad depende, en gran medida, el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además

de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, con la consiguiente reducción de la vida de la misma. Si los rodillos se inmovilizan, al rozar la banda contra ellos se produce planos en la superficie cilíndrica que con el tiempo puede producir la rotura de los mismos.

Uno de los componentes más importante de los rodillos y que más influye son los rodamientos. En Europa, los más empleados son los rodamientos de bolas, de una hilera, mientras que en U.S.A. se emplean los rodamientos cónicos. El otro componente que en orden de importancia influye en la vida del rodillo, es el sistema de juntas de estanqueidad, pues de la eficacia de esta depende la mayor o menor contaminación de la grasa lubricante. En cuanto a los tipos de rodillos, se puede decir que hay tres tipos fundamentales:

- Rodillos cilíndricos con la superficie exterior lisa, tal como la obtenida mediante el empleo de tubos de acero.
- Rodillos cilíndricos recubiertos de goma, adecuados para soportar impactos pequeños.
- Rodillos cilíndricos de aros de goma, si se montan en los rodillos portantes que pueden soportar grandes impactos, usados en la zona de carga. Si se montan en la zona de retorno, deben ser adecuados para facilitar la limpieza de la banda.

Las dimensiones de los rodillos, según la norma DIN 15207 y 22107, se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4
Diámetro de los Rodillos [mm] [9]

Rodillos portantes	51	63,9	88,9	108	133	159	193,7	219
Rodillos de impacto				156	180	215	250	290

Las funciones a cumplir son principalmente tres:

- Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior. Los rodillos del ramal superior situados en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material.
- Contribuir al centrado de la banda; por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a descentrarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra, en parte, mediante la adecuada disposición de los rodillos, tanto portantes como de retorno.
- Ayudar a la limpieza de la banda, aunque la banda es limpiada por los rascadores, cuando el material es pegajoso pueden quedar adheridos restos del mismo, que al entrar en contacto con los rodillos inferiores puede originar el desvío de la misma. Para facilitar el desprendimiento de este material se emplean rodillos con discos de goma (rodillos autolimpiadores).

C. Estación del auto centrador

En algunos casos, no es suficiente la acción centradora sobre la banda llevada a cabo por las disposiciones constructivas que se acaba de reseñar, por lo cual es necesario el empleo de una disposición espacial que da origen a las llamadas estaciones auto centradoras” (ver Figura 2). Estas estaciones pueden montarse en el ramal superior, en el inferior o en ambos. Su constitución cuando se monta en el ramal superior es básicamente en una terna de rodillos normales, a la cual se la ha dotado de un eje de giro vertical y de dos pequeños rodillos con su eje casi vertical, situado en las proximidades de los extremos más alejados de los rodillos laterales. En las estaciones auto centrador de retorno, se sustituye la terna de rodillos por un solo rodillo liso, manteniéndose todo lo demás.

Figura 2
Estación Auto centradora [9]

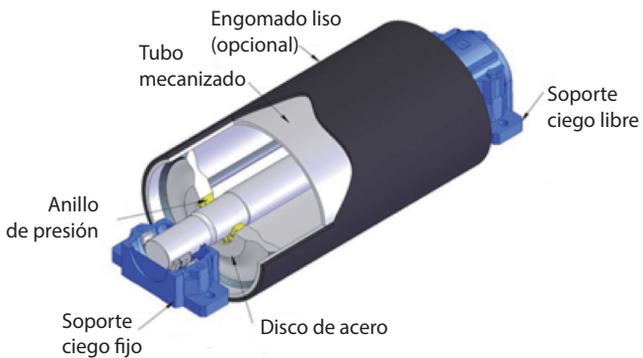


D. Tambores

Se comienza el estudio de los tambores indicándose sus componentes principales:

- Envoltente cilíndrica y discos laterales, formando un solo cuerpo.
- Eje.
- Elementos de Unión.
- Recubrimientos.

Figura 3
Tambor de cola/reenvío [9]



Aunque estos componentes son sencillos, su forma constructiva y materiales han ido evolucionando en el transcurso del tiempo. Desde el punto de vista de las funciones a desempeñar se clasifican los tambores en dos grandes grupos: los motrices, encargados de transmitir las fuerzas tangenciales a la banda, y los no motrices, los cuales realizan un cambio de trayectoria de la banda.

Los primeros tambores se construían con el eje de acero, pero con la envolvente y los discos de madera. Posteriormente, se construyeron con la envolvente de acero suave y los discos de fundición gris, y en la actualidad se hacen en construcción electro soldada, siendo el material de la envolvente acero suave, y los discos, ya sea de acero suave también o de acero moldeado. Otros, menos usados, son los tambores de jaula de ardilla, empleados cuando la cinta transporta materiales pegajosos. Las dimensiones principales (diámetro y longitud), están normalizadas: los diámetros según DIN 22101 y las longitudes según ISO 1536. En la Tabla 5 y en las Tablas 6 y 7 se detallan tanto los diámetros como las longitudes.

Tabla 5
Diámetros de Tambores DIN 22101 [mm] [9]

190	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

Tabla 6
Longitud de Tambores [9]

Ancho de Banda [mm]	400	500	650	800	1000
Ancho de Tambor [mm]	500	600	750	950	1150

Tabla 7
Longitud de Tambores [9]

Ancho de Banda [mm]	1200	1400	1600	1800	2200
Ancho de Tambor [mm]	1400	1600	1800	2000	2200

La determinación de los diámetros depende del tipo de banda empleada y del espesor de las telas o el diámetro del cable de acero, según el caso; a su vez estos espesores o diámetros dependen de la tensión máxima en la banda. Conocido el tipo de banda también se sabe el espesor de la carcasa y con ello el diámetro del tambor motriz, que es el básico, de acuerdo con la norma DIN 22101, multiplicando dicho espesor en mm por el factor 108 para bandas EP o 145 para las bandas ST, redondeando a valores normalizados de la Tabla V. Para los diámetros de los demás tambores, al estar sometidos en general a menores tensiones, no será necesario que tengan los mismos diámetros que el motriz. La norma DIN 22101 clasifica los tambores en 3 grupos, dependiendo de la magnitud de la tensión a las que están sometidos:

- Grupo A. Motrices, están sometidas a tensiones del 60% al 100%.
- Grupo B. Tambores no motrices, sometidas a menores tensiones que las anteriores.
- Grupo C. Tambores no motrices, sometidas a menores tensiones, pero con un ángulo de arrollamiento menor de 90°.

Otros fabricantes indican en sus catálogos dichos diámetros dependiendo del tipo de banda que fabrican, como será nuestro caso desarrollado en el software con el fabricante DUNLOP.

E. Tensores de banda

Sus funciones principales son:

1. Lograr el adecuado contacto entre banda y tambor motriz, para que se efectúe la transmisión de fuerza desde el tambor a la banda, impidiendo el patinaje. Para ello es necesario aplicar una fuerza de valor adecuado en el lado de salida de la banda.
2. Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga motivados por falta de tensión en la banda. Esta insuficiencia de tensión origina las siguientes consecuencias:

- a. Que la flecha entre dos ternas de rodillos portantes sea excesiva, produciéndose fugas de material entre la banda y faldón de guiado de las zonas de carga, cuando el material es fino y también desbordes en las proximidades de carga, cuando el material es grueso.
 - b. Contacto insuficiente entre banda y rodillos de la terna, sobre todo cuando el ángulo de artesa es grande.
 - c. Que el ramal inferior pueda rozar contra el suelo en las cintas de interior de mina, dada la irregularidad del mismo y la reducida altura de los bastidores de cinta.
3. Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda. Estas variaciones son debidas a cambios de tensión en la banda, producidos ya sea por variaciones en el caudal de la cinta o durante el arranque y frenado [10].

Los tensores de lazo sencillo son aquellos en los cuales la banda forma un solo lazo; normalmente la mayoría de los tensores son de este tipo, al no existir problemas de espacio para los mismos. El tensor automático de gravedad en cabeza es el más sencillo y eficaz para bandas de longitudes y capacidades medias, por aplicarse la tensión en forma directa en el punto más adecuado, esto es en las proximidades del tambor motriz. Es el tensor más empleado en cintas inclinadas, por haber suficiente altura entre el tambor motriz y el suelo para la instalación del mismo.

El tensor automático de gravedad en cola se emplea principalmente en cintas de interior de mina y es la versión más sencilla posible con un contrapeso. Consta simplemente de: un carro con ruedas sobre el que se monta un tambor de reenvío guiado sobre unos carriles y un cajón para alojar el contrapeso requerido. En caso de ser la cinta horizontal, el tensado se realiza mediante un contrapeso vertical. Para estos casos, la fuerza de tensado es constante y el recorrido variable.

F. Bastidores

Son los bastidores los componentes más sencillos de las cintas y su función es, obviamente, la de soportar las cargas de material, banda, rodillos y las posibles cubiertas de protección contra el viento, entre el punto de alimentación y el de descarga del material. Se compone de los rodillos, ramales superiores e inferior y de la propia estructura soporte (ver Figura 4).

Figura 4
Bastidor formado por dos largueros [9]



Pueden clasificarse en los tipos que a continuación se detallan (ver Figura 5):

- Bastidor formado por 2 largueros metálicos: generalmente son perfiles de acero laminado en U. Estos perfiles se apoyan en soportes que acostumbran ser del mismo perfil que los largueros, siendo la unión entre ambos rígida. Esta disposición constructiva es la más corriente, siendo la más adecuada para el montaje de soportes de rodillo, empleada en cintas de gran anchura de banda.

- Bastidor tubular: formado por tubos cuadrados o redondos, que se apoyan en soportes construidas también por tubos o por perfiles laminados.
- Bastidor colgante: formado por cables de acero que se tensan entre patas convencionales.
- Bastidor auto resistente: destinado a salvar vanos de hasta 30 metros aproximadamente, constituidos por una estructura de celosía, con uno o dos pasillos, siendo la propia celosía el bastidor.

Figura 5
Bastidores tubulares [8]



G. Grupos Motrices

El grupo motriz de una banda transportadora es uno de los componentes más importantes de la misma. De la adecuada elección de los elementos que la forman depende la seguridad de funcionamiento y la vida de la banda. La forma en la que se efectúa el arranque influye en la vida y comportamiento de los componentes del grupo motriz y, así mismo, en la vida de la banda, tambores y rodillos.

Los componentes del grupo motriz, señalados en el orden de entrada a salida del movimiento son:

- Motor eléctrico.
- Acoplamiento de alta velocidad, puede ser elástico o fluido. Acoplamiento de baja velocidad.
- Dispositivo anti-retorno.
- Freno.

El motor, el reductor y el freno están unidos a una bancada. En motores de potencias pequeñas, el motor y el reductor forman una sola unidad, suprimiéndose así la bancada.

Figura 6
Grupo motriz, reductor clásico [10]



La primera condición al elegir un motor, es que la potencia del mismo sea al menos igual a la potencia requerida en el eje de salida del reductor, dividida entre el rendimiento del mismo. En los casos en que existen posibilidades de sobrecarga de larga duración o no se tenga seguridad en el valor de la potencia calculada, hay que multiplicar ésta por un factor de servicio, con el fin de tener en cuenta estas circunstancias. En potencias grandes, en las que el paso de un tamaño de motor al inmediato supone un incremento importante del coste, debe tenerse muy en cuenta la elección del factor de servicio adecuado. [11]

La temperatura normal de funcionamiento es de 40°, para alturas sobre el nivel del mar de hasta 1000 m. Para alturas superiores, la potencia se reduce según indica la Tabla 7.

Tabla 7
Potencia en función de la altura sobre el nivel del mar [II]

Altitud (h) sobre el nivel del mar (m)	$h \leq 1000$	$1000 \leq h \leq 2000$	$2000 \leq h \leq 3000$	$3000 \leq h \leq 4000$	$4000 \leq h \leq 5000$
Potencia en % de la nominal	100	95	90	85	80

Cálculo y Diseño de la Línea Transportadora

En cuanto a parámetros principales es evidente que lo primero que se debe conocer al proyectar una cinta transportadora son las características del material a transportar, debido a la gran existencia de los tipos diferentes de materiales a granel que se pueden encontrar. Para su selección existen diferentes métodos y estudios; en este caso se ha seleccionado el método I.S.O. y F.M.E. Consiste principalmente en diferenciar los materiales según el tamaño y forma, teniendo en cuenta propiedades como el peso específico, el tamaño y la forma. Este método también considera otras características desde el punto de vista del transporte como son la abrasividad, ángulo de reposo, ángulo de sobrecarga y la inclinación máxima de la banda para ese material seleccionado.

Entre las características principales a tomar en cuenta para los cálculos se encuentran las siguientes [12]:

A. *Peso específico*

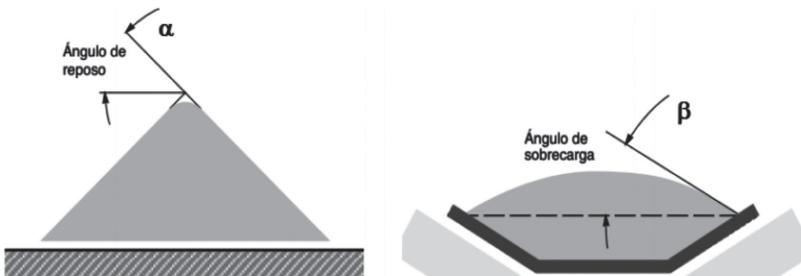
El peso específico de un material se define como su peso por unidad de volumen y se expresa en [kg/m³] (kilogramo por metro cúbico) en el Sistema Internacional. En muchos materiales, el peso unitario está

sujeto a variaciones debido al tamaño del material, a su grado de humedad y en el caso de los minerales a su formación natural. Sin embargo, y donde sea posible, el peso específico deberá ser correctamente determinado dependiendo del tamaño y tipo de material considerado.

B. *Ángulo de reposo (α) y ángulo de sobrecarga (β)*

La fluidez del material depende directamente del ángulo de reposo (α); este ángulo es el formado por la horizontal y la generatriz del cono que se forma al verter el material desde cierta altura. Éste se considera un ángulo estático, con lo cual la fluidez será mayor para materiales que tengan ángulos de sobrecarga pequeños. Respecto al ángulo de sobrecarga (β), se trata de un ángulo el cual tiene una relación directa con el ángulo de reposo (α). El ángulo de sobrecarga (β), también llamado ángulo de reposo dinámico, es el que se forma en el perfil transversal de las cintas cargadas (Figura 7) y generalmente es el ángulo de reposo menos un valor variable entre 5° y 20° .

Figura 7
Ángulos de sobrecarga, y ángulo de reposo [12]



C. *Longitud de la banda (L)*

Se define la longitud de una banda como la distancia en metros medida a lo largo de la cinta entre centros de los tambores terminales,

de acuerdo con la trayectoria de la banda. En caso de tener una cinta transportadora con diferentes tramos, se considerará la proyección horizontal de todos los tramos inclinados entre los tambores terminales, además de todos los tramos horizontales, constituyendo así la longitud total de la banda.

D. Altura (H)

La altura es la diferencia de elevación en metros, entre el punto de carga del material sobre la banda y el punto de descarga. Esta longitud será necesaria para llevar a cabo el cálculo de la tensión necesaria para bajar o elevar la carga. En caso de tener varios tramos con una determinada altura, será necesario especificar la altura correspondiente a cada uno de los tramos de la banda.

E. Ángulo de inclinación (δ)

Es el ángulo de máxima inclinación de ascenso en la banda (δ), bajo el cual el material puede ser transportado sobre la banda sin necesidad de usar bandas especiales (que evitan el deslizamiento del material). Este ángulo máximo de inclinación está determinado por la fricción entre el material y la banda, a diferencia del ángulo de sobrecarga que depende de la fricción interna del material. El ángulo máximo de inclinación es menor que el ángulo de sobrecarga [6].

El ángulo de inclinación de la banda viene definido como alternativa a la altura cuando la banda es de un único tramo. En caso de tener más de un tramo vendrá definido el ángulo de inclinación para cada uno de los tramos.

El ángulo se calculará de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$\delta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{H}{L} \right) \quad (1)$$

Donde:

H: Altura entre ejes de tambores. [m]

L: Longitud de total de la cinta. [m]

F. Capacidad requerida y capacidad máxima

La capacidad requerida es expresada en toneladas por hora (t/h) y es el valor máximo de capacidad requerida por el proceso, de acuerdo con las condiciones del usuario (No es un valor promedio). Esta capacidad se empleará en los cálculos de las tensiones en la banda y la potencia requerida para accionar la cinta transportadora.

Se parte de la ecuación 1, donde el único parámetro anteriormente explicado es el peso específico del material (γ), éste no depende de otros parámetros, únicamente es una característica particular de cada material. Los demás parámetros son analizados de forma independiente:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot A \cdot \gamma \cdot k \quad (2)$$

Donde:

Q: Capacidad de transporte de la banda. [t/h]

v: Velocidad de la banda. [m/s]

A: Sección transversal del material sobre la banda. [m^3]

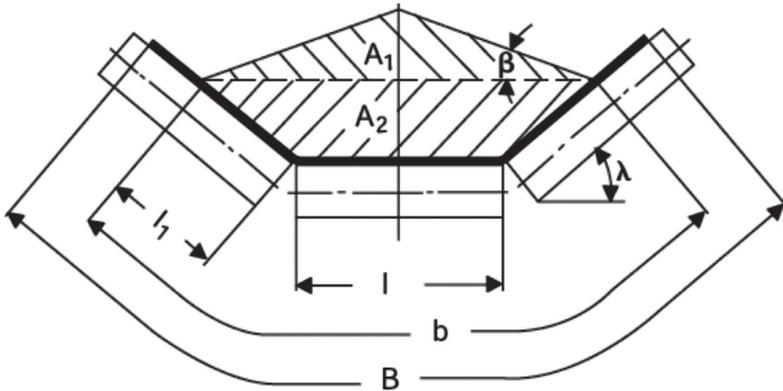
γ : Peso específico del material. [t/m^3]

k: Coeficiente de reducción de capacidad por inclinación.

G. Disposición de los rodillos

La disposición de los rodillos dependerá del uso para el que está destinado la banda transportadora. A continuación, se detallan los cálculos llevados a cabo en el desarrollo del proyecto, para los diferentes casos estudiados.

Figura 8
Configuración de rodillos en artesa [13]



$$A = A_1 + A_2$$

$$A_1 = 0.25 \cdot \tan \beta [l + b - l \cdot \cos \lambda]^2$$

$$A_2 = [l_1 \cdot \sin \lambda] \cdot [l + l_1 \cos \lambda]$$

(3)

Siendo:

$$b = 0.9 \cdot B - 0.05 \quad \text{Si } B \leq 2000 \text{ mm}$$

$$b = B - 0.25 \quad \text{Si } B > 2000 \text{ mm}$$

$$l_1 = 0.5 \cdot (b - l)$$

Donde:

A: Sección transversal total del material sobre la banda. [m^2]

A1: Sección transversal del material, zona superior. [m^2]

A2: Sección transversal del material, zona inferior. [m^2]

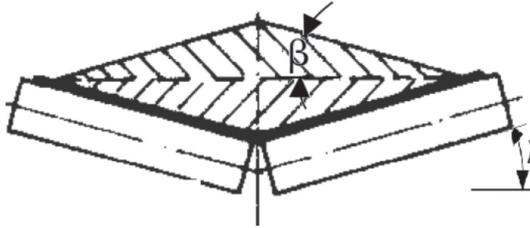
β : Ángulo de sobrecarga.

λ : Ángulo de artesa.

l: longitud de los rodillos. [m]

B: Ancho de banda.

Figura 9
Configuración de rodillos en V [13]



$$A = 2 \cdot A1$$

$$A1 = 0.25 \cdot \tan \beta [l + b - l \cdot \cos \lambda]^2 \quad (4)$$

Siendo:

$$b = 0.9 \cdot B - 0.05 \quad \text{Si } B \leq 2000 \text{ mm}$$

$$b = B - 0.25 \quad \text{Si } B > 2000 \text{ mm}$$

Donde:

A: Sección transversal total del material sobre la banda. A1: Sección transversal del material, zona superior [m^2]

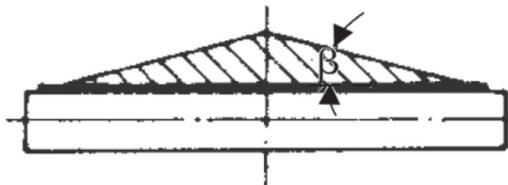
β : Ángulo de sobrecarga. [$^\circ$]

λ : Ángulo de artesa. [$^\circ$]

l: longitud de los rodillos. [m]

B: Ancho de banda.

Figura 10
Configuración de rodillo plano [13]



$$\begin{aligned}
 A &= A1 \\
 A1 &= 0.25 \cdot \tan \beta \cdot [l + b - l \cos \lambda]^2
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 b &= 0.9 \cdot B - 0.05 && \text{Si } B \leq 2000 \text{ mm} \\
 b &= B - 0.25 && \text{Si } B > 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Donde:

A1: Sección transversal del material, zona superior. [m^2]

β : Ángulo de sobrecarga. [$^\circ$]

λ : Ángulo de artesa. [$^\circ$]

l: longitud de los rodillos. [m]

B: Ancho de banda. [m]

Otro valor que se debe seleccionar y que relaciona el ancho de banda con la configuración de los rodillos, es la longitud del rodillo, la cual se debe establecer según la configuración deseada por el usuario, de acuerdo con la Tabla 8.

Tabla 8
Longitud de Rodillos [13]

Ancho de Banda B (mm)	Longitud de rodillos (mm)		
	Flat	2 roll	3 roll
			
300	380	200	-
400	500	250	160
500	600	315	200
600	700	340	250
650	750	380	250
800	950	465	315

Ancho de Banda B (mm)	Longitud de rodillos (mm)		
	Flat	2 roll	3 roll
			
100	1150	600	380
1200	1400	700	465
1400	1600	800	530
1600	1800	900	600
1800	2000	1000	670
2000	2200	1100	750
2200	2500	1250	800

Una vez considerado todos los puntos anteriores, conocida el área de la sección transversal del material y la velocidad de transporte de la banda, el valor de la capacidad volumétrica de transporte se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Qv=3600.v.A.k \tag{6}$$

Donde:

Qv= Capacidad. [m^3/h]

v = Velocidad. [m/s]

A = Sección transversal del material sobre la banda. [m^2]

k = Coeficiente de reducción de capacidad por inclinación.

Como se indicó en la ecuación 1, si la banda tiene inclinación, ya sea descendente o ascendente, se debe aplicar un factor de reducción del área transversal, que afecta directamente al valor de la capacidad. El valor de “k” viene definido bien por la ecuación 7.

$$k = 1 - 1.64 \cdot \left(\frac{\delta \cdot \pi}{180}\right)^2 \tag{7}$$

Donde:

k: Factor de inclinación de la banda.

δ : Ángulo de inclinación de la banda.

La capacidad de transporte en toneladas por hora, se obtiene multiplicando la capacidad volumétrica por el peso específico del material transportado:

$$Qm = \gamma \cdot Qv \quad (8)$$

Donde:

Qm: Capacidad de transporte de la banda. [t/h]

Qv: Capacidad volumétrica de la banda. [m³/h]

γ : Peso específico del material transportado. [t/m³]

Potencia para mover la cinta en vacío y cargada con desplazamiento horizontal,

La primera representa la potencia necesaria para mover la cinta en vacío y la potencia necesaria para mover la cinta cargada con desplazamiento horizontal. Esto corresponde con el esfuerzo necesario para vencer el rozamiento producido por los rodillos, por los tambores y por el peso de la banda cuando va cargada.

$$P1 = \frac{Cb \cdot v + Qm}{Cl \cdot kf} \quad (9)$$

Donde:

Cb: Factor de ancho de banda. [kg/m]

v: Velocidad de la banda [m/s]

Qm: Capacidad de transporte de la banda [t/h]

Cl: Factor de longitud de la banda. [m⁻¹]

kf: Factor de servicio

Potencia para elevar la carga a cierta altura.

La siguiente potencia es la necesaria para elevar el material hasta una cierta altura o, en caso de cinta descendente, la potencia generada necesaria para frenar el descenso del material.

$$P2 = \frac{H \cdot Qm}{367} \quad (10)$$

Donde:

H: Altura de la banda transportadora. [m]

Qm: Capacidad de transporte de la banda [t/m]

Potencia necesaria para vencer rozamientos de trippers, dispositivos de limpieza y guías.

La última de las potencias, es la necesaria para vencer las resistencias generadas por elementos secundarios, como son descargadores (Trippers), dispositivos de limpieza y guías de carga o faldones.

$$P3 = \sum(Pa + Pb + Pc) \quad (11)$$

Donde:

Pa: Potencia debida los trippers. [Kw]

Pb: Potencia debida a los dispositivos de limpieza. [Kw]

Pc: Potencia debida a dispositivos guías de carga y faldones.

Figura 11
Potencias adicionales necesarias para OT [13]

POTENCIA ADICIONALES		
Trippers, Pa	≤ 500	0,8 v
	≤ 1000	1,5 v
	> 1000	2,3-v
Dispositivos de limpieza Pb	Tipo de contacto/ Presión	
	Contacto Simple	0,3 B v
	Contacto de Presión elevada	1,5 B v
Guías de Carga Pe		
	Desde punto de carga	0,16-v Lf

Donde:

B: Ancho de banda. [m]

v = Velocidad. [m/s]

Lf = Longitud de la guías o faldones

A. Potencia total (parcial)

La suma de todas las potencias anteriormente descritas constituye la potencia total necesaria para que la banda tenga un funcionamiento correcto (12). El valor calculado de potencia no es definitivo, pero sí válido para tener una orientación del mismo. Después se debe ajustar su valor dependiendo del tipo de banda seleccionada y los tipos de rodillos utilizados (peso de éstos y longitudes), pues será necesario conocer el valor de la resistencia a tracción de la banda y la fuerza tangencial de la misma para poder afinar con mayor precisión dicho valor.

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 \quad (12)$$

Los métodos para conectar el motor con el tambor motriz son numerosos. La alta velocidad de giro producida por el motor, puede

reducirse mediante la utilización de poleas, cadenas, engranajes, cajas reductoras, o alguna combinación entre ellas. Estas transmisiones generan pérdidas mecánicas que deben ser consideradas para determinar la potencia real del motor [13]. Por lo tanto, para obtener la potencia que requiere el motor se debe considerar el rendimiento “ η ” y la eficiencia “ ε ” de la transmisión. El rendimiento del motor se puede estimar en un rango entre 85% y 95%, mientras que eficiencias mecánicas de equipos reductores de velocidad pueden verse en la Tabla 9.

Tabla 9
Eficiencia de los diferentes mecanismos reductores [13]

Tipo de mecanismo reductor	Eficiencia
Poleas y bandas en V	94%
Cadena de rodillos	93%
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95%
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tronillo sin fin (relación 20:1)	90%
Reductor de tronillo sin fin (relación 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tronillo sin fin (relación 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90%
Reductor de engranajes (fundidos)	85%

El procedimiento a seguir para calcular este valor se muestra en la ecuación 13.

$$PM = \frac{PT}{\eta \cdot \varepsilon} \quad (13)$$

Donde:

η : Rendimiento del motor. [%]

ε : Eficiencia mecánica de reductores. [%]

Conclusiones

Se concluye como base principal, el dejar sentada las bases informativas en cuanto al desarrollo, construcción y fabricación de las cintas transportadoras. Es meritorio el trabajo de investigación desarrollado ya que actualmente se cuenta con mucha información alrededor de este tema, lo cual se trató de sintetizar de la mejor manera posible en el presente trabajo.

El análisis de los principales componentes fue de significativa importancia ya que es en estos, en los cuales se procede a realizar los respectivos cálculos para su fabricación y construcción, de manera que la parte de diseño se desarrolla a partir del cálculo de los componentes, teniendo en cuenta los requerimientos de la planta procesadora y los diferentes ambientes y condiciones de trabajo.

Todos los cálculos, bases de datos consultadas, recomendaciones, sugerencias y demás información técnica presentada por el software han sido tomados en su mayoría del libro de Cintas Transportadoras de Agustín López Roa, y de diversos catálogos de bandas transportadoras de fabricantes como Dunlop y Pirelly.

Referencias

- [1] López Roa, Agustín, *Cintas transportadoras*, Ed: CIE inversiones editoriales dossat-2000, p. 383.
- [2] W. Pirelly (2005), *Manual de fabricación de bandas y rodillos transportadores*, Madrid (España): Mac Graw Hill.
- [3] A. Miravete, E. Larrodé, J. Cuartero, *Los transportes en la ingeniería industrial: problemas y practica*; 1ª Ed., Reverté S.A. Barcelona, 2006, p. 252.
- [4] *Bandas transportadoras compuestas de goma con núcleo de tejido textil. Características de construcción*, UNE-EN 18137:1983.
- [5] A. J. H.-V. Stone, «Diseño, construcción del sistema de bandas transportadoras para la codificación del producto terminado,» Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, 2006.

- [6] F. De la Torre, B. Beltrán, «Bandas transportadoras,» Universidad Carlos III, Madrid, 2015.
- [7] K. Luart, «Manual de Ingeniería. Bandas transportadoras,» Conveyor Belt Group, EEUU, 2015.
- [8] P. Rond, «Cintas Transportadoras de Tejido Sólido,» Fenner Dunlop, Inglaterra, 2013.
- [9] L. Gamboa, «Consideraciones técnicas para la selección, instalación y mantenimiento de equipos de pesaje continuo, en bandas transportadoras,» Universidad de San Carlos, Guatemala, 2014.
- [10] P. Angosti, «Parámetros de Calibración de cintas transportadoras industriales alimenticias,» Universidad de Toronto, Canadá, 2013.
- [11] C. Carrasco, «Materiales utilizados en cintas transportadoras, productos alimenticios,» Universidad de Sao Pablo, Brasil, 2015.
- [12] M. Merizalde, «Tecnología de las bandas transportadoras,» Instituto tecnológico Superior de Tepeaca, Noviembre, 2013.
- [13] J. Castro, G. Martínez, «Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga,» Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería, 2014.

Utilización de residuos agroindustriales con fines energéticos

Uses of agroindustrial residues as energy source

Parra Pablo, Cepeda Christian

Resumen

Considerando la gradual escasez en los combustibles fósiles (petróleo y sus derivados) más los impactos ambientales generados por el uso de los mismos, dentro de las posibles fuentes de obtención de energía renovable, surge como alternativa el uso del potencial energético que posee la materia orgánica, conocida como biomasa, contribuyendo así a reducir la emisión global de gases de efecto invernadero. Este tipo de energía se diferencia porque permite obtener combustibles sólidos, líquidos y gaseosos a través de procesos bioquímicos y termoquímicos. La biomasa como recurso energético dependiendo de su procedencia, uso y composición puede clasificarse en biomasa natural, residual y los cultivos energéticos. Este trabajo se enfoca en la biomasa residual proveniente de procesos agroindustriales. Se detallan los principales residuos agroindustriales en el Ecuador y se describen los procesos más eficientes para la conversión de estos residuos en fuente de energía.

Palabras claves: biomasa, residuos agroindustriales, bioquímicos, termoquímicos, energía renovable.

Abstract

Considering the gradual exhaustion that currently exists on fossil fuels (petroleum and petroleum products) and environmental impacts generated by the use thereof, within the possible sources for renewable energy, the use of the energy potential that has emerged as an alternative organic material, known as biomass, thus helping to reduce the global emission of greenhouse gases. This type of energy is different because it allows for solid, liquid and gaseous fuels through biochemical and thermochemical processes. Biomass as an energy resource depending on its origin, use and composition can be classified into natural, residual biomass and energy crops. This work focuses on residual biomass from agro-industrial processes. Major agro-industrial wastes are detailed in Ecuador and the most efficient for converting this waste into energy source processes are described.

Keywords: biomass, agroindustrial residues, biochemical, thermochemical, renewable energy.

Introducción

La consecución de un sistema de gestión energética sostenible constituye un objetivo primordial en las políticas de gobierno a nivel nacional e internacional, debido a la escasez de las fuentes no renovables de energía, los problemas ambientales y económicos relacionados con

estos. La demanda de energía es cada vez mayor debido al aumento de la población y el mejoramiento de la calidad de vida. En todo el mundo, las principales fuentes de energía son los combustibles fósiles, representando en el 2012 aproximadamente el 80% de la energía consumida [1].

En Ecuador, la satisfacción de las demandas de energía fue cubierta en un 84% con fuentes de combustibles fósiles en el año 2014 [2]. El uso de estos combustibles fósiles produce emisiones que contribuyen al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, causando problemas ambientales como la lluvia ácida, el aumento de la concentración de ozono en la tropósfera y el calentamiento global, afectando a la economía global [3]. Por eso surge la necesidad del ser humano de hallar fuentes de energía alterna para satisfacer sus necesidades básicas y reducir el impacto ambiental.

La bioenergía o energía de biomasa es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica, formada en algún proceso biológico y puede clasificarse en biomasa natural, residual y los cultivos energéticos. La biomasa natural es la que se produce sin intervención humana. La biomasa residual hace referencia a los subproductos que se derivan de las transformaciones naturales o industriales que llevan a cabo la materia orgánica [4]. Los cultivos energéticos son aquellos destinados a la producción de biocombustibles.

A diferencia de los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo), la combustión de biomasa no contribuye al aumento del efecto invernadero, ya que el carbono que se libera y forma parte de la atmósfera actual, es aquel que absorben y expulsan continuamente las plantas durante su crecimiento [5].

La energía de biomasa es una de las primeras fuentes de energía en la humanidad. La biomasa se utiliza para satisfacer una variedad de necesidades energéticas, incluyendo la generación de electricidad, calefacción de hogares, abastecimiento de vehículos y proporciona calor en

procesos de instalaciones industriales. La biomasa es el único sustituto orgánico del petróleo que es renovable [6].

El uso de la biomasa es reconocido como una de las soluciones más prometedoras para la energía y problemas ambientales en la actualidad. Tecnologías de energía renovables como la energía hidroeléctrica, solar y eólica, que a menudo sufren el problema de generación intermitente de energía son menos fiables en términos de seguridad del suministro. Mientras tanto la biomasa es la única fuente de energía renovable que se puede convertir en combustibles líquidos y ser usado como materia prima en la síntesis de productos químicos [7].

La biomasa residual generada por los sectores agrícolas, forestales y agroindustriales es un material extenso, además de abundante no clasificado como desperdicio, convirtiéndose en un potencial material de alimentación de bioenergía, el cual podría latentemente superar ciertos límites; por ejemplo, competitividad con otros sectores (alimentos, industrias), y en respuesta a otros factores tales como la limitada disponibilidad de tierras[8].

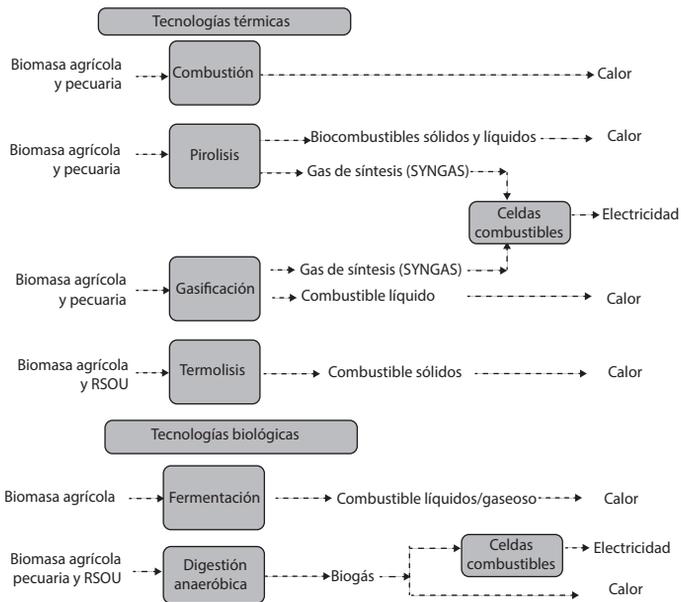
El sector agroindustrial produce un importante impacto medioambiental en zonas geográficas concretas debido a los residuos generados, esto se ha visualizado como un problema a resolver en su gestión y tratamiento. Una de las alternativas que se presenta es el manejo con fines energéticos.

Maximizar la eficiencia en el uso de recursos energéticos y el uso de fuentes renovables de energía es indispensable. En este sentido, la producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos por medio de la biomasa se presenta como una fuente de energía renovable, abundante y ecológica para ayudar a solucionar este problema.

Para utilizar la biomasa como fuente de energía, se han desarrollado varias tecnologías que permiten aprovechar el recurso de forma más eficiente. Los procesos de transformación se dividen en termoquí-

micos y bioquímicos como se muestra en la figura 1. Esta transformación puede ser en biogás o biocombustibles, de las cuales se pueden obtener electricidad, calor o fuerza motriz.

Figura 1
Transformaciones energéticas de la biomasa [8]



El Ecuador es un país de naturaleza agrícola. La agroindustria por lo general, genera muchos residuos aprovechables, pero por el momento solo la industria azucarera está usando sus residuos en la producción comercial de energía eléctrica y vapor.

A nivel mundial, el uso del bagazo de la caña de azúcar para la producción de electricidad y calor es la aplicación energética más común de residuos de cosecha en aquellos países con grandes industrias azucareras[9]. Hay menos importancia en la utilización del resto de residuos agroindustriales.

Este trabajo presenta en la sección II la caracterización de la biomasa donde se presentan las principales propiedades, tanto físicas y químicas, que juegan un rol importante a la hora de seleccionar el proceso para su reutilización; en la sección III se muestran datos actuales de las características de los residuos agrícolas tanto los de cosecha como los industriales. Los procesos de transformación de energía se describen en la sección IV y los beneficios junto con las desventajas del uso de estos residuos se muestran en la sección V.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Dar a conocer los residuos agroindustriales de mejor aprovechamiento energético existentes en el Ecuador.
- Describir los procesos de transformación de energía más utilizados a nivel mundial.
- Dar a conocer los beneficios y desventajas sobre el uso de residuos agroindustriales.

Caracterización de la Biomasa

Debe tenerse muy en cuenta la importancia de las características físicas y químicas que tiene cada residuo agrícola al momento de considerarlos como materias primas para la producción de biocombustibles. La caracterización de la biomasa implica la determinación de: características físicas (humedad, densidad real y densidad aparente), el análisis elemental, próximo y estructural [5]. Los análisis físico-químicos son los más importantes para determinar el potencial de la biomasa; cómo estos análisis se expresan en una base seca se debe determinar primero el contenido de humedad, ya que afectan a los procesos de conversión energética. La biomasa que contiene una humedad menor al 50% puede ser aprovechada por un proceso de combustión directa, gasificación o pirolisis. En cambio, los residuos con más del 50% en contenido de humedad pueden ser usados en procesos bioquímicos como la fermentación o digestión anaerobia [10]. Los combustibles con alta densidad

aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, mientras que los materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte [11].

El análisis elemental reporta el contenido de compuestos simples como oxígeno, carbono, hidrógeno, azufre y nitrógeno, que se pueden gasificar y aportar energía en las reacciones de combustión. El contenido de azufre puede generar escorias y óxidos contaminantes. El nitrógeno puede producir gases tipo NO_x, si es importante la cantidad y la temperatura es alta. El contenido de oxígeno puede reducir las necesidades de combustión.

El análisis próximo evalúa el contenido de carbono fijo, cenizo y material volátil. Las cenizas corresponden a la cantidad de materia sólida no combustible presente en un material; el poder calorífico de un residuo se obtiene de acuerdo al contenido de cenizas. El carbono es la fuente energética de los microorganismos y el nitrógeno es un material esencial para la síntesis de proteínas.

El análisis estructural cuantifica el contenido de hemicelulosa, lignina y celulosa. La cantidad de celulosa y lignina determinará el proceso de aprovechamiento energético, la biodegradabilidad de celulosa es mayor que la lignina, por lo tanto, residuos que contienen carbón con altos contenidos de celulosa se les puede realizar de forma más fácil la conversión que los residuos con altos contenidos de lignina [5] [10].

Una de las características más importantes de los biocombustibles es el contenido energético. Esta propiedad es fundamental para determinar el tipo de biomasa que puede utilizarse como combustible [5]. Corresponde a la cantidad de energía disponible en el material. La calidad de los combustibles dependen del contenido energético que posee y que puede liberar, esta cantidad de calor referida a la unidad de masa es el poder calorífico [11]. En los combustibles, el contenido energético depende del poder calorífico, se expresa en unidades de energía por uni-

dades de masa. Para cuantificar la energía contenida en una sustancia se emplean unidades absolutas sin referirse a su masa.

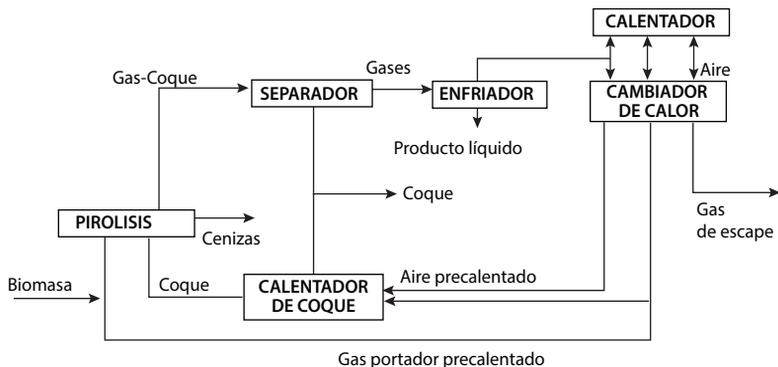
Procesos de transformación energética

Dependiendo de las propiedades químicas, físicas, fisicoquímicas, bioquímicas y energéticas del residuo, la biomasa puede ser convertida, de distintas maneras, en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos mediante conversión térmica o biológica. A continuación se describe los principales procesos para aprovechar la biomasa con fines energéticos:

A. Pírolisis

La pirólisis es un proceso termoquímico típicamente realizado en ausencia de oxígeno para transformar la biomasa en un líquido de alta densidad de energía (bioaceite), un sólido de alta densidad de energía (carbón vegetal) y de gas de baja densidad de energía (gas de síntesis) [12]. El proceso ocurre en un rango de temperatura de 600-1000 K. En la figura 2 se puede observar un diagrama del funcionamiento del proceso de pirólisis para la biomasa.

Figura 2
Esquema del proceso de pirólisis de biomasa [12]

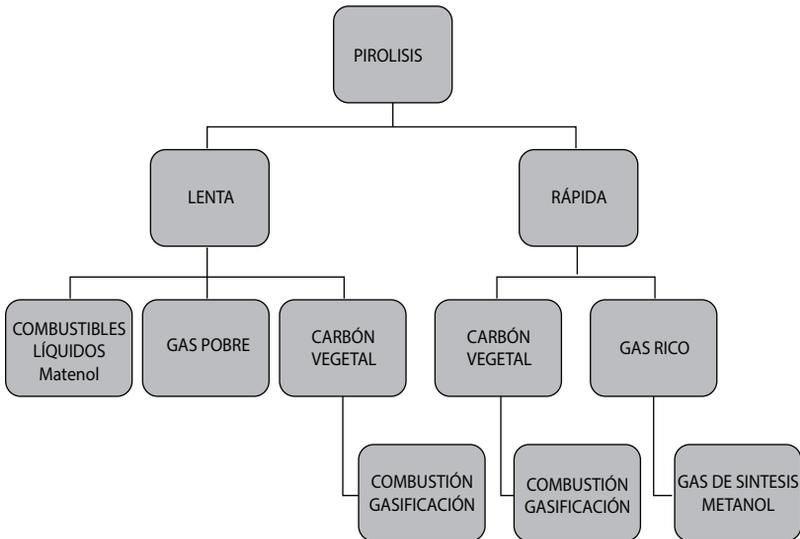


El proceso de pirolisis se puede llevar a cabo de una forma lenta o de una manera más rápida, obteniéndose productos diferentes como lo muestra la figura 3.

La pirolisis rápida (rápida transferencia de calor y los tiempos de residencia bajos) se utiliza principalmente para maximizar la producción de bioaceite mientras que la pirolisis lenta (baja transferencia de calor y tiempos altos de residencia) se utiliza principalmente para maximizar la producción de carbón vegetal [12]. La pirolisis con velocidades de calentamiento cerca de 300 K min^{-1} (pirolisis rápida) tiene la ventaja de maximizar la producción de líquido (hasta 70 %), lo cual puede ser fácilmente transportado y tratado [13][14].

La pirolisis es el primer paso en los procesos de gasificación y combustión.

Figura 3
Esquema de diferencia entre pirolisis lenta y rápida. [14]



B. Gasificación

La gasificación es la conversión del carbono contenido en la biomasa en una mezcla de gas combustible (principalmente monóxido de carbono e hidrógeno, con dióxido de carbono, metano y otros hidrocarburos ligeros) generada por la oxidación parcial a altas temperaturas (1000-1400 K), en presencia de un agente gasificante. El producto resultante, denominado gas de síntesis, es un material muy versátil que se puede utilizar para generar vapor de agua, electricidad, hidrógeno, y productos químicos de mayor valor añadido (amoníaco, metanol, etc.) [15]. Se puede interpretar a la gasificación como un proceso de pirolisis que busca maximizar la fracción de gas como producto del proceso.

C. Combustión

Una alternativa para la producción de electricidad, a partir de la biomasa en una turbina de gas, es la combustión directa de la biomasa como fuente de energía primaria. La biomasa es quemada directamente para producir vapor; el vapor hace girar una turbina y la turbina acciona un generador, produciendo electricidad. Debido al potencial de acumulación de la ceniza (que ensucia las calderas, reduce la eficiencia y aumenta los costos), sólo ciertos tipos de materiales de biomasa se utilizan para la combustión directa. La combustión directa por lo general implica la reducción de la biomasa en trozos finos para alimentar una turbina con sistema de acoplamiento cerrado. En un sistema de acoplamiento cerrado, la biomasa es quemada en una cámara de combustión separada de la turbina por un filtro [16].

D. Fermentación

La fermentación se refiere a la descomposición de los carbohidratos por medio de bacterias, levaduras u hongos microscópicos, para producir etanol. Los procesos de producción de etanol a partir de biomasa lignocelulosa que consta de varias etapas: pretratamiento de ma-

teria prima, la desintoxicación, la hidrólisis, la fermentación y la separación [17].

E. Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es el proceso de descomposición orgánica cuestión por un consorcio microbiano en un ambiente libre de oxígeno [18]. La digestión anaerobia implica una serie de reacciones metabólicas tales como la hidrólisis, acidificación, la acetogénesis y la metanogénesis, que se llevan a cabo por diversos grupos de microorganismos [19]. El primer grupo de microorganismos hidrolizan enzimáticamente compuestos orgánicos complejos a monómeros (por ejemplo, glucosa, aminoácidos), que se convierten posteriormente a los ácidos grasos superiores volátiles (VFA), H₂ y ácido acético. A continuación, los acetógenos convierten de forma mayor los ácidos grasos volátiles, por ejemplo, ácido propiónico y butírico, producido a H₂, CO₂, y ácido acético. Finalmente, las bacterias metanogénicas convierten H₂, CO₂, y acetato en CH₄ y CO₂ [20].

Ventajas y Desventajas

La utilización de la biomasa como recurso energético en lugar de los combustibles fósiles, proporciona significativas ventajas socio ambientales como las que se listan a continuación:

- Mejora socioeconómica de las áreas rurales.
- Reducción de las emisiones de azufre y partículas.
- Reducción de emisiones contaminantes como CO, CH₄ y NO_x.
- Ciclo neutro de CO₂, sin contribución al efecto invernadero.
- Reducción de los riesgos asociados con el escape de gases tóxicos.
- Reducción de riesgos de incendios forestales y de plagas de insectos.
- Aprovechamiento de residuos agrícolas, evitando su quema en el terreno.

- Posibilidad de utilización de tierras de barbecho con cultivos energéticos.

El uso de la biomasa como fuente alternativa de energía exige que se profundice el conocimiento de su disponibilidad, composición y potencial energético [5].

Conclusiones

Respecto al uso de residuos del sector agroindustrial con fines energéticos, se puede concluir que en el Ecuador existe este recurso en abundancia, pero no se lo ha explotado como en otros países debido a la falta de inversión o de conocimiento en el pasado. Sin embargo, hoy en día, ya existen estudios para realizar proyectos de conversión energética de la biomasa, dadas las ventajas de su aprovechamiento. Este es un paso grande para el desarrollo de la matriz energética en nuestro país, y así ya no depender tanto de la energía generada por combustibles fósiles. Es necesario que los centros de investigación generen el conocimiento suficiente para el uso de tecnologías nuevas en los procesos ya mencionados en este trabajo y más eficientes a la hora de producir energía. Este recurso, si es explotado, puede generar desarrollo, empleo y una mejora medioambiental, por lo que se reduciría la contaminación generada por los procesos de producción del sector agrícola.

Referencias

- [1] International Energy Agency, «Key World Energy Statistics,» Paris, 2016.
- [2] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, «Balance Energético Nacional,» Quito, 2015.
- [3] W. NORDHAUS, «A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change,» *Journal of Economic Literature*, vol. XLV, n° X, p. 686–702, 2007.
- [4] A. M. I. R. e. a. S. Sanchez, «Aprovechamiento de Residuos de Poda del Olivar Mediante Conversión Termoquímica,» *Ingeniería Química*, p. 194–202.

- [5] ESIN Consultora S.A., *ATLAS BIOENERGÉTICO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*, Quito, 2014, p. 150.
- [6] D. A., «Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey,» *Energy Conversion and Management*, nº 42, p. 1239-1258, 2001.
- [7] T. A. Chan Fan Liang, «Review of recent developments in Ni-based catalysts for biomass gasification,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 38, p. 428-438, 2014.
- [8] United Nations Environment Programme, *Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource*, Japan, 2009.
- [9] REN21, «RenewableS 2011 GLOBAL STATUS REPORT,» Milan, France, 2011.
- [10] R. B. J. A. J. L. David Laird, «Review of the pyrolysis platform for co-producing bio-oil and biochar,» *Biofpr*, vol. 3, nº 5, p. 547-562, 2009.
- [11] S. B. A. E. W. F. A. Agblevor, «Fast Pyrolysis of Stored Biomass Feedstocks,» *Energy Fuels*, vol. 9, p. 635-640, 1995.
- [12] A. V. B. S. Czernik, «Overview of Applications of Biomass Fast Pyrolysis Oil,» *Energy & Fuels*, vol. 18, p. 590-598, 2004.
- [13] M. Souza-Santos, *Solid fuels combustion and gasification: Modeling, simulation, and equipment operation.*, New York: CRC Press, 2010.
- [14] R. B. Ayhan Demirbas, «Energy from Renewable Sources in Turkey: Status and Future Direction,» *Energy Sources*, vol. 26, nº 5, p. 473-484, 2004.
- [15] P. J. P. J. D. L. Alaistar Ward, «Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources,» *Bioresource Technology*, vol. 99, nº 17, p. 7928-7940, 2008.
- [16] H. B. C. O. Mustafa Balat, «Progress in bioethanol processing,» *ELSEVIER*, vol. 34, nº 5, p. 551-573, 2007.
- [17] M. A. M. A. T. M. L. D. Azeem Khalida, «The anaerobic digestion of solid organic waste,» *ELSEVIER*, vol. 31, nº 8, p. 1737-1744, 2011.
- [18] Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Renewable Biological Systems for Alternative Sustainable Energy Production*, Kazuhisa Miyamoto, 1997.
- [19] J. O. H. Z. M. C. M. C. Humberto Escalante, «Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia,» Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2011.
- [20] C. E. Marín, «Los biocarburantes en España: un sector en desarrollo,» *Boletín de la A.G.E.*, nº 50, p. 111-134, 2009.

Obtención de Biogás a partir de desechos orgánicos de origen vegetal

Obtaining biogas from organic waste of Plant Origin

Parra Pablo, Martínez Erika

Resumen

Este artículo es una revisión bibliográfica que busca identificar el estado del arte y la utilización de los desechos orgánicos para generar biogás, con la finalidad que exista un ahorro significativo de insumos. Esta alternativa es construir biodigestores para obtener biogás mediante los desechos orgánicos que las personas de los mercados regalan o simplemente botan, y utilizarlos con la finalidad de obtener energía para las industrias, energía en el hogar y sobre todo disminuir el consumo de recursos no renovables.

Para lo indicado, se estudia las características de los residuos orgánicos que definen la biomasa y la cantidad de biogás producido a partir de tales desechos; donde se debe tener en cuenta el nivel adecuado de la temperatura, PH para su acidez y qué materiales orgánicos son los adecuados para obtener una gran cantidad de metano.

Palabras claves: residuos orgánicos, biogás, biodigestores, fuentes de energía.

Abstract

This article is a bibliographical review that seeks to identify the state of the art and the use of organic wastes to generate biogas, in order to have a significant saving of inputs. This alternative is to build biodigestors to obtain biogas through the organic wastes that the people of the markets give away or simply throw, and use them in order to obtain energy for industries, energy in the home and above all decrease the consumption of non-renewable resources.

For the indicated, it is studied the characteristics of the organic residues that define the biomass and the amount of biogas produced from such waste, where you should take into account the appropriate level of temperature, pH for its acidity and that organic materials are suitable to obtain a large amount of methane.

Keywords: organic waste, biogas, digesters, energy sources.

Introducción

Los combustibles fósiles que se han creado en la actualidad, con el paso del tiempo se están agotando y están causando emisiones de gases que se lo conoce como efecto invernadero que afecta al medio ambiente; por esa razón, se busca nuevas fuentes de energía por medio de investiga-

ciones para poder sustituir ciertos combustibles para el país, disminuir los costos en el manejo de combustibles derivados del petróleo, además proteger nuestro planeta Tierra [1]. Precisamente una de las alternativas que se obtiene con la digestión anaeróbica es una energía limpia que se produce con la ayuda de los biodigestores, donde se transforma los desechos orgánicos y se los convierte en subproductos (recursos) como biogás.

La generación de biogás a partir de los residuos orgánicos es una realidad cotidiana, como la acumulación de residuos orgánicos que se puede observar en muchos sitios urbanos sin ninguna aplicación útil [1].

Estos residuos sólidos se encuentran en mercados, lugares que no son tan transcurridos por las personas (cualquier producto o sustancia que resulta principalmente de la actividad humana sin ser cosechadas), que en otros aspectos generan una contaminación del aire, a través de la generación de gases como metano y dióxido de carbono, principales responsables del efecto invernadero [2].

Los desechos orgánicos vegetales son considerados materias primas secundarias, ya que no son cultivados o producidos específicamente para ser utilizados energéticamente, sino que son los residuos de otro proceso productivo [3]. Debido al origen de la materia prima para este proceso, la utilización energética de esta biomasa no afecta a la seguridad alimentaria y no compete con los cultivos existentes. Por lo tanto, esta es una fuente de energía renovable de segunda generación.

Por otro lado, la co-digestión de los desechos orgánicos vegetales pueden ser transformados en una fuente de energía renovable: el biogás. La biomasa obtiene su valor energético de la energía solar [3].

Mediante la fotosíntesis, las plantas convierten CO₂ y agua en cadenas de carbono. Estas cadenas de carbono liberan la energía acumulada al momento de romperse los enlaces para volver a convertirse en moléculas más simples como CO₂, vapor de agua, metano u otras. Estas reacciones pueden llevarse a cabo por procesos físicos – químicos como

en una combustión rica en oxígeno o en una pirolisis, una reacción en ausencia de oxígeno [2].

El objetivo de esta investigación es identificar qué tipo de desechos orgánicos de origen vegetal son adecuados para la obtención de biogás, en el cual se usó información de algunas fuentes bibliográficas que analizan de qué desecho orgánico se puede obtener metano.

Biodigestores

El manejo que el ser humano puede darle a los residuos orgánicos es muy necesario para la recolección, tratamiento y eliminación de los diferentes tipos de residuos que se va utilizar para producir biogás [3].

Estas acciones consisten en reducir el nivel de impacto negativo de los residuos sobre el medio ambiente y la sociedad.

La producción de biogás o metano se la obtiene mediante los residuos orgánicos; ya en varios países se realiza esta investigación y producción de gas, que generalmente se da en los que cuentan con mayor desarrollo tecnológico. Para saber qué tipo de material o residuo orgánico se puede degradar, se debe utilizar los desechos bovinos, avícolas, porcinos, desechos de plantaciones y desechos de plantas procesadoras de alimentos, ya que estos desechos tienden a tener mayor potencial y las condiciones adecuadas para generar gas natural [4].

A. Desechos Biodegradables

Los residuos biodegradables, tales como los residuos de alimentos y aguas residuales, desaparecen de forma natural gracias al oxígeno o al aire libre, a causa de la descomposición causada por microorganismos.

Si no se controla la eliminación de residuos biodegradables, puede causar varios problemas, entre ellos la liberación generalizada de gases de efecto invernadero (CH_4) [3].

B. Biogás

Es una mezcla gaseosa, formada por metano y dióxido de carbono, en donde se forma la descomposición de la materia; este cambio se produce por ausencia de aire mediante el proceso de fermentación y por ayuda de microorganismos que aceleran este proceso, dependiendo de las características de la biomasa original. Este gas puede tener composición entre 50 y 70% de metano (CH_4), por lo que posee un buen potencial energético alcanzando alrededor de 5000 Kcal/m³ [4].

El biogás se produce por diferentes gases donde actúa la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos, que son la basura, vegetales en putrefacción y el estiércol. La composición química del biogás se indica en la Tabla 1, donde se puede observar el componente más abundante que es el metano (CH_4); este hidrocarburo es parte de la familia de los alcanos y es un gas de efecto invernadero [2].

Tabla 1
Composición química del biogás [2]

Componente	Fórmula	Porcentaje
Metano	CH_4	40-70
Dióxido de carbono	CO_2	30-60
Hidrogeno	H_2	0.1
Nitrógeno	N_2	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxígeno	O_2	0.1
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	0.1

C. Biodigestores

Es un sistema natural donde se realiza la digestión anaeróbica, es decir, ausencia de oxígeno de las bacterias que se encuentran en los residuos orgánicos para luego producir metano y fertilizantes [4].

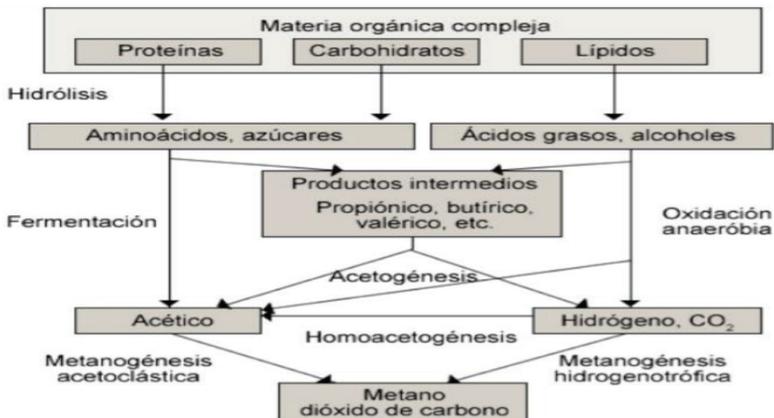
Digestión Anaeróbica

La fermentación anaeróbica es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se degrada sin la presencia de oxígeno atmosférico para producir agua, dióxido de carbono y metano [5].

Luis Pasteur definió este proceso como la vida sin aire [6]. Este proceso ocurre naturalmente, cuando la materia orgánica carece de oxígeno; existen condiciones específicas que son suministradas para permitir el crecimiento de bacterias anaeróbicas. Estas condiciones se dan en ambientes naturales como lagos y desechos de animales, o son creadas en procesos industriales, semi-industriales y rurales [6], [7].

La principal condición para la existencia de estas bacterias es la ausencia de oxígeno. Las especies de bacterias que crecen en condiciones anaeróbicas y producen metano son conocidas como metanogénicas, y las principales son: *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* y *Methanosarcinas* [7]. Estas bacterias pueden crecer en un amplio rango de temperatura y se desarrollan fácilmente en ambientes de PH neutro [8] [9], como consta en la figura 1 sobre las Etapas de la Digestión Anaeróbica.

Figura 1
Etapas de la Digestión Anaeróbica [9]



Tipos de Biodigestores

Para la creación de plantas de biogás se necesitan saber qué tipo de biodigestores son accesibles para la frecuencia de cargado, donde se debe colocar la cantidad adecuada de sustrato o biomasa que entrara en el proceso de digestión anaerobial [10], los Biodigestores se clasifican en:

- Biodigestores discontinuos.
- Biodigestores Semi-continuos.
- Biodigestores de Mezcla Completa.
- Modelo chino.
- Modelo hindú.
- Modelo Horizontal.

A. *Biodigestores Discontinuos*

Los biodigestores discontinuos o por lotes se los conoce por mantenerse cerrados una vez ingresada la carga de sustrato; no se puede añadir o finalizar hasta que se termine el proceso de biodegradación, es decir, hasta cuando el proceso se finaliza y ya no se genera más biogás, el cual se vaciará y volverá a cargar nuevamente con el sustrato para iniciar con el proceso [11].

Este tipo de digestores anaeróbicos discontinuos admiten mayor carga de componentes poco diluidos, por lo que el requerimiento de agua es menor que el sistema de digestores continuos [12]. Teniendo a favor que este sistema no se ve afectado por la presencia de material pesado como lo es la tierra o arena.

B. *Biodigestores Semi-continuos*

Son aquellos que su carga se realiza a diario, pero en pequeñas porciones de sustrato en comparación al contenido total. Este tipo de biodigestores contiene una cámara donde se realiza la carga y descarga de sustrato, por lo que se debe mantener una cantidad de volumen cons-

tante en el interior de la cámara; este sistema produce permanentemente biogás, pero este proceso se debe equilibrar también con la cantidad de nutrientes que se ingresa para alimentar a las bacterias [12]. Para que este proceso se lleve a cabo se debe mantener una cantidad adecuada de agua, debido a que el proceso de Biodigestión está compuesto por una parte del material orgánico y cuatro partes de agua (proporción 1:4).

C. Biodigestores de Mezcla Completa

Este tipo de biodigestores tiene una característica similar con los biodigestores continuos porque su proceso al momento de ingresar la carga para su respectiva mezcla se la realiza casi en su totalidad. Este tipo de biodigestores no se completa al 100% el proceso, como consecuencia una parte del material no se llega a biodegradar y se lo observa en el efluente al momento de su finalización del proceso, por lo que no se asegura la eliminación de agentes causantes de enfermedades, daños a las plantas y alimentos para animales, por lo que el proceso se debe volver a realizar para una mejor biodegradación [12].

D. Modelo Chino

El biodigestor es de origen chino, cuenta con una estructura que se mantiene cerrada al momento de realizar la carga y descarga en la cámara del sistema, su construcción puede ser de ladrillo o cemento. Su tiempo de vida es mayor a 15 años con un adecuado mantenimiento. El alto costo para la construcción de estos biodigestores hace que en otros países no sean tan conocidos y fabricados [11].

La parte superior es hemisférica al igual que el fondo; la parte interior esta sellada con cemento para hacerlo firme, por el pequeño tamaño que tiene la cámara de digestión hace que solo se use un pequeño volumen del gas generado en el interior, por lo que se requiere un contenedor más grande y que sea implementado en el exterior del mismo [9].

E. Modelo Hindú

Originario de la India, se lo conoce como biodigestor de domo flotante o de campana, el cual se mantiene flotando en el líquido a causa del gas que se encuentra en el interior [13].

Esta campana tiende a subir o bajar dependiendo de la cantidad de volumen de gas que contienen en el interior de la estructura; el domo puede ser de metal o un material resistente a la corrosión, como los plásticos reforzados, y requiere de una varilla que evite la fricción que se efectúan entre la estructura de sus paredes [10].

Este tipo de biodigestores puede almacenar el gas que se produce mediante su biodegradación, sin ayuda de recipientes externos y las presiones se mantienen constantes en cada proceso realizado al interior de la campana, lo que es muy ventajoso.

F. Modelo Horizontal

Su cámara de digestión es alargada, donde su degradación del material orgánico transcurre a lo largo del biodigestor, y en donde sus cámaras de carga y descarga están situadas a los extremos del sistema [13].

El modelo horizontal realiza su proceso cuidadosamente, evitando que sus cargas sean mezcladas con el efluente; este proceso es muy útil porque se aprovecha al máximo los residuos orgánicos que se requiere en el tratamiento.

Estos modelos horizontales son familiares, de bajo costo, utilizados por países que están en desarrollo, ya que son fáciles de implementar, con una vida útil es de 5 años y se utilizan materiales económicos como plásticos tubulares de polietileno [10].

Microorganismos que no Producen Metano

Estos microorganismos convierten los residuos orgánicos en moléculas más sencillas y más pequeñas. Donde participan numerosos y variados microbios anaeróbicos [12].

Los microbios que no producen metano pueden clasificarse en tres grupos: bacterias, mohos y protozoos.

A. Bacterias

Hay muchos tipos de bacterias que no producen metano, son las metanogénicas que se clasifican [13] en siete grupos: las que descomponen la celulosa, la semi-celulosa, las proteínas y las grasas, las que producen hidrógeno, otros microbios específicos como los Thiovibros y las que emplean el ácido láctico.

B. Mohos

Mediante el cultivo artificial se han aislado numerosos mohos y levaduras en la digestión anaeróbica, llegando a la conclusión que estos organismos podrían participar en el proceso de la digestión, [13] del cual obtendrían los nutrientes para producir metano.

C. Protozoos

Algunos investigadores han señalado que los protozoos también intervienen en este proceso, tratándose principalmente de Plasmodium, flagelados y amebas [14].

En la digestión anaeróbica la mayoría de las bacterias son no metanogénicas; estas bacterias son de gran ayuda para el proceso anaeróbico porque las bacterias que producen el biogás no pueden desarrollarse en su totalidad, es decir deben degradarse primero y obtener menos peso molecular, por esa razón es necesario utilizar la ayuda de las bacterias no metanogénicas para acelerar este proceso de biodegradación.

Microorganismos Productores de Metano

Son el grupo más importante de microbios de fermentación en la fabricación de biogás, estas bacterias se caracterizan por ser muy sensi-

bles al oxígeno y a los ácidos solo pueden usar como sustrato los compuestos orgánicos e inorgánicos más sencillos. El crecimiento y reproducción de las bacterias metanogénicas es muy lento [15].

En la Tabla 2 se muestra la clasificación de las metanobacterias.

Tabla 2
Clasificación de las metanobacterias [15]

Orden	Familia	Especies
Methanobacterias	Methanobacteriaceae	Methanoformicicun
		Methanobryantil
		Methermoautotrophe
Methanococcales	Methanococcaceae	Methanovanniellii
		Methanovoltae
Methanomicrobiales	Methanomicrobiaceae	Methanocataci
		Methanomarispigri

Condiciones Óptimas para la Biodigestión

Condiciones óptimas para obtener metano en los biodigestores son las siguientes [15]:

- Parámetros de temperatura entre 20°C y 60°C.
- PH (nivel de acidez/ alcalinidad) alrededor de siete.
- Ausencia de oxígeno.
- Alto nivel de humedad.
- Materia orgánica.

La materia prima debe estar en pequeños trozos para un mejor proceso biodegradación.

A. Temperatura

Es un factor fisicoquímico importante para determinar en qué parámetros se genere biogás, en donde se simula qué condiciones son

óptimas para minimizar el tiempo de producción [15] [16] [17]. La temperatura óptima es de 30° a 35°C aproximadamente.

B. Acidez

Este factor muestra en que parámetro se desenvuelve la fermentación. El valor numérico que representa se lo conoce como pH (potencial de hidrógeno), con valores de 0 a 14, donde el parámetro 7 nos indica que es neutro. Cuando su nivel es mayor a 7 significa alcalinidad, y menor a 7 acidez [17]. Cuando el nivel de pH 8 es mayor, esto indica una acumulación excesiva de compuesto alcalino y su componente está en riesgo de putrefacción. Los niveles inferiores a 6 indican una descompensación entre las fases ácidas y metanogénicas, donde esta última fase se puede bloquear. Por tal motivo, se sugiere no incluir en los desechos orgánicos, los cítricos [18].

C. Presión

Al iniciarse la formación de gas en el biodigestor, aumenta la presión en el contenedor, así que esto se registra por medio de un manómetro con una escala de 30 psi (libra por pulgada cuadrada) por sus letras en inglés, que es la unidad de medida [18].

D. Materia prima

Para que se lleve a cabo la fermentación en el menor tiempo posible, se sugiere que los trozos que se introducen en el biodigestor sean muy pequeños, así es posible acelerar las reacciones metabólicas de los microorganismos [18] [19].

E. Humedad

Para que se genere el biogás es importante la presencia de agua, ya que es uno de los principales factores que influyen en su producción,

por su relevancia en la fermentación [19]. Cuando el biogás sale del digester, está saturado de vapor de agua; a medida que se enfría el vapor, se condensa y, si no evacúa adecuadamente, pueden bloquearse los conductos con agua.

Ventajas de los Biodigestores

El material orgánico se va a optimizar de una mejor manera por la degradación, donde estos residuos no perderán en su totalidad los nutrientes que poseen, pero este proceso solo sucede en la digestión anaeróbica [20] [21].

Los residuos orgánicos que se obtienen en la biodegradación anaerobia (efluente) tienen mayor riqueza nutricional que los obtenidos en la biodegradación aerobia [21].

Con la energía limpia que se genera por los biodigestores se puede obtener alumbrado, producción de energía eléctrica, transporte, funcionamiento de motores, cocción de alimentos entre otros [22].

Se puede utilizar como fertilizante que es rico en nitrógenos, potasio, fósforo; puede competir con otros fertilizantes en mercado comercial.

Discusión

Para el adecuado funcionamiento de un biodigestor es necesario que en su proceso de selección de los residuos orgánicos procedentes de los mercados o lugares que no son tan transcurridos, sean clasificados y realizar un análisis de qué residuos generan más metano. En los estudios que han realizado en otros países nos damos cuenta que Colombia, México, Estados Unidos, Cuba [23] [24], en sus análisis realizados de tubérculos y frutas enteras de mala calidad o con diferente grado de descomposición (papas, naranjas, mandarinas, papaya) con porcentajes que en promedio fueron mayores al 20%, y que su mayor parte corres-

ponde a este tipo de desechos orgánicos que se puede utilizar para obtener biogás.

Los residuos son así mismo, ricos en cáscaras de papa, yuca, plátano, frutas (naranja, banano, papaya) y hortalizas (cebolla), con porcentajes superiores al 15%; cabe destacar el elevado contenido de cáscaras de papa que en algunas muestras ya realizadas de los investigadores alcanzó porcentajes mayores al 40%. Finalmente, en las pruebas realizadas se encontraron en menor proporción frutas y verduras no aptas para su consumo, como tomate, piña (pulpa y cáscara), mango, pepino, así también diferentes desechos como bagazo de plátano y de choclo, pasto y ramas. De la clasificación realizada se puede inferir que estos residuos tienen un mayor contenido de almidón que de celulosa, lo que se comprobó al realizar su caracterización físico-química.

Debido a varias pruebas realizadas para saber qué residuos orgánicos generan más biogás, se recomienda mezclar los residuos orgánicos de frutas y hortalizas con materiales ricos en carbono como paja, pasto, aserrín o papel hasta alcanzar los valores óptimos requeridos.

En algunos países que realizaron pruebas con otros residuos orgánicos, se observó un comportamiento muy similar al de otros tipos de desechos orgánicos y residuos agroindustriales que han demostrado su efectividad en la obtención de biogás de alta calidad.

Conclusiones

Para reducir el consumo de energía no renovable en nuestro país y conservar el ecosistema, existe un modelo de energía alternativa que son los biodigestores, donde se puede producir biogás a base de residuos orgánicos y residuos agroindustriales. Es muy importante el uso del biogás para la generación de electricidad y de energía térmica, dando un valor adicional al empleo de biodigestores en las empresas; por esa razón, si se empieza a construir biodigestores con los desechos orgánicos se estaría reduciendo el alto consumo de las fuentes renovables y se

aprovecharía los residuos orgánicos que las personas de los mercados no utilizan para poder obtener una energía alternativa.

Se desea disminuir el alto índice de consumo de recursos no renovables, que es un tema preocupante en el país debido a la explotación y consumo de los combustibles fósiles y el alto nivel de contaminación e impacto ambiental que estos generan.

Para obtener biogás hay que destacar la importancia del PH, de la temperatura y el mezclado de las materias dentro del biodigestor, donde se requiere eficiencia en la mezcla para obtener más biogás. Por esa razón, se debe seleccionar y analizar qué residuos orgánicos puedan ayudar a obtener más metano para que no haya problemas con el PH (demasiado ácido), porque algunos desechos, sean vegetales o animales, no cumplen con la acidez adecuada para producir biogás.

En este trabajo se concluye que al realizar algunas investigaciones para conseguir biogás se debe verificar si los desechos orgánicos de origen vegetal cumplen con las condiciones óptimas para generar la Biodigestión que, en este caso, es por medio de la digestión anaeróbica que es un proceso biológico donde la materia orgánica se degrada sin la presencia de oxígeno, que tenga un adecuado nivel de acidez, su temperatura y saber qué tipo de biodigestor es más recomendable para obtener metano, donde se desea tener un gas natural más sano para el medio ambiente.

Referencias

- [1] M. Torres, L. Pampillón, «Desarrollo del Proceso de Producción de Biogás y Fertilizantes Orgánico a partir de Desechos de Procesadores de Frutas,» Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México, 2010.
- [2] L. Cepero, et al, “«Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores,» *Revista Scielo*, vol. 35, nº 2, p. 219-226, Cuba, 2012.

- [3] C. C. Ngumah, J. N. Ogbulie, J. C. Orji y E. S. Amadi, «Biogas Potential Of Organic Waste In Nigeria,» *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 7, nº 1, p. 110-116, 2013.
- [4] P. Castelo, R. Peñafiel, V. Ochoa, «Digestión anaeróbica de desechos de frutas y hortalizas en reactores semicontinuos de un mercado municipal en Tumbaco, Ecuador,» *Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 6, nº 2, p. C31-C39, 2014.
- [5] J. L. José Sosa, «Digestores anaerobios: Una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y producción de biogás,» *Revista de Divulgación*, vol. XVII, nº 35, p. 11-16, 2012.
- [6] G. Hernández, et al, «La Construcción De Biodigestores. Una Alternativa Sostenible En El Secadero De Arroz De San José De Los Ramos En Colón,» Cuba: Filial Universitaria Municipal de Colón, 2014.
- [7] E. Reyes, «Producción de biogás a partir de Biomasa,» *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*, vol. X, nº 17, p. 11-22, 2016.
- [8] P. Garzón, V. Ochoa, R. Peñafiel, «Estudio de la generación de gas metano a partir del agua residual del proceso de extracción de aceite crudo de palma en biodigestores experimentales,» *Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 7, nº 2, p. C130-C137, 2015.
- [9] S. Cheng, «Development and application of prefabricated biogas digesters in developing countries,» *ELSEVIER*, vol. 34, p. 387-400, 2014.
- [10] C. A. Cardona Alzate, Ó. J. Sánchez Toro, J. A. Ramírez Arango y L. E. Alzate Ramírez, «Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado,» *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. VI, nº 2, p. 78-89, 2004.
- [11] D. C. V. A. Édgar Castillo, «Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos,» *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 5, nº 2, p. 11-22, 2003.
- [12] F. Callaghana, D.A.J. Wasea, K. Thayanithya «La producción de biogás mediante los productos agrícolas,» Universidad de Birmingham, Edgbaston, Reino Unido, Biomasa y Bioenergía, 2010.
- [13] M. García, R. Bravo, L. Rojas, «Valoración de la producción de biogás para uso doméstico en una muestra selectiva de desechos orgánicos vegetales. Estudio preliminar,» *Revista de ciencia y tecnología de América*, vol. 37, nº 2, p. 128-132, 2012.

- [14] P. C. P. Abhishek S Dhoble, «Design and operation of an anaerobic digester for waste management and fuel generation during long term lunar mission,» *Advances in Space Research*, vol. 54, n° 8, p. 1502-1512, 2014.
- [15] M. Mago, José. Sosa, L. Tovar, «Propuesta de diseño de una planta de biogás para la generación de potencia eléctrica en zonas pecuarias de Venezuela a través del programa Biodigestor,» *Revista Ingeniería UC*, vol. 21, n° 2, p. 60-65, 2014.
- [16] S. Cheng, Z. Li, H. Mang, E. Huba, «A review of prefabricated biogas digesters in China,» *ELSEVIER*, vol. 28, p. 738-748, 2013.
- [17] A. Belle, S. Lansing, W. Mulbry, R. Weil, «Methane and hydrogen sulfide production during co-digestion of forage radish and dairy manure,» *Elsevier*, p. 44-51, 2015.
- [18] A. Hilcias Igoni, MJ Ayotamuno, CL Eze, «Effect of Total Solids Concentration of Municipal Solid Waste on the Biogas Produced in an Anaerobic Continuous Digester,» *Agricultural Engineering International*, vol. X, 2008.
- [19] K. Bernat, M. Zieli ska, I. Wojnowska-Baryła, «Biogas production from different size fractions separated from solid waste and the accompanying changes in the community structure of methanogenic Archaea,» *Elsevier*, vol. 100, p. 30-40, 2015.
- [20] H. Bouallagui, Y. Touhami a, R. Ben Cheikh, M. Hamdi, «Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes,» *Process Biochemistry.*, vol. 40, p. 989-995, 2005.
- [21] J. M. Mantilla González, C. A. Duque Daza y C. H. Galeano Uruña, «Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno,» *Ingeniería e Investigación*, vol. 27, n° 3, p. 133-142, 2007.
- [22] L Gaspar, A Matos, Producción de Biogás por digestión anaeróbica de residuos vegetales, Perú: Universidad Peruana Unión, 2007.
- [23] M. Vélez, G. López, Diseño de un Biodigestor para generar Biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales, México: Universidad Autónoma de Yucatán, 2013.
- [24] D. Almeida, D. Regalado, M. Ampudia, «Estudio de la co-digestión anaeróbica de desechos orgánicos agroindustriales,» *Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 2, p. 12/17, 2010.

Análisis de Niveles de Iluminación como posible riesgo laboral en puestos de trabajos administrativos en una empresa de la ciudad de Guayaquil-Ecuador

Analysis lighting levels as possible occupational hazard in positions of administrative jobs in a company of the city of Guayaquil–Ecuador

Ordoñez Virgilio, Anastacio Gustavo, Contreras Milton, Furlan Anggie,
Lavayen Carlos, Torres Kevin, Torres Andrés, Villegas Cristina

Resumen

El objetivo de este artículo es demostrar la importancia del cumplimiento de los niveles óptimos de iluminación que debería existir en un área administrativa, en este caso el área de ventas en una empresa de la ciudad de Guayaquil, a través de mediciones de niveles de iluminación en dichos puestos de trabajo por medio de un luxómetro, dado que un ambiente iluminado de manera correcta permite al personal realizar un trabajo sin defectos, con comodidad y, sobretodo, con plena seguridad del cuidado de su integridad física. Este análisis permitió identificar que existen dos puestos críticos que pueden producir fatiga laboral o trastornos visuales a corto y largo plazo, por lo que se recomienda optimizar el plan de mantenimiento.

Palabras clave: iluminación, luxómetro, luz.

Abstract

The aim of this article is to demonstrate the importance of the fulfilment of optimum levels of lighting that should exist in an administrative area, in this case the area of sales a company of the city of Guayaquil through measurements of levels of lighting in such jobs by means of a light meter, given that an atmosphere illuminated correctly allows staff to perform flawless work comfort and more especially with full assurance of care of their physical integrity. This analysis allowed us to identify that there are two critical posts, which can produce job fatigue or visual disturbances in the short and long term, so it is recommended to optimize the maintenance plan.

Keywords: illumination, luxómetro, light.

Introducción

De manera global, las personas están ligadas a un ambiente laboral que comprende “luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) las cuales deben complementarse debido a que el 50% de la información sensorial que las personas reciben es de tipo visual” [1]; en pocas palabras tiene como origen la luz, por ello “Un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz, sino aquel que tiene la cantidad de luz adecuada a la actividad que allí se realiza” [2]. Es decir, si se enfoca a un adecuado tratamiento del ambiente visual, se estaría permitiendo una relación entre los aspectos de seguridad, confort y productividad, los cuales incidirían en aspectos como un trabajo seguro, cómodo y a la vez eficaz.

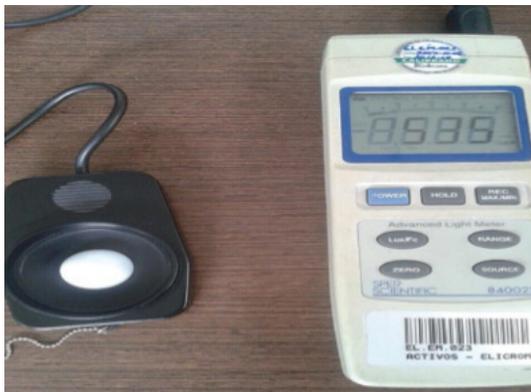
En el Ecuador como a nivel mundial los riesgos laborales son manejados por un ente regulador; en este caso para el Ecuador sería el ministerio del Trabajo, el cual se encarga de dar las pautas y criterios necesarios para que las empresas cumplan y logren mitigar los riesgos asociados al trabajo en cualquier área, todo esto a través de reglamento estipulados. Para este caso de investigación sobre niveles de iluminación, el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo dice: “Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos” [3] [4], por ende la iluminación en cualquier lugar de trabajo es fundamental para evitar el deterioro de la vista de los trabajadores, ya sea a corto o largo plazo, lo cual podría conllevar una disminución del desenvolvimiento laboral del trabajador. Para ser más específicos, “una iluminación correcta, permite distinguir las formas, los colores, los objetos en movimiento y apreciar los relieves, y que todo ello, además, se haga fácilmente y sin fatiga, para que asegure el confort visual permanentemente” [5].

Por ello “La iluminación en cualquier lugar es fundamental, sea una vivienda, una oficina u otro lugar, no sólo por el aspecto económi-

co cuando se habla de un ambiente de trabajo confortable, sino por su influencia directa en la salud visual” [6]. Sin embargo, tanto empleado como empleador dan poca importancia a estos riesgos, muchas veces incluso hasta por falta de conocimiento, ya que por ser puestos administrativos solo asocian dichas enfermedades por el uso de aparatos electrónicos, sin considerar que se realizan otras actividades en los puestos de trabajos, siendo necesaria de una buena iluminación.

De aquí el control necesario que se debe llevar de la iluminación periódicamente, midiendo el nivel de iluminación también conocido como iluminancia que “Es el cociente del flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto por el área de ese elemento” [7], medida captada a través de un luxómetro: “aparato electrónico que se utiliza para la medición precisa de los acontecimientos luminosos en el sector de la industria, el comercio, la agricultura y la investigación. Puede utilizarse además para comprobar la iluminación del ordenador, del puesto de trabajo, en la decoración de escaparates y para el mundo del diseño” [8] y, comparándola con las medidas reguladoras de los puestos de trabajo, determinar si estas cumplen o no con lo estipulado por la ley.

Figura 1
Luxómetro utilizado en la medición



Fuente: Autores

Métodos

A continuación, se presenta el procedimiento seguido para la determinación del cumplimiento del índice de iluminación de un puesto de trabajo.

En primer lugar, se define el área que se va a analizar. Para la presente investigación se tomó al área de ventas, la cual posee en su totalidad 6 puestos de trabajo y definen las características o datos generales de la investigación, los cuales son:

- Tipo de medición: puesto de trabajo.
- Tipo de iluminación: general.
- Fuente de iluminación: artificial.

Una vez definida el área que va a ser monitoreada, se toma en cuenta los mínimos permisibles por la ley, en este caso proporcionados por el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, que corresponde al Decreto No. 2393, Registro oficial No. 249 [3], según el artículo 56 de Iluminación y Niveles Mínimos, que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1
Niveles de Iluminación Mínima para Trabajos Específicos y Similares [3]

Iluminación Mínima	Actividades
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.

Iluminación Mínima	Actividades
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

A su vez, enunciamos las características del luxómetro a utilizar para la medición, el cual se presenta en plenas condiciones y calibración a la fecha como muestra la figura 1, lo cual valida las respuestas arrojadas al momento de la medición.

Descripción del luxómetro:

Código: 840022

- Marca: Sperscientific
- Calibrado: 2014-10-08
- Vigente: Octubre del 2016

Con ello se procede a la medición en cada uno de los puestos de trabajo, como muestra la figura 2, para así determinar si se cumple o no con los estándares estipulados:

Figura 2
Medición en los puestos de trabajo



Fuente: Autores

Resultados y Discusión

Este apartado muestra los resultados obtenidos a través del luxómetro, aplicado en cada puesto de trabajo; son tres tomas diferentes (posiciones) de medidas con un intervalo de dos minutos cada uno, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2
datos obtenidos por medio del luxómetro.

Punto	Lugar	Hora Inicial	Hora final	valor medido (lux)
1	vendedor 1 P1	10:28	10:30	468
	vendedor 1 P2	10:30	10:32	261
	vendedor 1 P3	10:32	10:34	317
2	vendedor 2 P1	10:40	10:42	265
	vendedor 2 P2	10:42	10:44	331
	vendedor 2 P3	10:44	10:46	208
3	vendedor 3 P1	10:50	10:52	444
	vendedor 3 P2	10:52	10:54	471
	vendedor 3 P3	10:54	10:56	443

Punto	Lugar	Hora Inicial	Hora final	valor medido (lux)
4	vendedor 4 P1	11:00	11:02	255
	vendedor 4 P2	11:02	11:04	300
	vendedor 4 P3	11:04	11:06	268
5	vendedor 5 P1	11:10	11:12	671
	vendedor 5 P2	11:12	11:14	669
	vendedor 5 P3	11:14	11:16	659
6	vendedor 6 P1	11:20	11:22	310
	vendedor 6 P2	11:22	11:24	304
	vendedor 6 P3	11:24	11:26	301

Fuente: Autores

Una vez obtenidos estos datos se procede a realizar una comparación con el mínimo de lux permitido por la ley, en este caso, por ser un área de ventas se toma como referencia 300 lux que nos indica que es el mínimo permisible para “Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.” Como se indicó en la Tabla I, ya definido el mínimo permisible se procede a estipular si cumple o no con el estándar legal como lo indica la Tabla 3.

Tabla 3
Evaluación de cumplimiento de estándar legal

Punto	Lugar	Hora Inicial	Hora final	valor Medido (lux)	Mínimo Permisible	Evaluación
1	vendedor 1 P1	10:28	10:30	468	300	Si cumple
	vendedor 1 P2	10:30	10:32	261	300	No cumple
	vendedor 1 P3	10:32	10:34	317	300	Si cumple
2	vendedor 2 P1	10:40	10:42	265	300	No cumple
	vendedor 2 P2	10:42	10:44	331	300	Si cumple
	vendedor 2 P3	10:44	10:46	208	300	No cumple

Punto	Lugar	Hora Inicial	Hora final	valor Medido (lux)	Mínimo Permissible	Evaluación
3	vendedor 3 P1	10:50	10:52	444	300	Si cumple
	vendedor 3 P2	10:52	10:54	471	300	Si cumple
	vendedor 3 P3	10:54	10:56	443	300	Si cumple
4	vendedor 4 P1	11:00	11:02	255	300	No cumple
	vendedor 4 P2	11:02	11:04	300	300	Si cumple
	vendedor 4 P3	11:04	11:06	268	300	No cumple
5	vendedor 5 P1	11:10	11:12	671	300	Si cumple
	vendedor 5 P2	11:12	11:14	669	300	Si cumple
	vendedor 5 P3	11:14	11:16	659	300	Si cumple
6	vendedor 6 P1	11:20	11:22	310	300	Si cumple
	vendedor 6 P2	11:22	11:24	304	300	Si cumple
	vendedor 6 P3	11:24	11:26	301	300	Si cumple

Fuente: Autores

Se observan 5 parámetros que no cumplen el mínimo permisible de iluminación, como en el caso del vendedor 1 en la posición de medida 2; el vendedor 2 en las posiciones 1 y 3; por último, el vendedor 4 en las posiciones 1 y 3.

Conclusiones

Se concluye con este análisis que existen dos puestos críticos de vendedores, que pueden producir fatiga laboral o trastornos visuales produciendo dañoso corto o largo plazo.

Se recomienda cambiar las luminarias que se encuentran dañadas, estas deben tener una buena intensidad y los protectores deben ser transparentes, a fin de que emita luz lo más uniforme posible.

Las lámparas que la empresa utiliza en oficinas son de tipo fluorescente, y para alumbrado localizado es de tipo incandescente de baja tensión.

Referencias

- [1] F. Llana, Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista, España: Lex Nova, 2008.
- [2] «LEDBOX,» [En línea]. Available: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>.
- [3] M. d. T. d. Ecuador, «<http://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>.
- [4] «Seguridad Laboral y Salud Ocupacional en el Ecuador,» [En línea]. Available: <http://www.higieneindustrialyambiente.com/analisis-medicion-monitoreo-luz-iluminacion-laboral-quito-guayaquil-cuenca-ecuador.php?tablajb=iluminacion&p=19&t=Legislacion->.
- [5] M. d. T. y. A. Sociales, «Iluminación en los centros de Trabajo,» [En línea]. Available: <http://www.enquitoecuador.com/userfiles/ntp-211.pdf>.
- [6] J. M. A. C. Beltrán Molina, «NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS POSIBLES EFECTOS VISUALES EN LOS EMPLEADOS DE UNA IPS DE BOGOTÁ,» *Revista Movimiento Científico*, vol. 7, nº 1, 2013.
- [7] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos*, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015.
- [8] «EcuRed,» [En línea]. Available: <http://www.ecured.cu/Lux%C3%B3metro>.

Implementación de un techo verde y su beneficio térmico en el hogar

Implementation of a green roof and it's thermal benefit at home

Pablo Parra, Daniel Alonso

Resumen

Este trabajo se basa en la aplicación propuesta de los techos verdes para reducir las fuentes de calor, también por la necesidad urgente de implementar proyectos que equilibran al hombre, afectado por daños que ha causado al reemplazar las áreas forestales por grandes edificios, convirtiéndolos en fuentes de calor, como islas que concentran la luz solar y que tienen un impacto en la vida humana. Mientras que, en Ecuador una iniciativa de este tipo no se conoce.

En Alemania se estima que alrededor del 10% de los techos verdes están demostrando que hay una mayor cultura ecológica desde hace una década, y con excelentes resultados. También se están aplicando en los Estados Unidos, México, Colombia y Chile. Tal vez uno de los mayores obstáculos es la falta de conciencia pública sobre las cuestiones ambientales y el impacto futuro de las acciones llevadas a cabo en la actualidad. Además de reducir el consumo de energía, que suele ser la causa de que el calor permanezca en el medio ambiente, se está demostrando la eficacia de la aplicación de techos verdes.

Palabras clave: ahorro de energía, beneficios ambientales, techo verde, edificios de bajo consumo energético, simulación del microclima, diseño sostenible.

Abstract

This work is based on the proposed application of green roofs to reduce heat sources, as well as the urgent need to implement projects that balance the man for damages caused by replacing forest areas with large buildings, turning them into heat sources like islands that concentrate sunlight and have an impact on human life. While in Ecuador, such an initiative is not known.

In Germany it is estimated that about 10% of green roofs are showing a greater ecological culture for a decade, and with excellent results. They are also being implemented in the United States, Mexico, Colombia and Chile. Perhaps one of the biggest obstacles is the lack of public awareness about environmental issues and the future impact of the actions carried out today. In addition, to reduce energy consumption, it is usually the cause that the heat remains in the environment, which demonstrates the effectiveness of the application of green roofs.

Keywords: energy saving, environmental benefits, green roof, low-energy buildings, microclimate simulation, sustainable design.

Introducción

El presente trabajo se basa en la propuesta de implementación de techos verdes con el fin de disminuir las fuentes de calor, también por la imperiosa necesidad de implementar proyectos que equilibren el daño que el hombre ha ocasionado con la creación de urbes reemplazando el bosque por grandes edificaciones, convirtiéndolas en fuentes de islas de calor que concentran los rayos solares y tienen un impacto en la vida del ser humano [1]. Para disminuir el consumo energético, que suele ser el causante de que el calor se mantenga en el ambiente, así demostrando la efectividad de la implementación de los techos verde [2]. En la literatura existente hay diferentes tipos de techos verdes que han sido utilizados durante varios años, con beneficios confirmados, condiciones climáticas y características de estructuras diversas [3].

En los últimos años, Japón ha implementado techos verdes como una tecnología de primera para disminuir la isla de calor urbana y promover edificios sostenibles. La reciente atención que reciben los techos verdes ha dado lugar a muchas conferencias, asociaciones y competencias en todo el mundo.

De hecho, los techos verdes eficientemente diseñados e integrados son alternativas válidas para reemplazar los espacios verdes y los hábitats perdidos en las ciudades modernas [3].

Mientras que, en Ecuador aún no se conoce una iniciativa como esta, “En Alemania se calcula que alrededor del 10% de los techos son verdes lo que muestra que se tiene una mayor cultura ecológica desde hace una década atrás, y con excelentes resultados. También están siendo implementados en Estados Unidos, México, Colombia y Chile”. Quizás una de las mayores barreras sea la falta de concienciación de la población acerca de los temas ecológicos y el impacto futuro que tienen las acciones que se realizan hoy [4]. Sin embargo, el rendimiento energético de los techos verdes sigue el beneficio más común para los que son promovidos y adoptados [5].

El objetivo de este estado del arte es proponer la implementación de los techos verdes, porque es una solución que garantiza el desarrollo sostenible del medio ambiente, esperando que algún día se lleguen a efectuar en Guayaquil, incentivando el crecimiento de áreas verdes en la ciudad.

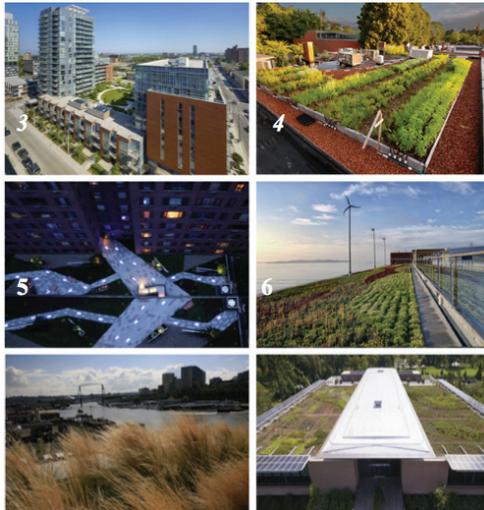
Clasificación de los Techos Verdes

Los techos verdes se clasifican generalmente como extensivo o intensivo, aunque algunos autores incluyen una clasificación de semi-intensivo.

Un techo verde intenso es generalmente un jardín en la azotea con una considerable profundidad de la capa de suelo, mientras que un techo verde extenso requiere menos profundidad del suelo y menos cantidad de agua, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Selección de los techos verdes basadas en el 2012 Green Roof de premios a la excelencia en los edificios de diferente tipo: residencial (1), (2); comercial (3), (4); institucionales (5), (6). [7]



Los Aspectos Técnicos De Los Techos Verdes

Castleton indica que la estructura del techo verde incluye la capa de vegetación, el medio de cultivo (o capa de suelo), la capa de drenaje y la capa de membrana, que sirve como un filtro y la capa de impermeabilización [7]. Muchas otras capas a menudo se requieren, tales como la barrera de la raíz (generalmente entre la capa de suelo y el drenaje uno), el sistema de riego (dentro o por encima de la capa de suelo) y los filtros suplementarios [7], [8].

El desarrollo de un techo verde puede utilizar técnicas de construcción versátiles, tales como un sistema completo, un sistema modular o mantas pre cultivada [8] [9]. El sistema completo abarca todo el techo, mientras que los otros dos están plantadas antes de integrarse por encima de la azotea. Una comparación de estos sistemas con el fin de sus retos se presenta en la Tabla 1.

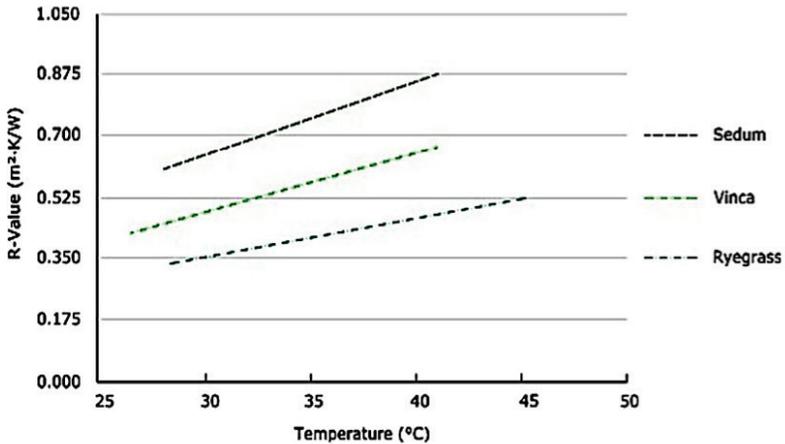
Tabla 1
Clasificación de la Construcción Diseño de Sistemas de Techos Verdes [9]

Techo verde	Sistema de pre-cultivado	Sistema modular	Sistema completo
Sistema	Pre-plantado	Pre-plantado	Sistema de capas
Peso	Bajo	Promedio	Generalmente alto
Instalación	Simple y rápido	Simple y rápido	Complejo
Maintenance	Simple	Simple	Complejo
Costo	Bajo	Promedio	Alto

En lo que respecta a los posibles tipos de vegetación, Cox afirma que los tipos de diferentes plantas podrían llevar diferentes valores de aislamiento térmico [5].

Diferentes opciones de la planta en los techos verdes conducen a importantes variaciones en el valor de aislamiento térmico como se muestra en la figura 2.

Figura 2
La resistencia térmica de la misma azotea verde
con diferentes plantas: Sedum, Vinca y ryegrass [11]



Sedum, uno de los tipos más populares de las plantas para techos verdes, ofrece un alto sombreado contra la radiación solar, tiene una estructura de la raíz corta y es compatible con las fuentes de agua limitados [8]. Sin embargo, es incapaz de evitar la transferencia de calor por convección en virtud de sus hojas y, en consecuencia, tiene un valor de resistencia térmica baja [10]. Por otro lado, ryegrass permite la circulación de mucho aire, pero su potencial para el sombreado es limitado [11]. Vinca garantiza un mejor sombreado en comparación con los otros, sino que también permite la transferencia de calor por convección [7].

Las características más importantes de la vegetación que influyen en la transferencia de calor de un techo verde son altura de la planta, índice de área foliar (IAF), la cobertura fraccional, albedo, y la resistencia de las estomas [12] [13]. El albedo es la reflectividad de la superficie a la solar sobre la capa de vegetación. Por último, la resistencia de las estomas es un parámetro biofísico que gobierna la velocidad a la que la

planta transpira la humedad (las estomas son las aberturas intercelulares células epidérmicas sobre las superficies de las hojas, y sus reglas de cierre y apertura de la transpiración) [12] [13].

Transferencia de calor en Techos Verdes

El calor por radiación del sol domina el balance energético de un techo verde. La radiación solar es equilibrada por contacto (convección) y latente (evaporación) de flujo de calor de las superficies de suelos y plantas, en combinación con la conducción de calor en el sustrato del suelo y la radiación de onda larga (térmica), hacia y desde las superficies del suelo y de la hoja. Diversos estudios han analizado el comportamiento térmico de techos verdes en diferentes regiones del mundo [14].

En principio, los diferentes fenómenos se producen en los techos verdes:

- El suelo funciona como una masa de inercia térmica con capacidad máxima de calor, efecto de demora hora y baja transmisión térmica dinámica.
- Follaje se comporta como un dispositivo de sombreado en las que la convección provoca intercambio térmico de calor, pero el follaje absorbe parte de la energía térmica para el proceso vital de la fotosíntesis.
- Capas de suelo y vegetativas inducen por evaporación y el enfriamiento de la evapotranspiración.

Los techos verdes reflejan entre 20% y 30% de la radiación solar y absorben hasta un 60% de la misma, a través de la fotosíntesis. Esto significa que un porcentaje por debajo del 20% del calor se transmite en medio del cultivo [4].

Weng investigó las correlaciones entre las temperaturas internas y las variedades de plantas encontrando que la abundancia de vegetación es efectiva en el ajuste de temperatura de la superficie de la Tierra [15].

Liu y Minor informaron de la eficacia energética de los techos verdes con una reducción del flujo de calor en una gama de 70 a 90% en verano y 10 a 30% en invierno [16]. Por otra parte, se ha mejorado la influencia térmica de techo verde (por 3% en el verano) una vez que se aumentó la profundidad del medio de cultivo y se utilizaron los colores más claros [17].

Una interesante evaluación de la eficacia de los techos verdes viene mediante la comparación de sus resultados con los de los techos frescos (techos con alto albedo). Diferentes estudios han mostrado diferentes resultados [17]. Recientemente, Sathien comparó dos salas de ensayo con aire acondicionado y cuantificó las pérdidas térmicas incluso de la habitación con el techo verde [18].

En climas cálidos, techos verdes reducen potencialmente la temperatura interior a través de la capa de sombreado de la azotea y la prevención de la influencia directa de las radiaciones solares [11]. Simmons declaró que los techos verdes extensivos poseen un gran potencial para los climas de las regiones subtropicales con temperaturas altas y fuertes lluvias [19]. Un estudio relacionado encontró que en Grecia los techos verdes reducen la energía utilizada para la refrigeración de entre el 2% y el 48% dependiendo de la zona cubierta por el techo verde con una reducción de la temperatura interior hasta 4 K [4]. Muchos estudios en clima cálido pusieron de manifiesto la importancia de las características del clima y, en particular, del bajo nivel de precipitaciones durante la noche refrigeración [7].

Beneficios Ambientales de los techos verdes

En climas cálidos, los techos verdes reducen potencialmente la temperatura interior a través de la capa de sombreado de la azotea y la prevención de la influencia directa de las radiaciones solares [20].

Un estudio relacionado encontró que en Grecia los techos verdes reducen la energía utilizada para la refrigeración de entre el 2% y el 48%

dependiendo de la zona cubierta por el techo verde con una reducción de la temperatura interior hasta 4 K [21].

Muchos estudios en clima cálido pusieron de manifiesto la importancia de las características del clima y, en particular, del bajo nivel de precipitaciones durante la noche refrigeración [20], [21]. Como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2
Beneficios Ambientales de los Techos Verdes [21]

Reducción del consumo de energía
La disminución de refrigeración y calefacción
Mejora de aire
Disminución del calor urbano
La reducción de la huella de carbono
Mitigación de la contaminación del aire
La calidad del aire mejorada
Preservación ecológica
La reducción del hábitat perdido
Mejora de la utilización del agua de lluvia
Mejora la imagen de la ciudad

Conclusiones

En este trabajo se han analizado los beneficios relacionados con las implementaciones de los techos verdes. Los hallazgos confirman que los techos verdes abarcan muchos beneficios en términos de sostenibilidad ambiental.

El análisis determina que cada capa que conforma un techo verde tiene una influencia significativa sobre su rendimiento. Esto depende en gran medida del aislamiento del techo y de las condiciones climáticas. Los beneficios ambientales identificados incluyen la disminución del nivel de consumo de energía, la disminución de la isla de calor urbano, la

mitigación de la contaminación del aire, mejorando la calidad del aire urbano, la mejora del agua de escorrentía calidad y gestión de aguas pluviales, lo que reduce el ruido y el aumento de la biodiversidad.

En lo que respecta a la eficiencia energética de los techos verdes, diferentes actuaciones fueron identificados en las diversas estaciones/ climas donde se reportan varias perspectivas y percepciones (positivas y negativas) hacia el desempeño de los techos verdes, en los inviernos o clima frío (o cada vez que el acoplamiento del edificio verde con el edificio aumenta la capacidad térmica envolvente más de lo ideal). Este estudio ha puesto gran énfasis en la mejora de la gestión del agua y la reducción de la contaminación atmosférica resultante de la adopción de los techos verdes.

Se debe alentar más estudios sobre la vegetación y plantas en relación con las características del clima. La investigación de las preferencias de los usuarios para garantizar la eficacia de los techos verdes, con vistas a la parte social, también podría ser objeto de estudios futuros.

Referencias

- [1] J. S. Neda Yaghoobian, «Influence of plant coverage on the total green roof energy balance and building energy consumption,» *Energy and Buildings*, vol. 103, n° x, p. 1-13, 15 September 2015.
- [2] U. Berardi, «Sustainability assessment in the construction sector: rating systems and rated buildings,» *Elsevier*, vol. 20, n° 6, p. 411-424, 2012.
- [3] F. C. Lowell, «Heather Shimmin Photography,» 7 July 2012. [En línea]. Available: <http://www.heathershimmin.com/a-brief-history-of-roof-gardens>.
- [4] M. R. Gavilanes Albán, *Techos verdes: prácticas de gestión ambiental en áreas urbanas*, Guayaquil, 2015.
- [5] F. W. G. S. T. Manfred Köhler. Marco Schmidt, «Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics – far beyond the aesthetics,» *Environmental Management and Health*, vol. 13, n° 4, p. 382-391, 2002.
- [6] «Green Roofs,» Healthy Cities, 2016. [En línea]. Available: <http://www.greenroofs.org/index.php/resources/awards-of-excellence/2012-award-winners>.

- [7] V. S. S. B. J. D. H.F. Castleton, «Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit,» *Energy and Buildings*, vol. 42, p. 1582 - 1591, 2010.
- [8] C. M. V. A. L. R. G. Chiara Catalano, «Thirty years unmanaged green roofs: Ecological research and design implications,» *ElSevier*, vol. 149, p. 11–19, 2016.
- [9] N. D. Noel Kingsbury, *Planting Green Roofs and Living Walls*, 2017.
- [10] T. H. a. C.-W. K. JiMin Kim, «Economic and Environmental Evaluation Model for Selecting the Optimum Design of Green Roof Systems in Elementary Schools,» *Environ. Sci. Technol*, vol. 46, n° 15, p. 8475–8483, 9 July 2012.
- [11] B. K. Cox, «Portland State University,» 5 July 2013. [En línea]. Available: http://pdxscholar.library.pdx.edu/open_access_etds/142/.
- [12] P. J. Eleftheria Alexandri, «Developing a one-dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roofs on the built environment: Comparison with experimental results,» *Building and Environment*, vol. 42, p. 835–2849, 2007.
- [13] S. K. Rakesh Kumar, «Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings,» *Building and Environment 4*, vol. 40, p. 1505–1511, 2005.
- [14] W. S. L. P. R. G. Cynthia Rosenzweig, «Characterizing the urban heat island in current and future climates in New Jersey,» *Environmental Hazards*, vol. 6, n° 1, p. 51-62, 2005.
- [15] D. L. J. S. Qihao Weng, «Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies,» *Remote Sensing of Environmen*, vol. 89, p. 467–483, 2004.
- [16] K. Liu y J. Minor, «Performance evaluation of an extensive green roof,» *National Research Council of Canada*, p. 1-11, 2005.
- [17] M. Santamouris, «Cooling the cities A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments,» *Solar Energy*, vol. 103, 2014.
- [18] T. K. a. T. J. Sathien K., «Using Vertical Green as Material for Complying Building Energy Code,» *Advanced Materials Research*, Vols.622-623, p. 1035 - 1038, 2013.
- [19] Simmons MT, Gardiner B, Windhager S, Tinsley J. Green roofs are not createdequal: the hydrologic and thermal performance of six different extensivegreen roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate.

- [20] Niu H, Clark C, Zhou J, Adrianes P. Scaling of economic benefits from greenroof implementation in Washington, DC. *Environ SciTechnol*
- [21] Niachou A, Papakonstantinou K, Santamouris M, Tsangrassoulis A, Mihalakakou G. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance.

Análisis del bambú como materia prima en la industria

Analysis of bamboo as raw material in industry

Parra Pablo, Vera Richard

Resumen

Este artículo analiza el potencial del bambú como materia prima en la industria. En el estudio presentado se evaluaron y se compararon con los materiales de construcción más comunes (acero, hormigón, madera, etc.). Por otra parte, un caso de estudio se llevó a cabo en edificios, estructuras y puentes de bambú temporal, con el fin de determinar los factores de éxito y fracaso de la construcción con bambú. Este trabajo presenta los resultados de estos estudios que indican cómo, dentro de ciertas condiciones de contorno y con la consideración de las recomendaciones realizadas según los resultados obtenidos en el caso de estudio, el bambú es un material de construcción muy sostenible para los países occidentales y latinos, convirtiéndose en competencia para los materiales comúnmente utilizados.

Palabras claves: bambú, industria, material, construcción, medio ambiente, fibras.

Abstract

This article analyzes the potential of bamboo as a raw material in the industry. In the presented study, they were evaluated and compared with the most common building materials (steel, concrete, wood, etc.). On the other hand, a case study was carried out on temporary bamboo buildings, structures and bridges, in order to determine the success and failure factors of bamboo construction. This paper presents the results of these studies, which indicate how under certain boundary conditions and with the consideration of the recommendations made according to the results obtained in the case study, bamboo is a very sustainable construction material for the western countries and Latinos, becoming a competition for commonly used materials.

Keywords: bamboo, industry, material, construction, environment, fibers.

Introducción

En el artículo se hace una reseña de la importancia del bambú, ya que existen subproductos tales como la cáscara de arroz, la fibra de coco y el bambú, que son materiales renovables que se desperdician causando contaminación.

El bambú es un material que tendría una tremenda ventaja económica, ya que llega a su pleno crecimiento en unos pocos meses y alcanza su máxima resistencia mecánica en tan sólo unos pocos años; por otra parte, existe en abundancia en regiones tropicales y subtropicales del mundo [1].

En países como Colombia, Ecuador y Perú se han integrado materiales en ingeniería de sistemas constructivos gracias a una amplia investigación sobre la mecánica del comportamiento de materiales compuestos de bambú y concreto [2].

China es el mayor país productor de bambú y tiene acerca de 300 especies en 44 géneros, que ocupan el 3% de la superficie forestal mundial [3].

El bambú tiene un sinnúmero de aplicaciones en millones de personas alrededor de todo el mundo, teniendo como principal eje la arquitectura que se remonta a milenios, por su abundancia, facilidad de cortado, construcción de viviendas y las condiciones de frescura que este material proporciona en los climas cálidos húmedos, lo que hizo que en estos lugares se lo prefiriera sobre la madera [4].

El objetivo principal de este trabajo es analizar los estudios del bambú para indicar el tipo de aceptación en la industria, ya que pocos conocen de las propiedades que nos brinda este material.

Características del Bambú

El bambú es un producto de la naturaleza con características extremas debido a su tamaño, ligereza, firmeza y solidez, tal como se ve en la Figura 1.

Figura 1
Textura del bambú [5]



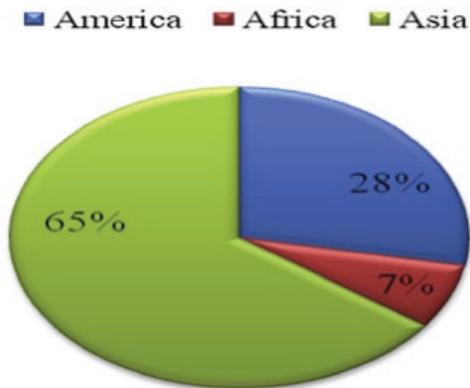
La conformación de la estructura y sus características corresponden a las de un material de alta tecnología [5], tales como las descritas a continuación:

- Nos ayuda a reforestar más rápido y a menor costo, al ser la planta de más rápido crecimiento en el planeta.
- Un elemento regulador importante en el balance del oxígeno y el bióxido de carbono en la atmósfera.
- Es el más viable sustituto de la madera.
- Es una permanente fuente natural de material vegetativo y enriquecedor del suelo.
- Protege a los suelos de la erosión.
- Incrementa nuestras reservas forestales e hídricas.
- Genera un ingreso marginal importante cada vez que se le incorpora el mínimo valor agregado.
- Genera empleos, desarrollo industrial y comercial con un efecto multiplicador económico a nivel regional, estatal y nacional.
- Posee cualidades curativas y usos medicinales.
- Un elemento resistente para construcción de vivienda.

Propiedades del Bambú

La región de Asia y el Pacífico es la mayor área de cultivo de bambú en el mundo. En los países asiáticos, el bambú se conoce con diferentes nombres, en China se conoce como la madera de los pobres. La producción de bambú a nivel mundial como se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Producción de bambú a nivel mundial [6]



En Asia, gran superficie de bambú está ocupada por seis países: India, China, Indonesia, Filipinas, Myanmar, Vietnam y otros [6].

El bambú es una sustancia ligera pero muy dura y es ampliamente utilizado como un material de construcción. En particular, después del tratamiento contra la pudrición y los insectos que se forman en la madera.

Las casas construidas de bambú son fuertes, ligeras y elásticas, y tienen un alto grado de resistencia contra terremotos [7].

Debido a las propiedades mecánicas favorables, la alta flexibilidad, la tasa de crecimiento rápido, el bajo peso y la baja de los costos de compra, el bambú es un material con muchas oportunidades [8].

Se puede utilizar en muchas aplicaciones, de artesanía muy tradicional a los productos que están completamente industrializados. Algunas especies de bambú muy bien se pueden utilizar en el apoyo de estructuras como se muestra en la Figura 3, en los muy altos andamios de bambú contra rascacielos orientales.

Figura 3
Andamios de bambú en la parte superior
de un nuevo edificio de gran altura en Hong Kong [9]



En un estudio de viabilidad que se llevó a cabo sobre la utilización de bambú y no de acero, como material de refuerzo en los elementos de hormigón, seis vigas de hormigón se construyeron y se realizaron un total de 11 ensayos de vigas para examinar la fisura por flexión y la cizalla craqueo fuerza. Adicionalmente, las pruebas de compresión monótonas se llevaron a cabo en 16 muestras de columna, que tiene 200 mm de diámetro y 500 mm de altura, con confinamiento de barras de acero o espirales PP-banda, con el fin de estudiar el comportamiento de fractura y mecánico. Se obtuvo como resultado que las propiedades del bambú limitan al hormigón [9].

Los materiales como fibra de vidrio y poliuretano tienen dominado durante mucho tiempo la industria de los compuestos debido a

sus específicas propiedades mecánicas y de bajo costo, por ejemplo, el yute, el sisal, cáñamo, fibra de coco, paja y hojas de plátano son fibras naturales comúnmente utilizadas en compuestos.

El bambú tiene la resistencia mecánica más alta entre las fibras naturales y menor densidad, que es de $0,9 \text{ g / cm}^3$, en comparación con $1,45 \text{ g / cm}^3$ de yute y $2,5 \text{ g / cm}^3$ de fibra de vidrio; las fibras de bambú son aproximadamente 10 veces más baratas que la fibra de vidrio, y mucho más alta relación de aspecto en comparación con las fibras de madera [10].

Las fibras de bambú alcanzan su óptima fuerza de tracción después de un año; este tipo de fibras de bambú son mucho más rígidas que otras fibras vegetales naturales, lo que indica que más se debe prestar atención a la utilización eficiente de fibras de bambú, especialmente para materiales compuestos reforzados [11]. El bambú es considerado de fácil y económico desarrollo en nuestro país, por lo cual deber ser utilizado adecuadamente a partir de parámetros de diseños apoyados en sus propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia al ataque de insectos -resistencia mayor que el acero- y una elevada resistencia a la compresión [12]. El bambú se puede comparar de manera favorable con materiales de uso común como la madera, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Comparación de Resistencias a Tracción, Compresión y Flexión [12]

Unidades Kg/cm ²	Resistencia a la tracción	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión
Bambú	430	560	740
Otras maderas	1000	50-144	500-720

La gran versatilidad del bambú se debe en gran parte a su estructura anatómica y morfológica. La sección circular ahuecada presenta algunas ventajas estructurales en comparación con secciones macizas o rectangulares de otros materiales [13].

Aplicaciones del Bambú

A. Uso del bambú en Latinoamérica

En Ecuador existen gran cantidad de recursos que no son aprovechados, y el bambú es uno de ellos. Mucha gente no conoce lo que es una especie de bambú y sus diferentes aplicaciones.

El tallo de bambú se utiliza sobre todo en la vivienda de los países de poco desarrollo como se muestra en la Figura 4, arquitectos modernos como el colombiano Simón Vélez ha comenzado a aplicar el bambú como un material de alto grado en edificios exclusivos [14].

Figura 4
Viviendas construidas de bambú [14]



Debido a su gran fuerza, flexibilidad y versatilidad, las cañas de bambú han sido ampliamente utilizadas para la vivienda y otras construcciones en países como Colombia, Ecuador y Perú, donde es una tradición la construcción con bambú [15].

Las ventajas de bambú es que ofrece un bajo costo y hace que sea un material muy deseable para uso, en aplicaciones de bajo costo de vivienda [16].

Estos materiales se encuentran en el sector aeroespacial de industrias de construcción especializados, como la minería, el túnel construcción y últimamente también en la industria del automóvil [17].

La elaboración de artesanías por medio del bambú es otra manera de explotar este material como se muestra en la Figura 5.

Figura 5
Artesanías hechas de bambú [16]



B. Uso del bambú en Asia

China es uno de los países pioneros en la exportación del bambú, es por eso que explotan este material al máximo en la industria como la alimenticia, farmacéutica, textil tal y como se muestra en la Figura 6.

El bambú es un material excelente cuando se enfrentan con las vibraciones ligeras, fuertes, rígidas y elásticas de un terremoto [18].

Los textiles fabricados de fibra de bambú para uso en ropa de cama, ropa interior y toallas, en el que el bambú es a menudo mezclado con otras fibras como el algodón o poliéster para conseguir un mayor valor de larga duración [18].

Figura 6
Productos elaborados de bambú [18]



Los brotes de bambú son un producto popular de la cocina asiática y uno de los más rentables de la cadena del Bambú en China, donde se produjeron 5 millones de toneladas de brotes entre 1990 y 2006, de los cuales el 60% se venden a EEUU y Japón [19].

Las sustancias encontradas en los bambús comestibles son los lignanos y los ácidos fenólicos. Los lignanos, son un componente de la fibra, que exhibe un número de características importantes tales como actividad anticancerígena, antibacteriana, antifúngica y antiviral [19].

Son una buena fuente de fibra para el uso médico; es por eso que los chinos lo emplean en la industria farmacéutica.

Estudios realizados en la India llegaron a la conclusión de que, en comparación con otra materia prima, la biomasa de bambú tiene un re-

lativamente alto contenido de celulosa y bajo contenido de lignina, que lo hace adecuado para la producción de bioetanol [20].

Sin duda alguna este material posee grandes cualidades para ser explotado en la industria.

Conclusión

Esta materia prima sería la solución para reducir problemas ambientales evitando así la destrucción de la naturaleza, ya que posee una gran variedad de aplicaciones mencionadas con anterioridad, y generaría empleo porque es un recurso renovable que crece año a año. Cabe recalcar que la madera que se extrae de los árboles para poder explotarla se tendrían que esperar como mínimo 30 años; en cambio, esta materia prima del bambú daría un gran impulso a la industria ya sea textil, alimenticia, farmacéutica. Por eso, este artículo está enfocado en el análisis del bambú ya que nos brinda muchas propiedades a un bajo costo; es un recurso sustentable considerado como acero vegetal o madera del futuro porque su diseño rústico le da un diseño elegante a cualquier producto innovador.

Referencias

- [1] K. Ghavami, «Bamboo as reinforcement in structural concrete elements,» *ElSevier*, vol. 225, nº 27, p. 634-649, 2005.
- [2] G. H. Edwin Zea Esamilla, «Environmental impacts of bamboo-based construction materials representing global production diversity,» *ElSevier*, vol. 69, p. 117 - 127, 2014.
- [3] G. He MX1, «Bamboo: a new source of carbohydrate for biorefinery,» *ElSevier*, vol. 111, p. 645 - 654, 2014.
- [4] L. B. Oscar, «Desarrollo de la comunidad de Hueytamalco Puebla México a través de bambú como materia industrial,» Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2014.
- [5] M. L. C. A. Guadalupe Echeverria Victor Rodrigo, «Validación de parámetros para la fabricación de productos derivados del bambú, especie

- guadua angustifolia kunt, como elementos estructurales, mediante la aplicación de diseño de experimentos,» Espol, Guayaquil, 2016.
- [6] I. u. H. B. M. J. Y. S. H. Abdul Khalil H.P.S, «Bamboo fibre reinforced bio-composites: A review,» *ElSevier*, vol. 42, p. 353 - 368, 2012.
- [7] M. Asif, «Sustainability of timber, wood and bamboo in construction,» de *Sustainability of Construction Materials*, Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2009.
- [8] A. v. d. D. J. J. P. van der Lugt, «An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures,» *ElSevier*, vol. xxx, p. xxx-xxx, 2004.
- [9] K. M. Masakazu Terai, «Fracture Behavior and Mechanical Properties of Bamboo Reinforced Concrete Members, » *ElSevier*, vol. 10, p. 2967 - 2972, 2011.
- [10] S. Huda, N. Reddy y Y. Yang, «Ultra-light-weight composites from bamboo strips and polypropylene web with exceptional flexural properties. (Report), » *ElSevier*, vol. 43, n° 3, p. 1658, 2012.
- [11] Z. Y. W. L. H. W. Y. Y. Dan Ren, «The effect of ages on the tensile mechanical properties of elementary fibers extracted from two sympodial bamboo species,» *ElSevier*, vol. 62, p. 94-99, 2014.
- [12] A. G. Colamarco, O. P. Almazan y M. T. Mejia Coronel, *Producción y exportación de Carbon vegetal a partir del bambu como una alternativa al carbon natural y al carbon tradicional*, Guayaquil: Dspace, 2004.
- [13] C. A. Rodríguez Alonso y E. Morales Díaz, «El Bambú como material estructural:análisis de un caso práctico,» 2008. [En línea]. Available: <http://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/1128?show=full>.
- [14] P. v. d. L. H. B. Joost Vogtländer, «The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use,» *ElSevier*, vol. 18, n° 13, p. 1260 - 1269, 2010.
- [15] J. E. Deras, «Análisis de la Cadena Productiva del Bambú en Costa Rica,» 2003. [En línea]. Available: <http://www.sidalc.net/REPODOC/A0148E/A0148E.PDF>.
- [16] S. M. J.G.Moroz, «Performance of bamboo reinforced concrete masonry shear walls,» *ElSevier*, vol. 61, p. 125-137, 2014.
- [17] A. J. F. H. K. S. D. G. M. W. Dirk E. Hebela, «Process-controlled optimization of the tensile strength of bamboo fiber composites for structural applications,» *ElSevier*, vol. 67, p. 125 - 131, 2014.
- [18] FEI, «FEI Shanghai,» [En línea]. Available: <https://www.fei.com/locations/fei-shanghai/>.

- [19] M.-C. R. P.-M. A. M.-R. T. Esteve-Sendra Chele, «Bamboo, from Traditional Crafts to Contemporary Design and Architecture,» *ElSevier*, vol. 51, p. 777-781, 2012.
- [20] «Universitat Politècnica de València,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.upv.es>.

La Cerveza Artesanal en el Ecuador

The Craft Beer in Ecuador

Parra Pablo, Izurieta Sara

Resumen

El presente trabajo es una revisión bibliográfica acerca de la situación actual de las cervecerías artesanales en el Ecuador, y que tiene por objeto recopilar datos importantes acerca de historia de la cerveza a nivel mundial y posterior llegada a América y al Ecuador. También se busca conocer acerca de los tipos de cerveza existentes, las materias primas y el proceso productivo para la elaboración de esta bebida, las preferencias en el Ecuador y los niveles de consumo de esta popular bebida en el país y en el mundo, los costos de la cerveza artesanal e industrial en el país. Durante la elaboración de esta revisión bibliográfica también se hará una breve reseña sobre los modelos matemáticos que se utilizan para obtener la dinámica del proceso de fermentación de la cerveza.

Palabras Claves: cerveza, cervecería artesanal, materia prima, proceso de elaboración, niveles de consumo.

Abstract

This paper is a literature review about the current situation of craft breweries in Ecuador and which aims to collect important data of pre History of beer an arrival world and back Level America and Ecuador, also seeks to know about of existing types of beer, raw materials and the production process for the preparation of their drink preferences in Ecuador and the levels of consumption of this popular drink in the country and the world, the costs of artisanal and industrial beer The country. During the preparation of literature review also provide a brief overview on mathematical models that are used to obtain the dynamic of the fermentation process of beer.

Keywords: beer, artisanal brewery, raw materials, elaboration process, consumption levels.

Introducción

La cerveza es uno de los productos más antiguos de la civilización, cada cultura ha desarrollado formulas propias para para la elaboración de esta bebida y al pasar de los años ha ido alcanzando renombre; a pesar de que en sus inicios su rival directo era el vino, la cerveza se impuso como la bebida preferida en muchas partes del mundo [1].

Uno de los primeros alimentos en ser industrializados fue la cerveza, y este proceso de industrialización comenzó a finales del siglo XIX

en Europa, en donde existían estilos propios para la elaboración de esta bebida como son: Burton-on-Trent (Inglaterra), München (Alemania), Pilsen (Bohemia) [2].

En el Ecuador la cerveza fue introducida en el año 1544 por los monjes franciscanos, quienes hasta el año de 1977 fabricaron distintos tipos de cerveza en el convento de San Francisco en la ciudad de Quito; esta también fue la primera cervecería que existió en Sudamérica [3].

Para el siglo XIX en el Ecuador comenzaron a funcionar algunas cervecerías en todo el país, pero entre las más importantes destaca La Imperial, que fue una de las pioneras en la ciudad de Quito, fundada en el año 1904. Actualmente en el país opera la multinacional anglo-sudafricana SABMiller, con su subsidiaria Cervecería Nacional, la cual se dedica a la elaboración y comercialización de cervezas, maltas y aguas de mesa. La capacidad productiva supera los 4'000.000 de hectolitros anuales [4].

La cerveza es una mezcla compleja de componentes la cual varía en función del nivel de la naturaleza de los insumos y de su concentración, se elabora a partir de insumos tales como el agua, levadura, malta y lúpulos. Además de estos insumos dentro de los procesos de elaboración de cerveza existen varios componentes químicos que reaccionan e interactúan mutuamente, lo cual crea una composición química y cualidades del tipo de cerveza [5].

Existen varios tipos de cervezas, así mismo, multitud de criterios para su clasificación, entre estos se encuentran: el tipo de fermentación, el aspecto, extracto seco primitivo, proceso de fabricación, país, tipo de grano utilizado, graduación alcohólica, denominaciones especiales, entre otros [6].

Las características principales que identifican a la cerveza son: el color, la espuma, el brillo, la transparencia y el contenido alcohólico. Esta bebida también tiene un valor nutritivo ya que aporta a la dieta ca-

lorías, vitamina B y minerales. El valor calórico de la cerveza se debe a su contenido de alcohol (7Kcal/g) y a su extracto seco residual (4Kcal/g); la ingesta diaria de un litro de cerveza aportaría el 17% y 22% de las necesidades energéticas de un hombre y una mujer respectivamente [7].

Uno de los aspectos fundamentales que permiten diferenciar un tipo de cerveza de otra es el aroma, el cual proviene de la combinación de olores provenientes de moléculas volátiles, entre las cuales una de los mayores responsables del olor de una cerveza es la (E)- -damascenona; este compuesto carbonílico se destaca de los demás ya que influye directamente en el aroma típico de la cerveza.

La combinación de los compuestos carbonílicos y las sustancias responsables del sabor, constituyen el sabor del alimento [8].

El lúpulo es el que brinda el sabor a la cerveza, además actúa como preservante al inhibir microorganismos patógenos indeseables [9].

La fermentación es sin lugar a dudas la etapa más importante en la elaboración de cerveza, esto se debe a que en relación con el factor tiempo, temperatura y levaduras utilizadas produce resultados diferentes, lo cual se traduce en diferenciaciones entre las características general de una cerveza a otra, entre estas diferencias se destaca el aroma y el sabor [10].

Es por esto que cada etapa en la elaboración de la cerveza debe estar sumamente controlado, desde el inicio de obtención de las materias primas hasta el producto terminado.

Es por ello que conforme evoluciona el producto en términos de características físicas y químicas, este adquiere un valor agregado, lo cual lo hace más valioso. A su vez garantiza un proceso equilibrado con retroalimentación activa en cada una de sus etapas, minimizando costos y aumentando la producción por cantidad de recursos utilizados [11].

Lo primero que se considera para elaboración de la cerveza es sin lugar a dudas la cebada, para lo cual una característica relevante en

la cosecha de la cebada es su color que debe ser amarillo pajizo, con un cierto brillo, lo cual indica condiciones óptimas en la maduración y cosecha. La cebada es la base de la cerveza debido a que es un cereal que mejor actúa en la elaboración de cerveza, ya que presenta menos problemas técnicos cuando se maltea [12].

La parte fundamental del grano de cebada es el embrión, el cual, en condiciones favorables de temperatura y humedad, germina. El endospermo (Almidón), constituye la reserva alimenticia de la planta, el que luego es la fuente de azúcares del mosto. Durante el proceso de Cocción y Malteado se transforman las complejas cadenas de azúcares del almidón en cadenas de azúcares sencillas (glucosa, maltosa y maltotriosa), y en relación a estas cadenas de azúcares sencillas se desarrolla el proceso de fermentación [13].

El porcentaje de las cáscaras y la forma del grano de cebada es una constante dependiente del rendimiento en el extracto de la malta obtenida. Un bajo porcentaje de cáscaras beneficia a la calidad de la cerveza, ya que no permite que toda la materia seca se solubilice en el mosto lo cual mejora el gusto y la estabilidad en las concentraciones de la cerveza. Como se muestra en la Figura 1, el total de cáscaras no debe de ser superior a 7-9 %.

Donde:

Al = Capa de Aleurona.

E= Endosperma (Almidón)

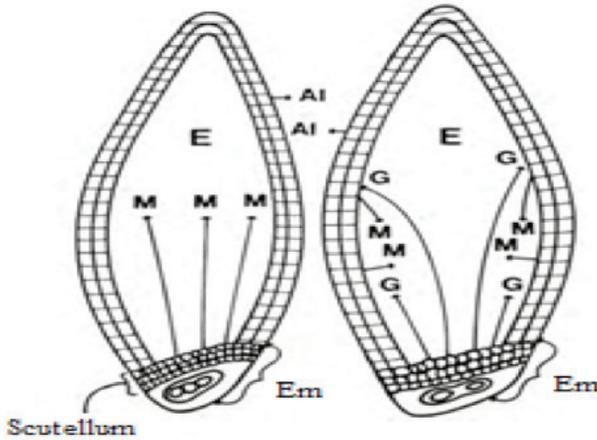
Em= Embrión

G= Ácido Gibberelico

M= Modificación

El peso del grano de cebada es un componente que se relaciona con el rendimiento, es decir con la cantidad de almidón, por tal motivo está estrechamente relacionado con la calidad de la cerveza [14].

Figura 1
Modificación del Grano de Cebada durante el Malteado [15]



Como ya se mencionó, la temperatura es crucial en la fabricación de la cerveza, un ejemplo claro de esto se visualiza en el proceso de malteado ya que a mayores temperaturas se obtendrán maltas más oscuras, pero con menores actividades enzimáticas. Dependiendo del tipo de cerveza a elaborar y de las cualidades de la cerveza se puede usar las siguientes temperaturas: para malas Lager entre 55 y 70°C, para maltas ale entre 60 y 95°C, aunque existen otras maltas que se pueden elaborar con temperaturas entre 105 y 177°C [15].

La cerveza tipo Pilsener se elaborada a base de levaduras bajas o lagers, y se caracteriza por su capacidad de fermentar a bajas temperaturas, entre 7-12°C; a su vez, dentro del mercado ecuatoriano de cervezas esta posee un amplio público objetivo [5].

Historia de la Cerveza

El hombre primitivo elaboraba una bebida compuesta por raíces, cereales y frutos silvestres que se masticaban previamente para provocar

su fermentación alcohólica. Antropólogos afirman que el nacimiento de la cerveza data de entre 10.000 a.C. y 6.000 a.C., junto con la aparición del pan [1]; los datos más antiguos de elaboración de cerveza que se tienen se encuentran en una tabla de arcilla que explica la fórmula para la elaboración de esta bebida y data del 4.000 a.C. [3].

Historiadores creen que en la civilización mesopotámica se consideraba a la cerveza como un parte importante de su dieta, ya que por la cantidad de calorías que aporta se convierte en un buen sustituto del pan, puesto que en aquel entonces no existían los medios para la correcta conservación de este último, a diferencia de la cerveza que se podía conservar en barricas. En la ciudad de Ebla, al norte de Siria, se halló una colección de tablas de arcilla en las cuales se comentaba de distintos tipos de cervezas [7].

Para los antiguos mesopotámicos la *sikaru*, como ellos nombraron a la cerveza, tenía un carácter medicinal y sagrado. Por tal motivo se consumía en los templos, servida por sacerdotisas que en muchos casos eran responsables de su fabricación. A su vez, era una ofrenda para los Dioses como se observa en la Figura 2 [12].

En el 3.000 a. C. culturas sumerias elaboraban cerveza de una forma muy simple, la cual consistía en una masa de pan, trigo y cebada que se remojava y enriquecía con azúcar procedente de dátiles y que comenzaba a fermentar, el líquido resultante se colocaba en el interior de vasijas especiales en las cuáles se sellaba para su posterior consumo [6].

En Egipto arqueólogos hallaron un campamento que se utilizaba para albergar a los obreros utilizados en la construcción de las pirámides, y dentro de este campamento descubrieron que existían panaderías y fábricas de cerveza, para alimentar a los obreros y que estos tuvieran energía para mover los enormes bloques de piedra que conformaban las pirámides; es decir, los egipcios alimentaban a sus obreros con pan y cerveza [4].

Figura 2
Ofrenda a la Diosa de la Cerveza grabada
en una piedra de campo Mesopotamia [4]



Existe una clara distinción entre la cerveza producida por los sumerios y la de los egipcios, que radica en que estos últimos introdujeron el proceso de malteado del cereal y también le añadían azafrán, miel, jengibre y comino para proporcionarle a la bebida aroma y color [3] [6].

En el Imperio Romano se impuso la viticultura en los territorios bajo su dominación, pero en las provincias del oeste y del norte, donde el clima no favorecía el cultivo de vid, se consumía cerveza. En el periodo de la decadencia romana el cristianismo no aceptó la cerveza en sus ritos eclesiásticos. Durante el imperio Carolingio la producción, comercialización y consumo de esta bebida tuvo su auge y es en este período que prolifera en Europa la edificación de templos religiosos, los cuales estaban a cargo de órdenes religiosas monásticas [6].

En la Edad Media nació la “cerevisamonacorum” gracias a los monjes, quienes elaboraban cerveza con una denominación de origen cuyo secreto fue guardado. Es en esta etapa en donde se origina la cos-

tumbre de cocer el mosto con flores de lúpulo, el cual le da a la cerveza su característico amargor [2], [3], [7].

En Alemania, a finales del siglo XV, existían gran cantidad de fábricas de cerveza y se promulga la primera ley de pureza de la cerveza alemana, en la cual se indica que para obtener una cerveza 100% pura esta debe ser elaborada con tres ingredientes: agua, malta de cebada y lúpulo; así los alemanes protegieron la pureza del producto [4].

En mayo de 1544, don Alfonso Herrera construyó la primera cervecería en el continente americano, en la Hacienda El Portal, ubicada en Amecameca, cerca de la ciudad de México [3], [16].

La primera cervecería de Sudamérica se inauguró oficialmente en 1566 y esta se ubicaba en Ecuador, en la ciudad Quito, en el convento de San Francisco, donde los monjes franciscanos cada 15 días elaboraban una cerveza ligera de poca fermentación, pero también las hacían con mayor grado alcohólico como la cerveza negra. A comienzos del siglo XX se empezó a fabricar menos esta bebida, hasta que en 1977 los monjes franciscanos dejaron de producir cerveza y en su reemplazo producían agua mineral hecha a base de hierbas medicinales y su elaboración es un secreto [3].

Cerveza y Cervecería Artesanal

Definición de cerveza

La Cerveza es una bebida resultante de la fermentación alcohólica, mediante levadura seleccionada, de un mosto procedente de malta de cebada, solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática (malta de otros cereales, granos crudos que contengan féculas, así como azúcares y féculas siempre que estas sustancias añadidas no excedan del 50% en masa de la materia prima empleada), al cual se agrega lúpulo y/o sus derivados y se somete

a un proceso de cocción. Tiene propiedades medicinales porque aporta antioxidantes que protegen a las células del deterioro y ayudan a la prevención del cáncer y problemas vasculares [1] [2].

En la actualidad, las investigaciones para mejorar las cualidades físicas y químicas de la cerveza engloban un sinnúmero de conocimientos técnicos y administrativos, que se relacionan directamente con los objetivos que se desean plasmar en el proceso de producción.

Para controlar y mejorar los procesos de elaboración de la cerveza se utilizan modelos matemáticos, dichos modelos son utilizados porque permiten la obtención de datos del proceso más precisos y en relación a la cantidad de variables que se tomen en consideración para los modelos, mayor es el nivel de confiabilidad de los resultados matemáticos obtenidos [12].

Actualmente existen diversos modelos matemáticos que se utilizan para obtener la dinámica del proceso de fermentación de la cerveza, a su vez poder predecir ciertos cambios en las cualidades de la cerveza, tal como la concentración de etanol, sustratos y esterres [10].

Dentro de los modelos matemáticos existe el modelo propuesto por Gee y Ramírez (1998), el cual incluye los 3 tipos de azúcares sencillos que se obtienen a través de la transformación del almidón, los cuales son la glucosa, maltosa y maltotriosa [13].

Para la obtención del modelo matemático se parte de las ecuaciones siguientes:

Glucosa

$$\frac{dG}{dt} = -u_1(G)X$$

Maltosa

$$\frac{dM}{dt} = -u_2(M, G)X$$

Maltotriosa

$$\frac{dN}{dt} = -u_3(N, M, G)X$$

Donde

$$u_1(G) = \frac{V_G G}{K_G + G}$$

$$u_2(M, G) = \frac{V_M M}{K_M + M} \cdot \frac{K'_G}{K'_G + G}$$

$$u_3(N, M, G) = \frac{V_N N}{K_N + N} \cdot \frac{K'_G}{K'_G + G} \cdot \frac{K'_M}{K'_M + M}$$

El valor de X es la concentración de biomasa.

$u_i (h^{-1})$ Es la tasa específica de absorción de azúcar.

$V_i (h^{-1})$ Es la velocidad de reacción máxima para el azúcar.

y K es la constante de Michael para el azúcar.

$$X(t) = X(t_0) + R_{X_G}[G(t_0) - G(t)] + R_{X_M}[M(t_0) - M(t)] + R_{X_N}[N(t_0) - N(t)]$$

$$E(t) = R_{E_G}[G(t_0) - G(t)] + R_{E_M}[M(t_0) - M(t)] + R_{E_N}[N(t_0) - N(t)]$$

Donde E es la concentración de etanol.

R_x = Rendimiento estequiométrico de la Biomasa por mol de azúcar reaccionado (G,M,N).

R_E = Rendimiento estquiométrico del etanol por mol de azúcar reaccionado (G,M,N).

Cada una de las ecuaciones plateadas responden a una función en específico dentro del modelo matemático, la cual obtendrá valores en relación a la temperatura que para este caso es constante [10].

Una vez ejecutada la simulación se obtienen los valores de la tabla 1, la cual está en función del tiempo de fermentación y la dinámica que poseen cada uno de los azúcares y el etanol frente a ello.

Tabla 1
Mediciones de concentración de las variables consideradas en el modelo matemático [10]

Tiempo de medición (h)	Glucosa (G)(mol/m)	Maltosa (M)(mol/m)	Maltoriosa (N)(mol/m)	Etanol (N)(mol/m)
0	84.8	210.4	22.03	0
12	33.4	61.2	17.3	294
18	7.7	31.08	10.7	648.1
30	0.4	11.12	8.7	996.3
36	0.5	6.46	8.5	998.5
57	0.3	3.68	10.1	1074.5
81	0.4	2.56	9.7	1074.5
129	0.7	0.61	7.6	1113.5
201	0.05	0.68	1.2	1080.8

La metodología de análisis de sensibilidad permite determinar los parámetros que más influyen en el comportamiento del modelo en la tabla 2. Se pueden observar los parámetros para las variables de estado, y a partir de ellos calibrar el proceso y hacerlo más eficiente [10], [9].

Tabla 2
Índices de Sensibilidad local para las variables de estado [10]

Variables de Estado			
Parámetros	G	M	N
Vg	35.88	0	0
Vm	0	61.73	0
Vn	0	0	7.17
Kg	8.39	0	0

Variables de Estado			
Parámetros	G	M	N
Km	0	51.27	0
Kn	0	0	7.14
K'g	0	2.08	0.22
K'm	0	0	0.18

Cervecería Artesanal

La elaboración de cerveza artesanal ofrece un mayor potencial de desarrollo, atendiendo diferentes gustos de los consumidores. La idea de la cervecería artesanal es cubrir segmentos de mercado que demanden productos diferenciados.

La cerveza se elabora a partir de levadura; he aquí la primera división dada por el tipo de levadura que se utiliza, pudiendo ser esta de fermentación alta (ALE) o fermentación baja (Larger), en estado tanto sólido como líquido [17].

Proceso de elaboración

Materias primas para la elaboración de cerveza

Existen diversos productos que se pueden utilizar como materia prima para la obtención de cerveza, la utilización de estos elementos dependerá del resultado que se quiera obtener.

La cebada (Figura 3) es una planta de la familia de las gramíneas parecida al trigo que, según la especie, puede ser de entre 4-15 cm de longitud [18].

Solo el tipo de cebada con un alto contenido de almidón, baja proporción de proteínas (<11%), buena capacidad de germinación y potencial diastático (los granos germinados poseen diastasa, el cual es el fermento que convierte la fécula en azúcar), es realmente demandada y utilizada para fabricar cerveza de calidad [17], [12].

Figura 3
Espiga de Cebada [12]



Los ingredientes principales para obtener la cerveza son:

Agua

El agua es un elemento primordial en la elaboración de cerveza, ya que el 90% de la composición es agua. Aporta sales y contribuye a la homogeneidad de los sabores.

Malta

La malta proviene del secado de la cebada en un tiempo determinado, contiene enzimas necesarias para hidrolizar los hidratos de carbono complejos, lo cual es necesario para obtener el mosto.

Lúpulo

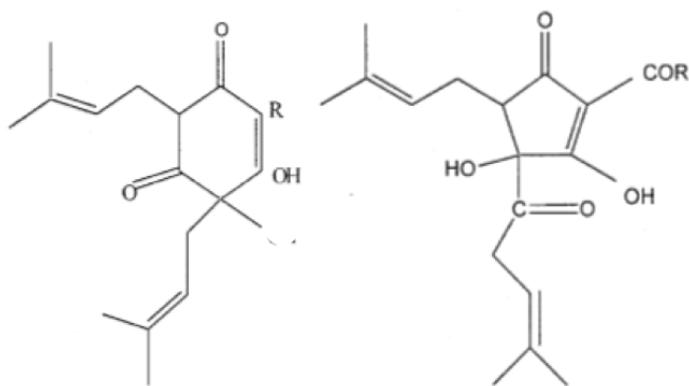
Para la elaboración de cerveza solo se utilizan flores femeninas (provenientes de la familia Cannabáceas) que se presentan agrupadas en forma de piña (Figura 4), estas plantas contienen en sus glándulas lupulina, la cual da el sabor a la cerveza.

Figura 4
Flores de Lúpulos [14]



Otros compuestos en los lúpulos son los terpenos, ester, Aldehídos, cetonas, ácidos y alcoholes, los cuales a su vez influyen en el sabor y aroma final de la cerveza. En la Figura 5 se muestran los ácidos provenientes de los lúpulos.

Figura 5
Estructuras de ácido e iso ácido [14]



Levadura

Varias especies del género *Saccharomices* han estado relacionadas con la producción de bebidas alcohólicas, dentro de las que cabe destacar: *S. cerevisiae*, *S. uvarum*, *S. carlsbergensis*; esta última usada en la cerveza Bock.

Se distinguen las levaduras altas y levaduras bajas, las mismas que están relacionadas con el tipo de las cepas de levadura seleccionadas para el proceso de elaboración de cerveza [18] [15].

Proceso de elaboración de la cerveza

El proceso de elaboración de la cerveza posee cuatro fases fundamentales [19].

Preparación de la Malta

Operación por la que se convierte el grano en malta. Mediante este proceso se pretende activar todas las enzimas responsables de la hidrólisis producida en las sustancias de reserva del grano.

De este modo, los polisacáridos y las proteínas pasarán a ser, a posteriori, azúcares sencillos, péptidos y aminoácidos, respectivamente. El malteado posee 3 fases:

- *Maceración del Grano*: que facilita el proceso de Germinación.
- *Germinación*: este proceso consiste en convertir el Endosperma duro del grano en una masa blanda, metabolizando cada uno de sus elementos estructurales; la cebada se humedece para provocar su germinación en 7-10 días. El producto final se denomina Malta Verde.
- *Tostado*: aquí se produce el secado de la germinación para provocar la transformación del almidón en azúcares blandos que influyen en el color final de la cerveza.

Mosto

Esta operación consiste en preparar el mosto que en una futura fase pasará a ser la cerveza. Este paso se basa en moler los granos de malta tostados para aumentar la superficie de contacto, sin llegar a convertirlos en harina, condición necesaria para alcanzar un buen rendimiento y calidad de la cerveza.

Fermentación del Mosto

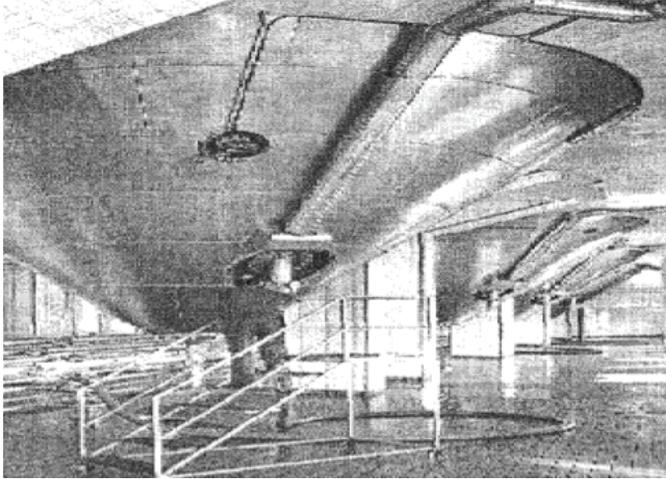
La fermentación es el proceso que se realiza en recipientes especializados para que la levadura, transforme los azúcares, principalmente en alcohol y gas carbónico.

Maduración y Clarificación

La maduración se efectúa para la elaboración de las denominadas cervezas de guarda. La denominada cerveza verde pasa a otros depósitos en que se produce una segunda fermentación, ya que en ella todavía actúan ciertas levaduras residuales que han quedado después del transvase. Por lo general, suele durar unas pocas semanas, siempre en lugares frescos. Durante esta fase acaban de precipitar las levaduras y la materia coloidal en suspensión, pero, además, aparecen las últimas sustancias que influirán sobre el aroma y el sabor de la cerveza acabada [19] [12] [20].

Finalmente pasa a reservorios donde la cerveza es acondicionada para que llegue al consumidor, para lo cual le dan brillo a la cerveza, debe de ser microbiológicamente estéril y conservar su aspecto, sabor y aroma (Figura 6).

Fig. 6
Recipientes de almacenamiento final del proceso
de elaboración de cerveza [12]



Tipos de Cervezas

Según su fermentación

Fermentación Alta, cervezas tipo Ale: no tienen nada que ver con el color, el cuerpo o el estilo de la cerveza. Pueden ser pálidas u oscuras, alta o baja graduación de alcohol y más o menos amarga. Todo depende del tipo de malta que se utilice, del lúpulo o de la maduración.

Fermentación Baja, cervezas tipo Lager: cerveza fermentada con una levadura a baja temperatura a la que se deja madurar en frío, en torno a 0°.

Fermentación Mixta: “realizada ex profeso por los maestros cerveceros”.

Fermentación espontánea, cervezas tipo Lambic: se caracterizan por ser ácidas y poco amargas debido a que los lúpulos se envejecen para poder evitar el amargor [2], [16].

Según su aspecto

Cervezas Claras, también conocidas como cervezas rubias: este tipo de cervezas se producen sin la necesidad de tostar la malta, lo cual les da una tonalidad inferior a 8 unidades medidas espectrofotométricamente.

Cervezas Oscuras, también conocidas como cervezas negras: se elaboran con un alto nivel de temperatura y en un determinado periodo de tiempo, superior que el proceso de cervezas claras, lo cual les da unos tonos iguales o superiores a las 8 unidades medidas espectrofotométricamente [16].

En la Figura 7 se pueden apreciar 2 tonos de cervezas claras y dos tonos de cervezas oscuras.

Figura 7
Tonalidades de la cerveza [16]



Según el tipo de grano utilizado

Este tipo de clasificación se caracteriza por la mezcla de grano de cebada con otro tipo de grano, haciendo alusión al tipo de grano que se le añade. Cerveza de trigo (trigo), Cerveza de avena (cebada + avena) [2].

Según su graduación alcohólica

A cada unidad de porcentaje de alcohol del volumen total se le asigna un grado de alcohol. Una cerveza de 7,5° tiene 7,5° de alcohol, es decir, 75ml de etanol por cada litro.

La cerveza o bebida alcohólica que se compre debe de tener etiquetado el grado de alcohol que posee principalmente por motivos de información al público, como se puede visualizar en la tabla 3 el contenido de alcohol en algunas bebidas [21].

Tabla 3
Contenido de etanol en gramos [21]

Bebida	mL	Contenido de etanol en g.
Cerveza	100	4.4
Jerez	100	17.0
Licores	100	25/38
Sidra	100	3.6
Vino	100	9.6
Whisky	100	34

Niveles de Consumo

Niveles de consumo en el Ecuador y en el mundo

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su informe de mayo de 2014, Latinoamérica ocupa el segundo lugar en el consumo de alcohol per cápita en el mundo; Chile y Argentina son los países con una ingesta anual per cápita de 9 litros y 9,3 litros, respectivamente. Ecuador se encuentra en noveno lugar en el consumo de 7,2 litros de alcohol luego de Venezuela, Paraguay, Brasil, Perú, Panamá, Uruguay [22].

En Ecuador actualmente existen alrededor de 42 cervecerías distribuidas en las principales ciudades del país; artesanalmente se producen 720mil litros de cerveza de los 50 millones de litros que se consumen

anualmente en el país. Las cervecerías tienen 1667 personas cubriendo su mano de obra [23].

El INEC, en el año 2013 indicó que el 2.5% de la población entre 12 y 18 años consumen algún tipo de bebida alcohólica, y de 912576 personas que afirmaron que consumían alcohol, por género el 89.7% son hombres y el 10.3% son mujeres. El consumo de cerveza representa el 79.2%; se estima que el consumo del promedio anual de esta bebida es de 27 litros [24].

Producción en el Ecuador

Los principales mercados de la cerveza artesanal son Quito y Guayaquil; el desarrollo de esta industria impulsa en el Ecuador la creación de pymes, lo cual fomenta el crecimiento económico del país [23].

El auge de la producción de cerveza artesanal inició en el 2007 y ha crecido principalmente en Quito, ya que alrededor de al menos la mitad de la micro-cervecería existente en el país se desarrolla en esta ciudad [24], [25].

Se calcula que en Ecuador la producción mensual de cerveza artesanal es de 60.000 litros; a diferencia de las cervezas industriales, las cervezas artesanales utilizan para su elaboración otros cereales como arroz, yuca o papa [25].

Aporte nutricional de la Cerveza

En un estudio realizado a la composición de la cerveza se encontró que posee un alto nivel en energía y nutrientes; la cerveza posee también cantidades de ácidos orgánicos, como cítricos, láctico, oxálico, pirúvico, que a su vez desencadenan propiedades favorables para el hombre [12].

Pero no por ello se debe ingerir solo, ya que no es provechoso para el organismo el exceso de consumo de la cerveza, en la tabla 4 se

detalla la cantidad de energía y nutrientes aportados por el consumo de 100ml de esta bebida [9].

Tabla 4
Energía y Nutrientes Aportados por el Consumo de 100ml de Cerveza [9]

Energía y Nutrientes	100 mL cerveza
Energía (Kcal)	32
Proteínas (g)	0.3
Carbohidratos (g)	2.4
Alcohol (g)	3.1
Calcio (mg)	7
Hierro (mg)	0.1
Magnesio (mg)	6
Silicio	3.6
Zinc (mg)	0.02
Tiamina (mg)	Trazas
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina(mg)	0.4
Ácido Fólico (^g)	4.1
Vitamina B12 [[ig)	0.14

En la actualidad la cerveza es una de las bebidas más populares en el mundo, por encima de los refrescos [14].

Una de las posibles características que han hecho que la cerveza sea aceptada de forma masiva se debe principalmente a su frescura, sabor y precio accesible para las mayorías.

A su vez posee un peso histórico innegable, presente en situaciones a. C. y en las celebraciones del hombre en la historia y, a su vez, no distingue entre ricos o pobres; he allí su cualidad más llamativa [14], [3].

La globalización ha ayudado mucho a la expansión de los mercados cerveceros mundiales, ya que promovió la apertura y distribución de las marcas de bebidas alcohólicas a nivel mundial [26].

Dentro del uso mundial que tiene la cerveza como bebida alcohólica, cabe destacar la importancia que posee en el uso culinario.

La cerveza es la bebida más idónea en el uso de la gastronomía, por sus nutrientes, contenido carbónico y sabor amargo, que proporcionan sabores picantes, ácidos y grasos.

La cerveza es una bebida versátil que por sus características puede acompañarse sin ningún problema frío o caliente en los platos culinarios, por ello está plasmada la importancia que tiene en la elaboración y creación de recetas de comida [3].

La cerveza como conocemos contiene aminoácidos como la vacilina y la lecitina, es rica en ácido fólico, posee minerales como el calcio, fósforo, magnesio y además vitamina B.

La cerveza tiene propiedades antioxidantes que protegen las células del cuerpo. Su consumo se destaca por:

- El amargor del lúpulo de la cerveza, facilita al organismo la asimilación de todo tipo de comida.
- La cerveza facilita la digestión al provocar la secreción de jugos gástricos y de esta manera estimula el apetito.
- Al ser diurética previene la retención de agua, evitando la formación de cálculos y piedras en las vías urinarias.
- El consumo de cerveza aumenta el colesterol “bueno”, mejora la coagulación de la sangre, evitando enfermedades circulatorias.
- La cerveza es la única bebida que se recomienda tomar en el embarazo por su contenido de ácido fólico [3], [27].

Conclusiones

La cerveza es un producto natural que es beneficioso para el hombre por su alto nivel proteico y además de ello, porque en las reacciones que se dan en los 4 pasos para elaborar la cerveza, cada relación y enlace químico de sus insumos (cebada, lúpulos, agua, malta, levadura) desencadena una mejora en las propiedades de la cerveza. Por ello es realmente aceptada mundialmente no solo como bebida alcohólica, sino que posee usos medicinales, gastronómicos y personales.

Con el pasar de los años se han desarrollado investigaciones y análisis de la estructura de la cerveza con la finalidad de mejorar su calidad y los procesos que se desarrollan durante su elaboración. Es por tal motivo que la ingeniería está ligada directamente con los beneficios que la cerveza de cualquier tipo otorga al consumidor.

Una de las metodologías más utilizadas en las productoras de Cerveza son los modelos matemáticos. Aunque es un proceso complejo en el cual cada variable posee un peso en relación con el tipo de cerveza que se desarrolle, gracias a los modelos matemáticos se puede conocer en definitiva las reacciones químicas que influyen en la elaboración de la cerveza y, a su vez, controlar y mejorar el proceso.

Referencias

- [1] Y. V. A. A. Muñoz Bottas Alejandro, «Comportamiento del consumidor queño al elegir cervezas: Imagen de marca versus características propias del producto,» Universidad de las Américas, Quito, 2005.
- [2] D. Velasco Matilla, «Hábitos de consumo sobre la cerveza,» Universidad de Valladolid. Facultad de Comercio, Segovia, 2015.
- [3] P. B. Peralta Paredes, «Usos culinarios de la cerveza,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2013.
- [4] A. J. Márquez Farías, «Elaboración de una cerveza orgánica a partir de la quinoa (chenopodium quinoa),» Universidad Técnica de Machala, Machala, 2015.

- [5] M. T. Zambrano, M.D.Raigón, «Evaluación de Compuestos Aromáticos en Cervezas de Producción Ecológica y Convencional,» Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Valencia, 2015.
- [6] R. Flores Roda, «Estudio de los hábitos de consumo de cerveza artesanal de los habitantes de Pamplona,» Universidad Pública de Navarra. Departamento de Gestión de Empresas, 2015.
- [7] G. R. Merelo Espinar y J. G. Zuñiga Tapia, «Diseño y construcción de un equipo con adaptación de tecnología para elaboración de cerveza artesanal,» Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, 2013.
- [8] I. Thorndike, «Estudio de la contribucion de los compuestos volatiles al aroma de la cerveza.,» Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, La Habana, 2010.
- [9] P. R. Ramírez Muñoz, «Detección de la contaminación por Bacterias Lácticas en Cerveza tipo Ale elaborada por la Compañía Cervecería Kunstmann S.A.,» Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos-Facultad de Ciencias Agrarias, Chile, 2004.
- [10] A. Garduño García, S. Martínez Romero, I. L. López Cruz y A. Ruíz García, «Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal,» *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, vol. XV, nº 2, p. 221-232, 2014.
- [11] A. Montero Jiménez, «Caracterización de la pérdida de extracto, enfocado en el área de fermentación-maduración de la Cervecería de Costa Rica,» Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2014.
- [12] A. Alcázar Rueda, «Aplicaciones del Análisis Multivariante a la Diferenciación de Tipos de Cerveza,» Universidad de Sevilla-Facultad de Química, Sevilla, 2001.
- [13] H. I. Suqui Suqui y E. O. Pintado Morales, «Implementación de un sistema de fermentación para la elaboración de cerveza artesanal con la utilización de tres variedades de cebada,» Ingeniería Agropecuaria Industrial, Cuenca, 2015.
- [14] G. Arias, «Calidad Industrial De La Cebada Cervecería,» Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA, Montevideo-Uruguay, 1991.
- [15] S. Fremio Hernández, «Efecto de la Temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock,» Zamorano, Honduras, 2009.
- [16] S. M. Fernández Buendía y J. A. Romero Hernández, «Estudio de factibilidad para instalar una planta elaboradora de cerveza.,» 3 Marzo 2010. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/123456789/6076>.

- [17] R. I. Carmona Montiel, G. Diaz Buendia, A. Huerta Luna, O. Martinez Sanchez y G. Diaz Fuentes, «CREACION DE UNA MICROEMPRESA DEDICADA A LA ELABORACION DE CERVEZA ARTESANAL.,» 8 Febrero 2011. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/123456789/8382>.
- [18] M. Florencia, «Cadena agroalimentaria de la cebada para producción de cerveza artesanal con agregado de valor,» 2015. [En línea]. Available: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1784/Marin%20%20Cadena%20agroalimentaria%20de%20la%20cebada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [19] J. Juan-Tresserras, «La cerveza: un producto de consumo básico entre las comunidades ibéricas del N.E. peninsular,» *Universitat de Valencia*, vol. 3, 2000.
- [20] G. Jácome, «Plan de Negocio para la creación del Pub Inglés de Cerveza Artesanal “GREENFIELD’S PUB” en el Valle de Cumbaya, Ciudad de Quito,» 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2382/1/UDLA-EC-TIAEHT-2014-15%28S%29.pdf>.
- [21] INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA, «Calidad Industrial de la Cebada Cervecera,» 1991. [En línea]. Available: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807120028.pdf>.
- [22] World Health Organization, Global Status Report on Alcohol and Health, World Health Organization, 2014.
- [23] C. A. Martínez Gómez, «Análisis prospectivo al 2020 de la industria de la cerveza artesanal en el Ecuador como generadora de crecimiento económico,» 2015. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10644/5024>.
- [24] A. M. Zárate Ordóñez, «Plan de negocios para la elaboración y comercialización de cerveza artesanal con frutas tradicionales del Ecuador en la provincia de Pichincha,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/4768>.
- [25] C. Villacis Lainez y R. E. Argudo Guevara, «: Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de cerveza artesanal,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/862>.
- [26] A. Martínez-Gándara, «TEQUILA, MEZCAL Y CERVEZA: DE MEXICO PARA EL MUNDO,» *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, vol. 5, nº 2, p. 143-150, 2008.

- [27] P. A. Villezca Becerra y J. O. Moreno Treviño, «ANÁLISIS DEL CONSUMO DE CERVEZA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTE-RREY: UN MODELO DE RESPUESTA CENSURADA,» *Redalyc*, vol. 15, nº 2, p. 249-280, 2000.

Esterilización de alimentos enlatados

Sterilization of cannedfoods

Parra Pablo, Magallanes Javier

Resumen

El sector alimenticio crece cada día y con ello aparecen nuevas innovaciones que permiten que la vida útil de un producto alimenticio sea más duradera que otros de la competencia.

Este trabajo trata sobre las nuevas tecnologías de esterilizado de alimentos enlatados, metodologías de esterilización y equipos para realizar estos tratamientos. Mecanismos y sistemas similares que cumplen la misma función se encuentran instaladas en diferentes compañías que elaboran productos enlatados. El presente trabajo recopila los diferentes sistemas de esterilización de alimentos enlatados, como también otras alternativas de esterilización.

Palabras claves: autoclave, termopares, ozonización, semicontinuo, esterilización, convectivos.

Abstract

The food sector grows every day and with it appear new innovations that allow the useful life of a food product is more durable than others of the competition.

This paper deals with the new technologies of sterilization of canned foods, sterilization methodologies and equipment to perform these treatments. Similar mechanisms and systems that fulfill the same function are installed in different companies that produce canned products. The present work compiles the different systems of sterilization of canned foods, as well as other alternatives of sterilization,

Keywords: autoclave, thermocouples, ozonation, semi continuous, sterilization, convective.

Introducción

Con el inicio del nuevo siglo se sumaron diversos factores en todo el campo industrial, nuevas tecnologías se implementan cada día, y entre estas están el mejoramiento de la calidad de los productos para el consumo alimenticio. Así como se desarrollan nuevas tecnologías, también se descubren nuevas enfermedades y bacterias que afectan al ser humano.

El medio de contaminación al que estamos expuestos los seres humanos con mayor vulnerabilidad es mediante la alimentación. La in-

dustria que produce comida enlatada ha crecido a pasos gigantes ya que la demanda de sus productos ha aumentado a mayor escala; las personas ya no se alimentan como en décadas pasadas, ahora solo es cuestión de abrir una lata, ponerla al microondas a calentar y en segundos se obtiene la cena. Factores como el tiempo hacen que estos productos sean necesarios para la vida de las personas.

En la actualidad los alimentos enlatados facilitan la vida de las personas, pero, qué se sabe sobre sus efectos en el cuerpo humano ya que es lógico que para lograr un producto perfecto y duradero la industria que lo elabora debía haber sometido a estos a algún proceso para su efectivo consumo.

Es aquí donde aparece la esterilización de los alimentos enlatados, como uno de los procesos fundamentales para la elaboración de estos productos. La esterilización cumple con el rol de proporcionar un producto libre de microorganismos viables. El proceso de esterilización debe ser diseñado, validado y llevado a cabo para asegurar que es capaz de eliminar la carga microbiana del producto o un desafío más resistente.

La esterilización de los alimentos enlatados afecta de forma positiva al producto, ya que como resultado de este proceso el producto mejora en calidad y su consumo aumenta.

A la mejora de la conservación de alimentos, de los avances en el campo de envases y sistemas de envasado. En este sentido está alcanzando gran relevancia la utilización de atmósferas modificadas y el desarrollo del envasado activo e inteligente [1].

Para hablar de esterilización de productos enlatados, primero tenemos que conocer la definición de esterilización. Se define a la esterilización como el proceso mediante el cual se destruyen todos los microorganismos viables presentes en un objeto o superficie, incluidas las esporas bacterianas [2]. El concepto de esterilidad expresa una condición absoluta: un determinado objeto o superficie está estéril o no está estéril.

Puesto que la esterilidad no puede demostrarse de manera absoluta sin causar la destrucción completa de todas las unidades esterilizadas, se define la esterilidad en términos probabilísticas y se considera que un producto crítico es estéril cuando la probabilidad de que una unidad estéril contenga algún microorganismo, en forma activa o latente, es igual o menor de 1 entre un millón SAL o coeficiente de seguridad de esterilidad de 10^{-6} .

El propósito principal de un tratamiento de calor es conservación de los productos alimenticios para destruir enzimas y la actividad microbiológica perjudiciales, y así los alimentos sean seguros para el consumo. La intensidad del tratamiento térmico depende de la composición, propiedades físicas y microbiota de alimentos que será procesado. La siguiente información puede establecer el tratamiento térmico más apropiado [3].

Objetivos Generales

Entender la importancia de la esterilización de los alimentos enlatados.

Objetivos Específicos

Comprender el principio de funcionamiento de un esterilizador de alimentos enlatados.

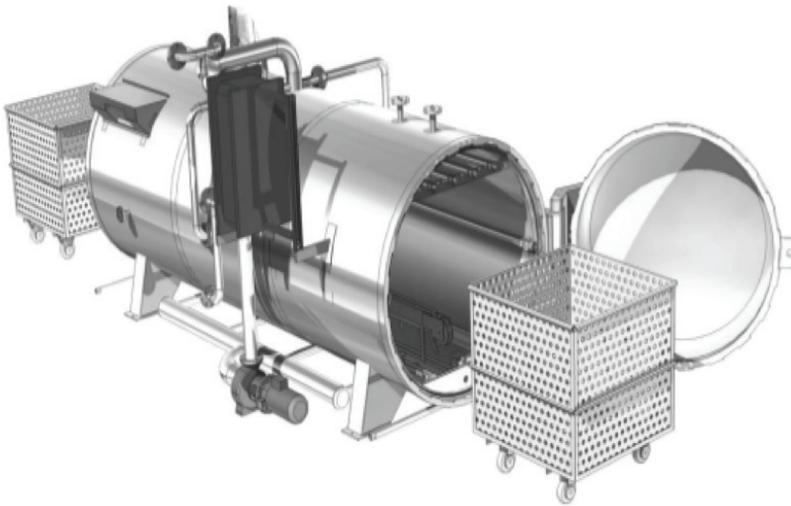
Esterilizadores

La esterilización térmica de alimentos envasados es aún la técnica más aplicada en la preservación de alimentos, desde que fue aplicada por Nicolás Appert en 1810, independientemente del desarrollo de tecnologías alternativas denominadas tratamientos no térmicos (campo de pulsos eléctricos, alta presión hidrostática, UV, entre otros).

La esterilización, representa además entre el 10 y 15% de las manufacturas totales y es uno de los procesos industriales de mayor consu-

mo energético e inversión de capital, razones por las que gran cantidad de estudios han sido enfocados a la mejora de los procesos térmicos, con la finalidad de garantizar esterilidad comercial, minimizar costos, maximizar la retención de nutrientes y optimizar los recursos energéticos. Su objetivo es procesar alimentos seguros, de alta calidad y a un precio que el consumidor esté dispuesto a erogar [4].

Figura 1
Autoclave [5]



La esterilización es el proceso de destrucción de los microorganismos, sean cuales sean sus características, siendo lo mismo que sean patógenos o no, que estén sobre el material o dentro de él. La esterilización por calor húmedo se realiza en una máquina esterilizadora como se muestra en la figura 1, mediante vapor saturado a presión [5].

A través de los años, como en todas las tecnologías se ha estado trabajando sobre las autoclaves de forma que estos logren eliminar en su totalidad agentes bacteriológicos [6].

A. Altas presiones

La aplicación de altas presiones (entre 100 – 1000 MPa) a los alimentos ha despertado en los últimos años un enorme interés. Actualmente existen dos procedimientos: la presión dinámica, todavía no utilizada a nivel industrial y la presión estática, que es la que hoy tiene aplicación práctica. En la alta presión dinámica, el incremento de presión se origina en un tiempo muy corto (milésimas de segundo) como consecuencia de una explosión que genera una onda de choque (> 100 MPa), denominada onda de choque hidrodinámica. Esta tecnología consigue la inactivación de microorganismos y el ablandamiento de ciertos tejidos, como carne, por ruptura de la estructura celular. Este procedimiento (HydrodyneProcess, HDP) se encuentra en fase de estudio y desarrollo. La utilización de altas presiones hidrostáticas se rige fundamentalmente por dos principios: a) Le Chatelier, enuncia que cualquier fenómeno (reacciones químicas, cambios moleculares, etc.), que va acompañado de disminución de volumen sufre un incremento al aumentar la presión, y viceversa; y b) la ley de Pascal, según la cual una presión externa aplicada a un fluido confinado se transmite de forma uniforme e instantánea en todas las direcciones. De acuerdo con este último principio, esta tecnología puede aplicarse directamente a alimentos líquidos o a cualquier producto envasado sumergidos en un fluido de presurización (de baja compresibilidad). La presión aplicada al sistema permitiría un tratamiento isostático y uniforme independientemente del tamaño, forma y volumen del material procesado [1].

B. Fundamentos de la transferencia de calor en alimentos envasados

La conducción de calor en alimentos enlatados se debe al intercambio de energía cinética de las moléculas con mayor energía, que se encuentran más cerca de las paredes del envase, a las moléculas adyacentes de menor energía. La energía se transmite hacia el centro geométrico del envase donde se localiza la zona de calentamiento más lenta [7].

Alimentos como atún enlatado, patés, algunas cremas y pastas normalmente se consideran calentados por conducción.

En un proceso de esterilizado de alimentos, la transferencia de calor es muy importante y depende de varios factores como la naturaleza del producto, el método de calentamiento, el gradiente de la temperatura y la agitación del producto [8].

La industria agroalimentaria dispone de sistemas comerciales de esterilización en los que se puede incrementar la velocidad de penetración de calor aplicando distintos sistemas de rotación a los envases. Los más utilizados son los de rotación axial y tapa-fondo-tapa. La rotación axial es la utilizada en los sistemas de esterilización continuos de envases cilíndricos colocados en posición horizontal. La rotación tapa-fondo-tapa se emplea en los sistemas de esterilización por cargas (autoclaves), en los que los envases cilíndricos se colocan en posición vertical en jaulas que se hacen girar haciendo que el espacio de cabeza pase de la tapa al fondo y vuelva otra vez a la tapa, en cada giro, dando así nombre al sistema [9].

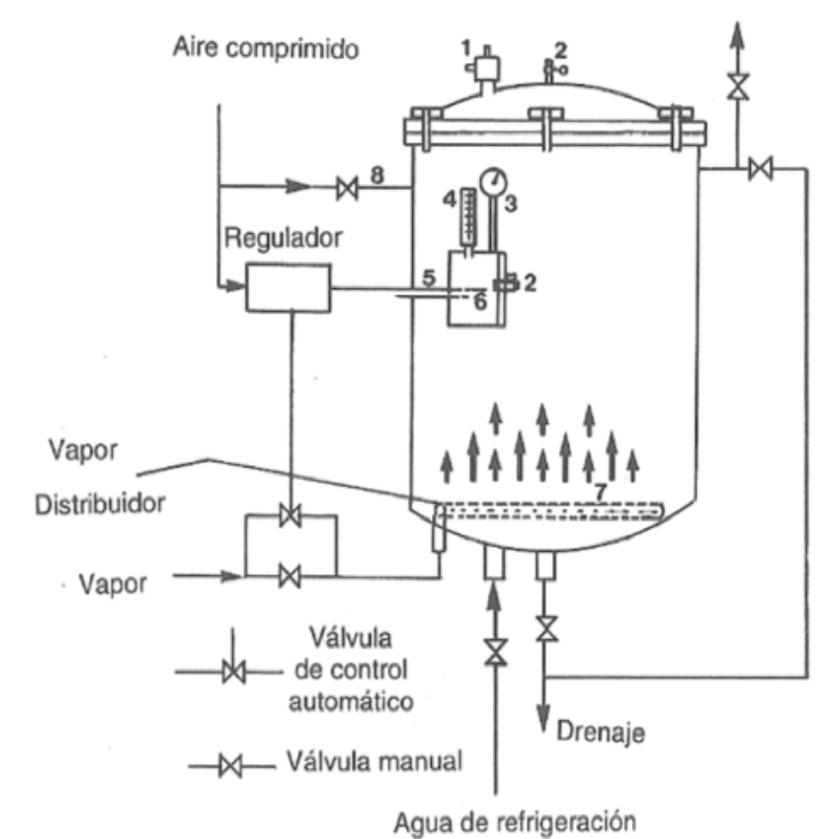
C. Sistemas discontinuos

Suelen disponerse bien verticalmente (Figura 2) u horizontalmente (Figura 3) y se utilizan para productos enlatados que se colocan en cestas inmediatamente después de cerrar herméticamente las latas, que se introducen posteriormente en el interior del cuerpo de la autoclave.

La autoclave consta de una carcasa o cuerpo de metal resistente a la presión, provista de entradas para vapor, agua y aire y con bocas de salida para el escape de aire durante la puesta en funcionamiento de la autoclave, y para drenado al final del ciclo. A un lado de la carcasa aparece un cuadro de instrumentos: termómetro, sonda para registro de temperaturas y manómetro. Para conseguir un movimiento adecuado del vapor alrededor de los instrumentos dispone de un suministro constante de vapor. En las autoclaves verticales [10] la tapadera se encuentra

encajada en la parte superior y asegurada a la carcasa durante el tratamiento, mediante varios tornillos.

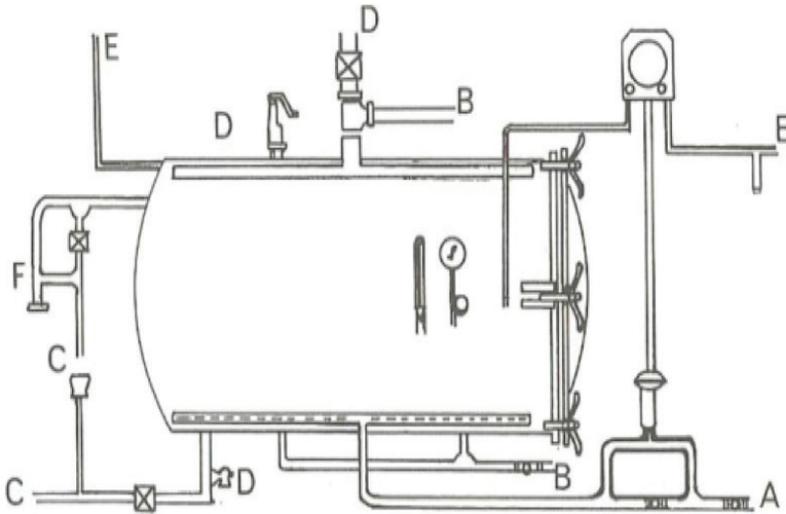
Figura 2
Autoclave vertical [10]



Uno de los tornillos suele ser un tornillo de seguridad diseñado para permitir el escape de cualquier exceso de presión que pudiera haberse dejado inadvertidamente en el interior del auto-clave, al final del proceso cuando se suelta la tapadera. Las autoclaves con vapor de tipo

horizontal presentan un dispositivo similar con la diferencia de que la puerta se sitúa en un extremo de la máquina [11].

Figura 3
Autoclave horizontal [11]



Para asegurar la mezcla correcta del vapor y el aire [12], estas autoclaves van provistos de un sistema de ventiladores para dispersar el vapor y el aire, eliminando así la posibilidad de que se formen bolsas frías en la cámara de tratamiento.

D. Sistemas continuos

El uso de autoclave en la esterilización ha sufrido algunas evoluciones muy importantes. Para esterilizar productos en empaque flexibles de autoclaves Hidrostáticos por aspersión (Figura 7), su funcionamiento tiene el mismo fundamento de los demás, pero a diferencia, este usa agua, la cual es suministrada por aspersión a los empaques y sobre

presión, que puede ser dada por aire o una mezcla aire-vapor a una temperatura y sobre presión dada por el sistema [13].

Figura 4
Sistema de autoclave hidrostático [13]

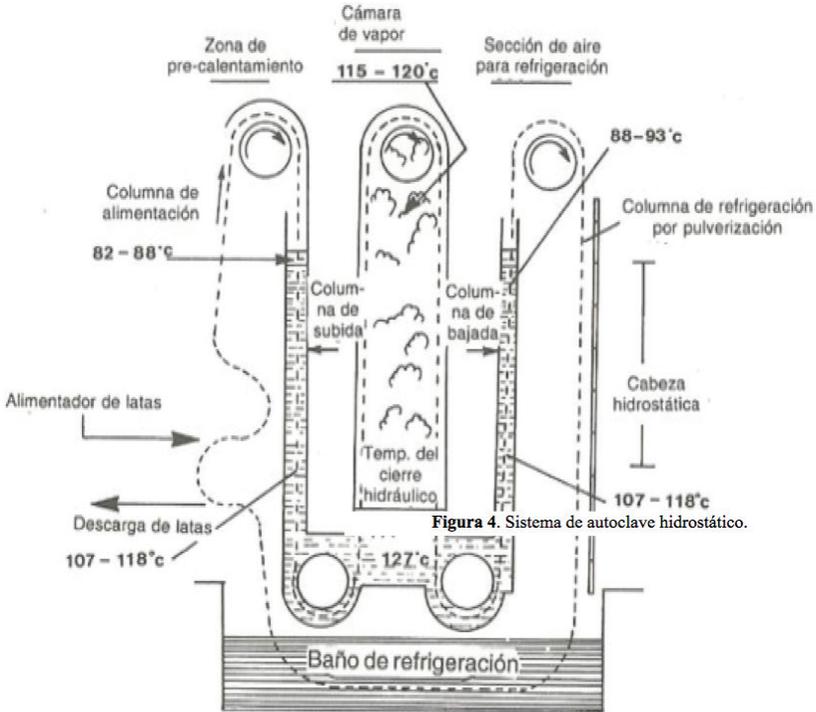
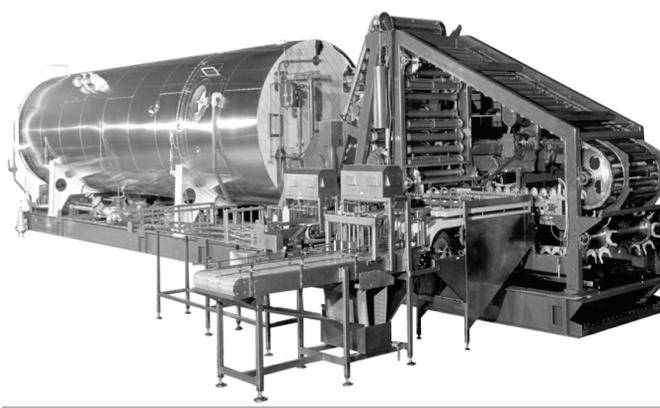


Figura 4. Sistema de autoclave hidrostático.

El sistema de autoclaves Hydrolock permite el tratamiento continuo de latas en un ambiente de vapor/aire de una forma similar a un auto-clave hidrostático calentado por vapor, con la diferencia de que las latas son introducidas y extraídas del ambiente de vapor presurizado a través de una válvula rotatoria, como se ve en la Figura 8, que lo deposita en un baño agua y pasa después a una cámara presurizada de vapor [14].

Figura 5
Autoclave Hydrolock [14]



E. Otras alternativas de esterilización

Los tratamientos no térmicos en la conservación de los alimentos, por ejemplo: sistemas de alta presión, microondas, aplicación de campos electromagnéticos, acústicos y calentamiento óhmico, entre otros, se están utilizando en la actualidad en diversos procesos de la industria agroalimentaria (Richardson, 2004). Diferentes investigaciones realizadas a nivel internacional muestran que este tipo de tecnología no deteriora de forma significativa la calidad del producto, manteniendo en forma óptima sus características físicas, químicas y organolépticas, además de que son más eficientes energéticamente; sin embargo, presentan el inconveniente de mayores costos de inversión inicial comparados con los tratamientos térmicos de conservación convencional [15].

Estas tecnologías normalmente se denominan de acuerdo con el principal parámetro de procesado que lleva a la iniciativa de la célula microbiana. El proceso de presiones hidrostáticas elevadas supone exponer el alimento a altas presiones durante unos pocos minutos. Este proceso es la filosofía básica de las autoclaves, pero procesos como el procesado

por extrusión, que permite trabajar altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo, es una técnica de procesado térmico rápido.

En [16] se enuncia una amplia gama de nuevas formas de esterilización de alimentos enlatados, entre los principales están la esterilización por radiación ionizante y ultravioleta, pulsos de luz, ozonización, ultrasonido y agua electrolizada.

Las radiaciones ionizantes permiten romper enlaces de moléculas y átomos de las bacterias presentes en los productos, debido a la suficiente energía que poseen [17]. En cuanto a la esterilización mediante pulsos de luz [18] la eficiencia sobre este método es superior y no producen inactivación bacteriana.

Otro ejemplo de esterilización mediante radiación es con la radiación ultravioleta, que permite la aplicación de la misma sobre la superficie de productos a tratar con el fin de reducir la población de microorganismos alterantes o patógenos [19]. En la extracción asistida por ultrasonido es posible obtener compuestos bioactivos que inhiben a *Salmonella* spp., *Escherichiacoli*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* [20]. El agua electrolizada superoxidada se obtiene al transferir una corriente eléctrica a una solución acuosa de electrolitos contenida en dos depósitos separados por una membrana canónica [21]. Así como también existen medios de oxidación de microorganismo, como es la ozonización que destruye los microorganismos atacando directamente a las componentes celulares vitales de estos [22].

Resultados

La esterilización de los alimentos enlatados es un proceso necesario y de gran importancia en la elaboración de estos, ya que no solo permite la eliminación de bacterias y microorganismos, sino que es la única forma de eliminar o minimizar algún efecto colateral en las personas que consumen estos productos. Es una gran responsabilidad que tiene las empresas que elaboran estos productos ya que en sus manos está

la vida del consumidor, no solo es la venta de su producto lo que debe preocuparle al fabricante sino también la salud de los consumidores.

Conclusiones

La esterilización de un alimento enlatado consiste en colocar el alimento en recipiente o sistema cerrado y someterlo a elevada temperatura durante el tiempo suficiente para asegurar la destrucción de todos los gérmenes y microorganismos. Con las nuevas tecnologías aparecen nuevas oportunidades de corregir errores en elaboración. Las autoclaves, en sus diferentes modelos y sistema, logran la esterilización de los alimentos enlatados y tienen mayor ventaja sobre los tratamientos no térmicos. Los costos e innovación son una ventaja para los tratamientos térmicos, pero no se descarta los estudios sobre otros métodos de esterilización. El hombre es un ser de gran transcendencia que con el tiempo desarrolla nuevas ideas para su comodidad y supervivencia.

Referencias

- [1] A. M. Herrero y M. D. Romerode Avila, «Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas,» *REV MED NAVARRA*, vol. 50, nº 4, p. 71-74, 2006.
- [2] M.-J. Hernández-Navarrete, J.-M. Celorrio-Pascual, C. Lapresta Moros y V.-M. Solano Bernad, «Enfermedades infecciosas y Microbiología Clínica,» *ElSevier*, vol. 32, nº 10, p. 681-688, 2014.
- [3] K. Zanini, L. Kunigk y G. Leonhardt, «Contribution to employment of the diffusion model in the optimization of thermal processing of canned foods diffusion model in thermal processing,» *Scopus*, vol. 33, nº 3, p. 343-349, 2011.
- [4] J. Alvarado, G. Martínez, J. Navarrete, E. Botello, M. Calderón y H. Jiménez, «Fenomenología de la esterilización de alimentos líquidos enlatados,» *Revista Facultad de Ingeniería - Univ. Antioquia*, nº 50, p. 87-98, 2009.
- [5] P. G. Mendoza Chamagua y K. P. Zavala Espinoza, «Diseño y Pruebas de Funcionamiento de un Sistema para Esterilización Comercial de Alimentos,» Universidad de El Salvador - Facultad de Ingeniería y Arqui-

- ectura, Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://ri.ues.edu.sv/3251/1/Dise%C3%B1o%20y%20pruebas%20de%20funcionamiento%20de%20un%20sistema%20para%20esterilizaci%C3%B3n%20comercial%20de%20alimentos.pdf>.
- [6] L. X. Carrascal Monsalve y J. F. Valbuena Moreno, «Diseño e implementación de la parte electrónica para la automatización de un autoclave,» Ingenierías USB Bogotá, 2012. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10819/1295>.
- [7] J. Welti-Chanes, O. Gómez-Palomares, F. Vergara-Balderas y S. Maris-Alzamora, «APLICACIONES DE INGENIERIA Y FENOMENOS DE TRANSPORTE AL ESTUDIO DE LA TRANSFERENCIA CONVECTIVA DE CALOR EN ALIMENTOS ENVASADOS,» *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 4, n° 1, p. 89-106, 2005.
- [8] A. L. Alcívar Dueñas, «Estudio de penetración de calor en proceso de esterilización continuo en la elaboración de frejol cajanus cajan enlatado,» ESPOL, 4 Enero 2013. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/21534>.
- [9] J. Abril y A. Casp, *ESTUDIO DE LA PENETRACIÓN DE CALOR EN ALIMENTOS PROCESADOS EN SISTEMAS DE ESTERILIZACIÓN ROTATORIOS*, España: Departamento de Tecnología de Alimentos - Universidad Pública de Navarra, 2010.
- [10] A. R. José y B. G. Alfonso, «Autoclaves verticales en la industria conservera: características principales y riesgos en su utilización,» *Dialnet*, n° 12, p. 32-39, 2015.
- [11] C. L. Soulé y J. E. Bengochea, *Autoclaves de pequeña escala para plantas de alimentos*, Mar del Plata: INTI-Mar del Plata, 2007.
- [12] J. Monjardín, F. Medina Velázquez, J. Campos y M. D. Muy Rangel, *Diseño de tratamiento térmico en alimentos*, 2014.
- [13] C. J. Vásquez Veliz y L. Miranda Sanchez, «Estudio de penetración de calor en una conserva de camaron envasada en empaque flexible,» 5 Enero 2008. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2401/1/4741.pdf>.
- [14] M. M. Vásquez-Aguilar, T. G. Cerón-Carrillo, A. I. Gómez-Sánchez y V. Rodríguez-Martínez, «Desarrollo y estado de los equipos utilizados en el procesamiento térmico de los alimentos,» *Universidad de las Américas*, vol. 1, p. 42-54, 2007.
- [15] H. J. Ciro Velásquez, J. E. Meléndez Rhenals y J. E. Meléndez Rhenals, «MODELACIÓN NUMÉRICA DE UN PROCESO TÉRMICO POR

- MICROONDAS CON ÉNFASIS EN ALIMENTOS,» *Scielo*, vol. 73, n° 150, p. 155-166, 2006.
- [16] A. Morata Barrado, *Nuevas Tecnologías de Conservación de Alimentos*, Editor Antonio Madrid Vicente, 2011.
- [17] R. Suárez, «Conservación de alimentos por irradiación,» *Dialnet*, n° 6, p. 85-124, 2001.
- [18] A. L. Rivera, E. A. Prieto Serratos, R. Gutiérrez Landa y F. Fernández, «Efectos bactericidas de pulsos concentrados de radiación electromagnética,» de *VIII Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico*, México, 2010.
- [19] A. Beltrán, M. Ramos y M. Alvarez, «Estudio de la Vida Útil de Fresas (*Fragaria vesca*) Mediante Tratamiento con Radiación Ultravioleta de Onda Corta (UV-C),» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 23, n° 2, p. 17-24, 2010.
- [20] C. A. Roldán Cruz, A. Ángeles Santos, A. D. Hernández Fuentes, S. A. Santos Fernández y R. G. Campos Montiel, «EFECTO INHIBITORIO DE BACTERIAS PATÓGENAS CON EXTRACTOS DE XOCONOSTLE ASISTIDOS POR ULTRASONIDO,» *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 1, p. 214-219, 2016.
- [21] G. Nachón, T. Díaz, E. Rivas, H. González, G. Nachón, G. García y G. Santiago, «Esterilización por inmersión. Estudio comparativo entre glutaraldehído al 2%, agua electrolizada superoxidada con pH neutro y solución electrolizada por selectividad iónica con pH neutro,» *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, vol. 8, n° 2, p. 5-10, 2008.
- [22] L. A. Seminario, J. A. Acuña y S. Williams, *El Ozono y su Aplicación en la Conservación de Alimentos*, Universidad de Concepción, 2007.

Uso de la fibra de Abacá en la industria

Use of Abaca fiber in industry

Parra Pablo, Leones Karla

Resumen

El desarrollo del siguiente documento es para contribuir con la producción respetuosa para el medio ambiente y, a su vez, dar a conocer que se puede promover el desarrollo de una industria ecuatoriana eficaz utilizando fibras naturales. Este documento presenta en primera instancia un análisis de todos los usos y procesos con la que se puede lograr sustituir las fibras sintéticas por fibras naturales. Por medio de este trabajo se espera demostrar la viabilidad de la investigación, tomando como punto principal las zonas productoras que son las que logran que se cultive bien la planta para una mejor producción.

Palabras claves: fibra, industria, medio ambiente, producción.

Abstract

The development of this document is to contribute to the production respectful to the environment and in turn make known that can promote the development of an effective Ecuadorian industry using natural fibers. This document is primarily an analysis of all applications and processes which can be achieved by replacing synthetic fibers natural fibers. Through this work is expected to demonstrate the viability of research, on the main point producing areas are those that manage the plant is well grown for better production.

Keywords: fiber, industry, environment, production.

Introducción

En la actualidad, el Ecuador es considerado el segundo productor a nivel mundial de la fibra de abacá, ya que posee propiedades de calidad en comparación a otros países; el inconveniente es que por el momento en el país no existe una industria que se dedique a elaborar algún producto con esta fibra. La incompreensión que existe en el país respecto a los usos de la fibra es uno de los factores que ha impedido el crecimiento en una industria de este sector. Los conocimientos y experiencias adquiridas sobre su producción y elaboración pueden fácilmente transferirse a todos los países que estén en condiciones de cultivarla [1].

El cambio tecnológico en las industrias ha provocado una menor utilización de fibras naturales ya que existe demasiada variabilidad en cuanto a la falta de investigación en la producción de la fibra, dando como resultado una reducción de la demanda. La fibra de abacá es una planta herbácea que pertenece a la familia Musáceas; tiene una apariencia muy similar al banano, pero sus propiedades y sus usos son diferentes. Fibra de hoja, compuesta por células largas y delgadas que forman parte de la estructura de soporte de la hoja, está compuesta mayormente por 77% de celulosa. El abacá es valorado por sus magníficas propiedades (resistencia, longitud, brillo). La planta de abacá puede llegar a crecer más de 7 metros de altura y se puede encontrar en diferentes variedades, pero no todas estas se cultivan para uso comercial [1],[2],[3]. El abacá tiene varios usos; como las fibras son particularmente resistentes al agua salada, a través de los años se ha usado para fabricar redes de pesca. El uso principal de la fibra de abacá es para la producción de bolsas de té y envolturas de embutidos. Es también un sustituto de la corteza de árbol, la cual fue alguna vez la fuente principal de la producción de telas [1].

Además, es considerado como una de las mejores materias primas para el proceso de papel de seguridad y de alta calidad, como papel billetes, pañales, servilletas, papel higiénico, filtros para maquinaria, textiles para hospitales como son gorras, indumentarias médicas, guantes y cables de conducción eléctrica, entre otros diversos usos en diferentes productos [3].

El Ecuador, a pesar de producir abacá años después de que Filipinas, que era su único exportador, ha conseguido superar la calidad del país de origen, sin embargo, en cuanto a producción se refiere, aún no alcanza las grandes producciones de Filipinas, encontrándose en el segundo lugar de los países exportadores de abacá con aproximadamente el 17% de la demanda mundial [2].

Beneficios y usos

A. Biodiversidad

La lucha constante contra la erosión y la rehabilitación de la biodiversidad pueden ser favorecidas si con anterioridad al momento de realizar las plantaciones de monocultivo y en zonas de selva húmeda tropical se intercala el abacá, particularmente con palma de coco. La plantación de abacá puede reducir al mínimo los problemas de erosión y sedimentación en las zonas costeras que son importantes para la cría de pescados de mar. Mejorará la capacidad de retención de agua del suelo y se prevendrán las inundaciones y los deslizamientos de tierra. Los materiales de desecho del abacá se usan como fertilizantes orgánicos [2], [3].

B. Utilización de la fibra para diversos tipos de fines

Como se ha mencionado, la falta de conocimiento que se presenta en el país no permite que los productores logren utilizar la fibra para usos como los mencionados a continuación:

- **Papel:** se transforma en pasta y en papeles especiales, tales como bolsas de té y café, papel para envoltura de salchichas, billetes (los billetes de los yenes japoneses, contienen un 30 por ciento de abacá), papeles para cigarrillos, medicamentos, alimentos, desechos, papel de alta calidad para escritura, bolsas para aspiradoras [3].
- **Automóviles:** actualmente se está usando el abacá para aplicaciones ‘blandas’ en la industria automotriz, como material de relleno para cojines, asientos. Pero dada su gran resistencia a la tensión, también puede usarse para aplicaciones ‘más duras’, para componentes exteriores, como sustituto de la fibra de vidrio en componentes de plástico reforzados [2], [3], Figura 1.

Figura 1
Ejemplos de la transformación de la Fibra [2]

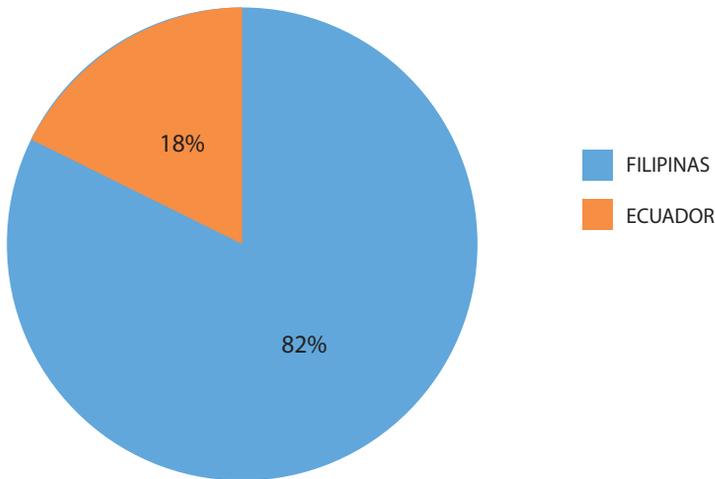


El abacá en Ecuador es procesado con equipo especial que separa el material crudo en fibra. En cambio, en Filipinas la extracción de la fibra es manual y por lo tanto su rendimiento y su calidad son menores. El rendimiento de la planta del abacá en fibra en el Ecuador es del 12.5% (1.1% de fibra dura y 11.4% de fibra suave – bagazo) [3].

La producción mundial de esta fibra natural está concentrada en dos países: Filipinas es el primer productor mundial de la fibra de abacá con un 83% del total producido, en donde se cultiva en 177.000 hectáreas por unos 90.000 pequeños agricultores y Ecuador, el segundo productor mundial con un 14%. La producción promedio de Ecuador en el período 2006-2012 fue de 10.680 toneladas y la de Filipinas para el

mismo período fue de 64.928 toneladas. En Filipinas, el abacá se produce en 56 provincias, siendo las 10 más importantes: Catanduanes, Samar Noreste, Leyte, Davao Oriental, Davao del Sur, Sulu, Surigao del Sur, Lanao del Sur, Bukidnon, Aklan. También se cultiva en poca proporción en otros países del Asia suroriental como Indonesia, Kenya, Guinea Ecuatorial y en los últimos años Costa Rica [4], Figura 2.

Figura 2
Porcentaje de los países que distribuyen la fibra de abacá [4]

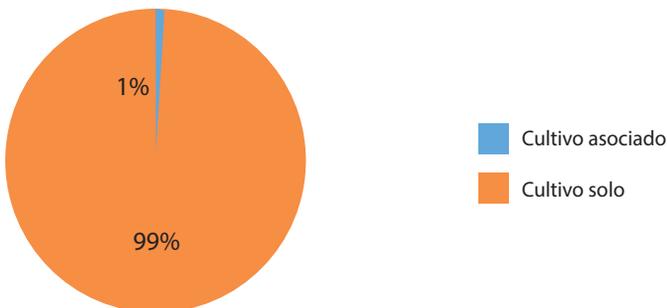


El clima de Ecuador es muy ventajoso para la producción de la fibra de abacá. Las plantas de abacá se encuentran localizadas en las provincias de Manabí, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, Los Ríos (Quevedo) [4].

Las zonas donde se encuentran mayormente las plantaciones son en Santo Domingo de los Tsáchilas (36%) y la Concordia (39%). Según el III Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2000, en el Ecuador se registraron 640 unidades de producción agropecuarias, que suman 14.831 hectáreas al cultivo del abacá [3].

La superficie cosechada en el tiempo de referencia del censo fue de 13.986 hectáreas y los principales motivos de las pérdidas de producción se debieron a los bajos precios pagados al productor. La superficie sembrada para el cultivo de abacá de 14.831 hectáreas representa el 0.84% del total nacional, que es 1.756.488 hectáreas. A diferencia de otras plantaciones, el abacá no se siembra acompañado de otros cultivos. Según los datos del censo, sólo el 1% de las plantaciones de abacá aparece como cultivo asociado. En cuanto a la cantidad de Unidades de Producción Agropecuarias UPAS, el mayor porcentaje se encuentra en tamaños de 20 a 50 hectáreas, que corresponde al 34% del cultivo solo de abacá. En lo relativo a las hectáreas sembradas, el 29% de la superficie con cultivo de abacá se encuentra sembrado en UPAS de más de 200 hectáreas, seguido por el 24% en UPAS de 50 a 100 hectáreas y el 21% en UPAS de 100 a 200 hectáreas; por lo que podemos concluir que aproximadamente el 74% de la superficie plantada con fibra de abacá se encuentra en Upas con extensiones de más de 50 hectáreas [4] [7].

Figura 2.1
Porcentaje de plantación de la fibra de abacá [7]



Las fibras naturales proveen las composiciones una buena combinación de propiedades mecánicas y ventajas ambientales, sin embargo, el comportamiento mecánico final depende de la capacidad de adhesión entre el refuerzo (fibra) y la matriz (polímero).

Los factores que afectan directamente esta facultad son la rugosidad y polaridad de la superficie.

Las fibras naturales se clasifican en fibras vegetales o celulósicas como el algodón, lino, yute y abacá; en fibras animales o proteicas como la lana y la seda, y en fibras minerales como el asbesto.²⁴ Las fibras vegetales contienen aproximadamente del 60 al 90 % de celulosa, siendo este su componente principal, adicionalmente poseen cantidades variables de pectina, hemicelulosa, grasa, agua, entre otros. Las fibras celulósicas o vegetales se subdividen en fibras de semilla, como el algodón, en fibras de tallo, como el lino y el yute, y en fibras de hoja, como el sisal y el abacá [4] [9].

El proceso de producción de la fibra de abacá genera grandes cantidades de desperdicios a nivel mundial debido a que no existe una correcta organización de piezas y subpartes, por lo cual se decidió manejar un sistema de inventario con el objetivo de que la madera pueda ser utilizada en su totalidad. Se gestionará la venta de los desperdicios de madera como viruta y aserrín para empresas que se dedican a la cría de animales, o para empresas que se dedican a la elaboración de aglomerados y, como se mencionó anteriormente, los sobrantes de los tejidos de la fibra de abacá utilizados para cubrir los muebles, se los utilizará para realizar objetos artesanales de acuerdo a los distintos modelos de muebles que se hayan producido [5] [9].

Conclusiones

Se determina que hay otros países donde existen procesos para la producción de diversos usos de la fibra de abacá por lo que se demuestra una viabilidad, además existen industrias que cuentan con las herramientas necesarias para llevar a cabo su proceso. Con respecto a los análisis el país cuenta con ventajas de carácter climático y disponibilidad de materia prima.

Con la especialización del país en el uso de la fibra se podría exportar productos terminados, impulsando las exportaciones. Abrir nuevos mercados internacionales dando a conocer las cualidades que posee la fibra.

Dado que los costos de la materia prima principal que es la fibra de abacá no son tan elaborados, se podría aprovechar su utilización y elaborar otros productos con esta fibra.

Por medio de esta investigación en cuanto al mercado, se avizora la existencia de una importante cantidad de potenciales que se tendrá tanto como para la industria a nivel nacional e internacional.

Referencias

- [1] F. Vilaseca, A. Valdez-Gonzalez, P. J. Herrera-Franco, M. A. Pelach, J. Pere López y P. Mutjé, «Biocomposites from abaca strands and polypropylene. Part I: Evaluation of the tensile properties,» *ScienceDirect*, vol. 101, nº 1, p. 387-395, 2010.
- [2] Md, Rezaur Rahman, Md. Monimul Hugue, Md. Nazrul Islam, “Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with chemically treated Abaca Department of Chemistry, Bangladesh University of Engineering & Technology, Dhaka 1000, Bangladesh, April 2009.
- [3] Andrzej K. Bledzki, Adam Jaskiewicz, Mechanical properties of PLA composites with man-made cellulose and abaca fibers
- [4] J. U. Duncombe, “Polypropylene composites with enzyme modified abaca fibre” Institutfür Werkstofftechnik, University of Kassel, Mönchebergstrasse- 3, 34125 Kassel, Germany, May. 2010.
- [5] S. Chen, B. Mulgrew, and P. M. Grant, “Surface modification of abaca fiber by benzene,” July. 2014.
- [6] R. W. Lucky, “Evaluation of mechanical properties of abaca,” *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 44, no. 4, p. 547–588, October. 2013.
- [7] E. H. Miller, “Bleaching of soda pulp of fibersso Musa textilis Abaca,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, to be published, March. 2008.
- [8] S. P. Bingulac, “Biomass, Organic carbon and mineral matter contents of abaca at different atages of growth”, New York, November 2008.
- [9] G. R. Faulhaber, “Anisotropic therman conductivity o unidirectional natural abaca fiber,” India. February 2014.

- [10] W. D. Doyle, Dependence of tensile properties of abaca fiber fragments and its unidirectional,” in China, February. 2014.
- [11] G. W. Juette and L. E. Zeffanella, “Radio noise currents n short sections on bundle conductors (Presented Conference Paper style),” presented at the IEEE Summer power Meeting, Dallas, TX, June 22–27, 2013, Paper 90 SM 690-0 PWRS.
- [12] J. G. Kreifeldt, “An analysis of surface-detected EMG as an amplitude-modulated noise,” presented at the 2008 Int. Conf. Medicine and Biological Engineering, Chicago, IL.
- [13] J. Williams, “Narrow-band analyzer (Thesis or Dissertation style),” Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 2010.
- [14] N. Kawasaki, “Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow,” M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 2009.
- [15] B. Smith, “An approach to graphs of linear forms (Unpublished work style),” unpublished.
- [16] J. P. Wilkinson, “Nonlinear resonant circuit devices (Patent style),” U.S. Patent 3 624 12, July 16, 2011.
- [17] A. Harrison, private communication.
- [18] Influence of alkali treatment on internal microstructure and tensile properties of abaca fibers, March 2015.
- [19] Stephan Richter” Abaca grades and their properties—A study of reproducible fiber characterization and a critical evaluation of existing grading systems” March 2013.
- [20] Ramadevi.Punyamurthy “Mechanical properties of abaca fiber reinforced polypropylene composites: Effect of chemical treatment by benzene-diazonium chloride”, Department of Chemistry, Jawaharlal Nehru Technological University, Hyderabad 500085, Telangana, India, October 2015.

Control estadístico de la calidad en la elaboración de tapas plásticas

Statistical Quality Control in the Processing of Plastic Lids

Rojas Tania, Martínez Geovanna, Guachimboza Julio,
Zambrano Jairon, Veliz Axel

Resumen

En el presente trabajo usaremos el control estadístico y sus varias herramientas para controlar y verificar los índices de calidad y el uso de materiales en la fabricación de las tapas plásticas. Se tomarán en cuenta varios aspectos de los procesos llevados en la empresa. Por medio de un control de calidad, como los gráficos de control por atributos, en el trabajo se muestra un proceso de control estadístico para la empresa de tapas plásticas, los cuales ayudan a detectar fallas en los productos, en los procesos o en las materias primas, además se muestran los métodos para tomar las decisiones correctas al momento de corregir dichas fallas y satisfacer las necesidades y exigencias de los clientes. También se verán involucrados todos los procesos que se lleven a cabo, los cuales deben cumplir con ciertos requerimientos, además de que se debe supervisar el uso adecuado de materiales, ya que se busca disminuir los desperdicios en la fabricación de un producto. Se verán también aplicaciones de estadísticas en las curvas de operaciones y en los diferentes planes de muestreo que se lleven a cabo en la empresa.

Palabras claves: control estadístico, calidad, fallas, clientes, producto.

Abstract

In the present work we will use statistical control and its various tools to improve the Quality index and the usage of materials in the manufacture of the plastic bottle caps. Several aspects of the processes carried out in the company will be taken into account. Through a quality control, such as variable control charts, a statistical control process for the company with plastic covers is shown in the work; Which help detect defects in products, processes or raw materials, and show the methods to make the right decisions when correcting such failures and meet the needs and requirements of customers, will also be involved All the processes that are carried out, must comply with certain requirements in addition that the proper use of materials must be supervised since it is looked for to diminish the wastes in the manufacture of a product. We also see applications of statistics in the curves of operations and in the different plans of sampling that are carried out in the company.

Keywords: statistical control, quality, failures, clients, products.

Introducción

El Proyecto consiste en realizar el control del proceso mediante un análisis usando las herramientas de control de la calidad, para cono-

cer si el proceso que se está llevando a cabo actualmente en la fábrica genera tapas plásticas de buena calidad aceptables para su posterior venta en el mercado, además de conocer que defectos son los más comunes en el proceso y que se puede hacer para disminuirlos.

Al hablar de concepto de calidad se relaciona con una o más características deseables que debería poseer un producto o servicio, y esta se ha convertido en uno de los factores de decisión más importantes de los consumidores para elegir entre productos y servicios que compiten sin importar si el consumidor es un individuo, una organización industrial, una tienda minorista o un programa de defensa militar [1].

De acuerdo a los efectos y causas de la variabilidad especiales o atribuibles, se tienen 6 factores de la calidad que están divididos en: elementos, mecanismos, medida, trabajadores, procedimiento y medio ambiente, los factores aportan variación especialmente de trabajo; los procesos variables de salida que son sensibles a los cambios son: desajustes, desgastes, errores, descuidos, fallas, etc. [2].

No distinguir entre estos dos tipos de variabilidad lleva a cometer dos errores en la actuación sobre los procesos. Error 1: reaccionar ante un cambio o variación (efecto o problema) como si proviniera de una causa especial, cuando en realidad surge de algo más profundo en el proceso, como las causas comunes de variación. Error 2: tratar un efecto o cambio como si proviniera de causas comunes de variación, cuando en realidad se debe a una causa especial. Cada uno de estos dos errores causa pérdida. Se puede evitar uno u otro, pero no ambos. No es posible reducir a cero ambos errores [3].

La carta de control tiene un propósito básico de examinar el comportamiento de un procedimiento al paso del tiempo. Con la posibilidad de distinguir entre cambios por motivos comunes y atribuibles, de tal manera que nos ayudará a determinar el funcionamiento del proceso y decretar unas mejores acciones de control y mejora [4].

Una no conformidad o defecto es una característica específica que no cumple con la especificación del producto. Las no conformida-

des pueden tener una gravedad diferente desde menores hasta críticas. Estas cartas asumen que la ocurrencia de no conformidades en muestras de tamaño constante es modelada bien por la distribución de Poisson, es decir, implica que las oportunidades o localizaciones potenciales para las no conformidades sea muy infinitamente grande y que la probabilidad de ocurrencia de una no conformidad en cualquier localización sea pequeña y constante. Además, cada unidad de inspección debe representar una “área de oportunidad” idéntica para la ocurrencia de no conformidades. Si estas condiciones no se cumplen, el modelo de Poisson no es apropiado. Las variables que se ajusten moderadamente bien a esta distribución pueden analizarse a través de las cartas c y u , que estudian el número de defectos por subgrupo o muestra (carta c), o el número promedio de defectos por unidad (carta u) [5].

Entre los objetivos de la presente investigación, se encuentran:

- Determinar la capacidad de los procesos mediante una gráfica de control para tomar decisiones frente a los posibles problemas.
- Determinar que mediante el análisis sistemático de los procesos se puede mejorar la productividad de la organización.
- Detectar rápidamente la ocurrencia de variabilidad debida a causas asignables.
- Descartar, en lo posible, o por lo menos minimizar las variaciones del procedimiento dirección.
- Elaborar un análisis del proceso de producción para identificar las características que puedan afectar la calidad.

Control Estadístico de Calidad

La comprobación estadística contiene técnicas de mejoría acerca de un producto determinado y procesado para la fabricación. El sistema tiene como indicador variaciones en la terminología de la calidad de un producto que cuenta con apoyo en: contar e inspeccionar a través de los resultados obtenidos y se tomen decisiones acerca del proceso. La

aplicación del método hace que esperemos una variación dato deseado. Existe una posibilidad de que no se presente; si es así, el procedimiento está bajo control, en caso contrario de que la variación sea superior a los límites definidos para la fabricación del producto se tendrá que revalorar el proceso. Esta herramienta ofrece mucha ayuda a la empresa inspeccionada ya que, aunque el proceso es automatizado, existirá variaciones y por ende diferencias entre productos. Cada acción se toma dependiendo del procedimiento dentro de las determinaciones del producto; no es necesario considerar actividades realizadas y, si se sobrepasa de ellas, se toman actividades correctivas de tal manera que se produzca con el material adquirido. Con la experiencia de los expertos en control de calidad, la mayoría de los procesos se asemejan a una distribución normal.

A. Técnicas utilizadas para el control estadístico de calidad

Se pueden identificar en 3 diferentes agrupaciones:

- Muestreo de aceptación.
- Gráficos de control.
- Diagramas de distribución de frecuencias.

En el trabajo se presentan gráficas de control o también llamadas cartas de control de procesos.

B. Características de la calidad

Por variables: Se utiliza un registro de la producción del lote a inspeccionar y la misma puede ser relacionada con la anterior.

Por atributos: Se utiliza un registro de los productos inspeccionados y si este cumple con las especificaciones son aceptados y si no, son previamente rechazados, es decir: el producto tiene o no los atributos que se le requieren.

Tabla 1
Descripción de significado de letras de cartas de control [6]

Tipo	Descripción	Tipo de empleo
P	Proporción.	Estudiar la proporción de productos o servicios no conformes que se proveen.
NP	Cantidad de no conformes.	Toma un registro de la cantidad de unidades no conformes.
C	Cantidad de defectos en cada unidad.	Registra la cantidad de no conformidades en una sola unidad.
U	Promedio del total defectos en una unidad.	Registra el promedio de defectos en una unidad.

Representación en Diagrama de Flujo de Procesos

Es la representación gráfica de un proceso en el cual incluye las actividades o los pasos a seguir, como: esperas, almacenamientos, transporte, supervisiones y actividades de reproceso. Por lo que este diagrama nos permite ver en qué consiste el proceso y ver de qué manera se relacionan las distintas actividades; de igual manera, es muy útil para el análisis y el mejoramiento del proceso.

Figura 1
Descripción de símbolos usados en diagramas de flujo [7]

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

Cartas de Control

Son materiales importantes para examinar la variación en distintos procedimientos. Se han difundido con éxito en varios países en distintas situaciones para realizar controles en algunos procesos. Las cartas de control dirigen la atención hacia casos especiales de variación reflejando la proporción de la misma por causas comunes. Estas causas aleatorias se deben a la variación que ocurren naturalmente en un proceso. Las causas atribuibles pueden ocasionarse por: un desajuste del mecanismo, errores del trabajador o daños en materias primas. Cuando se presenta causas comunes el procedimiento se encuentra bajo un control estadístico. Al darse este proceso obtenemos un procedimiento estable y pronosticable. Si existen causas especiales el procedimiento se sale de un Control Estadístico; los esquemas de control revelan la existencia de las causas en el momento en que se dan, lo cual autoriza que podamos tomar acciones al momento.

A. Ventajas

- Es un instrumento simple y efectivo para conseguir un control estadístico.
- El trabajador puede utilizar las cartas en su lugar de trabajo, por lo cual puede comunicarse con confianza hacia la gente de sus alrededores al momento de tomar ciertas acciones.
- Cuando un procedimiento está en control estadístico se puede pronosticar su rendimiento en base a lo que se haya especificado. Por lo tanto, el que produce y el que compra pueden obtener niveles constantes de calidad y también pueden conseguir costos estables para alcanzar ese nivel de calidad.
- Una vez que un proceso se halla en control estadístico, su comportamiento puede ser optimizado a futuro para minimizar la variación.

Al diferenciar entre las casos especiales y comunes de variación, demuestran un buen indicador en que un problema pueda ser corregido directamente y cuando se pide una acción en la que deben interactuar diferentes departamentos o niveles de la empresa.

Límites de Control

En primer lugar, lo que se debe recalcar con relación a los márgenes de una carta de control es que aquellos no son las indicaciones, transigencias o anhelos para el procedimiento. Los límites se pueden obtener en base de los cambios estadísticos que se muestran en una carta. Por eso, la mejor forma es elegir correctamente los límites para que un porcentaje pueda cubrir el cambio natural del proceso, pero hay que tener en cuenta que dicho porcentaje no puede tener valores altos como (99.999999%), con estos límites será muy arduo detectar las variaciones en el proceso porque tienden a ser muy amplios; a diferencia que si el porcentaje es muy pequeño, los límites quedarán más estrechos y es ahí donde se produce e incrementa el error tipo 1, donde se dice que se formó un cambio cuando no lo hubo. Para llegar a calcular los límites de control tiene que cumplirse bajo las indicaciones de control estadístico, y los datos de la carta deben de ser graficados con una probabilidad de que sean dentro de los límites.

A. Tipos de cartas de control

Hay dos diferentes tipos de cartas de control: para atributos y para variables. El uso para variable de las cartas de control es aplicado especialmente al de calidad de tipo continuo, el cual requiere diferentes herramientas de medición como: temperatura, longitud, voltaje, volumen, resistencia, peso, humedad, etc. Las cartas para variables tipo Shewhart más usuales son:

- R (de rangos).
- S (de desviaciones estándar).
- \bar{X} (de medias).
- X (de medidas individuales).

Existen muchas formas de nombrar a las cartas de control, que se deben al correspondiente estadístico que se representa en la carta y por medio de la cual se busca analizar una característica importante de un producto o proceso. Hay particularidades de calidad de un producto

que no son medibles ni en escala continua, ni en escala numérica. En estos casos, el producto se estima como conforme o no conforme, dependiendo de los atributos que posee; también, al producto se le podrá enumerar la cantidad de defectos que tiene. Los modelos de características de calidad son seguidas a través de las cartas de control para atributos:

- p (proporción o fracción de artículos defectuosos).
- np (número de unidades defectuosas).
- u (número de defectos por unidad).
- c (número de defectos).

B. Gráfica C – para la cantidad de defectos

Se usa para definir la frecuencia en que ocurren los defectos en la revisión de una unidad de producto así se pueden encontrar la cantidad de defectos que posee un producto.

Para graficarse, las no conformidades deben expresarse en términos de lo que se está inspeccionando. Las gráficas para la cuenta de no conformidades pueden combinar los conteos de diversas no conformidades, como el número de maletas maltratadas, rotas, extraviadas o desconocidas que llegan al carrusel de un aeropuerto.

1. Recopilar los datos.
2. Contar y trazar c , la cuenta de la cantidad de no conformidades, en la gráfica de control. A medida que es inspeccionado, cada unidad o subgrupo arrojará una cuenta de no conformidades (c).
3. Calcular la línea central y los límites de control.
4. Dibujar la línea central y los límites de control en la gráfica.
5. Interpretar la gráfica.

C. Gráfica de control P

Gráfica para la fracción de unidades no conformes que se basa en una distribución binomial y se emplea para estudiar la proporción de

productos o servicios no conformes que se proveen. También se conoce como gráfica de fracción de defectos o gráfica p.

Un producto o servicio no conforme o defectuoso se considera inaceptable debido a una desviación del nivel de desempeño esperado.

Para una gráfica p, las no conformidades hacen inutilizable al producto o servicio y, por tanto, no conforme. Sirven para estudiar situaciones donde es necesario evaluar si el producto o servicio es bueno o malo, correcto o incorrecto, operante o inoperante.

1. Recopilar los datos: los tamaños de muestras bastantes grandes permiten conservar la sensibilidad de los cambios en el desempeño del proceso.
2. Calcular p (la fracción de unidades no conformes).
3. Trazar la fracción de unidades no conformes (p) en la gráfica de control.
4. Calcular la línea central y los límites de control [8].

Estudio de Caso

Se utilizan graficas de control C y P para realizar un completo control estadístico de procesos en la elaboración de tapas plásticas, comenzando por un diagrama de flujo el cuál indicará todas las operaciones que se llevan a cabo en la empresa.

Luego de eso se tomarán las muestras que son de las cajas que se producen para los lotes, la máquina que fabrica las tapas es llamada Sacmi, que es de producción continua con un tambor o carrusel y se compone de 64 cavidades. Esta máquina consta con 3 cámaras a la salida del carrusel, las que mediante una receta de parámetros que se ajustan a la cámara, esta detecta las tapas que salen con defecto y las separa mediante un emisor de aire para que solo pasen las que cumplen los requisitos adecuados. Gracias a este proceso existen muy pocos defectos en las cajas, pero a pesar de esto existen problemas de doblado de cortes o de

impresión ya que de esto se encarga otra máquina que, al cumplir varias funciones, tiende a pasar por alto ciertos productos que no están regulados con los parámetros. Por ello vamos a realizar este control estadístico para observar si se están cumpliendo con los parámetros estándar de la empresa que son del 2.1% de error máximo por lote.

Figura 2
Descripción diagrama de Flujo de Operaciones

DESCRIPCIÓN	OPERACION	TRANSFERENTE	CONTROL	ESPERA	ALMACEN
0) Se llena la tolva alimentadora.	○	⇓	□	D	▽
1) La máquina descarga la materia prima y el pigmento.	○	⇓	□	D	▽
2) Se mezclan la descarga de la materia prima y pigmento.	○	⇓	□	D	▽
3) Proceso de extrusión por medio de tornillo.	○	⇓	□	D	▽
4) Corte y premoldeo.	○	⇓	□	D	▽
5) Moldeo: por medio de presión hidráulica.	○	⇓	□	D	▽
4) Primer filtro de revisión.	○	⇓	□	D	▽
5) Enfriamiento de la tapa a 25° C.	○	⇓	□	D	▽
6) Orientador de tapas y Corte.	○	⇓	□	D	▽
7) Doblado de aletas internas de las tapas.	○	⇓	□	D	▽
8) Orientador de tapas: recoge las tapas de la tolva las ubica boca arriba.	○	⇓	□	D	▽
9) Proceso de enlaminado.	○	⇓	□	D	▽
10) Proceso de compresión del liner.	○	⇓	□	D	▽
11) Segundo filtro de revisión.	○	⇓	□	D	▽
12) Conteo de tapas y embalaje final.	○	⇓	□	D	▽
13) Traslado de tapas a bodega.	○	⇓	□	D	▽

Fuente: Autores

Para el primer control gráfico tomamos muestras de 20 cajas y las analizamos con respecto a la gráfica de control C, comenzando por buscar los límites superiores e inferiores y el límite central para así poder tener los datos necesarios y poder obtener la gráfica buscada.

Luego se toma otra muestra de 20 cajas que tienen 3100 tapas cada una para poder hacer el control con la gráfica P, así mismo calculando los límites superiores e inferiores más el central para poder realizar la gráfica que se encuentra en la sección siguiente.

Experimentación

A. Gráfica de Control C

Los límites de control se pueden obtener con las fórmulas mostradas a continuación:

$$(1) LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$(2) LSC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

En donde:

\bar{c} = cantidad total de no conformidades/ cantidad de total de los productos.

En tabla II se analiza el producto final la cantidad de defectos encontrados.

Tabla 2
lotes de muestra de la gráfica c

Lotes de tapas	Defectos
1	15
2	4
3	10
4	3
5	11
6	9

Lotes de tapas	Defectos
7	7
8	5
9	5
10	5
11	15
12	14
13	11
14	10
15	8
16	3
17	3
18	5
19	2
20	1

Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla de datos del total de defectos:

El número total de defectos es: 142

Los lotes de tapas en muestra: 20

$$\bar{c} = \frac{142}{20}$$

$$\bar{c} = 7$$

$$LCSC = 7 + 3\sqrt{7}$$

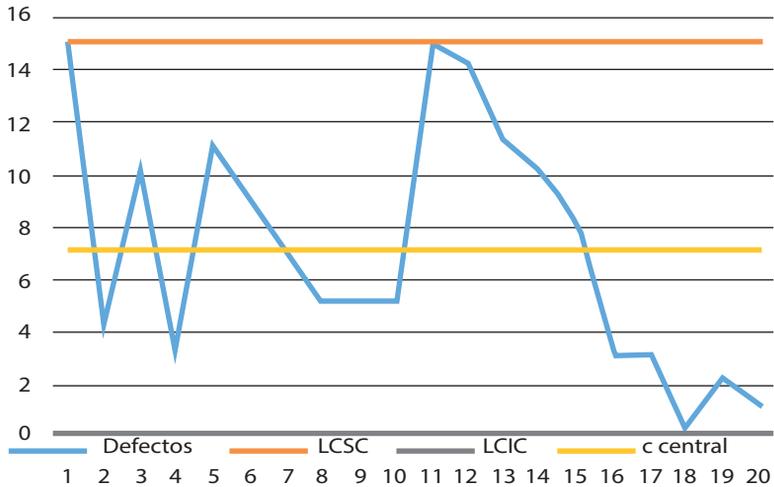
LCSC	15.09
------	-------

$$LCIC = 7 - 3\sqrt{7}$$

LCIC	0	0
------	---	---

Los defectos “c” se tabulan en el eje y.

Figura 3
Cantidad de no conformidades



Fuente: Autores

B. Gráfica de control P

Aplicamos las siguientes fórmulas:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n np}{\sum_{i=1}^n n} \tag{3}$$

$$LCSp = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \tag{4}$$

$$LCIp = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \tag{5}$$

En la tabla 3, de acuerdo a cada tamaño de muestra de las tapas tomadas, tenemos ciertos números de defectos hasta un máximo de 5 y un mínimo de 1.

Tabla 3
lotes de muestra de la gráfica P

Tamaño de muestra	Defectos encontrados	P
3100	4	0,00129
3100	2	0,00065
3100	3	0,00097
3100	3	0,00097
3100	2	0,00065
3100	4	0,00129
3100	2	0,00065
3100	5	0,00161
3100	4	0,00129
3100	5	0,00161
3100	2	0,00065
3100	4	0,00129
3100	3	0,00097
3100	3	0,00097
3100	3	0,00097
3100	4	0,00129
3100	2	0,00065
3100	4	0,00129
3100	3	0,00097
3100	4	0,00129

Fuente: Autores

En los datos de la tabla, defecto encontrado es p, mientras que el tamaño de muestra es m.

Total de defectos encontrados: 71

Total de tamaño de muestra: 62000

$$\bar{p} = \frac{71}{62000}$$

$$\bar{p} = 0,00115$$

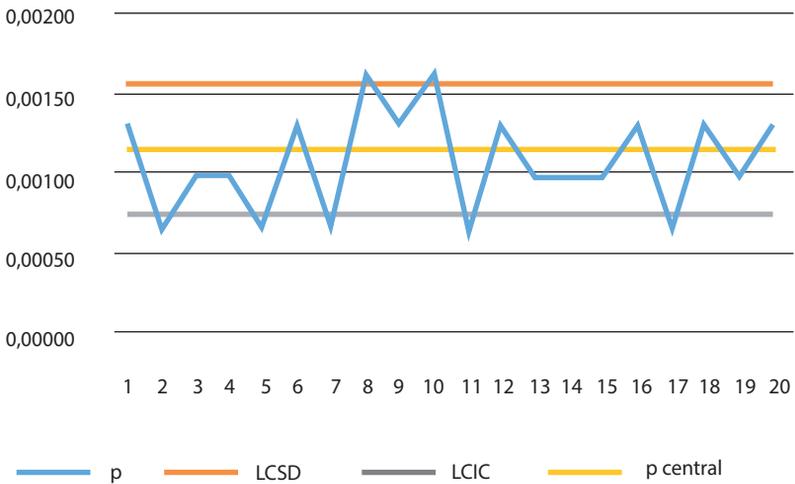
$$LCSC = 0,00115 + 3\sqrt{0,00115(1 - 0,00115)/62000}$$

LCSC	0,00155
------	---------

$$LCIC = 0,20 - 3\sqrt{0,20/1312}$$

LCIC	0,00074
------	---------

Figura 4
Gráfica de control (p)



Fuente: Autores

Conclusiones

Gráfica de control C. Con referencia al estándar de calidad que se maneja en la empresa, que es del 2.1%, no refleja lo que realmente produce la empresa ya que indica un margen del 7%.

Gráfica de control P. Con referencia al estándar de calidad de la empresa, que es 2.1%, refleja que ha habido una mejora notable en el control del proceso y se ha disminuido el margen de error al 1.2%.

Entonces, a la hora de tomar una decisión sobre el control de procesos debe tomarse en cuenta el gráfico de control P, que es el más exacto sobre el proceso que se lleva a cabo.

Referencias

- [1] D. Montgomery, Control estadístico del proceso, 2008.
- [2] H. Gutiérrez Pulido y R. De la Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Mc. Graw Hill, 2009.
- [3] H. Gutiérrez Pulido, Calidad total y productividad, Tercera ed., 2010.
- [4] D. Motgomery, Control Estadístico de la calidad, Tercera ed., Limusa Wiley, 2004.
- [5] P. Reyes Aguilar, Control Estadístico del Proceso, 2008.
- [6] A. M. Callum Niebla,, «Slideshare,» 23 Julio 2007. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/allen75/estudio-del-trabajo-produccion>.
- [7] T. Rojas, *Clase: Gestión de calidad: Gráficas de Control*, Guayaquil, 2016.
- [8] R. Leanenworth, Control estadístico de la calidad.

Determinación de constantes térmicas de conductividad de diferentes metales

Determination of Thermal Constants of Conductivity of Different Metals

Pérez Pablo, Daza Génesis, Guamán René, Jaramillo Joselyn, Leones Karla, Magallanes Javier, Medina Fernando, Moreira Oswaldo, Parrales Bryan, Preciado Rai, Quito Joao, Ruiz Kevin, Sánchez Ángel, Tipanluisa Juan

Resumen

Este trabajo muestra la determinación de una constante térmica, que sirva para aclarar la conducción del calor a través de diferentes placas. Se analiza y plantea el modelo de Fourier para ejecutar la tabulación de la capacidad del material para transmitir calor "K", en cada placa. Se emplean dos diferentes tipos de aleaciones metálicas para la transferencia de calor. Para verificar el estado de traspaso de calor se usará un par de termocuplas con un controlador industrial. El calor será conducido a través de un caudín. Durante el desarrollo del proyecto se podrá modificar la cantidad de calor, con el fin de obtener las diferentes constantes térmicas. Finalmente se obtendrá como resultado la placa más conductiva y la menos conductiva, térmicamente hablando.

Palabras claves: conducción, controlador, transferencia de calor, termocuplas, constante térmica.

Abstract

This work shows the determination of a thermal constant, which serves to clarify the conduction of heat through different plates. We analyze and propose the Fourier model to execute the tabulation of the capacity of the material to transmit heat "K", in each plate. Two different types of metal alloys are used for heat transfer. To verify the heat transfer status, a pair of thermocouples with an industrial controller will be used. The heat will be conducted through a soldering iron. During the development of the project the amount of heat can be modified in order to obtain the different thermal constants. Finally, the result will be the more conductive and less conductive plate, thermally speaking.

Keywords: conduction, controller, heat transfer, thermocouples, thermal constant.

Introducción

Algunos conceptos vistos en clases se podrán notar y harán énfasis en el funcionamiento y experimentación del mismo. Al querer determinar las constantes térmicas que sufren los metales frente al calor. Se dice

que el agua es mala conductora del calor en relación con el hierro, aun cuando el agua es un medio excelente para almacenar energía térmica.

La conductividad térmica de un material se puede definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura.

La conductividad térmica de sólidos a altas temperaturas no se puede estimar si sólo se conocen el calor específico, la velocidad de los portadores y el camino libre medio de estos. A su vez depende de la presencia de defectos en el material, así como, de la estructura cristalina y el tipo de átomos presentes [1].

La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor.

En los sólidos la conducción del calor se debe a dos efectos: las ondas reticulares de vibración inducidas por los movimientos de vibración de las moléculas, colocadas en posiciones más o menos fijas, de una manera periódica conocida como red cristalina, y la energía transportada por medio del flujo libre de electrones en el sólido.

La conductividad térmica de un sólido se obtiene al sumar la componente reticular y la electrónica. Las conductividades térmicas más o menos elevadas de los metales puros se deben principalmente a la componente electrónica [2]. La componente reticular de la conductividad térmica depende con intensidad de la manera en que las moléculas están dispuestas.

Es posible determinar la conductividad térmica de una sustancia particular, mediante la medición del tiempo de transferencia de una cantidad de calor conocida que pasa a través de una lámina constituida del material en cuestión.

En algunos procesos industriales se busca maximizar la conducción de calor, bien utilizando materiales de alta conductividad, bien

configuraciones con una gran área de contacto, o ambas cosas [3]. Ejemplos de esto son los disipadores y los intercambiadores de calor. En otros casos el efecto buscado es justo el contrario y se desea minimizar el efecto de la conducción, para lo que se emplean materiales de baja conductividad térmica, vacíos intermedios y se disponen en configuraciones con poca área de contacto [4].

Para dicho proyecto, tenemos como materiales principales el acero inoxidable y el hierro dulce, cuyos coeficientes térmicos son:

- Acero Inoxidable AISI 302: 15,1 (W/(m.K)).
- Hierro Dulce: 79,5 (W/m. K). [5]

Observemos que la transferencia de calor es la única interacción de energía que interviene en este trabajo, por lo tanto, el balance de calor se expresa en la siguiente ecuación 1: [1]

$$Q^* = k * A_s * \frac{\Delta T}{L} \quad (1)$$

Al despejar el coeficiente de conductividad, la ecuación 2 quedaría de la siguiente manera:

$$k = \frac{Q^* * L}{A_s * \Delta T} \quad (2)$$

El material con mayor valor de conductividad térmica, será el mejor conductor [6].

En este trabajo se pretende analizar el fenómeno de la conductividad para el traspaso de calor de una placa de acero inoxidable y de hierro dulce unida entre sí por un cordón de soldadura, identificar entre las dos aleaciones cuál es el mejor conductor térmico y definir el tiempo que se demora en calentar hasta cierta temperatura ambas aleaciones.

Como objetivos específicos de la investigación se plantea:

- a. Medir el traspaso de calor resultante de la combinación de las vibraciones de las moléculas de las dos aleaciones (hierro negro y acero inoxidable) y el transporte de energía por parte de los electrones libres.
- b. Medir la rapidez o razón de la conducción de calor a través de las aleaciones (hierro negro y acero inoxidable) mediante su configuración geométrica.
- c. Determinar el valor de conductividad térmica de ambas aleaciones para conocer el valor más elevado entre las dos que indicará cuál es el material con mejor conducción de calor.

Materiales y Métodos

En el presente trabajo se utilizaron los siguientes equipos para medición y generador de calor, como se observa en la Tabla 1:

Tabla 1
Equipos de medición

EQUIPOS A UTILIZAR		CANTIDAD
1	Controlador de temperatura	1
2	Termocupla	1
3	Cautín	1

Fuente: Autores

Tabla 2
Materiales

MATERIALES A UTILIZAR:	CANTIDAD	MEDIDAS
Hierro Dulce	1	(5x15x0,9)cm
Acero Inoxidable	1	(5x15x0,9)cm
Espumafón	1	

Fuente: Autores

Para el desarrollo de la investigación se aplicará la siguiente metodología:

- a. Se comenzará con la preparación de los materiales para el proceso de transferencia de calor a través de las placas. Primero, por medio de soldadura se unirán las dos placas (Acero Inoxidable y el Hierro Dulce 1018) de diferente conductividad térmica. Se tomará en cuenta la medida en la altura, el largo y el espesor de las placas que van a ser unidas.
- b. Se quitarán los restos de escoria para dar un buen acabado a la unión después de haber soldado las placas. Este acabado podrá ser a través de una pulidora para que elimine las partes sobrantes. Después se deberá realizar tres agujeros de 3/16" de diámetro para colocar la Termocupla que irá conectado al controlador de temperatura. Los agujeros se deberán hacer uno en el centro y los restantes en el lado derecho e izquierdo de las placas.
- c. Se colocará un soporte para que se asienten las placas y se pueda visualizar la conductividad térmica de las mismas. En este proyecto se utilizará como soporte plumafón blanco de espesor grueso para las placas.
- d. Se enchufarán los conectores de la termocupla al controlador para poder verificar el cambio de temperatura en ambas placas a través de la transferencia de calor y conductividad térmica colocando las termocuplas en los agujeros de las placas.
- e. En el proceso, se transferirá calor a una de las placas y después de un periodo de tiempo la temperatura superficial de la placa en contacto aumentará, mientras que en la otra placa la temperatura se mantendrá estable por lo que la Transferencia en Acero Negro es más rápida y produce una temperatura térmica de alrededor de los 48° C.
- f. Se verificará a través de cálculos y en base a los datos obtenidos, cuál será la conductividad térmica por medio de la conducción de dichas placas en un tiempo determinado [7].
- g. Lo primero que se va a calcular es la cantidad de calor que emite el caudín, colocando el caudín dentro de 1kg de agua, se conoce que el calor específico del agua es igual es 4.22 KJ/kg*K, se esperó

30 segundos para calcular la diferencia de temperatura y aplicar la siguiente fórmula:

$$Q = c_p * m * \Delta T \quad (3)$$

Donde c_p es el calor específico, m es la masa del agua y ΔT es la diferencia de temperatura (temperatura final - temperatura inicial) [1].

- h. Se calcula la razón de transferencia de calor, sabiendo el tiempo del experimento, a través de la siguiente ecuación:

$$Q' = \frac{Q}{\Delta t} \quad [\text{W}] \quad (4)$$

Donde Q' es la razón de transferencia de calor medida en W [1].

- i. A continuación se desea conocer el valor el flujo de calor. El flujo de calor es la razón de transferencia de calor por unidad de perpendicular a la dirección de esa transferencia, que se expresa de la siguiente forma:

$$q' = \frac{Q'}{A} \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad (5)$$

[1] siendo el área del caudín, la misma que se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$A = (\pi DL) * \left(\frac{2D^2}{4}\right) \quad (6)$$

- j. Conociendo el flujo de calor, se necesita conocer la transferencia de calor real que aplica al área de las placas, aplicando la ecuación 5, despejando el valor Q' de quedando de la siguiente manera:

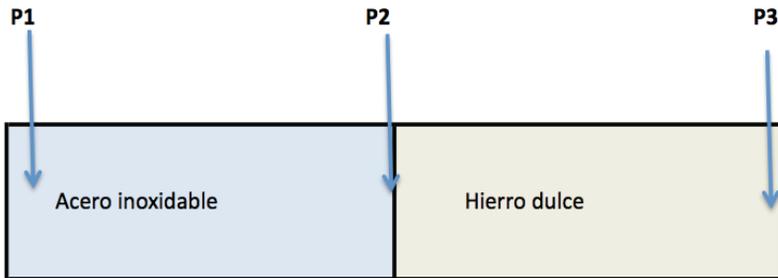
$$Q' = q' * A [\text{W}] \quad (7)$$

Siendo la sección de casquete esférico que se aplica sobre las placas de metal, la ecuación del área del casquete esférico es:

$$A = 2\pi rh \quad (8)$$

- k. Para determinar el coeficiente de conductividad de ambas placas, conociendo el valor de la transferencia de calor a partir de la fórmula 2; a través de la termocupla de conoce la temperatura en los siguientes puntos que se visualizan en la Figura 1.

Figura 1
Puntos de medición de temperatura



Fuente: Autores

- l. Se realizaron varias pruebas de medición de temperatura, donde se calculó un coeficiente de conductividad promedio y se la comparó en relación del coeficiente que se encuentra en las tablas de libros de transferencia de calor.

Resultados

Aplicando la fórmula 3, se realizaron 5 mediciones de temperatura por un tiempo de 30 segundos en cada análisis, quedando como resultado la siguiente Tabla 4.

Tabla 4
Cálculo de cantidad de calor emitida por el caudín

T inicial [°C]	T inicial [K]	T final [°C]	T final [K]	Q[KJ]
25,80	298,80	32,40	305,40	27,85
26,80	299,80	30,20	303,20	14,35
26,60	299,60	3,40	304,40	20,26
26,50	299,50	32,00	305,00	23,21
26,00	299,00	30,60	303,60	19,41

Fuente: Autores

La transferencia de calor promedio emitido por el caudín es de 700,52 W aplicando la ecuación 4, como se ilustra en la siguiente tabla 5.

Tabla 5
Transferencia de calor emitida por el caudín

Q[J]	Q''[W]	Q* prom [W]
27 852,00	328.40	700,52
14.348.00	478.27	
20.256.00	675,20	
23.210.00	773.67	
19.412.00	647.07	

Fuente: Autores

Sabiendo que el diámetro del caudín es de 2cm y 13cm de largo, el área del caudín da un resultado de $8,7965 \times 10^{-3} [m^2]$. El valor del flujo de calor aplicando la ecuación 5 es de $79.636,59 \frac{W}{m^2}$. El caudín genera calor alrededor de toda su área, pero no es la transferencia de calor que en realidad se emite directamente a las placas, tomando en cuenta que no es un sistema adiabático, es decir que sí intercambia calor con su entorno; la transferencia de calor aproximada se calculó aplicando la ecuación 7, sabiendo que el área del casquete esférico es de $6,723 \times 10^{-5} [m^2]$, el resultado da de un 5.35 [W].

En la tabla 6, se observa el valor del coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable AISI 302, el promedio da de 15,18 (W/(m.K)) con una diferencia del 0,55% en relación con el valor obtenido en los libros de transferencia de calor.

Tabla 6
Coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable

ACERO INOXIDABLE AISI 302						
Q*	TI [°C]	T2[°C]	k[W/mK]	k(prom)	k (tabla)	Diferencia
5,35	84,5	23,6	10,83	15,18	15,1	0,55%
	82,5	30,6	11,45			
	74,6	32,3	14,05			
	78,5	32,5	12,92			
	92,6	33,7	10,09			
	68,9	38,3	19,43			
	78,6	45,9	18,18			
	88,8	54,8	17,48			
	84,6	53	18,81			
	80,2	48,2	18,58			

Fuente: Autores

En la tabla 7, se observa el valor del coeficiente de conductividad térmica del hierro dulce, el promedio da de 98,29 (W/(m.K)) con una diferencia del 23,64% en relación con el valor obtenido en los libros de transferencia de calor. En el caso de estudio se supuso un “contacto perfecto” en dichas placas; pero la unión se da por soldadura lo que genera una resistencia térmica por contacto, dado que la unión se evidencian numerosos picos y valles lo que explica la diferencia mayor del coeficiente del hierro dulce.

Tabla 7
Coeficiente de conductividad térmica del hierro dulce

HIERRO DULCE						
Q*	TI [°C]	T2 (°C)	k[W/mK]	k(prom)	k (tabla)	Diferencia
5,35	29,6	26,4	185,76	98,29	79,5	23,64%
	30,6	27,4	185,76			
	32,3	28,9	174,84			
	32,5	28,9	165,12			

	33,7	29,4	138,24			
	38,3	25,5	46,44			
	45,9	27,7	32,66			
	54,8	32,1	26,19			
	53	31,4	27,52			
	48,2	35	0,41			

Fuente: Autores

Conclusiones

Se puede conocer que la placa con mayor conductividad térmica es el hierro dulce por lo que va a conducir con mayor rapidez el flujo calorífico por esta parte de la placa soldada. En la parte metálica con menor conductividad térmica, será mas lento el flujo de calor ya que el acero inoxidable posee una conductividad térmica de $15,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Al colocar el caudín en la parte del acero inoxidable se nota que el coeficiente de conductividad térmica promedio está alrededor de los $15,18 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Al colocar el caudín en la parte de hierro negro se nota que el coeficiente de conductividad térmica promedio es mucho mayor ($98,29 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) que la anterior placa con una diferencia del 6,5 a 1.

Se comprueba que ambas placas son buenas conductoras térmicas para la realización de este proyecto. Se tuvo que soldar ambas placas para poder observar la continuidad en la transferencia de calor. Las mediciones de temperatura a través del caudín en las placas, fue de 1 minuto y 30 segundos, hasta que los valores de temperatura permanezcan constantes, y para disminuir el porcentaje de error se realizaron 10 mediciones.

Los resultados ayudan a comprender y a comparar las diferentes combinaciones de aleaciones metálicas que se pueden realizar para cualquier proceso de conducción térmica y a la vez para medir los nive-

les de conducción más ágiles, ya que en la industria se busca optimizar recursos y tiempo.

Recomendaciones

Los espesores de los materiales a ensayar no deben ser demasiados grandes, es decir en este sistema espesores de 2.0 y 5.0 son recomendables ya que se mantiene el mejor estado estable y se asegura más el sentido de calor en estado longitudinal a la superficie medida.

El lugar donde se vaya a realizar el experimento debe ser un lugar cerrado donde las condiciones climáticas exteriores no afecten de forma excesiva el desarrollo de la prueba, es decir, que no existan corrientes de aire directa, humedad excesiva y temperatura ambiente que supere a la máxima o mínima a la que se prueben los espécimen.

Los materiales que contengan humedad deberán dejarse el tiempo suficiente de secado antes de ser evaluados en el gabinete de prueba, para evitar errores al tomar las lecturas de temperaturas y también evitar contracciones del material por pérdida de agua.

Es importante seguir correctamente los procedimientos de elaboración de los materiales a evaluar, tratando de asemejarse en lo más posible a las condiciones comunes de uso.

La propiedad térmica de un material puede ser determinada por una sola medición sólo si la muestra es típica del material y el (los) espécimen (es) son típicos de la muestra. Entre más pruebas se hagan de un mismo material, el error o incertidumbre tiende a disminuir.

Referencias

- [1] Cengel, Y. A., & Ghajar, A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Editorial McGraw-Hill.

-
- [2] Isachenko, V. P., Osipova, V., Sukomel, A. S., Ganzo, Á. I., &Iremul, J. N. (1973). *Transmisión del calor*. Barcelona: Marcombo.
- [3] Incropera, F. P., &DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Pearson Educación.
- [4] Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., Franchini, C. S., &Vélez, G. Z. (1998). *Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa*. Limusa-Noriega.
- [5] Young, Hugh D. (1992). *University Physics*. 7th Ed. Tabla 15-5.
- [6] Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., &Skarina, S. F. (2006). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones* (Vol. 1). McGraw-Hill.
- [7] Lira-Cortés, L., González Rodríguez, O. J., & Méndez-Lango, E. (2008). *Medición de la conductividad térmica de algunos materiales utilizados en edificaciones*. In *Simposio de Metrología*.
- [8] Cenguel, Y, Boles, A. (2012). *Termodinámica*. Editorial McGraw-Hill.

Aplicación de control estadístico para una industria fabricante de sacos

Application of statistical control for a sack-making industry

Rojas Tania, Aguilar David, Dután Gerardo, Elizalde Judith,
García Alex, González Juan, Mendoza Jonathan

Resumen

El control estadístico y mejora de los procesos con la implementación de técnicas estadísticas es un método de mejora continua de la calidad y los procesos que operan dentro de una empresa desde la disminución sistemática de las características que representan un mayor porcentaje en la calidad de los servicios y productos a través de las herramientas más utilizadas en este proceso tales como el seguimiento, control y mejora de los procesos teniendo en cuenta las exigencias del cliente para la correcta adaptación del producto o servicio y así apartar el lote o unidad que no cumpla dicha exigencia. El control estadístico de la calidad y mejora de procesos es una aplicación dedicada a la prevención, es decir que los gastos que la implementación implica, más que un coste representa una buena inversión. A su vez se basa en una serie de conceptos fundamentales como es el de la prevención, el trabajo en equipo y características de control, las herramientas más utilizadas son el diagrama de causa-efecto, gráficas de control por variables y por atributos, diagrama de Pareto. Este proyecto analiza la situación de la industria Corpolymsa S.A. dedicada a la fabricación de sacos y telas de polipropileno mediante una antigua herramienta de calidad conocida como Diagrama de Pareto para implementarlo en 100 muestras de sacos de 40x75 Natural Sencillo Boca Zanahoria.

Palabras claves: calidad, control, estadística, método.

Abstract

Statistical control and improvement of processes with the implementation of statistical measures is a method of continuous improvement of the quality and the processes that operate inside of a Company from the systematic reduction of the features that represent a higher percentage in the quality of services and products through the tools most used in this process such as monitoring, control and improvement of processes taking into account the requirements for the correct adaptation of the product or service and thus to separate the lot or unit that does not comply with said requirement of the customer. The statistical control of the quality and improvement of processes is an application dedicated to the prevention that is to say that the expenses of the implementation imply more than a cost, represents a good investment. In turn, it is based on a series of fundamental concepts such as prevention, the most used tools are the cause-effect diagram, control charts by variables and by attributes, Pareto diagram. This project analyzes the situation of Corpolymsa S.A. dedicated to the manufacture of sacks and polypropylene fabrics using an old quality tool known as Pareto Diagram to implement it in 100 samples of sacks of 40x75 Natural Simple Boca Carrot.

Keywords: control, method, quality, statistics

Introducción

El control estadístico de procesos tuvo su inicio en los años 20's con el Dr. Shewhart, pero no fue hasta la Segunda Guerra Mundial cuando comenzó a aplicarse prácticamente en la industria.

Su desarrollo comenzó en Estados Unidos con la producción de artículos militares de bajo costo, buena calidad y en gran volumen. Sin embargo, no fue precisamente en Estados Unidos en donde tuvo su auge.

En un principio se realizaron diversos seminarios sobre control estadístico de procesos enfocándolos principalmente a la alta dirección, esto es, a directores y presidentes. El principal conferencista fue el Dr. Edwards Deming, el cual se considera que introdujo el control de calidad en Japón. Posteriormente, se creó una conciencia de participación total, es decir, se vieron involucrados todos los niveles dentro de las empresas y no únicamente la alta dirección.

La noción y el uso de las técnicas de muestreo y análisis estadístico, en ambientes de producción, tuvo su inicio en 1920. El objetivo de dichos conceptos es la reducción sistemática de la variabilidad [1].

En una industria fabricadora de productos en este caso de sacos de polipropileno los factores que interactúan son las áreas de diseño, compras, producción, ventas y servicio, es decir dentro de una compañía se recibe la materia prima o los componentes que se utilizarán para la transformación del producto, obteniendo así el producto final para que los usuarios lo obtengan.

Un buen manejo debe ser implementado y estar al tanto de todos los conocimientos tecnológicos del proceso para implementar una herramienta adecuada [2].

Objetivo General

Mejorar los procesos operativos Corpolymsa S.A. basándose en técnicas estadísticas.

Objetivos específicos

- Detectar las variaciones en el proceso dentro de la industria Corpolymsa S.A. que puedan afectar la calidad del producto.
- Corregir e implementar un análisis una vez obtenidos los resultados.

Metodología

La fundamental base para el control estadístico fue la recopilación de datos; mediante muestreo en las líneas de producción de la empresa, se logró conseguir datos del año 2016, mediante una antigua herramienta de calidad conocida como Diagrama de Pareto, analizaremos cuáles son los reclamos más frecuentes en la producción de sacos.

El realizar la observación de campo se basa en contar con una guía de información para recopilar los datos y para investigar o identificar los indicadores y relaciones entre las variables que existan. En el registro de las observaciones en la industria se utiliza un diario de campo y cámaras fotográficas, para suplementar con elementos audiovisuales dicha investigación. Wilfrido Pareto enunció que el diagrama Pareto está basado en la ley “80-20”, indicando que el 80% de la riqueza está en manos del 20% de la población. Este principio se aplica a diferentes actividades como el 80% de las ventas se realiza al 20% de los clientes. El diagrama de Pareto es similar al análisis ABC, es decir que el 80% de los problemas se pueden solucionar si se eliminan el 20% de las causas que lo ocasionan [3].

Los pasos para la implementación del diagrama de Pareto son:

1. Observación del campo.
2. La elaboración del diagrama con los datos previamente recolectados.

Implementación del Control Estadístico

El diagrama de Pareto se basa en determinar los problemas de mayor importancia en relación a su frecuencia de ocurrencia o costo y permite fijar las prioridades de mediación. Es sumamente importante

identificar los problemas o las áreas a mejorar de una empresa y a su vez buscar la solución. Luego de tabular los datos proporcionados por el personal de Logística de la empresa, mediante el método Diagrama de Pareto, siendo la fórmula:

Figura 1
Fórmula del porcentaje relativo de cada causa o factor

$$\text{Porcentaje relativo} = \frac{\text{Frecuencia de la causa}}{\text{Total de Frecuencias}}$$

Fuente: Autores

La suma de todos los porcentajes de la tabla tiene que dar como resultado igual a 100%. El porcentaje relativo acumulado se consigue mediante la suma de los porcentajes tabulados de manera sucesiva, es decir con los datos obtenidos se obtiene el porcentaje de veces que muestra el problema y a su vez buscando la solución para eliminar las razones por las que se dan tomando medidas efectivas [4].

Se realizó una observación de 100 muestras de sacos de 40x75 Natural Sencillo Boca Zanahoria como se muestra en la tabla 1 y 2, para lo cual se tomó la medida del ancho en centímetros y el peso del saco en gramos.

Tabla 1
muestras de sacos de 40x75 Natural Sencillo Boca Zanahoria

	Ancho 40,3 cm	Ancho 40 cm
40,20	39,80	40,20
40,50	40,10	40,50
40,70	40,30	40,10
40,80	39,50	40,80
40,00	39,80	40,00
40,20	40,10	41,00
40,20	40,30	40,50
40,30	40,80	40,50
39,90	40,00	40,20

Ancho 40,3 cm		Ancho 40 cm
40,10	40,20	40,70
40,00	40,20	41,00
40,00	40,80	40,20
40,20	41,00	40,10
40,30	39,50	40,20
40,50	39,20	39,90
40,80	40,00	39,60
40,60	40,20	40,20
40,50	40,10	40,50
40,50	40,30	40,60
40,50	40,30	40,00
40,60	40,50	40,20
41,00	40,10	40,20
40,50	40,20	40,20
40,20	40,20	40,20
40,30	40,00	40,20
40,70	39,50	40,50
40,70	39,80	40,50
40,50	40,00	40,60
40,80	39,50	40,10
40,20	40,00	40,30
40,20	41,00	40,50
40,30	40,50	40,60
40,50	40,50	40,50
40,80		

Fuente: Autores

La producción de Corpolyma S.A. se basa en los pedidos de sacos de propileno, para lo cual tenemos los datos basados en nuestra investigación y, a su vez, realizar el debido proceso mediante la herramienta de calidad conocida como diagrama de Pareto [5].

El proceso se desarrolla en el siguiente orden:

a. Identificar el problema

La empresa escogida corresponde al sector industrial, se necesita saber porque se producen los reclamos en la producción de sacos.

Tabla 2
Muestras de sacos de 40x75 natural sencillo boca zanahoria

Peso 37.10 GR	Peso Normal 37 GR	
37,70	37,85	36,70
37,63	37,22	36,55
37,66	37,32	37,16
36,68	37,63	37,24
37,67	37,59	36,85
37,72	37,44	36,91
37,65	37,38	36,52
37,64	37,67	36,71
37,67	37,69	36,55
37,58	37,99	36,48
37,73	37,92	36,85
37,88	37,88	36,92
35,48	36,85	36,68
35,68	36,92	36,72
37,81	36,79	36,52
37,77	36,80	36,43
37,46	36,76	36,79
37,74	35,92	36,81
36,04	36,60	36,82
35,98	36,68	36,93
38,07	36,85	36,83
38,21	36,93	36,85
38,36	36,69	35,32
37,57	36,71	35,48

Peso 37.10 GR	Peso Normal 37 GR	
37,93	36,89	35,96
37,89	36,91	35,56
37,89	36,24	36,87
37,80	36,38	35,92
36,98	36,92	36,88
37,63	37,01	36,92
37,66	37,04	36,62
37,68	36,88	38,41
38,08	37,06	38,30
37,22		

Fuente: Autores

b. Recolección de datos

Después de inspeccionar 100 muestras durante 3 meses, hemos reunido los datos de las reclamaciones.

c. Clasificar los datos obtenidos

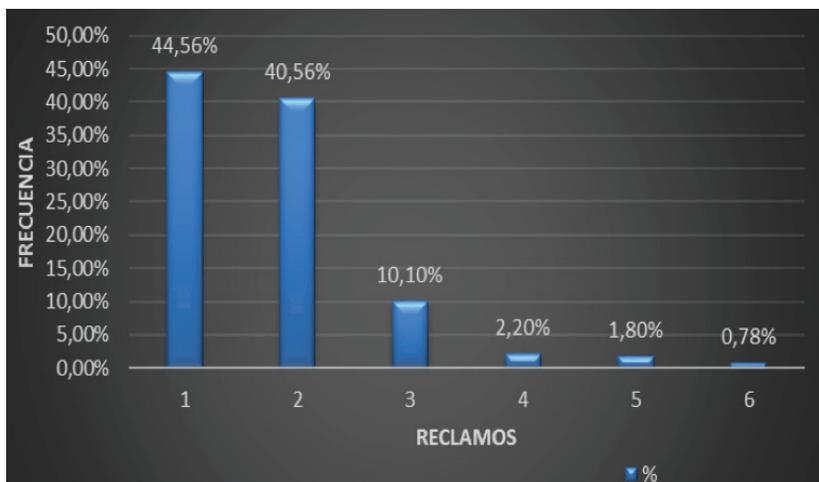
Clasificar los datos obtenidos según su magnitud es decir de mayor a menor o según su ocurrencia como se muestra en la Tabla 4.

d. Determinar los porcentajes

Dentro de la tabla se determina los porcentajes, individual y acumulado de cada reclamo como se muestra en la Tabla 5. Cada reclamo representa su proporción, así dando a conocer cuánto es su magnitud [6].

e. Dibujar el gráfico de barras

Figura 2
Gráfico de barras de reclamos en la producción de sacos



Fuente: Autores

Tabla 4
Reclamos En La Producción De Sacos De Mayor A Menor

Nº	RECLAMOS	FRECUENCIA
1	ANCHO DEL SACO	267
2	PESO DEL SACO	243
3	LARGO DEL SACO	61
4	COLOR DEL TEJIDO / TRANSPARENCIA	13
3	IMPRESIÓN DEL TEJIDO	11
6	UNIDADES POR BULTO	5
	TOTAL	600

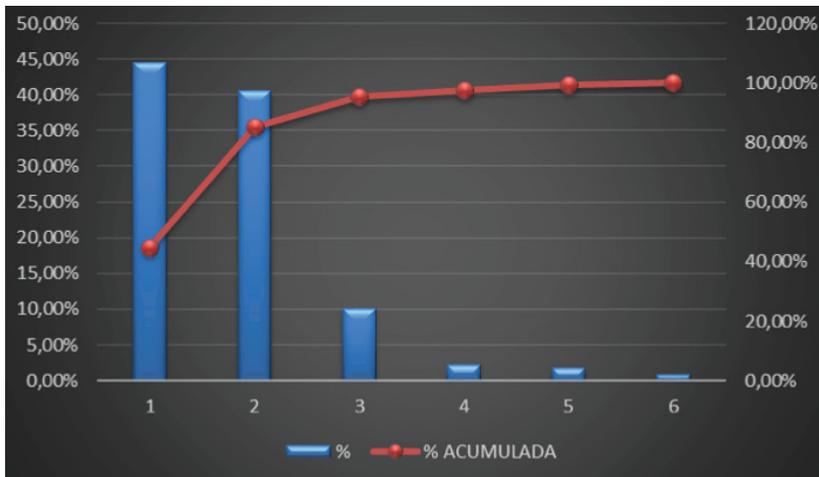
Fuente: Autores

Tabla 5
Reclamos en la producción con los porcentajes

Nº	RECLAMOS	%	% ACUMULADA
1	ANCHO DEL SACO	44,56%	44,56%
2	PESO DEL SACO	40,56%	85,12%
3	LARGO DEL SACO	10,10%	95,22%
4	COLOR DEL TEJIDO / TRANSPARENCIA	2,20%	97,42%
5	IMPRESIÓN DEL TEJIDO	1,80%	99,22%
6	UNIDADES POR BULTO	0,78%	100,00%
	TOTAL	100,00%	

Fuente: Autores

Figura 3
Gráfica de la curva de los porcentajes acumulados



Fuente: Autores

f. Dibujar la curva representativa de los porcentajes acumulados

El análisis del diagrama de Pareto que se muestra en la figura 3 se puede visualizar que existen dos problemas o causas notables, como:

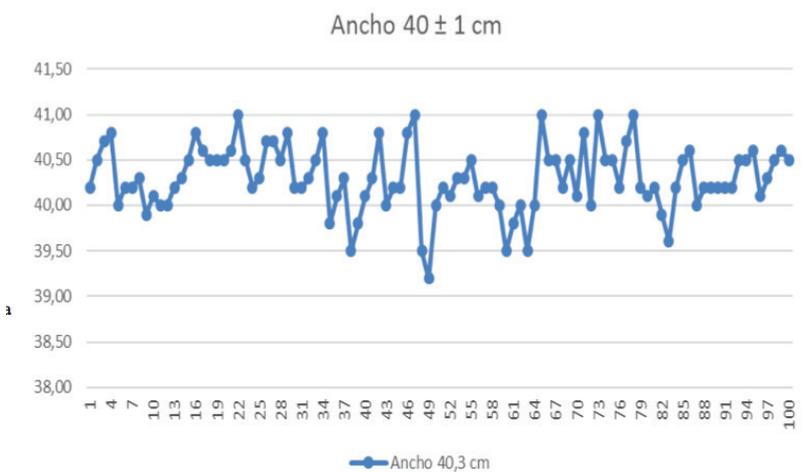
Ancho del saco y Peso del saco es decir se debe dar preferencia al primer reclamo siendo el 85,12 % y el 14,08 restante repartido entre más de otras 4 causas.

Se debe analizar el problema y buscar la solución para obtener un buen producto.

Al realizar el muestreo aleatorio de 100 unidades de cada variable (ancho y peso) podemos determinar mediante graficas de control si nuestro proceso se encuentra dentro o fuera de especificación. Las tolerancias como se muestra en la figura 4 y 5, para las medidas de ancho son ± 1 cm y para el peso es de ± 2 g. [7].

Resultados

Figura 4
Gráfica de control para los anchos muestreados



Fuente: Autores

Figura 5
Gráfica de control para los pesos muestreados



Fuente: Autores

Aunque en el historial de reclamos de la empresa podemos observar que el ancho del saco y el peso del saco han sido los reclamos más frecuentes, podemos observar que los procesos actualmente se encuentran controlados; es decir, que las acciones correctivas que se tomaron en su momento dieron un resultado satisfactorio.

Conclusiones

Los resultados del muestreo para los anchos del saco y para los pesos del saco nos indican que se encuentran dentro de tolerancia cada uno; es decir, que este proceso se encuentra controlado.

En caso de una auditoria externa o que algún cliente solicite información, podemos mostrar estas gráficas de control para evidenciar que los controles estadísticos que se llevan a cabo para garantizar la calidad del proceso de producción de sacos de polipropileno son eficientes.

Referencias

- [1] C. M. Maldonado, “Control Estadístico de procesos y aplicaciones a empresas de servicios,” 2nd ed. vol. 3, CNSF Ed. México: 1964, p. 1–49.
- [2] A. Ruiz, F. Rojas, “Control estadístico de procesos” Universidad Pontificia Comillas, Madrid: 2006, p. 4–73
- [3] M. Sende “Diagrama de Pareto”, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad de Vigo, 2012 p. 1-6
- [4] Publicaciones Vértice S.L., “Gestión de la calidad (ISO 9001/2008)”, Ed. Ver-tice:2006, Málaga, p. 9-89
- [5] J.L. Navarro, “control estadístico de la calidad en procesos multivarian-tes auto correlacionados”, Universidad de Castilla-La mancha, Cuenca:2005
- [6] Navarrete, E. (1998); Control estadístico de la calidad control estadístico de procesos. Ed. Adhara. Granada, p. 135.
- [7] Pydek T. (1996); Manual de control de calidad en ingeniería. Ed. Mc Graw-Hill. México, p. 617.

Prótesis desarrolladas para uso del ser humano

Prosthetics developed for use of the human

Parra Pablo, Jiménez Jomayra

Resumen

En este trabajo se detallan las causas por las que una persona usa prótesis, así como los diversos riesgos a los que el individuo se encuentra cuando sufre algún tipo de amputación en su cuerpo. La elaboración de una prótesis conlleva considerar la normativa que la regula. Existen diversos tipos de prótesis para cada necesidad que se requiera. En la fisioterapia el uso de prótesis desempeña un papel fundamental para aquellos individuos que por alguna enfermedad cerebral poseen una incapacidad para poder moverse, utilizando así exoesqueletos que le permitan rehabilitar aquella parte del cuerpo que ha perdido su movilidad. Sin embargo, en la actualidad el avance tecnológico de las prótesis va en aumento y ha permitido desarrollar diversas variedades de prótesis, pero aún no se ha logrado crear una prótesis que reemplace las funcionalidades en su totalidad del miembro amputado.

Palabras Claves: prótesis, amputación, exoesqueleto, rehabilitación, terapia física, extremidad inferior.

Abstract

This paper describes the reasons why a person uses prostheses, as well as the various risks to which the individual is when he suffers some kind of amputation in his body. The development of a prosthesis entails considering the regulations that regulate it. There are different types of prosthesis for every need that is required. In physiatry the use of prosthesis plays a fundamental role for those individuals who for some brain disease have an inability to move, thus using exoskeletons that allow rehabilitation of that part of the body which has lost its mobility. However, at present, the technological advancement of prostheses is increasing and has allowed the development of several varieties of prostheses, but it has not yet been possible to create a prosthesis that replaces the functionalities of the entire amputated limb.

Keywords: amputation, exoskeleton, rehabilitation, physical therapy, lower extremity.

Introducción

La utilización de prótesis data del 950 al 710 AC., según el hallazgo encontrado en el Cairo, Egipto de la prótesis perteneciente a una momia egipcia. El término prótesis denomina la extensión artificial que reemplaza o provee alguna parte del cuerpo faltante y se la utiliza para la sustitución que alguna parte del cuerpo que haya sido perdida a causa de accidentes, cáncer, males formaciones congénitas o inexistencia de alguna parte del cuerpo. Se conoce como prótesis somáticas aquellas

prótesis que se realizan en las zonas alejadas al rostro. El uso de prótesis se prevé que cumpla las mismas funciones que cumplía la parte faltante, en ocasiones es usado por estética como por ejemplo el cambio de sexo de hombre a mujer [1] [2].

Las amputaciones por lo general causan un gran impacto a nivel físico, a como emocional y social. Cuando se origina la pérdida de una extremidad suele ser relacionada a la muerte de un familiar del individuo, porque el individuo pasa por un proceso de duelo ante la pérdida y sabe que más nunca volverá a sentirse completo. Este evento tiene su repercusión en la salud psicológica del individuo, generando ansiedad y depresión. Tras la amputación el individuo se siente embargado de sentimientos de tristeza, negación, ira y, poco a poco, aparecen los pensamientos suicidas. Cuando el individuo no acepta la situación, el cambio en la imagen corporal se considera que es una pérdida de la independencia y funcionalidad del ser humano, generando sentimientos de inferioridad y comparación con los demás seres humanos, acompañando del negativismo ante su salud y aislamiento temporal del individuo. Para desarrollar una prótesis, va a implicar fusionar conocimientos de la fisiología del cuerpo humano y biomecánica humana, así como mecanizar materiales y hacer prototipos de mecanismos según la interfaz hombre-máquina [2].

El termino amputación es derivado del latín *amputare*, lo que significa cortar o separar de manera eterna un miembro o porción del cuerpo humano. La amputación es una condición de carácter permanente; cuando una amputación sucede, se deben tomar las medidas necesarias, tales como la rehabilitación para direccionar al individuo acerca de su condición, considerando que, al no realizarse las rehabilitaciones necesarias, generarán un impedimento severo al momento de efectuar tanto las actividades cotidianas como las laborales, debido a las capacidades limitadas del individuo. La funcionalidad del individuo variará dependiendo de las amputaciones recibidas. Según la clasificación de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos, define a las amputaciones realizadas en

el muslo y la pierna como transfemoral y transtibial, respectivamente. Mientras que aquellas amputaciones que son realizadas en las articulaciones, como es el caso de la rodilla y tobillo, toman el nombre de desarticulación de rodilla y tobillo, respectivamente [3].

Los individuos con alguna amputación en sus extremidades inferiores suelen presentar una dificultad mayor en la marcha, en comparación a los individuos que no tienen esta condición. La velocidad autoseleccionada para caminar conocida como SSWS por su terminología en inglés (self selected walking speed), va a variar según el individuo, debido a la comodidad existente en la marcha espontánea. La marcha es la secuencia de una serie de movimientos tanto coordinados como alternantes que permitirán al individuo desplazarse; esta marcha es compleja porque implica la interacción de las diversas estructuras del cuerpo humano, como es el caso del Sistema Nervioso Central y Sistema Óseo. Este último va a proporcionar palancas, las cuales proveerán el movimiento correspondiente de los huesos del cuerpo, estas palancas se moverán con la ayuda de las fuerzas que proporcionará el Sistema Muscular que es el encargado de realizar esta función. Una alteración en los diversos sistemas que influyen en una marcha va a generar que el individuo presente alteraciones al momento de realizar la marcha. La marcha de los seres humanos es diferente en comparación con los animales cuadrúpedos cuyo centro de masa está localizado dentro de su base de soporte, es decir, sus cuatro patas. Mientras que la marcha bípeda que realizan los seres humanos es inestable debido a que los centros de masa existentes poseen una altura elevada sobre la base de soporte, permitiéndole mantener la estabilidad con la ayuda de la correcta postura de su tronco erguido, esto generará que su centro de masa se encuentre dentro de las bases de soportes, en este caso serían las piernas[3] [4] [5] [6].

a. Objetivo General

Conocer el estado actual de la ciencia en prótesis para las extremidades inferiores del hombre.

b. Objetivos Específicos

- Analizar las principales causas que inducen al desarrollo de prótesis.
- Mostrar los avances en desarrollo de prótesis para las extremidades inferiores del ser humano.

En la sección de “Prótesis en la Medicina” anunciaremos el avance y aceptación que las prótesis en la actualidad poseen, mientras que en la sección de “Prótesis Mecánicas y Electrónicas” revisaremos las normas de estandarización en lo que compete al diseño y construcción de prótesis. Además, se indagará acerca de la rehabilitación de personas que se han visto afectadas por alguna enfermedad o amputación, para ello es necesario conocer la “Clasificación de las Prótesis por su Acción” y las subdivisiones que esta clasificación posee. Para concluir con la “Actualidad y Uso de los Exoesqueletos” como una buena alternativa para terapia física.

Generalidades

a. Biomecatrónica

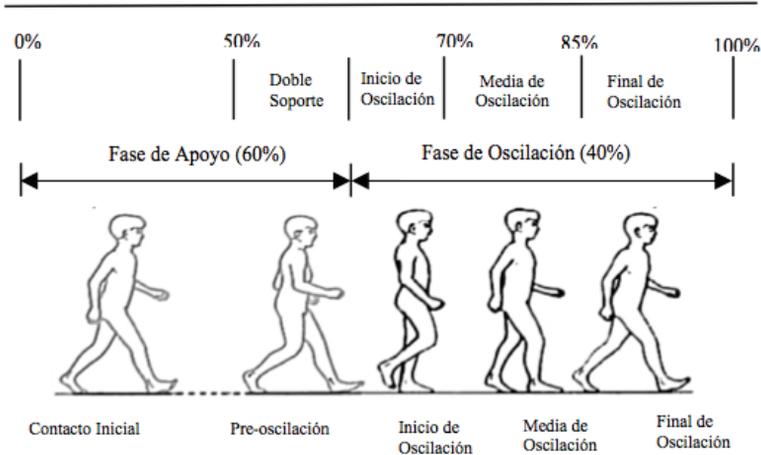
La ciencia de la biomecatrónica es la encargada de vincular al hombre con las máquinas, esta acción ha permitido que aparezcan prótesis robóticas. El uso de la robótica en la medicina tiene su auge en la rehabilitación, se requiere utilizar sistemas robóticos permitiendo con facilidad realizar el proceso de rehabilitación en aquellos individuos donde se requiere ejecutar una serie de repeticiones precisas en la práctica de acciones específicas, como el caso del entrenamiento de la marcha para aquellos individuos que han sufrido una amputación en su extremidades inferiores debido accidentes, mal formaciones congénitas, enfermedades congénitas o amputaciones por medidas quirúrgicas. Desde la perspectiva de la biomecánica, el cuerpo humano es considerado como un sistema que se encuentra conformado por una serie de segmentos, en los cuales se ejerce fuerzas externas e internas. El análisis de

estas fuerzas que actúan en el cuerpo humano puede considerarse de la siguiente manera: las fuerzas externas se basan en el análisis cinemático del movimiento humano, mientras que las internas en las capacidades elásticas, es decir, los tendones del cuerpo humano [4] [7].

En las extremidades inferiores, durante el proceso de marcha, los miembros inferiores se encuentran sometidos a impactos repetitivos derivados de su interacción frecuente con el suelo, esto, cada vez que el individuo se desplace; la rodilla es quien realiza uno de los movimientos más complejos del cuerpo humano, a simple vista se tiene la percepción que solo realiza una simple rotación cerca de un eje que se encuentra fijo, cuando en realidad este movimiento no es más que el resultado de los tres movimientos combinados, que son: rotación, oscilación y traslación. En términos médicos esta serie de movimientos es conocido como el centro instantáneo de rotación de esta articulación que se encuentra cambiando de manera constante sus movimientos a medida que el individuo se desplaza. La serie de estos movimientos va a permitir al individuo realizar una marcha controlada [8] [9].

En los sistemas móviles de rehabilitación se puede identificar el funcionamiento de la marcha humana. El proceso de locomoción bípeda también conocido como proceso de marcha es cuando el cuerpo se desplaza de manera erguida hacia delante, generando que el peso sea soportado de forma alternativa entre ambas piernas; en el momento en que el cuerpo se encuentra soportándose sobre la pierna que está haciendo contacto con el suelo, la otra pierna se encuentra alistándose para ser el siguiente apoyo. En este proceso de marcha existe un corto tiempo en el que ambos pies simultáneamente descansan sobre el suelo; cuando se aumenta la velocidad en la marcha, el periodo de descanso se vuelve más corto hasta que el individuo empieza la acción de correr, dando origen a que ambos pies se encuentren suspendidos en el aire por un corto lapso de tiempo, para ello se puede observar la ilustración de la figura 1 la fase de apoyo y oscilación que se presenta en el proceso de marcha [7] [10] [11].

Figura 1
Ciclo de marcha humana [7]

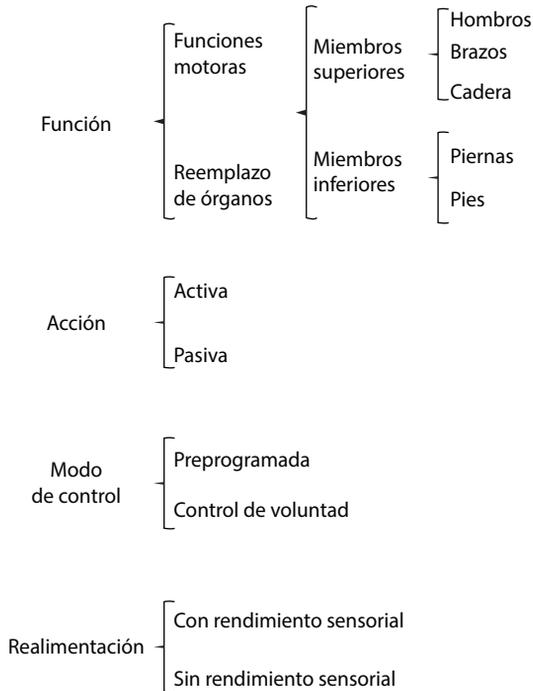


b. Prótesis Mecánicas y Electrónicas

Las prótesis mecánicas y electrónicas se encuentran normadas con el objetivo de garantizar que en ningún momento el elemento afecte al individuo que hace uso de ella, este elemento se usa como un aditamento al cuerpo humano, La norma ISO The International Organization for Standardization sobre las prótesis y órtesis, cubre aspectos fundamentales tales como desempeño, factores ambientales, seguridad, intercambiabilidad, equipos auxiliares, procedimientos, efectos térmicos (SO/TC 168,1968; ISO 8549-1, 1987; ISO 8549-2, 1989; ISO8549-4, 2014). El uso de prótesis es la consecuencia de accidentes, enfermedades, cáncer, mal formaciones, etc., el impulso de las mismas fueron la necesidad de dar mejores condiciones de vida a los sobrevivientes de guerras. En la medicina, el ámbito de acción de una prótesis se puede clasificar como prótesis pasiva o prótesis activa. Mediante esta clasificación se puede definir si el elemento requiere energía adicional o no, en el caso de requerirla, se la puede proporcionar por el uso de algún motor para realizar el trabajo. Por otro lado, las próte-

sis pasivas no poseen elementos activos en su integración. La clasificación de las diversas variedades de prótesis la podemos observar a continuación en la figura 2 [12] [13].

Figura 2
Clasificación de prótesis [12] [13]



Prótesis Por su Acción

a. Prótesis Pasiva

El desarrollo y uso de prótesis pasivas para los miembros inferiores son las más comunes al realizarse, estas son comúnmente utilizadas

para el tratamiento articular en personas que han contraído enfermedades como: osteoartritis, artrosis, además su uso también se puede dar en personas que hayan tenido alguna afectación en rodillas y tobillos [12] [13] [14]. En la osteoartritis de tobillo, los resultados de la aplicación de prótesis que se implantan en la articulación, son variados. Debido a la biomecánica del paciente y la relación al centro de rotación del astrágallo, una mala alineación del implante provocaría resultados negativos, por ello aún se continúa mejorando el diseño de estas prótesis para que a futuro existan mejores resultados. La figura 3 muestra el diseño que actualmente se utiliza para la prótesis de tobillo [8] [15].

Figura 3
Prótesis de tobillo [12]



En la figura 4 se puede observar la prótesis realizada a una persona, como se ilustra su ubicación, en su tobillo la prótesis una vez implantada en el cuerpo humano.

La importancia del buen posicionamiento de la prótesis en el cuerpo y el diseño de la misma, radica en que el tobillo es la articulación que más carga soporta, en cuanto a superficie se refiere, recibiendo alrededor de 500 N de carga [8] [15].

Figura 4
Vista frontal y lateral de prótesis de tobillo
implantada en el cuerpo humano [12]



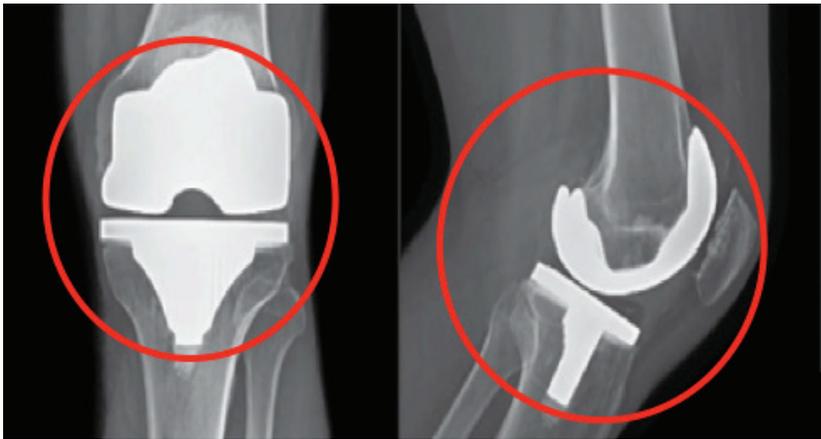
La artrosis es aquella condición que afecta a la rodilla con mayor frecuencia. La imposibilidad de poder reemplazar los ligamentos cruzados genera llegar a una biomecánica normal de rodilla. En la figura 5 se muestra una prótesis total de rodilla con sustitución de ligamento cruzado posterior [13] [14].

Figura 5
Prótesis total de rodilla con sustitución
de ligamento cruzado posterior [14]



En la figura 6 gracias a un examen de Rayos X, se puede observar la rodilla frontal y lateral de una persona con un implante de prótesis realizado con el modelo que se mostró en la figura 5, esta prótesis se la conoce como una prótesis total de rodilla, la cual es implantada en el cuerpo humano.

Figura 6
Prótesis total de rodilla implantada en el cuerpo humano [14]

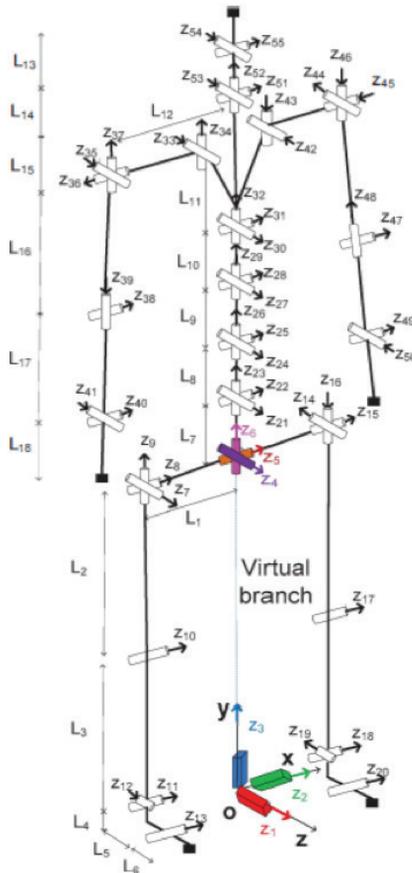


b. Prótesis Activa

En cuanto al desarrollo de prótesis de acción activa para el ser humano, estas siguen en constante estudio pues debe analizarse la biomecánica del cuerpo humano y su aplicación en el mismo, ya que podemos llegar a tener prótesis que reemplacen un miembro hasta aquellas que lo rehabilitan o incrementan la habilidad del miembro, sin necesidad de que este se mantenga ausente del cuerpo debido alguna amputación o malformación [8] [10] [16] [17] [18]. Para poder lograr un diseño adecuado de las prótesis, es necesario conocer la mecánica del cuerpo humano para poder idealizar un diseño acorde, es así que se debe conocer el ciclo de marcha que posee un individuo, además como parte del

estudio es necesario conocer la anatomía del cuerpo humano, para ello se realiza estudios de la estructura ósea, e inclusive se debe considerar la función de los músculos, ligamentos y órganos hasta llegar al análisis del sistema nervioso. En la figura 7 se muestra la digitalización del esqueleto humano, considerando las articulaciones del cuerpo humano [10] [19].

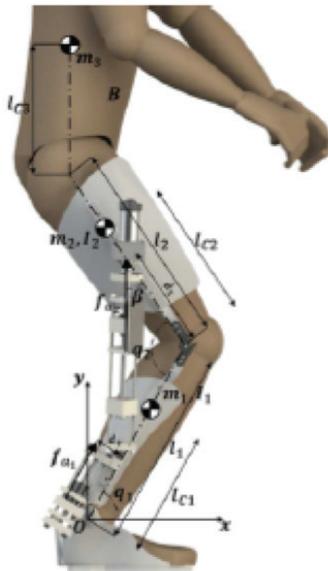
Figura 7
Modelo digital del esqueleto humano [10]



La sencillez de las extremidades inferiores radica en que sirven para movilización del cuerpo humano, mientras que las superiores tienen mayor aplicación para la vida del cuerpo como es sostener, levantar, girar, batir, etc. [10] [20]. Para el diseño de prótesis de acción activa de las extremidades inferiores, el análisis de las fuerzas que actúan en las piernas es imprescindible hacerlo, debido a los factores influyentes tales como: el ciclo de marcha que posee el individuo y el peso corporal, en la figura 8 muestra el análisis de estas fuerzas que actúan en la pierna del cuerpo humano [10] [20].

Los miembros inferiores tienen menor complejidad de diseño en comparación con los miembros superiores, para la biomecánica aplicada en el diseño de prótesis.

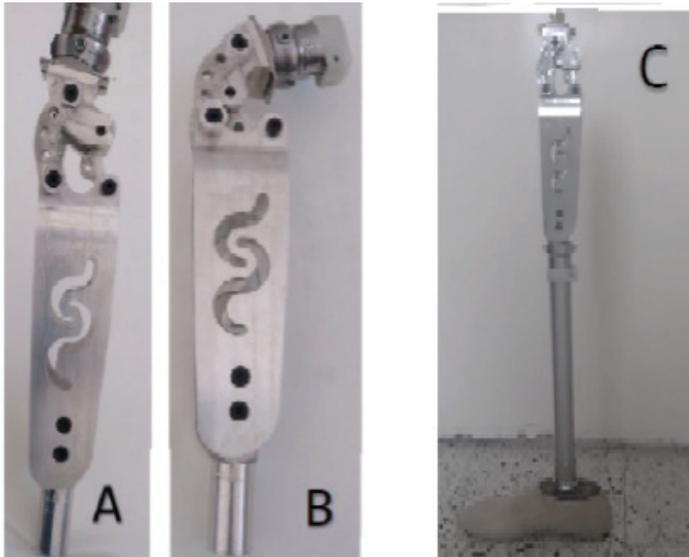
Figura 8
Fuerzas que actúan en las extremidades inferiores del cuerpo humano [10]



Exoesqueletos y su Actualidad

Las prótesis actuales o exoesqueletos aún no llegan a imitar la normalidad de movimiento que el cuerpo humano tiene, pero logran devolver las funciones básicas. Existiendo modelos que utilizan algoritmos y electrodos que se incorporan al cuerpo para poder predecir o iniciar el movimiento, esto con el fin de sustituir la parte del cuerpo, manteniendo un diseño mecánico lo más cercano posible al del cuerpo, con componentes que logren articular y absorber impactos. En la figura 9 se muestra una prótesis de pierna que va desde la rodilla al pie [16] [21] [22].

Figura 9
Prótesis extensión rodilla-pie vista lateral [21]



La anatomía del pie es altamente especializada, posee características biomecánicas únicas, por lo que resulta complejo poder hacer una prótesis que lo reemplace manteniendo sus funciones naturales, en la figura 10 se muestra un deportista usando prótesis de pie y tobillo [23].

Figura 10
Prótesis de pie y tobillo [23]



Existen prótesis que se utilizan para la rehabilitación de funciones corporales, que suelen acontecer luego que el paciente ha tenido un evento que afecte las funciones cerebrales o tenga alguna paraplejia. La rehabilitación de él se realiza con exoesqueletos que logran predecir el movimiento y que tienen sensores de fuerza y movimiento, para lograr una mejor evolución en la terapia. En la figura 12 se muestra prótesis para rehabilitación con ciclo de pasos. Considerando en la programación de la prótesis los ciclos de pasos normales del cuerpo, para que estos se ajusten y corrijan a los que el paciente tenga como resultado de su lesión. En la figura 11 se muestra un exoesqueleto con sensor de fuerza [18] [20] [21] [24] [25] [26].

La cuantificación de la fuerza que el cuerpo humano genera en condiciones normales y la que suministra la prótesis ayuda a establecer un índice de multiplicación de fuerza, ya que se desarrollan exoesqueletos que amplifican las habilidades del cuerpo, en este caso nos referimos a la fuerza. Esto es posible con la ayuda de servomotores, los cuales se encuentran conectados a las articulaciones del equipo o con actuadores electrohidráulicos, como se muestra en la figura 12 [22] [27] [28].

Figura 11
Prótesis con sensor de fuerza [25].

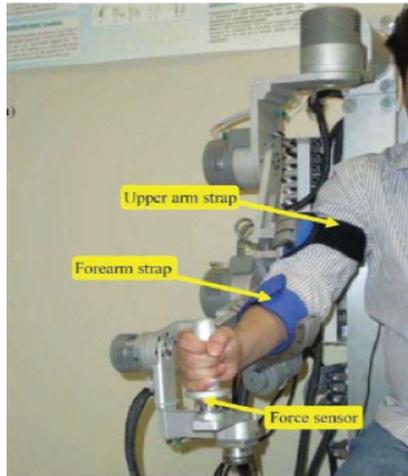
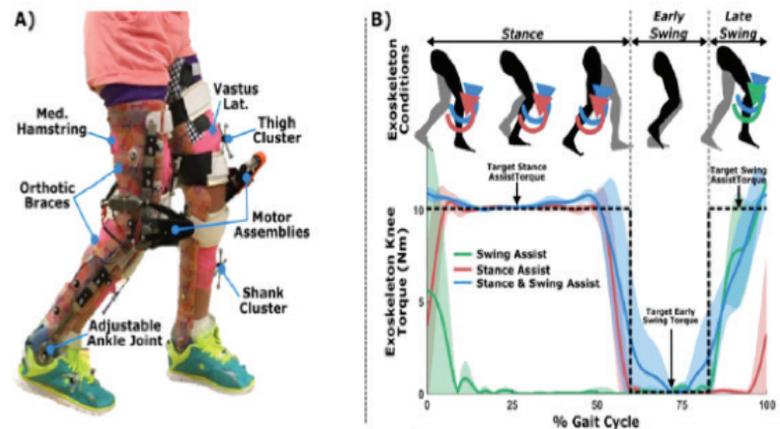
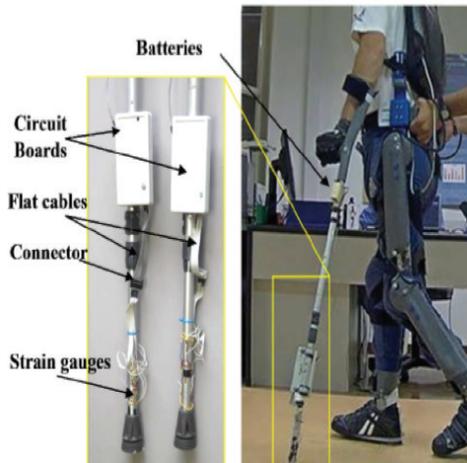


Figura 12
Prótesis para rehabilitación con ciclo de paso [27]



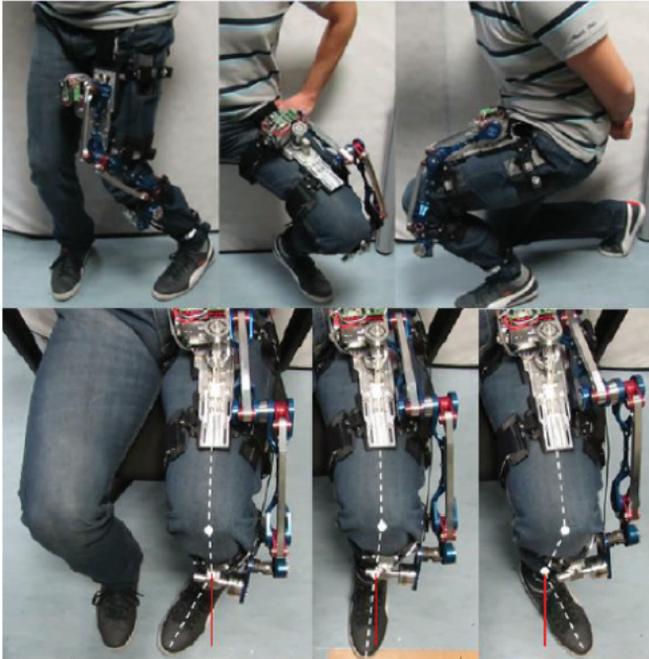
Al existir diversas patologías en una rehabilitación, las prótesis se deben de adaptar a ello, por esta razón existen aquellas que necesitan de muletas para estabilizar la marcha en una rehabilitación para un individuo con afectación en sus rodillas, permitiéndole un ejercer su terapia de mejor manera. En la figura 13 se muestra una prótesis con muletas como estabilizador.

Figura 13
Prótesis para rehabilitación con muletas estabilizadoras. [20]



La figura 14 muestra una prótesis la cual permite aumentar la potencia en una rodilla sin ningún tipo de afectación, es decir esta prótesis permitirá que el individuo al utilizarla aumente su funcionabilidad sin que la articulación se encuentre comprometida, con ningún tipo de lesión. Además, se puede observar la versatilidad que permite la utilización de esta prótesis.

Figura 14
Prótesis para aumentar la potencia de rodillas [29]



Conclusiones

La artrosis y otras enfermedades del sistema óseo, mal formaciones, lesiones cerebrales y amputaciones por accidente o intervenciones quirúrgicas son las razones por la que desarrollan prótesis para poder sustituir o devolver la función que el miembro afectado tenía antes del evento. Las enfermedades y lesiones motivan al desarrollo de elementos que los reemplacen. Con los avances actuales de tecnología se ha logrado alcanzar el desarrollo de prótesis que ayudan a recuperar cierto grado de la función del miembro ausente, pero se debe de continuar desarrollando tecnología para tener una prótesis con la misma biomecá-

nica del cuerpo. Actualmente las prótesis continúan en desarrollo para poder sustituir completamente el miembro requerido, manteniendo las funciones normales y naturales del miembro. La tecnología vigente permite desarrollar prótesis que reemplacen el miembro pero con funciones limitadas.

Referencias

- [1] D. García S. y M. J. Espinoza V, «Avances en prótesis: Una mirada al presente y al futuro,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 25, nº 2, p. 281-285, 2014.
- [2] I. Font-Jiménez, M. Llauradó-Serra, A. Pallarés-Martí y García-Hebrero, «Factores psicosociales implicados en la amputación,» *Atención Primaria*, vol. 48, nº 3, p. 207-210, 2016.
- [3] M. J. Espinoza V. y D. García S., «Niveles de amputación en Extremidades Inferiores: Repercusión en el futuro del paciente,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 25, nº 2, p. 276-280, 2014.
- [4] M. Haro D., «Laboratorio de Análisis de Marcha y Movimiento,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 25, nº 2, p. 237-247, 2014.
- [5] J. Duboy, «Actividad Deportiva en pacientes con artroplastía total de rodilla,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 23, nº 3, p. 327-330, 2012.
- [6] S. Pantoja y M. Chamorro, «Escoliosis en niños y adolescentes,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 26, nº 1, p. 99-108, 2015.
- [7] D. Bravo y C. Rengifo, «Modelo Biomecánico de una Prótesis de Pier-na,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RAI*, vol. 11, nº 4, p. 417-425, 2014.
- [8] E. Merchán Cruz, E. Lugo González, J. Ramírez Gordillo, R. G. Rodríguez Cañizo, J. Sandoval Pineda y L. H. Hernández Gómez, «Síntesis genética de mecanismos para aplicaciones en Prótesis de miembro inferior,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática*, vol. 8, nº 2, p. 45-51, 2011.
- [9] G. Domínguez, F. París García y L. Carrasco, «La efectividad de los materiales de amortiguación usados en las ortesis plantares para el tratamiento de las sobrecargas metatarsales,» *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, vol. 9, nº 4, p. 148-153, 2016.
- [10] R. López, H. Aguilar, S. Salazar, R. Lozano y J. Torres, «Modelado y Control de un Exoesqueleto para la Rehabilitación de Extremidad In-

- ferior con dos grados de libertad,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, vol. 11, nº 3, p. 304-314, 2014.
- [11] J. Jang, K. Kim, J. Lee, B. Lim y Y. Shim, «Estrategia de asistencia para el ascenso de la escalera con un exoesqueleto robótico de la cadera. En Robots y Sistemas Inteligentes (IRO),» de *RSJ Conferencia IEEE/Internacional*, 2016.
- [12] L. C. Diaz Montealegre, «Prótesis electrónicas. Una nueva esperanza para mejorar la calidad de vida de las personas,» *Informador técnico (Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria, ASTIN-SENA)*, vol. 80, nº 2, p. 169-177, 2016.
- [13] J. Duboy U., «Prótesis total y unicompartmental en el manejo de artrosis grave de rodilla,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 25, nº 5, p. 780-785, 2014.
- [14] F. Ruiz Diaz, A. Altamirano Altamirano y G. Valentino Orozco, «External Knee Prosthesis with four bar Linkage Mechanism,» de *13th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control*, México, 2016.
- [15] R. López Liria, F. Vega Ramírez, D. Catalán Matamoros, D. Padilla Góngora, M. Martínez Cortés y A. Mesa Ruiz, «La rehabilitación y fisioterapia domiciliaria en las prótesis de rodilla,» *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, vol. 35, nº 1, p. 99-113, 2012.
- [16] G. Carcuro, S. Eckholt y R. Millán, «Opciones no protésicas en el tratamiento de la artrosis del tobillo,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 25, nº 5, p. 786-792, 2014.
- [17] F. J. García Bernal, P. Zayas Pinedo, J. Regalado Bilbao, C. Jul Vásquez y J. Terrones Garzón, «Tratamiento de los defectos de cobertura de pie,» *Revista del Pie y Tobillo*, vol. 30, nº 2, p. 63-70, 2016.
- [18] S. R. Chang, M. J. Nandor, L. Li, K. M. Foglyano, J. R. Schnellenberger, R. Kobetic, R. D. Quinn y R. J. Triolo, «A Stimulation-Driven Exoskeleton for Walking after Paraplegia*,» de *IEEE 38th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2016.
- [19] H.-J. Chung, J. Yeon Choi y G. Chung, «A Method of Optimization Based Human Dynamic Simulation for Exoskeleton Robot Design and Assessment,» de *13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, Xian, China, 2016.
- [20] M. Lancini, M. Serpelloni, S. Pasinetti y E. Guanziroli, «Healthcare Sensor System Exploiting Instrumented Crutches for Force Measure-

- ment During Assisted Gait of Exoskeleton Users,» *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, nº 23, p. 8228-8237, 2016.
- [21] Susanto, R. Analia y K.-T. Song, «Design of Assistive Torque for a Lower Limb Exoskeleton Based on Motion Prediction,» de *55th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*, Tsukuba, Japan, 2016.
- [22] Y. Yang, L. Ma y D. Huang, «Development and Repetitive Learning Control of Lower Limb Exoskeleton Driven by Electro-Hydraulic Actuators,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. PP, nº 99, 2016.
- [23] M. Guerra Padilla, F. Molina Rueda y I. M. Alguacil Diego, «Efecto de la ortesis de tobillo pie en el control postural tras el accidente cerebrovascular: revisión sistemática,» *Neurología*, vol. 29, nº 7, p. 423-432, 2014.
- [24] J. Jang, K. Kim y J. Lee, «Assistance strategy for stair ascent with a robotic hip exoskeleton,» de *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Korea, 2016.
- [25] E. García Avila, Y. Wen y M. Saad, «Stable PID tracking control with application to a 7-DoF exoskeleton robot,» de *13th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE)*, 2016, México, 2016.
- [26] R. LeMoyne, T. Mastroianni, A. Hessel y K. Nishikawa, «Implementation of machine learning for classifying prosthesis type through conventional gait analysis,» de *37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2015.
- [27] A. Rathore, M. Wilcox, D. Ramírez, R. Loureiro y T. Carlson, «Quantifying the human-robot interaction forces between a lower limb exoskeleton and healthy users.,» de *IEEE 38th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2016.
- [28] L. Saccares, I. Sarakoglou y N. Tsagarakis, «iT-Knee: An exoskeleton with ideal torque transmission interface for ergonomic power augmentation,» de *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2016 *IEEE/RSJ*, Daejeon, Korea, 2016.
- [29] Z. Lerner, D. Damiano y T. Bulea, «A robotic exoskeleton to treat crouch gait from cerebral palsy: Initial kinematic and neuromuscular evaluation,» de *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2016.

Reparación de ejes deslizantes

Maintenance of slidingshafts

Mendieta Nadia, Veliz Axel

Resumen

En el presente documento se detallarán los procesos e información necesaria acerca del mantenimiento y la reparación de ejes deslizantes en barcos. Estos ayudan a reducir las cargas de fricción que se dan en los giros de los ejes de las hélices y también de darles una vida útil mucho más larga, evitando que se generen vibraciones las cuáles a largo plazo generan un gran desgaste que acorta la durabilidad de la pieza. Por esta razón los cojinetes forman una parte importante de los navíos y es así que se debe hacer un correcto mantenimiento o reemplazo de estos, ya que si esto no se realiza no habría un correcto funcionamiento ni desempeño de un navío. Existen diferentes tipos de cojinetes que se pueden usar dependiendo de cuánta eficiencia se quiere obtener de un barco.

Palabras clave: cojinete, navío, eje, fricción, mantenimiento.

Abstract

This document will detail the processes and information necessary for the maintenance and repair of sliding shafts on ships. These help reduce friction loads on propeller shaft spindles and also give them a much longer service life, preventing vibrations from being generated which in the long run generate great wear and tear that shorten the life of the piece. For this reason the bearings form an important part of the ships and therefore a correct maintenance or replacement of these must be made since without these there would not be a correct functioning or performance of a ship existing different types of bearings that can be used depending on how much efficiency you want to get from a boat.

Keywords: bearing, ship, shaft, friction, maintenance.

Introducción

En la actualidad los barcos son los medios de transporte de carga más usados en el mundo por su gran capacidad y siempre se requiere que se lleven los cargamentos a su destino lo más rápido posible, muchas veces forzando la potencia en los motores que llevan estos, por lo tanto, se le da una gran importancia al mantenimiento del sistema de propulsión. En este trabajo se tratará sobre uno de los elementos que se encuentran en los sistemas de propulsión de los barcos los cuales son los cojinetes, ya que estos son donde se apoya y gira el eje de una máquina

además de que evita el desgaste presentado por la fricción, la cual se genera por el giro de los mismos a diferencia de que si lo hiciera directamente sobre la estructura que lo soporta.

Los rodamientos o cojinetes se pueden definir como puntos de soporte para ejes y árboles para así sostener su peso, dirigirlos en su rotación y evitar deslices, en algunas ocasiones van puestos directo en el bastidor del mecanismo, pero con frecuencia pueden ser puestos en soportes para hacer fácil armarlo [1].

Los rodamientos están hechos de uniones de material suave y con un coeficiente de rozamiento bajo, tales como: el estaño, bronce, plata, entre otros. Estos elementos se encuentran en magnitudes que varían dependiendo del trabajo y la potencia que ejerzan los motores. Esta fundición se coloca sobre una base de acero para luego darle los toques finales con bastante precisión. Los cojinetes deben resistir los impactos producidos por la combustión, efectos corrosivos del agua marina, calor generado por la fricción y el deterioro causado por impurezas que pueden entrar al motor por medio del carburador o la aireación del cárter.

Por lo general, los cojinetes actuales son de tipo inserto. Esto quiere decir que el cojinete es hecho como una parte independiente para después insertarla en la base de la biela.

Fundamentos teóricos

Tipos de cojinetes

El cojinete de tipo inserto posee algunas ventajas:

- Es de reemplazo fácil.
- Existen varios tipos de materiales para rodamientos.
- El grosor del Babbitt puede modificarse.
- Estructura optimizada.

Existen dos clases de rodamientos de inserto:

- De precisión: se elaboran a tolerancias establecidas y, por ende, no requiere modificaciones adicionales al momento de instalarlo en el motor.
- Rectificable: el rodamiento de inserto rectificable se elabora con un revestimiento más grueso del mismo material del rodamiento existente en el diámetro interior, permitiendo que este se pueda modificar a cualquier dimensión deseada al momento de instalarlo.

Existen dos clases de rodamientos de inserto según su configuración:

- Completamente redondo (una pieza): el rodamiento completamente redondo se usa donde es posible poner el muñón en su lugar adentro del rodamiento, como un árbol de barras.
- Seccional (dos mitades): el rodamiento seccional se utiliza donde el rodamiento debe colocarse alrededor del muñón con el recubrimiento del rodamiento que también se compone dos partes, que incluyen una tapa que asegura el conjunto. Se puede tomar como ejemplo todos los rodamientos de cabeza de bielas ya que estos son de clase seccional.

Para el rodamiento seccional hay otras dos configuraciones:

- De pared delgada o de casco rectilíneo.
- De ceja o de empuje embridado.

El rodamiento de empuje embridado da la misma cantidad de soporte que el rodamiento de casco rectilíneo, pero también controla varios desplazamientos horizontales del eje llamados juego axial [2].

Según la lubricación dada:

- Rodamientos con lubricación límite: hay un rozamiento entre los espacios sólidos de la parte móvil y la parte estacionaria, incluso aunque exista una capa de lubricación.
- Rodamientos con lubricación hidrodinámica: la parte móvil y la parte estacionaria que existe en el sistema están divididas por una película llena de lubricante que sujeta a la carga.

Según material con el que se fabrica:

- Rodamientos de elementos metálicos: se pueden mencionar a los rodamientos hechos a base de bronce colados (combinaciones de otros metales con bronce tales como estaño, zinc, aluminio, entre otros). Ejemplos: Bronce colado SAE CA932, babbitt (unión con plomo o estaño), Zinc y Aluminio.
- Rodamientos de elementos sintetizados: también conocidos como autolubricantes, se obtienen por síntesis (prensamiento de metales, mayormente bronce en polvo a muy alta temperatura), que resulta en una alta porosidad presente en el material. Los poros llevan lubricantes que cuando la centrifugación se da a lugar, el lubricante es aspirado y forma una almohadilla de aceite. Al detenerse, el lubricante vuelve su lugar por inercia.
- Rodamientos compuestos: pueden realizar su función en seco e incluso con un poco de engrase al acoplamiento en velocidades periféricas menores a 3 m/s. Están compuestos por 3 capas distintas. La base es una chapa hecha de acero la cual es cubierta por un revestimiento de bronce sintetizado. El área que fricciona puede ser en resina acetal (POM) o en Politetrafluoretileno (PTFE) añadiéndole un lubricante sólido.
- Rodamientos plásticos o poliméricos: son usados, en gran parte, cuando se requiere tener un gran aguante químico. Inconvenientes: capacidad de carga limitada debido a baja resistencia y bajo coeficiente de conductividad térmico, que impide una buena eyección del calor acumulado [3].

a. Materiales presentes en rodamientos

Rodamientos de Guayacán

El guayacán es una madera firme, tiene una densidad mayor que 1 kg/dm^3 , así que no flota en el agua. Fue el primer elemento que se usó como rodamiento de deslizamiento, se colocaba dentro de las bocinas de las embarcaciones, donde se coloca el eje de cola. Lo que la hace ade-

cuada para estos usos son unas propiedades como la dureza, una gran resistencia al ser comprimida y al deterioro por rozamiento dinámico; también cabe mencionar que la savia que posee esta madera al entrar en contacto con agua marina favorece la reducción del rozamiento al deslizamiento, ya que dicha savia se considera autolubrificante. Estos rodamientos solo son lubricados por agua marina y actualmente van en desuso ya que existe una escasez de este elemento, además de su costosa elaboración que necesita de personas especializadas, aparte de que ahora existen otros elementos como plásticos y aleaciones que tienen mejores cualidades para el mismo uso.

Figura 1
Cojinete o rodamiento de guayacán [4]



Hay que tener en consideración que el espacio máximo permitido entre el rodamiento y el eje es (h):

$$h = D/100 + 1.5 \text{ mm} \quad (1)$$

D es el diámetro del eje de cola representado en milímetros.

Tabla 1
Espesor de guayacanes para ejes [4]

Diámetro de ejes	Espesor
≤ 150 mm	14 mm
151 a 200 mm	16 mm
251-350 mm	18 mm
351-400 mm	20 mm
≥ 401 mm	22 mm

Rodamientos de Bronce

El uso de este elemento da como resultado que el porta-cojinete y el cojinete sean una sola pieza.

Las normas DIN especifican que el bronce debe tener una calidad Rg-10, pero, a pesar de esto, se conoce que el bronce no posee mucha resistencia a los golpes, lo cual es sumamente necesario para el rodamiento de popa de la bocina, y el lubricamiento con agua marina no es adecuado para este material, por esto su uso en grandes barcos se ha restringido a la elaboración del rodamiento de proa que cuando se hace un ensamblaje correcto trabaja menos que el de la popa.

Este tipo de lubricación mejoró usando el agua de mar junto con grasa emulsionante. Para esto es suficiente colocar un engrasador simple en la sala de máquinas cerca de la bocina para suministrar la grasa. A la larga, este procedimiento no es recomendable ya que si la distribución de la grasa se deja para último se tendrán problemas con sobrecalentamiento del sistema llegando a dañarlo, pero se puede evitar colocando un sistema automatizado de engrase. Pero, a pesar de todo, este sistema no tiene mucho futuro ya que cada vez se desarrollan mejores materiales para cojinetes dejando obsoleto al rodamiento de bronce.

Rodamiento de metal antifricción

La composición del elemento antifricción que se tiene que usar debe ser de un 92% mínimo de estaño, un 2% de plomo o menos, y el resto de cobre y antimonio.

Inicialmente estos rodamientos se elaboraron con porta-rodamiento de acero o bronce, reemplazando el de guayacán por el de antifricción. La aleación del material en el porta-rodamiento se realizaba por colada, y la espesura de la película antifricción se tenía que calcular, así como el de los primeros rodamientos de antifricción, encima de la base del diámetro del eje, la longitud del soporte, cantidad de rotaciones del eje de cola y clase de lubricación. El problema más frecuente en esta clase de bocinas estancas es el derrame de aceite a causa del desgaste de un obturador, la gran parte de las ocasiones el de popa, por razones similares. La avería que se pueda presentar en el sistema de lubricación de la bocina quiere decir un derroche de aceite, que de paso produce una contaminación directa al mar y, cuando ya no se tiene más reservas en la embarcación, es necesario proceder a la varada del buque en un astillero, urgentemente.

Otra causa de pérdida de aceite en una embarcación pesquera es cuando navega en aguas con poca profundidad o cuando está en aguas que tienen mucha arena en suspensión, ya que las partículas de arena afectarán de la misma forma que podrían afectar otros tipos de impurezas. Y al igual que con los cojinetes de guayacán, el rompimiento de alguna de las palas de la hélice podría producir un desequilibrio de la misma ocasionando un desgaste poco usual de los rodamientos e inclusive la rotura de la película antifricción. Un mal montaje del portacojinete también puede causar daños y, si el espacio entre elementos no es el apropiado, debido a que puede ocasionarse un agarrotamiento del eje, esto obligará a una varada del buque para realizar una revisión total.

Para chumaceras forradas de metal blanco, con lubricación de aceite y provista de obturadores aprobados:

El largo del luchadero tiene que ser tal, que la presión nominal de capacidad que resulta del peso del motor y el eje no exceda de 6,3 kg/cm². Y por ninguna circunstancia el largo del luchadero será menor del duplo del diámetro que se requiere para el eje de la cola.

Para obtener la presión en eje se usa la fórmula detallada a continuación:

$$P = (2 * Q)/(d * L) \quad (2)$$

Siendo:

P= presión en kg/cm².

Q= carga radial en kg.

d= diámetro de eje en el apoyo en cm.

L= longitud del apoyo en cm.

Tabla 2
Determinación de espesores de la bocina [4]

Material de Bocina	Espesor (mm)
Bocinas de acero laminado o bronce.	$e = (D/20) + 20$ mm
Bocina de hierro fundido.	$e = (D/10) + 15$ mm
Bocinas de aluminio.	$e = 1.0(D/20) + 10$ mm

D= Diámetro en el eje de cola adjuntando las medidas de la camisa (mm).

Rodamientos de elementos sintéticos

El problema de mayor notoriedad que existe en el uso de elementos sintéticos en los descansos de deslizamientos, es vaciar el calor producido por la fricción. A diferencia de los plásticos, los metales tienen un buen coeficiente de transmisión de calor, además que los plásticos absorben agua y humedad por lo cual se hinchan y se tendrán que calcular unos espacios más grandes.

Poliamidas (Nylon)

Son aptas para rodamientos autolubricantes, resisten a químicos y presentan poco deterioro a través del tiempo; hay que tener en cuenta que no deben trabajar a temperaturas elevadas por lo cual se tiene que tener en cuenta la salida del calor. Actualmente se fabrican películas de poliamidas sobre porta-rodamientos de acero, siendo la espesura de las películas inferiores a 0,5 mm. El material sólo es usado en bocinas de diámetros no mayores a 100 mm, y por tanto su uso está limitado a pequeños navíos.

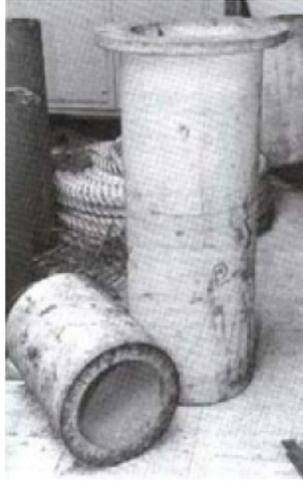
Poliiolefinas

Teflón. En los termoplásticos se puede encontrar el politetrafluorretano (PTFE) que la empresa DuPont lo llama teflón, nombre por el que usualmente la gran mayoría de las personas reconocen este material, y cuyas particularidades son muy similares como el nylon y con una presión cercana a 230 N/mm².

Y como el teflón, los rodamientos utilizados no se pueden recuperar, y su ensamblaje y desmontamiento es parecido. Estos no usan porta-rodamientos.

Caprolon. Este elemento elaborado en Rusia lo usan en las bocinas de casi todas las embarcaciones pesqueras, incluso las que alcanzan hasta 120 metros. Se enmarca en medio de las poliolefinas, a pesar de que no se tenga una tabla de sus propiedades técnicas. Antes de la instalación son enfriados en hielo seco en un lapso de 12 horas como mínimo, lo que hace más sencillo su ensamblaje y el apretado que se le da después al calentarse a temperatura ambiente. Con respecto a su desmontamiento, al no poder reusarlos se les suele cortar a lo largo para facilitar y agilizar su extracción.

Figura 2
Cojinetes de caprolon hechos en Rusia antes de su instalación [4]



Termoestables (TUFNOL)

Este elemento es un termoestable que pertenece a las gomorresinas de melanina. Se usa en los conductos de bocina de las embarcaciones para reemplazar al guayacán y posee muchos usos para rodamientos de bombas, por lo que solo es necesario que sea lubricada con agua marina. Para obtener un mayor desempeño de estos rodamientos lo mejor es que el área de soporte de los ejes se encuentre en óptimas condiciones y sin defectos en la superficie. Lo ideal es que hayan sido fabricadas de bronce o acero inoxidable. Ya que el agua marina actúa como el lubricante y refrigerante más utilizado en los rodamientos de tufnol, no se dan problemas de corrosión porque presenta una resistencia a la misma y a una gran parte de agentes químicos diluidos en agua.

Los aceites y las grasas no generan efectos negativos sobre este material por lo que se pueden emplear descansos donde no se necesite lubricar con agua, pero se debe tener presente que estos no son igual

de refrigerantes que el agua marina y por eso no se deberán emplear en descansos que generen temperaturas de 80°C o superior.

En la cuestión de los rodamientos con extremos abiertos que se lubrican por agua de mar, no es recomendable usar aceites espesos o grasa ya que podrían llegar a bloquear las ranuras por las que circula el agua, además de que la grasa puede retener las partículas de arena que obstruirían las ranuras y generarían temperaturas elevadas y, por lo tanto, solo debe ser refrigerada con agua marina.

Feroform

Especialmente utilizado en el campo marítimo para rodamientos de bocinas y timones; en la actualidad se elaboran el T-15 para estos fines, aunque se ha elaborado el T-51 que contiene grafito el cual tiene la virtud de poder utilizarse en rodamientos para los diferentes mecanismos que pueden estar presentes en una embarcación.

Figura 3
Cojinetes de Feroform [4]



Este elemento es muy usado para los rodamientos de los timones dejando de lado los rodamientos de bronce o de guayacán, el cual ha sido aprobado por las sociedades clasificadoras. A pesar de tener un valor económico relativamente alto posee un mecanizado muy fácil y rápido, por lo cual su ensamblaje se puede realizar con mucha facilidad y de igual forma, como otros rodamientos, estos se pueden cortar a en sentido longitudinal para facilitar la extracción del mismo.

Thordon

Thordon es producido por una empresa canadiense y apareció en los mercados en el año 1966. Se lo reconoce por ser una combinación de polímeros sintéticos, fuertes y con gran resistencia.

Esta combinación presenta muy bajo deterioro por lo que son recomendados para áreas donde las temperaturas elevadas son un factor que reducen la vida útil de los rodamientos.

Este material tiene las siguientes propiedades dependiendo de los detalles del elaborador:

- a. Notable resistencia al aceite, a la corrosión y a las sustancias químicas.
- b. Recuperación inmediata después de la deformación.
- c. Es flexible hasta temperaturas de -65°C , pero para temperaturas de 60°C o superiores no se recomienda su uso.
- d. Resiste a las diferentes clases de abrasión. La clase más común a la que se ven expuestos los rodamientos es la abrasión deslizante.
- e. Abrasión por colisión. Esta depende del nivel de ocurrencia de cuantas veces las partículas abrasivas que colisionan con el área. El nivel de ocurrencia es menor cuando el ángulo es más pequeño.
- f. Deterioro de los ejes minimizado.
- g. Resistencia a la colisión, ya que puede absorber las cargas de impacto. Además, presentan un buen comportamiento en circunstancias donde se presentan vibraciones o desalineaciones.

Tabla 3
Compuestos de Thordon en necesidad
a los requisitos que se pueden presentar [4]

Tipo	Módulo de Elasticidad
Xl (color negro)	71000 PSI 5000 Kg/cm ²
Sxl (color blanco)	64000 PSI 4507 Kg/cm ²
Regular (color amarillo)	67500 PSI. 4754 Kg/cm ²
Hp/sxl (color verde)	110000 PSI 7747 Kg/cm ²

El más conocido y utilizado en las industrias marítimas es el Thordon xl, ya que se puede usar en circunstancias en que no se presenta lubricación alguna, donde no se requiere mucha velocidad, combinando las características físicas generales de las otras clases. Además, presenta una gran resistencia a las colisiones, un bajo coeficiente de rozamiento y una óptima resistencia al calor y al arrastre.

Hay que tener en cuenta algunas consideraciones para el uso de las bocinas de Thordon; en el párrafo siguiente se describirán las más importantes que se deben tomar en consideración de acuerdo a las sugerencias de los productores:

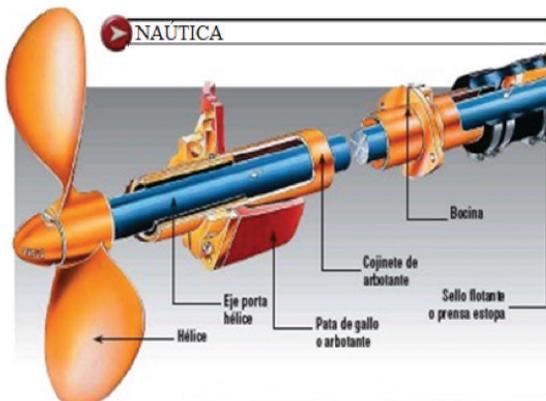
- a. El aluminio no tiene que rozar con el rodamiento de Thordon.
- b. La dilatación dimensional límite en el agua es de 1,3%.
- c. No es recomendable el trabajo cuando el agua está a más de 60°C.
- d. Temperatura límite de funcionamiento es de 170°C.
- e. Thordon xl puede operar sin necesidad de un lubricante siempre y cuando el calor producido por el rozamiento no se eleve de forma acelerada.
- f. El comportamiento elástico del Thordon, junto a las rigurosas condiciones de uso a las que usualmente se le somete, explica los ajustes mayores a los que usualmente se recomiendan para los metales o plásticos.
- g. Tiene una necesidad de un espacio mínimo entre la camisa del eje y buje para la capa del lubricante a usarse.

- h. Se tiene que prever un espacio por elevación de temperatura. Esto es aplicable en el momento que la temperatura de función sobrepasa la temperatura ambiente que estaba en la ocasión que el elemento fue manipulado, a razón de que con la elevación de esta temperatura ocurre una expansión en el eje.
- i. La dilatación en el agua produce una disminución en el espacio de operación, que se debe tomar en consideración por el valor “Cs”, y eleva en forma conveniente la presión de ensamblaje favoreciendo al mantenimiento de una buena compresión.
- j. La elevación de interferencias por temperaturas bajas son necesarias para contrarrestar el encogimiento del material Thordon (porque se reduce el volumen de las paredes) [4].

Mantenimiento y reparación al sistema de propulsión de un barco

En esta sección nos dedicaremos a lo que es la reparación, análisis y mantenimiento del sistema de propulsión del barco, comenzando por desarmar las hélices, seguido por los cojinetes y finalmente los ejes del motor.

Figura 4
Corte del eje de un barco con sus respectivas partes [5]



Consecuentemente el barco quedaría de esta forma:

Figura 5
Hélices desmontadas del barco [6]



Luego se procede a una toma de claros en los dos ejes desmontados para ver las holguras presentes.

Figura 6
Resultados de medidas tomadas en los claros de la hélice 1 [6]

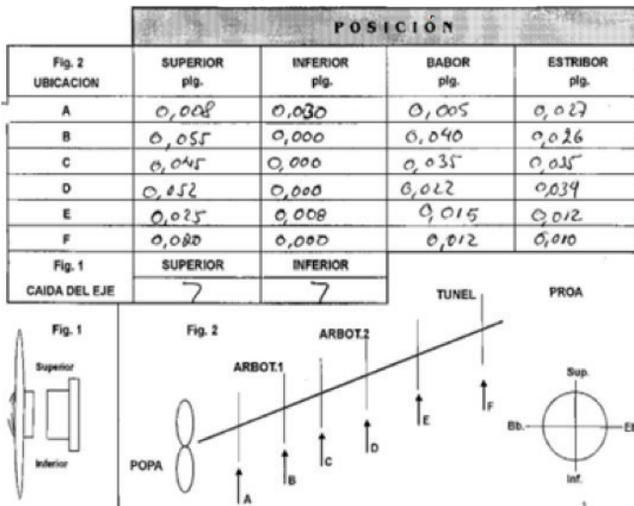
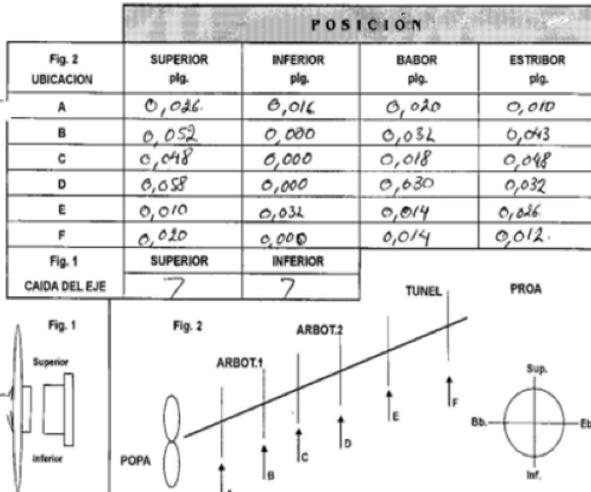


Figura 7
Resultados de medidas tomadas en los claros de la hélice 2 [6]



Para el desmontaje de los bocines se los corta a la mitad, para así poder cambiarlos con unos nuevos ya que los bocines tienen una sola vida útil.

Figura 8
Bocines desmontados de los arbotantes de estribor y babor [6]



Figura 9
Bocines de los arbotantes presentando las duelas fundidas [6]



Luego se procede a desmontar los bocines del codaste de estribor y babor, siendo representados en las siguientes imágenes:

Figura 10
Bocín del codaste antes del cambio [6]



A continuación se procede a reemplazarlos por unos bocines de material thordon, colocados en los túneles del codaste de las líneas de babor y estribor.

Figura 11
Bocín de thordon colocado en el codaste [6]



Figura 12
Vista general de los bocines cambiados en el codaste [6]



Posteriormente se realizan los cambios e instalación de bocines en los túneles de prensa de las líneas de babor y estribor.

Figura 13

Bocín instalado en túnel de prensa de babor [6]



Figura 14

Bocín de Thordon instalado en túnel de prensa de estribor [6]



Luego de realizar todos los cambios y mantenimientos respectivos, se vuelven a colocar el resto de piezas que se han reparado o cambiado para su uso en el barco, comenzando por los ejes y matrimonios.

Figura 15
Matrimonio instalado en las líneas de babor y estribor respectivamente [6]



Figura 16
Ejes colocados en las líneas respectivas [6]



Resultados

Luego de la reparación realizada (instalación de bocines de thor-don en el prensa codaste y bocines de micarta en los arbotantes); se observa en esta fotografía el sistema de propulsión ya reparado y listo para salir del dique al mar.

Figura 17
Hélices y ejes montados en las líneas [6]



Conclusiones

El mantenimiento en los bocines es de suma importancia para cualquier navío ya que ofrecen una durabilidad mayor y una protección de las piezas que son parte del sistema de propulsión.

Existiendo una cantidad surtida de materiales de los que están hechos los bocines, hay muchas opciones diferentes por las que elegir, además de que cada vez se desarrollan mejores sistemas o materiales que van reemplazando a los más obsoletos y por ende obteniendo mejores resultados a través del tiempo.

Referencias

- [1] C. Díaz, «SlideShare,» 2 Agosto 2011. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/quenza/concepto-de-cojinetes>. [Último acceso: 01 2017].
- [2] F. Amador Patiño, Aplicación de los cojinetes de Fricción a los M.C.I, Co-ruña: Tesis de Grado en Tecnologías Marinas Energía y Propulsión, Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas, 2016.
- [3] D. Samuel, «Scribb,» 21 11 2010. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/43548741/COJINETES-DE-DESLIZAMIENTO>. [Último acceso: 01 2017].
- [4] C. A. Flores LLano, Ingeniería en el mantenimiento de sistemas propulsivos, Chile: Tesis de grado Licenciado en Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile, 2002.
- [5] M. Delia, «Propulsión en línea,» *Revista Weekend*, p. 74-77, Agosto 2013.
- [6] Armada del Ecuador. Astilleros Navales Ecuatoriano, «Informe de Carenamiento Buque BAE “Orion”,» Guayaquil, 2008.