



VOLUME 02

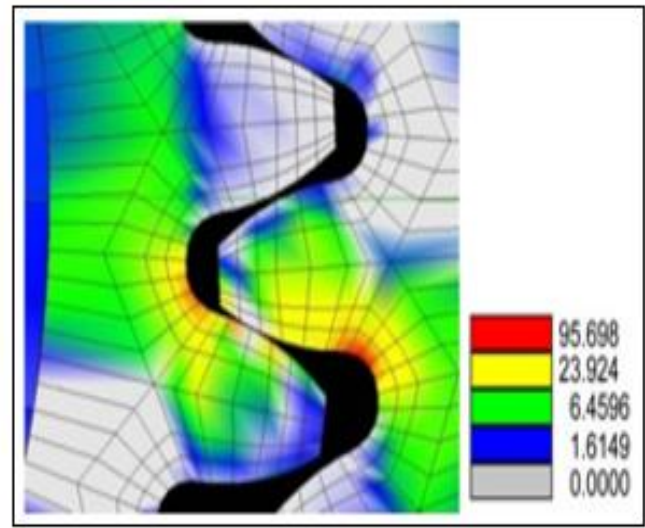
JUNHO 2016

ISSN 2447 - 0228



ITEGAM - JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS (JETIA)

Editor-in-Chief: J.C. Leite



Available online at www.itegam-jetia.org





O **ITEGAM-JETIA – Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)** é uma publicação do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), localizado na cidade de Manaus desde 2008. **ITEGAM-JETIA** publica artigos científicos originais que cobrem todos os aspectos de engenharia. Nosso objetivo é a divulgação da investigação original, útil e relevante apresentando novos conhecimentos sobre aspectos teóricos ou práticos de metodologias e métodos utilizados em engenharia ou que levam a melhorias nas práticas profissionais. Todas as conclusões apresentadas nos artigos deve basear-se no estado-da-arte e apoiada por uma análise rigorosa atual e uma equilibrada avaliação. A revista publica artigos de pesquisa científica e tecnológica, artigos de revisão e estudos de caso.

O **ITEGAM-JETIA** abordará temas das seguintes áreas do conhecimento: Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Materiais e de Mineralogia, Geociências, Meio Ambiente, Sistemas de Informação e Decisão, Processos e Energia, Elétrica e Automação, Mecatrônica, Biotecnologia e outras áreas relacionadas à Engenharia.

Informações da Publicação:

ITEGAM-JETIA (ISSN 2447-0228 Online) é publicado pelo Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), com uma periodicidade bimestral (março, junho, setembro, dezembro).

Informações para Contato:

Página da WEB: www.itegam-jetia.org

E-mail: editor@itegam-jetia.org ou secretaria@itegam-jetia.org

ITEGAM – Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia.

Avenida Joaquim Nabuco, Nº. 1990. Centro. Manaus – Amazonas - Brasil.

CEP: 69020-031. Fone: (92) 3584 – 6145 e 3248 – 2646.

Copyright 2014. Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM)

A reprodução total ou parcial de textos relacionadas aos artigos é permitida, somente no caso da fonte seja devidamente citada. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Aviso prévio

Todas as declarações, métodos, instruções e ideias são apenas responsabilidade dos autores e não representam, necessariamente, a vista do ITEGAM-JETIA. A editora não se responsabiliza por qualquer prejuízo e/ou danos para a utilização dos conteúdos deste periódico. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Diretório

Membros do Centro Editorial do ITEGAM – Journal of Engineering and Technology for Industry Applications (ITEGAM-JETIA) do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) – Manaus/Amazonas/Brasil.

Tereza Rodrigues Felipe, Diretor – Presidente

Jandecy Cabral Leite, Coordenador Editorial

Elcimar Souza Correa, Assistente Editorial

Orlewilson Alysson Figueiras da Silva, Diagramador Gráfico Editorial

Igor Felipe Oliveira Bezerra, Assistente de Tecnologia da Informação



SUMÁRIO

<i>Design and Optimization of Shell and tube heat exchangers, state of the art</i>	04
Maida Bárbara Reyes Rodríguez, Jorge Laureano Moya Rodríguez	
<i>Analyses and Solid Waste Processing applications Construction Sand for construction of houses with high quality standards</i>	28
Willy Hagi Teles Rego, Adriano Lima Pedrosa, Manoel S. Santos Azevedo, Rivanildo Duarte Almeida	
<i>Strategic Planning How Competitive Factor In Micro And Small Business</i>	33
Gracelle De Castro Garrido, Patrick Crispim Da Silva, Rosimeire Freires Pereira Oliveira, Sidney dos Santos Oliveira	
<i>Proposal for improvement the welding process of the micro-USB connector on the mother board on tablets</i>	39
Cristiano Mourão da Fonseca, Jandecy Cabral Leite, Carlos Alberto de Oliveira Freitas, Antonio da Silva Vieira, Roberto Tetsuo Fujiyama	
<i>Power Quality Analysis Substation the Voltage Level of 13.8 KV</i>	48
Jandecy Cabral Leite , Manoel S. Santos Azevedo , Rivanildo Duarte Almeida , Ignacio Perez Abril , Rildo De Mendonça Nogueira , Hudson Freitas Santana , Walter Andres Vermehren Valenzuela	
<i>Analysis of maintenance indicators in a public transport company in the city of Manaus</i>	55
Edry Antonio García Cisneros, Tirso Lorenzo Reyes carvajal, João Evangelista Netto, Alain Ricote Paumier, Ricardo Wilson da Costa	
<i>The application of the CEP in control charts to diagnose critical points in baking processes in an Industrial Pole of Manaus Company</i>	61
Sidney Dos Santos Oliveira , Rosimeire Freires Pereira Oliveira	
<i>Quality Management System by improving the Maintenance Branch Company TRANSTUR Camaguey</i>	68
Edry García Cisneros, Alain Ricote Paumier, Tirso Lorenzo Reyes Carvajal, Roxana Pérez Ramírez, , Ricardo Wilson da Cruz	
<i>The Relevance Of Management Information System (Mis) For Decision-Making In Management Strategic Framework Of Enterprises</i>	78
Camila Silva Sousa, Jessé Monteiro Vieira Junior, Rosimeire Freires Pereira Oliveira, Sidney dos Santos Oliveira, Ananélia Claudia Rodrigues de Queiroz Albuquerque	
<i>Implementation And Optimization System ERP In Inventory Control</i>	84
Barbara Laenna Encarnação De Moura, Glaudia Taj Pinheiro Dos Santos, Tatiana Fideles Da Silva	
<i>Corrective maintenance unplanned urban transport vehicles in the city of Manaus and its impact on costs</i>	91
Edry Antonio García Cisneros, João Evangelista Netto, José Costa de Macêdo Neto, Tirso Lorenzo Reyes Carvajal	
<i>Reverse Logistics Competitiveness Factor and Sustainability in Companies</i>	98
Adriana de Souza Miranda, Rosimary Sevalho do Nascimento Santana, Rosimeire Freires Pereira Oliveira, Sidney dos Santos Oliveira	
<i>Proposal for Improved External Parking Layout of the Organization</i>	105
Andréa de Oliveira Teixeira, Lecilda Oliveira Batista, Sabrina Albuquerque de Oliveira, Jandecy Cabral Leite	
<i>Review on Methods of test gear transmissions</i>	111
Jorge L. Moya Rodríguez, Guillermo Abreu Ruano, Rafael Goytisoló Espinosa, Maida Bárbara Reyes Rodríguez	



Design and Optimization of Shell and tube heat exchangers, state of the art.

Maida Bárbara Reyes Rodríguez¹, Jorge Laureano Moya Rodríguez²

Dra. ¹ Centro de Estudios de Termodinámica y Tecnologías Ambientales (CEETA). UCLV Email: maidab@uclv.edu.cu

Dr. ² Instituto e Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, No. 1950. CEP: 69005-080. Manaus. Amazonas (jorgemoyar@gmail.com)

ABSTRACT

Optimizing heat transfer processes is of great importance for energy saving and pollution reduction. Within transfer equipment commonly used in the industry are the shell and tube heat exchangers. In the scientific literature, many papers deal with the optimization of these devices. Most of this works focuses in the optimization to a single target, usually increasing the heat transfer coefficient, or diminishing the pump power, although in most cases is to minimize the cost of the exchanger. A recently developed method for optimization of the processes of heat transfer is to minimize the entransy dissipation. In this paper, recent works in this field are discussed, as well as those dealing about the entropy generation in these devices. Scientific publications on the optimization of shell and tube heat exchangers are discussed from the early 90s until today. The use of evolutionary algorithms in optimizing these devices, as well as current trends in the design and optimization of shell and tube heat exchangers was also evaluated.

Keywords: Shell and tube Heat exchangers, optimization, mechanical design, entransy.

Diseño y optimización de los Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza, state of the art

RESUMEN

La optimización de los procesos de transferencia de calor reviste una gran importancia para el ahorro de energía y la reducción de la contaminación. Dentro de los equipos de transferencia de calor más usados en la industria están los intercambiadores de calor de tubo y coraza. En la literatura científica aparecen numerosos trabajos donde se evalúa la optimización de estos equipos. La mayoría de estos trabajos enfoca la optimización hacia un solo objetivo, por lo general el aumento del coeficiente de transferencia de calor, la disminución de la potencia de bombeo, aunque en la mayoría de los casos se busca minimizar el costo del intercambiador. Un método recientemente desarrollado para la optimización de los procesos de transferencia de calor es la minimización de la disipación de entransía. En este artículo se comentan los últimos trabajos realizados en esta temática, así como los realizados acerca de la generación de entropía en estos equipos. Se comentan las publicaciones científicas sobre la optimización de intercambiadores de calor de tubo y coraza desde la década de los 90s hasta los días actuales. Se evalúa además el uso de los algoritmos evolutivos en la optimización de estos equipos, así como las tendencias actuales en el diseño y la optimización de los intercambiadores de calor de tubo y coraza.

Palabras clave: Intercambiadores de calos de tubo y coraza, optimización, diseño mecánico, entransía

I. INTRODUCCIÓN

La investigación y el desarrollo en la transferencia de calor son de significativa importancia en muchas ramas de la tecnología, en particular de la tecnología energética [1][2]. Los desarrollos incluyen nuevos y eficientes intercambiadores de calor así como la introducción de sistemas de intercambio de calor en los procesos industriales. Las áreas de aplicación incluyen la recuperación del calor en las industrias de procesos, en particular químicas y petroquímicas que cada vez juegan un papel más creciente en Cuba y otros países [3]. Otras

aplicaciones incluyen ingenios azucareros, plantas de procesos industriales, instalaciones de servicio (sector terciario) hoteles, hospitales, centros asistenciales, oficinas de proyectos, etc.) A través del mejoramiento sistemático de los diseños y la operación de los intercambiadores de calor, se inserta la problemática del ahorro de energía, el desarrollo sostenible y la defensa y protección del medio ambiente, políticas que están aprobadas y constituyen planes y programas de investigación suscritos por la Academia de Ciencias de Cuba y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)[4].

En la preparación de esta revisión, se han considerado las revistas más importantes relacionadas con la energía y la transferencia de calor. También se han consultado revistas orientadas al modelado, los métodos numéricos y la optimización de los sistemas de ingeniería relacionados con la transferencia de calor, así como revistas de ingeniería química con un contenido de cómputo importante.

II. IMPORTANCIA DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los intercambiadores de calor (ICs) están presentes en la mayoría de los sistemas térmicos complejos de las industrias y representan el vehículo más ampliamente usado para la transferencia de calor en las aplicaciones de los procesos industriales [5][6]. Ellos son seleccionados para servicios tales como: enfriamiento de líquido o gas, procesos donde se condensen vapores de refrigerantes o condensación de vapor de agua, procesos de evaporación de refrigerantes agua u otros líquidos; procesos de extracción de calor y calentamiento regenerativo del agua de alimentación a calderas; para la recuperación del calor en efluentes gaseosos y líquidos residuales calientes, para el enfriamiento de aire y aceite de lubricación en compresores, turbinas y motores, mediante camisas de enfriamiento y muchas otras aplicaciones industriales [7].

Los ICs tienen la habilidad de transferir grandes cantidades de calor con relativamente bajo costo, poseyendo grandes áreas de superficie de transferencia en pequeños espacios, volúmenes de líquido y peso. Ver un esquema simplificado de un IC, en particular, de tubo y coraza [5], en la Figura 1.

Los ICs están disponibles en un amplio rango de tamaños, se han usado en la industria por más de 150 años [8][9][10][11] con tecnologías de fabricación bien establecidas por modernos y competitivos fabricantes, *que preservan sus softwares de diseño y operación o los venden en el mercado a precios aún no alcanzables por la mayoría de los países en desarrollo.*

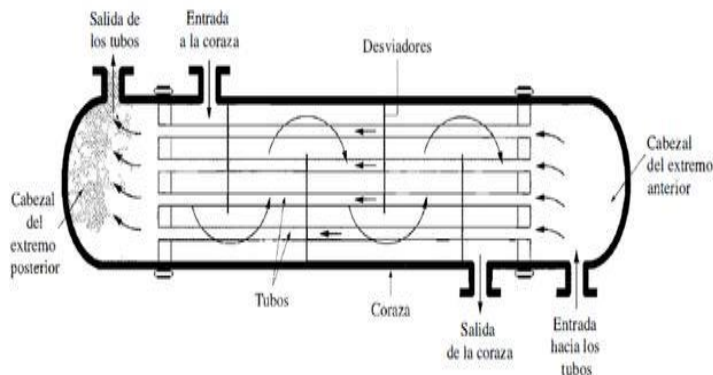


Figura 1. Esquema de un intercambiador de calor de tubo y carcasa con un paso por la carcasa y un paso por los tubos.

Compañías tales como la HTRI [12][13] y HTFS [14] (en idioma inglés: Heat Transfer Research Institute, HTRI; Heat Transfer Flow Systems, HTFS), venden su software en el mercado, incorporando diversas opciones para los intercambiadores de calor.

Dichas compañías no revelan sus métodos de cálculo; y sus puntos de operación, generalmente, no coinciden con el punto de mínimo costo del sistema en el cual se encuentran instalados. La explicación está en que las compañías fabricantes, a la hora de la venta ofrecen una mayor capacidad de calor transferido con el mismo equipo, trasladando el punto de mínimo costo de operación a un valor más alto. De esa manera, se podría operar el mismo intercambiador a mayor capacidad sin necesidad de comprar un equipo nuevo, pero a un mayor costo de producción. Queda por investigar si optimizando localmente dicho intercambiador se pudiera llegar a un mínimo global del sistema, o al menos a su mejoramiento.

III. DISEÑO Y OPTIMIZACION DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE TUBO Y CORAZA

Generalmente, los problemas que presenta el mundo real tienen un nivel de complejidad considerable. Muchas veces esa complejidad radica en que consisten de varios objetivos y restricciones que deben satisfacerse [15]. La necesidad de seleccionar múltiples variables, tanto de diseño como de operación de los ICs buscando una función objetivo con vistas a la minimización de su costo total conduce a la optimización multicriterial de estos equipos. En este [epígrafe se analizarán fundamentalmente los trabajos realizados en intercambiadores de calor de tubo y coraza tanto en el diseño como en la optimización de un solo objetivo.

De acuerdo con [16] en su trabajo “Dimensionamiento de Intercambiadores de calor de coraza y tubos, con ayuda de computador” realizan la optimización del diseño de un intercambiador de tubo y coraza; para ello utiliza el método de Kern y minimiza el área de transferencia. Desarrolla un software para tal fin. El trabajo en general aporta poco al conocimiento ya establecido sobre intercambiadores de calor.

De acuerdo con [17] desarrollaron en el año 2003 un programa de computación para el diseño de intercambiadores de calor donde se examinan casi todas las alternativas posibles de configuración del intercambiador de tubo y coraza. En un diseño computarizado, muchos millares de configuraciones alternativas del cambiador pueden ser examinados. Entre otros parámetros se evalúan por ejemplo, el diámetro de la coraza, el espaciado entre bafles. Se evalúa además la caída de presión y el coeficiente global de transferencia de calor. No se optimiza ningún parámetro y solamente abarca fluidos monofásicos y está concebido para uno y dos pases por el tubo.

IV. ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Las técnicas evolutivas se han utilizado con el fin de la optimización de un solo objetivo por más de tres décadas [18][19]; pero se descubrió gradualmente que muchos problemas del mundo real están planteados naturalmente como problemas de varios objetivos. Actualmente la optimización multi-objetivo es sin duda un tópico muy popular para los investigadores y los ingenieros. Pero hay aún muchas cuestiones abiertas y sin respuesta en esta área. De hecho no hay incluso una definición universal aceptada del concepto de “óptimo” como lo es en el caso de un único objetivo, lo que hace difícil incluso comparar resultados de un método a otro, porque la decisión sobre cuál es la “mejor” respuesta corresponde normalmente al “decisor”.

Puesto que la optimización multi-criterio requiere de la optimización simultánea de criterios múltiples, muchas veces compitiendo entre sí o inclusive entrando en conflicto de objetivos, la solución a tales problemas es calculada generalmente combinándolos en un problema de optimización de un solo criterio. No obstante la solución resultante al problema de optimización de un solo objetivo entonces es por lo general subjetiva de acuerdo al ajuste de los parámetros elegidos por el usuario [18][19]. Por otra parte, puesto que usualmente se utiliza un método clásico de optimización generalmente, sólo una solución (en el mejor de los casos una solución de Pareto óptima) se puede encontrar en una corrida de simulación. Así pues, para encontrar las soluciones múltiples óptimas de Pareto, los algoritmos evolutivos son la mejor opción, porque ellos tratan con una “población de soluciones”. Esto permite a encontrar un conjunto entero de soluciones de Pareto óptimas en una sola corrida del algoritmo.

Los Algoritmos Genéticos (GAs) se desarrollaron mayormente en los años 70s como una herramienta de optimización, aunque ya se había realizado algún trabajo previo en el campo de la computación evolutiva. [20] introdujo las palabras “algoritmo genético” y publicó la primera aplicación de los GAs. Sin embargo los primeros trabajos importantes relacionados con los Algoritmos Genéticos se atribuyen a [21] y [22].

En los años 80s, [23], [24] y [19] contribuyeron a avances significativos en los algoritmos genéticos. Goldberg presenta en su obra una buena instantánea del estado del arte de los algoritmos genéticos en el año 1989. Una historia más completa de los Algoritmos Genéticos y otros métodos evolutivos se ofrece por [25].

Sin embargo el interés y la utilización de los Algoritmos genéticos en el campo de la transferencia de calor es mucho más reciente. Esto es probablemente debido al hecho que para la mayoría de los problemas numéricos en los cuales se interesa la transferencia de calor los tiempos de cómputo son típicamente largos. En el procedimiento de la optimización mediante

algoritmos genéticos, por lo general se necesita realizar varias simulaciones. Cuando por ejemplo, la simulación de un diseño implica análisis mediante dinámica de los fluidos computacional (CFD), el tiempo de cómputo total requerido para que el Algoritmo Genético funcione podría ser prohibitivo. Sin embargo, los GAs comenzaron a ser utilizados en la transferencia de calor aproximadamente a mediados de los 90s, tímidamente al principio, pero cada vez más regularmente hoy en día, como señalaron [26] “la comunidad de transferencia de calor puede esperar ver un aumento significativo en el uso de tales metodologías [GAs] a muchos problemas complicados de las ciencias térmicas que en un cierto sentido admiten la optimización. Estas aplicaciones están siendo facilitadas por el incremento de las posibilidades de las nuevas computadoras, los ambientes de la computación distribuida y por el mejoramiento de la especificación de los parámetros necesarios de los GAs”

Esto es de hecho lo que ha sucedido y los GAs, han generado mucho interés en el campo de la transferencia de calor, particularmente en los dos últimos años. Es hora de mirar hacia atrás a los últimos 15 años para repasar el trabajo logrado con los GAs en la transferencia de calor para luego mirar adelante a los desafíos y a las posibilidades futuras.

Como se mencionó anteriormente el procedimiento de optimización multi – objetivo mediante GAs no busca una solución óptima particular, si no en su lugar un conjunto de soluciones que representan compromisos entre muchas funciones objetivos. En la mayoría de los artículos recientes el algoritmo específico empleado es el “Algoritmo Genético de Ordenación *No-Dominada Elitista* (NSGA-II) [27].

Los principios en los cuales descansa el NSGA-II son iguales que los de la optimización de un solo objetivo: combinando a los individuos más fuertes para buscar los óptimos mediante el cruce y las mutaciones, y repetir este esquema durante muchas generaciones.

Sin embargo, el algoritmo de optimización multi objetivo debe considerar el hecho de que hay muchas “mejores soluciones”, que modifican el proceso de selección. El NSGA- II clasifica a los individuos basados en el rango de la no-dominación y en la distancia de la multitud, para asegurar un nivel de comportamiento, así como una buena dispersión de los resultados. El elitismo es asegurado realizando el proceso de clasificación entre una población combinada, mezclando padres y descendientes. Este algoritmo se puede implementar tanto con códigos reales como binarios.

Hay varios autores que han publicado revisiones del estado del arte de los algoritmos evolutivos y de los algoritmos genéticos. Entre los trabajos más importantes se encuentran: Multiobjective optimization by genetic algorithms: a review [28], An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization [29], Multiobjective Optimization Using

Evolutionary Algorithms [30][31] y Multiobjective evolutionary algorithms: analyzing the state-of-the-art [32].

De acuerdo con [33] desarrolla un nomograma muy sencillo para evaluar el coeficiente de transferencia de calor en intercambiadores de calor de tubo y coraza. Este método es muy práctico, pero realmente no tiene grandes aportes desde el punto de vista científico y por otra parte solamente se puede obtener el coeficiente de transferencia de calor en el lado de la coraza.

De acuerdo con [34] desarrollaron un modelo simplificado para el estudio de intercambiadores de calor de tubo y coraza. A pesar de su simplicidad, el modelo demuestra ser útil para el diseño preliminar de intercambiadores de calor de tubo y coraza que trabajan en los sistemas de refrigeración completos y complejos. El modelo es probado en la modelación de un ciclo de refrigeración general y los resultados se comparan con los datos obtenidos de un banco de prueba específico para estos intercambiadores. Desde el punto de vista científico solamente es de interés la simplicidad del modelo.

A [35] realizaron un estudio experimental para mejorar la transferencia de calor en intercambiadores de calor de tubo y coraza. Con el fin de aumentar la transferencia de calor se mejoró la configuración de un intercambiador de calor de tubo y coraza a través de la instalación de sellos en el lado de la coraza. Las holguras entre las placas de los baffles y la cáscara son bloqueados por los sellos, lo que disminuye con eficacia el flujo de cortocircuito (by pass) en el lado de la cáscara. Los resultados de los experimentos demuestran que el coeficiente de transferencia de calor en el lado de la coraza aumentó entre el 18.2-25.5%, el coeficiente total aumentó entre el 15.6-19.7%, y la eficiencia exergética aumentó del 12.9 al 14.1%. Las pérdidas de presión sin embargo crecieron entre el 44.6-48.8% con la instalación de los sellos, pero el incremento de la energía requerida de la bomba se pueden despreciar en comparación con el incremento del flujo de calor.

El comportamiento de la transferencia de calor en el intercambiador “mejorado” se intensifica, lo cual es un beneficio obvio para la optimización del diseño de intercambiadores de calor desde el punto de vista del ahorro de energía. Tratan el tema de la posibilidad de incrementar la transferencia de calor de un intercambiador de tubo y coraza. Sin embargo, dicho método carece de información acerca de las repercusiones que tiene el instalar sellos desde el punto de vista mecánico estructural; ya que se desconoce cómo se instalan esos sellos.

A [36] aplicaron un nuevo concepto denominado “número del campo sinérgico” para realizar la optimización de intercambiadores de calor de tubo y coraza de baffles segmentados. Este concepto lleva implícito dentro de sí varios criterios de optimización, En este caso los autores tomaron el campo de velocidad y el flujo de calor y usaron el método de los algoritmos genéticos para resolver el problema de la

optimización. Para analizar la transferencia de calor en el lado de la coraza utilizaron el método de Bell Delaware, Este trabajo tiene el mérito de introducir un nuevo concepto para optimizar intercambiadores de calor, sin embargo no profundiza en otros criterios de optimización y usa uno de los métodos más antiguos para calcular la transferencia de calor en el lado de la coraza.

De acuerdo con [37] introdujo en el diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza la influencia de la temperatura local y de la velocidad en el grado de ensuciamiento o incrustamiento. El autor señala que la resistencia al ensuciamiento se considera por la mayoría de los diseñadores como una constante, lo cual es erróneo. No se abordan aspectos de optimización ni de métodos de cálculo.

A [38] utilizan el método de análisis de La sensibilidad global mediante un algoritmo armónico de búsqueda para realizar la optimización de intercambiadores de calor de tubo y coraza. Este método es un método Meta – heurístico de búsqueda de solución de un problema. Utilizan el método de Bell Delaware y optimizan tanto el costo de inversión como de operación. Los autores plantean que este método de búsqueda de la solución es más efectivo que el de los algoritmos genéticos.

De acuerdo con [39] plantean que los intercambiadores de calor de tubo y coraza (STHEs) son el tipo más común en los procesos industriales. Además, mencionan que la minimización del costo de estos equipos es un objetivo clave para diseñadores y usuarios. Debido a la construcción y funcionamiento de dichos equipos, el diseño de los mismos involucra procesos complejos para la selección de parámetros geométricos y de operación. Destacan que el enfoque tradicional de diseño de estos equipos involucra la valoración de diferentes geometrías de los mismos, para identificar aquellas que satisfagan una capacidad calorífica dada y un conjunto de restricciones geométricas y de operación. Sin embargo enfatizan que este enfoque consume mucho tiempo y no asegura una solución óptima.

En el trabajo, se explora el uso de una técnica de optimización no tradicional basada en métodos de la Inteligencia artificial llamada “particle swarm optimization” (Optimización por enjambre de partículas) para la optimización de diseño de los intercambiadores mencionados desde el punto de vista económico. Los autores consideran la minimización del costo anual total como función objetivo. Se toma como variables de diseño a optimizar al diámetro interno de la coraza, diámetro externo del tubo y espaciado entre baffles. Además, también se consideran dos disposiciones para los tubos: triangular y cuadrada. Cuatro diferentes casos de estudio se presentan para demostrar la eficacia y la exactitud del algoritmo propuesto. En el trabajo, se muestran los resultados de la optimización usando la técnica antes señalada y se comparan con los obtenidos usando algoritmo genético (GA).

Sin embargo, se nota de ausencia de parámetros referentes a la resistencia mecánica como la presión a la que están sometidos los tubos; lo cual limita el método propuesto de optimización utilizan el método del enjambre de partículas para realizar la optimización del diseño de un intercambiador de calor de tubo y coraza. Su objetivo fue minimizar el costo del intercambiador y usaron diferentes variables geométricas a evaluar, entre ellas el diámetro interior de la coraza, el diámetro de los tubos y el espaciamiento entre baffles. El trabajo se evaluó para dos disposiciones o arreglos de los tubos, el arreglo triangular y el arreglo cuadrado. Los autores comparan los resultados con otros trabajos donde se usó el método de los algoritmos genéticos. El método de diseño utilizado fue el método de Kern.

En Brasil [40] realizaron un trabajo de optimización del diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza. Minimizaron el área de transferencia de calor teniendo en cuenta variables de decisión tales como el diámetro interior de la coraza, la longitud de los tubos, el número de pases por los tubos y la relación entre el espaciamiento entre los baffles y el diámetro de la coraza.

Usaron varias restricciones geométricas y de servicio. Señalan que la optimización en el diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza se ha enfocado principalmente en la minimización del área de transferencia de calor. En este artículo, los autores estudian dicha minimización para cierto tipo de servicio involucrando variables discretas. Utilizan restricciones adicionales que son de carácter geométrico y condiciones de velocidad las cuales se deben cumplir para alcanzar una solución más realista del proceso en estudio. Los autores basan el algoritmo de optimización en una búsqueda en una tabla de conteo de tubos donde las restricciones establecidas y las variables de diseño investigadas son empleadas para eliminar las opciones no óptimas, reduciendo el tiempo computacional empleado.

Los resultados obtenidos muestran la capacidad de la propuesta de dicha optimización para desarrollar diseños más efectivos, considerando limitaciones generalmente ignoradas en la literatura. Los autores no mencionan alguna información relacionada con la resistencia mecánica del diseño optimizado del tipo de intercambiador analizado.[41] del Idaho National Laboratory hacen énfasis en que las nuevas plantas de generación nuclear (NGNP) tendrán muy altas temperatura del reactor, el cual debe ser enfriado por gas. En estos sistemas se utilizan intercambiadores de calor de tubo y coraza.

IV.1 SURGIMIENTO DE LA ENTRANSÍA

A [42] definen una nueva cantidad física como base para la optimización de los procesos de transferencia de calor en términos de la analogía entre el calor y la conducción eléctrica. Esta cantidad, que será referida como “Entransía”

($E_h = \frac{1}{2} Q_{vh} \cdot T$), corresponde a la energía eléctrica almacenada en un condensador. Los análisis de transferencia de calor demuestran que la Entransía de un objeto describe su capacidad de transferencia de calor, de la misma forma la energía eléctrica en un condensador describe su capacidad de transferencia de carga. La disipación de Entransía ocurre durante procesos de transferencia de calor como una medida de la irreversibilidad de la transferencia de calor.

Los conceptos de entransía y disipación de entransía fueron utilizados para desarrollar el principio de la disipación de entransía para la optimización de los procesos de transferencia de calor. Para un flujo de calor en una frontera fija, el proceso de conducción es óptimo cuando se reduce al mínimo la disipación de entransía, mientras que para una temperatura en una frontera fija la conducción se optimiza cuando se maximiza la disipación de entransía

Una resistencia térmica equivalente para los problemas de la conducción multidimensional se define basado en la disipación de Entransía, de tal manera que el principio extremo de disipación de Entransía se puede relacionar con el principio de la mínima resistencia térmica para optimizar la conducción.

De acuerdo con [43] a finales del año 2010 introducen una teoría y un concepto muy novedoso en la optimización de intercambiadores de calor. La llamada “Teoría de la disipación de entransía” ha revolucionado los conceptos y métodos de la transferencia de calor. En el trabajo señalan que la transferencia de calor y la fricción en los fluidos son dos irreversibilidades en los intercambiadores de calor y que la disipación de entransía puede ser empleada para cuantificar dichas irreversibilidades. Aplicando dicha teoría y el método de los algoritmos genéticos realizan la optimización del diseño de intercambiadores de calor utilizando como función objetivo la disipación de entransía.

En Canadá [44] a finales del año 2006 desarrollaron un procedimiento para minimizar el costo de un Intercambiador de calor de tubo y coraza basados en los algoritmos genéticos. Lo más destacable de este trabajo es que manejaron 11 variables de diseño relacionadas con la geometría del intercambiador, entre ellas, el paso de los tubos, el arreglo de los tubos, el número de pasadas por el tubo, el espaciamiento entre baffles, tanto en el centro como en la entrada y en la salida, el corte de los baffles, el diámetro de la coraza, el diámetro de los tubos, etc. El método usado fue una versión adaptada del método de Bell Delaware. Tuvieron en cuenta en los costos además los costos asociados al mantenimiento.

Uno de los pocos trabajos encontrados que aborda la optimización multi objetivo de los intercambiadores de calor de tubo y coraza fue el realizado por los iraníes [45]. En este trabajo los autores consideran la eficacia y el coste como los dos objetivos más importantes en el diseño del intercambiador de

calor. En el coste total incluyen los costos de inversión y los costos de operación. Utilizan como parámetros a variar o variables independientes los siguientes: arreglo de tubos, diámetro del tubo, paso entre los tubos, relación de espaciamiento entre los baffles, longitud de los tubos, número de tubos así como la relación de corte del baffle. Para lograr el diseño óptimo, el intercambiador fue modelado termicamente usando el método de la eficacia – NTU, mientras que se aplicó el procedimiento de Bell Delaware para estimar la caída de presión y el coeficiente de transferencia de calor en el lado de la coraza. Para obtener la eficacia máxima y el costo mínimo como dos funciones objetivo se aplicó el método de los *Algoritmos Genéticos* de Ordenación *No-Dominada Elitista* (NSGA-II) con variables continuas y discretas. Los resultados óptimos del diseño son un sistema de soluciones óptimas múltiples, llamado frente de Pareto de soluciones óptimas.

Existen otros algoritmos evolutivos como la Evolución Diferencial (DE), introducida por [45]. Este es un método no binario que realiza el cruzamiento basado en el uso de vectores diferenciales de “peso” entre los individuos. Su versión multi objetivo es la “Evolución Diferencial Multi Objetivo” (MODE), descrita por [46]. Otro popular algoritmo es el “Recocido Simulado” (SA) [47-49], el cual como su nombre sugiere se basa en el fenómeno físico del mejoramiento de las propiedades mediante el recocido.

A [50] en una comunicación corta presentan un modelo para estimar el coste total de cambiadores de calor de tubo y coraza, así como una estrategia de diseño para reducir al mínimo este coste. El proceso de la optimización se basa en un algoritmo genético. El coste global incluye el coste energético (es decir energía de bombeo) y el coste de compra inicial del intercambiador. Se optimizan once variables de diseño. Diez están asociadas con la geometría del intercambiador y una relacionada con si el fluido condensado pasa por los tubos o por la coraza. Se presentan dos estudios de caso y los resultados obtenidos demuestran que el procedimiento puede identificar rápidamente el mejor diseño para un proceso dado de transferencia de calor entre dos fluidos, uno de los cuales está condensando.

Los intercambiadores de calor son un componente integral de todos los sistemas térmicos. Sus diseños deben ser adecuadamente adaptados a las aplicaciones en las cuales deben ser usados, de otra manera su comportamiento no sería fiable y su costo sería excesivo. El diseño de los intercambiadores de calor puede ser una tarea muy compleja donde las herramientas de optimización avanzadas son muy útiles para identificar el mejor y más barato intercambiador para un requerimiento específico.

Los algoritmos genéticos están entre las herramientas más comunes para realizar esta tarea de optimización. Los modelos usados para evaluar el comportamiento de los

intercambiadores de calor son en su mayoría analíticos y se basan en relaciones empíricas. [51] realizaron el diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza mediante un algoritmo genético estándar sin elitismo. El objetivo perseguido por los autores en este trabajo fue simplemente minimizar el coste usando como variables independientes el diámetro del tubo, el paso entre los tubos, el número de pases por los tubos, el diámetro exterior de la coraza y el corte de los baffles.

De acuerdo con [52] mencionan que el objetivo principal en cualquier diseño de un intercambiador de calor generalmente es la valoración del área mínima de transferencia satisfaciendo una capacidad calorífica requerida, ya que dicha área gobierna el costo total del equipo. Añaden que diferentes configuraciones son posibles utilizando diversas variables del diseño tales como diámetro externo, paso diametral, longitud de los tubos, etc.; por lo que se hace necesaria una estrategia eficiente en la búsqueda de un mínimo global. El trabajo propone por primera vez una metodología de optimización llamada evolución diferencial (DE) aplicada al diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza; la cual es una versión mejorada de algoritmos genéticos (GAs). Se menciona que se ha aplicado con éxito con diversas estrategias para diferentes configuraciones de diseño usando el método de Bell y así encontrar el área de transferencia de calor.

En el uso del método propuesto, son consideradas 9680 combinaciones de los parámetros claves. Para ese problema de diseño óptimo, se encontró que la DE es una estrategia excepcionalmente simple, siendo notablemente más rápida que el GA, al presentar un óptimo global para una amplia gama de los parámetros dominantes pero sin tomar en cuenta la resistencia mecánica que deberían tener los elementos en el diseño ya optimizado (principalmente los tubos). Los autores minimizaron el coste de los intercambiadores de calor de tubo y coraza basados en el método de optimización de la evolución diferencial. A tal efecto tomaron siete variables de diseño.

A [53] también redujeron al mínimo el coste de los intercambiadores de calor de tubo y coraza, pero en su caso usaron solamente tres variables de diseño (diámetro de la coraza, diámetro del tubo y espaciamiento de los baffles). El Algoritmo genético empleado por los autores incluyó 20 individuos por población. Se empleó también el elitismo y un método de cruzamiento disperso donde se creó un vector binario aleatorio que tiene un número de bits igual al número de genes de un individuo. Entonces, los genes donde el valor es 1 se copian del primer padre, mientras que los genes donde el valor es 0 se copian del segundo padre.

Una sola función objetivo que representa el costo anual (costo exergético y costos capitales) de un intercambiador de calor de tubo y coraza fue minimizada por [54]. La función depende de la longitud del tubo (variable discreta), diámetro exterior de los tubos (variable discreta), tipo de paso (variable

discreta), relación de paso (variable discreta), ángulo de disposición de los tubos (variable discreta), número de pasadas por el tubo (variable discreta), relación de espaciado entre los bafles (variable discreta), y flujo másico (variable continua). Se usó un algoritmo genético mezclado de variables reales continuas y discretas. A este algoritmo se le añadieron características originales tales como la inserción de nuevos individuos generados aleatoriamente en cada generación.

Un artículo de [55] sobre métodos generales de optimización de intercambiadores de calor dio varias consideraciones para la optimización del diseño de los mismos. Primeramente debe establecerse la meta de la optimización: podría ser la reducción del tamaño del intercambiador de calor y/o reducir los gastos de explotación. Las variables operacionales que podrían ser optimizadas son la tasa de transferencia de calor, la energía de bombeo (caída de presión), el flujo y la velocidad del líquido. Al considerar la optimización reduciendo su tamaño (y por lo tanto ahorrando la cantidad de material usado), el aumento en coste de fabricación debe ser considerado.

El objetivo principal en el diseño de los intercambiadores de calor es el incremento de la transferencia de calor. Pero esto se contrapone con el incremento de la potencia de bombeo y la energía consumida en este aspecto. Es posible encontrar un diseño que sea el equilibrio entre estos dos efectos. Existe un método de optimización para lograr esto denominado Minimización de la Generación de la Entropía (EGM). Consiste en calcular la entropía producida y encontrar los parámetros para la entropía mínima.

Un artículo corto sobre la minimización de la generación de la entropía fue publicado por [56]. En el mismo el autor da un criterio general para evaluar el comportamiento de un intercambiador de calor. Describió los dos tipos de pérdidas que un intercambiador de calor puede tener, pérdidas debido a la diferencia de la temperatura del líquido-a-líquido (ΔT) y pérdidas friccionales debido a la caída de presión (ΔP). Una disminución de las pérdidas de ΔT daría lugar a un aumento de las pérdidas de ΔP . Ambas pérdidas contribuyen a la irreversibilidad del intercambiador de calor.

La entropía fue utilizada para cuantificar esta irreversibilidad y la reducción al mínimo de la cantidad de entropía producida conducirá entonces a un diseño óptimo. El método de la minimización de la generación de la entropía combina los principios de transferencia de calor, de mecánica de los fluidos y de termodinámica y fue utilizado en la optimización de equipos irreversibles verdaderos [57].

Una aplicación del EGM a los intercambiadores de calor de contracorriente fue hecho por [58]. Proporcionó un método de diseño de intercambiadores de calor usando el número de unidades de la generación de entropía. Este método fue aplicado

a un intercambiador de calor regenerador de tubo y coraza para obtener el área mínima de transferencia de calor cuando se fija la cantidad de unidades.

En otro artículo de este propio autor [59] se estudia el método de EGM en la convección forzada para cuatro configuraciones de flujo. Los resultados indicaron qué características del flujo actuaban como concentradores de la generación de la entropía. En conclusión el autor afirmó ó que la minimización debe ser encontrada partiendo de las características más elementales del diseño.

La geometría de las aletas fue optimizada por [60]. Después de que la fórmula general fuera derivada usando el método de EGM y los métodos analíticos, fueron desarrollados resultados gráficos que dieron lugar a la selección óptima de las dimensiones de varias diversas configuraciones de la aleta.

El EGM fue aplicado a un intercambiador de calor de contracorriente por [61]. Estos autores desarrollaron una expresión general de la generación de la entropía. Con esta expresión general varios diseños óptimos pueden ser desarrollados.

El método de EGM también fue utilizado para estimar la calidad del proceso del intercambio de calor por [62]. La expresión resultante de la calidad fue aplicada a un intercambiador de calor líquido-líquido para diversos arreglos del flujo. Se despreció la fricción del fluido en este método y los resultados demostraron que la contracorriente era mejor que el flujo paralelo.

Un artículo de [63] combinó métodos numéricos con EGM mediante la combinación de la predicción de la tasa de generación de entropía local con la dinámica computacional de los fluidos (CFD). Los resultados obtenidos fueron aplicados a la transferencia de calor por convección asociada a un chorro de fluido lanzado a una pared calentada.

Un método comparativo para los varios métodos de transferencia de calor utilizados en sistemas de potencia de entrada constante fue introducido por [64] y su investigación fue basada en EGM. Para seleccionar el sistema más eficiente se compararon los cocientes de la distribución de la irreversibilidad para varias configuraciones a una carga dada de transferencia de calor. Este criterio fue aplicado solamente a las aletas. De los resultados se pudo establecer que geometría de la aleta transferiría el calor disipado con una menor potencia de bombeo. El método de EGM se puede aplicar a muchas configuraciones de intercambiadores de calor.

Varios investigadores han utilizado el método de EGM y le han hecho aportes.

En un artículo [65] adaptaron la teoría original de EGM y crearon la termo economía basada en la segunda ley de la termodinámica, la cual incorporó el factor económico. En el método original de EGM los diversos parámetros de la generación de la entropía (para la presión y la transferencia de calor) tenían valores monetarios iguales. Un valor económico basado en costes de capital anuales era estimado y aplicado al valor de la entropía generada. Esto proporcionó un método para establecer un compromiso entre el coste de la generación de la entropía en un intercambiador de calor y los gastos en inversión de capital.

De acuerdo con [66] en otra aplicación de la Termo Economía combina el análisis de la segunda ley con el coste de la propiedad y el uso del intercambiador de calor. El método presentado en este artículo se puede aplicar a cualquier intercambiador de calor para el que se sepan las relaciones ϵ -NTU-R (eficacia-número de unidades de transferencia – relación de tasa de capacidad de calor). Para encontrar el coste apropiado de la irreversibilidad, el mismo fue incluido en un parámetro adimensional que representa el cociente de los costes anuales fijos de propiedad a los gastos de explotación anuales. Un diseñador podría estimar los costes de la irreversibilidad para el sistema en particular.

En conclusión el método de la Minimización de la Generación de la entropía es un método establecido de optimización que se utiliza en varias aplicaciones de Transferencia de Calor. Combina los campos de la termodinámica, de la transferencia de calor y de la mecánica de los fluidos. El método puede optimizar sistemas reales y se puede adaptar a cualquier aplicación específica.

Uno de los pocos artículos encontrados de simulación numérica aplicados a los intercambiadores de calor es el de [67]. En el mismo los autores realizan una simulación numérica 3D de un intercambiador de calor con baffles helicoidales usando los Software comerciales del GAMBIT 2.3 y de FLUENT 6.3. Primeramente se presenta detalladamente el modelo y el método numérico de cómputo del intercambiador de calor, y posteriormente se emplea el modo del cómputo en paralelo para lograr la simulación del intercambiador de calor entero con seis ciclos de baffles helicoidales de ángulo de 40° en una malla de 13.5 millones de elementos; en segundo lugar, se valida el modelo de cómputo comparando la caída de presión total y el promedio del número de Nusselt del intercambiador de calor entero con datos experimentales.

Se obtiene buena concordancia entre los resultados teóricos y experimentales y se analizan las razones que causan a la discrepancia. Se presentan los campos de presión y de temperatura del fluido en el lado de la coraza.

Estos propios autores realizaron un segundo artículo basados en los resultados del trabajo anterior donde basados en

un modelo periódico simplificado [68] llevaron a cabo la simulación en 3D para tres ángulos de hélice diferentes de los baffles. Usaron el mismo software comercial que en caso anterior. Encontraron que el mayor coeficiente de transferencia de calor por unidad de caída de presión se alcanzaba para el ángulo de 40°, lo que está de acuerdo con la literatura especializada. El ángulo promedio de intersección previsto en este caso es el más pequeño, siendo consistente con el principio del campo sinérgico. El funcionamiento del modelo periódico con baffles helicoidales continuos es también comparado con baffles no continuos. Se demuestra que el coeficiente de transferencia de calor por unidad de caída de presión de los baffles no continuos es apreciablemente más grande que el de los baffles helicoidales continuos, indicando que el intercambiador de calor con baffles helicoidales no continuos tiene su ventaja con respecto al continuo.

Lo anterior hace notar, que la optimización de intercambiadores de calor es un proceso continuo que no se ha detenido, gracias a los adelantos en las herramientas computacionales [69].

De acuerdo con [70] señalan que en el Heat Exchanger Design Handbook se presenta un procedimiento general para el diseño de intercambiadores de calor, pero que en dicha obra no se precisa el criterio para determinar el espaciamiento entre baffles. En su artículo los autores desarrollan y utilizan un programa de computación para calcular el espaciamiento óptimo entre baffles para todos los tipos de intercambiadores de calor de tubo y coraza usando el procedimiento establecido en el referido handbook, lo que los autores consideran que es una complementación del manual.

Otro de los trabajos de Babu es el denominado “Automated Design of Heat Exchangers Using Artificial Intelligence Based Optimization” [71]. En el mismo el autor señala que los intercambiadores de calor son muy importantes en cualquier proceso industrial y que su diseño óptimo es de crucial importancia en términos de comportamiento y de economía. Plantean que debido a que existen numerosas variables de diseño y diferentes alternativas para cada variable, se puede considerar que la optimización de los intercambiadores de calor de tubo y coraza poseen un problema de optimización discreta a gran escala. Señala además que los Algoritmos Genéticos es una técnica de optimización no convencional que sobresale sobre otras técnicas convencionales y que debido a eso se usó en su trabajo. Los autores lograron aplicar los Algoritmos genéticos al diseño óptimo de intercambiadores de calor para minimizar el área de transferencia de calor.

A [72] presentan un algoritmo de área mínima de redes de intercambio de calor, que considera como variables de diseño a las caídas de presión permisibles de las corrientes en vez de valores supuestos de los coeficientes de transferencia de calor de película. Para una ΔT dada, el área mínima se obtiene mediante la resolución secuencial iterativa del modelo de transferencia de

calor vertical y de las relaciones de caídas de presión de las corrientes basadas en el método Kern. Este procedimiento involucra la actualización sucesiva de los coeficientes de las corrientes hasta que el objetivo de área converge. El algoritmo propuesto proporciona el balance correcto del binomio inversión – consumo de energía, en virtud de que toma en cuenta las caídas de presión permisibles de las corrientes de una forma similar a la que se usa en la etapa del diseño detallado de los intercambiadores de calor de las redes.

De acuerdo con [73] del Instituto de Química de La Universidad estadual de Rio de Janeiro desarrollaron un estudio sobre intercambiadores de calor de tubo y coraza con cambio de fase. El trabajo está encaminado AL uso de estos equipos en refinerías de petróleo. Como aspecto novedoso del trabajo se presenta un algoritmo para realizar el cálculo de estos equipos usando el método de la temperatura media logarítmica. Como resultado de las corridas realizadas se presentan los parámetros básicos de comportamiento de estos equipos.

A [74] en su trabajo “Modelagem de trocadores de calor casco e tubos”, señalan que a pesar de la gran aplicabilidad de los intercambiadores de calor de tubo y coraza, su diseño no presenta de acuerdo a los fluidos, a las condiciones de trabajo y a los métodos empleados la precisión deseada. Usando el simulador EMSO (Environment for Modeling, Simulation and Optimization) para el análisis de intercambiadores, el trabajo desarrolla procedimientos de cálculo para los parámetros de diseño y evaluación de intercambiadores de calor de tubo y coraza con una precisión adecuada sin excesivo tiempo ni dificultad de ejecución, lo que facilita la optimización de los diseños. Los modelos creados fueron incorporados a la biblioteca de modelos del simulador EMSO de acuerdo a la designación de las normas TEMA. Para determinar los parámetros en el lado de la coraza se usó el Método de Bell-Delaware.

De acuerdo con [75] desarrollaron experimentos para determinar la respuesta de la caída de presión y de la transferencia de calor local en el lado de la coraza en un intercambiador de tubo y coraza. Se demostró que la fuga entre los baffles y la concha pueden reducir grandemente la caída de presión y el coeficiente de transferencia de calor pre compartimentado.

Por su parte [76] también desarrollaron experimentos para investigar las fugas en intercambiadores de calor de tubo y coraza con baffles segmentados. En el trabajo investigan el comportamiento de este tipo de intercambiadores teniendo en cuenta cinco variables: dirección de la corriente de flujo, tasa de flujo en el lado de la coraza, tasa de flujo en el lado de los tubos, holgura entre los baffles y la coraza y distancia entre los baffles. Se aplicó un modelo de dispersión axial para predecir adecuadamente el comportamiento térmico real en el intercambiador. Se determinó que la dispersión del número de Peclet depende solamente de la holgura entre los baffles y la

coraza y de la distancia entre baffles, mientras que se pueden usar en todos los casos las mismas correlaciones de transferencia de calor.

El indú [77], señala que para hacer un buen software para el diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza, se necesita entender la clasificación de estos equipos, sus componentes, la disposición de los baffles y de los tubos, la caída de presión y la diferencia media de temperaturas. En su artículo explica los fundamentos del diseño térmico de estos intercambiadores, desarrollando aspectos tales como: componentes del intercambiador, clasificación de según la construcción y según el servicio; datos necesarios para el diseño térmico; diseño del lado del tubo; diseño del lado de la coraza, incluyendo la disposición de los tubos y de los baffles, la caída de presión en el lado de la coraza; y la diferencia de temperatura media. Las ecuaciones básicas para la transferencia de calor del lado del tubo y de la coraza y la caída de presión son bien conocidas; en su artículo el autor se centra en el uso de estas correlaciones para el diseño óptimo de intercambiadores de calor. Uno de los aspectos más importantes en el diseño de los intercambiadores de calor de tubo y coraza es el cálculo del coste de los mismos. Dentro de los múltiples trabajos revisados, uno de los más completos en este sentido es el desarrollado por [78].

En el mismo se hace un análisis pormenorizado de todos y cada uno de los aspectos que intervienen en el coste de un intercambiador de calor de tubo y coraza. La principal deficiencia de este trabajo es que casi todos los cálculos se basan en relaciones empíricas y en nomogramas. [79] de la Universidad de Michigan señalan que la optimización termodinámica de los intercambiadores de calor a través de la minimización de la generación de entropía es un método útil en determinar el diseño más eficiente para unas restricciones termodinámicas dadas. Señalan que el diseño más eficiente termodinámicamente puede no ser el más deseable, ya que la producción del diseño más eficiente termodinámicamente puede ser no costeable desde el punto de vista económico y que por tanto deben ser tenidos en cuenta todos los costos. Se argumenta que la eficiencia termodinámica tiene un importante papel en las consideraciones económicas. En su estudio optimizan el intercambiador con dos funciones objetivos por separado: la minimización de la generación de entropía y la minimización del costo. Posteriormente comparan los dos diseños óptimos y realizan una solución de compromiso.

Un software para el diseño térmico e hidráulico de intercambiadores de calor de tubo y coraza fue desarrollado por [80]. EL Software se desarrolló en un ambiente de programación basado en el ambiente de Delphi para Windows. Su formato de uso fácil para los datos de entrada y las características de los gráficos con excelentes colores le hacen una herramienta excelente para la enseñanza, el aprendizaje y el diseño preliminar de intercambiadores de calor de tubo y coraza. La metodología

de diseño se basa en el método de Bell Delaware de la literatura clásica.

Una mejor definición de la eficiencia térmica de los intercambiadores de calor basada en la segunda ley de la termodinámica es proporcionada por [81]. Se demuestra que correspondiendo con cada intercambiador de calor real, hay un intercambiador de calor ideal que es un intercambiador de calor equilibrado de flujo contracorriente. El intercambiador de calor ideal tiene el mismo valor de UA, la misma diferencia de la temperatura media aritmética, y la misma relación de fluido frío al caliente en la entrada. Las tasas de capacidad de calor del intercambiador ideal son iguales a las tasas de calor mínima del intercambiador real. El intercambiador de calor ideal transfiere la máxima cantidad de calor, igual al producto UA y la diferencia de temperatura media aritmética, y genera la cantidad mínima de entropía, haciendo al intercambiador más eficiente y menos irreversible. La eficiencia del intercambiador de calor se define como la relación entre el calor transferido en el intercambiador de calor real y el calor que sería transferido en el intercambiador de calor ideal. El concepto de eficiencia del intercambiador de calor proporciona una nueva vía para el diseño y el análisis de los intercambiadores de calor y de redes de intercambiadores de calor.

A [82] desarrollaron un modelo para evaluar la caída de presión en el lado de la coraza. Este modelo incorpora la caída de presión en las boquillas de entrada y salida del fluido con las pérdidas en los segmentos creados por los baffles. Los resultados del modelo concuerdan muy bien con los resultados disponibles en la literatura para números de Reynolds entre 105 y 103 y de una manera más precisa si se comparan con otros modelos analíticos desarrollados por otros investigadores para diferentes configuraciones de intercambiadores de calor.

Un intento para mejorar el comportamiento y la simplicidad de fabricación de los intercambiadores de calor de tubo y coraza con baffles helicoidales continuos y múltiples pasadas por el tubo y la coraza (CMSP-STHX) fue realizado por [83].

Se compara este tipo de intercambiadores con los intercambiadores de calor convencionales con baffles segmentados (SG-STHX). Para realizar la comparación usaron métodos de la Dinámica Computacional de los Fluidos (CFD). Los resultados numéricos muestran que para el mismo flujo másico M y la misma tasa de transferencia de calor total Q_m , la caída de presión promedio Δp_m del intercambiador CMSP-STHX es menor que en el intercambiador convencional SG-STHX como promedio en un 13%. Bajo la misma caída de presión total Δp_m en el lado de la coraza, la tasa de transferencia de calor total Q_m del intercambiador CMSP-STHX es mayor en un 5,6 % con respecto a la del intercambiador SG-STHX y la tasa de flujo másico en el intercambiador CMSP-STHX es un 6,6 % superior que en el intercambiador SG-STHX. Finalmente los autores concluyen que los intercambiadores CMSP-STHX pueden ser usados para reemplazar los intercambiadores SG-STHX en

aplicaciones industriales para ahorrar energía, reducir costes y prolongar la vida de servicio.

Otro de los trabajos relacionados con la simulación numérica fue realizado por [84]. En el mismo los autores realizan simulaciones numéricas para investigar el aumento de la transferencia de calor mediante el incremento de la turbulencia en tubos rellenos con un medio poroso. Usan simulaciones numéricas en dos dimensiones a través del modelo turbulento $k - \epsilon$ para calcular las características de flujo y de transferencia de calor. Los parámetros estudiados fueron el número de Reynolds ($Re = 500 - 15000$), el número de Darcy ($Da = 10^{-1}$ a 10^{-6}) y una relación de porosidad $e = 0,0 - 1,0$. Los resultados numéricos muestran que el campo de flujo puede ser ajustado y el espesor de la capa límite puede ser disminuido mediante la inserción de un medio poroso de tal manera que se pueda aumentar la transferencia de calor en los tubos. Las distribuciones locales del número de Nusselt a lo largo de la dirección del flujo se incrementan con el incremento del número de Reynolds y el espesor de la capa porosa, pero se incrementa con la disminución del número de Darcy. Para una relación de porosidad menor de 0,6, el efecto del número de Darcy en la caída de presión no es tan significativo. La relación óptima de porosidad está alrededor de 0,8, lo que puede aumentar la transferencia de calor en los intercambiadores.

Uno de los pocos software utilizados para la optimización de intercambiadores de calor de tubo y coraza es el OSTHEX, Versión 1.0 desarrollado en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo [85]. Realmente es un software sencillo de usar escrito en C++ en ambiente de Windows. No obstante lo único que optimiza son los costos. El método de cálculo utilizado para el diseño del intercambiador es el de Bell-Delaware

En el trabajo “Optimization of high-pressure shell-and-tube heat exchanger for syngas cooling in an IGCC” [86] se investiga las características del campo de flujo y de la transferencia de calor de un Intercambiador de calor de tubo y coraza para el enfriamiento de un gas sintetizado en una planta de potencia de un ciclo integrado combinado de gasificación de carbón (IGCC). Se aplica el método de los volúmenes finitos usando el FLUENT. Se adoptó el modelo RNG $k - \epsilon$ para modelar el flujo turbulento. La tasa de porosidad, la distribución de la resistencia y la distribución de la fuente de calor se introdujeron en el FLUENT a través de funciones definidas a tal efecto. Se estudiaron la caída de presión, la distribución de temperaturas y la variación de la transferencia de calor local bajo los efectos del componente del gas sintetizado y la presión de operación, así como de la disposición de los baffles. Los resultados muestran una mayor presión de operación puede mejorar la transferencia de calor, sin embargo acarrea una mayor caída de presión. Los componentes del gas sintetizado afectan significativamente la caída de presión y la transferencia de calor. La disposición de los baffles influye en el flujo del fluido.

De acuerdo con [87] del Instituto de Ingeniería en Energía en la Universidad Técnica de Berlín para entender la relación entre los costes de capital y el índice del coste de destrucción de la exergía en los intercambiadores de calor explora estos aspectos en una central eléctrica de ciclo combinado (CCPP), a través del diseño óptimo económico de un intercambiador de calor considerado como solo componente. Desarrolla expresiones para índices de tiempo de beneficio usando ganancias específicas de exergía y costos.

Estas expresiones son adimensionales y se usan sus derivadas para encontrar la eficacia óptima de los intercambiadores de calor. Este óptimo demuestra ser una función de varios grupos adimensionales. Tres de las variables contenidas dentro de estos grupos son tanto las temperaturas de entrada de la corriente como la temperatura de referencia. Los resultados de la optimización numérica de los intercambiadores de calor confirman la validez de los grupos adimensionales.

Dentro del empleo de los métodos numéricos está también el trabajo “Performance evaluation of crossflow compact heat exchangers using finite elements” [88]. En el mismo se realiza un análisis de un intercambiador de calor compacto de flujo cruzado usando el método de los elementos finitos. Los resultados obtenidos concuerdan con las soluciones analíticas disponibles en la literatura para casos con coeficientes de transferencia de calor constante. Los autores extienden el análisis a casos con coeficientes de transferencia de calor variables. Se calcula además la caída de presión para todos los casos.

Otra técnica empleada en la evaluación de Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza ha sido la Técnica de Modelado Electro Químico de Transferencia de masa [89]. Mediante esta técnica en Inglaterra se determinaron en el año 1976 los coeficientes de transferencia de calor local en el lado de la coraza en un modelo de intercambiador con baffles. La exactitud y validez del método se demostró comparando los resultados obtenidos por otros métodos.

Un modelo usando la Dinámica de los Fluidos Computacional (CFD) se desarrolló para simular y analizar térmica e hidráulicamente en el lado de la coraza una caldera recalentadora [90]. Se usaron dos modelos diferentes de flujo de dos fases, un modelo mezclado y dos modelos de fluidos. Los resultados obtenidos que mejor concuerdan con los datos experimentales son los obtenidos con el modelo de dos fluidos.

El análisis térmico de un intercambiador con flujo dividido con un número arbitrario de pasadas por el lado del tubo fue realizado por [91]. Se obtuvieron las correspondientes ecuaciones de temperatura y por medio de las mismas se calcularon la efectividad térmica, el factor de corrección de la diferencia de temperatura media y la temperatura en una localización de la superficie del intercambiador. También se

analiza en el artículo la localización óptima de la entrada del flujo en la coraza y la influencia de la división del flujo en el lado de la coraza sobre las pérdidas de presión.

En el número 29 de la Revista Applied Thermal Engineering del año 2009 [92] aparece un artículo muy similar de Ponce et al al publicado en la revista Chemical Engineering. En el mismo se presenta una metodología basada en los Algoritmos Genéticos para el diseño óptimo de intercambiadores de calor de tubo y coraza. Utiliza el método de Bell-Delaware sin simplificaciones para la descripción del flujo por el lado de la coraza.

El procedimiento de optimización contempla la selección de la selección de los parámetros geométricos principales tales como el número de pases por el tubo, tipo de cabezal, los diámetros internos y externos estándares de los tubos, disposición y paso entre los tubos, localización del fluido frío y del fluido caliente, número de sellos, espaciamiento entre baffles y caída de presión en el lado del tubo y de la coraza. La metodología toma en cuenta las restricciones geométricas y operacionales recomendadas por las normas y códigos de diseño. Los ejemplos analizados muestran que los Algoritmos Genéticos proveen una valiosa herramienta para el diseño óptimo de intercambiadores de calor.

Sin lugar a dudas la minimización de la entropía como una herramienta para la modelación de los intercambiadores de calor es muy utilizada en la actualidad. [93] de la Universidad de Maryland realizaron un trabajo donde señalan que un Intercambiador de calor se caracteriza por lo general por dos tipos de pérdidas termodinámicas. La primera de esas dos pérdidas está asociada con la transferencia de calor a través de una diferencia de temperaturas finita y la segunda es debido a la caída de presión a causa de la fricción en el intercambiador

La pérdida asociada a la transferencia de calor a través de una diferencia finita de la temperatura puede ser atenuada aumentando el área de transferencia y reduciendo la diferencia de la temperatura local. Sin embargo, el aumento del área de transferencia puede llevar a una mayor pérdida friccional total y a una caída de presión más alta.

Esto demuestra que las dos pérdidas están mutuamente en conflicto, que apunta a la existencia de un diseño “óptimo” del intercambiador de calor donde se reducen al mínimo estas dos pérdidas. Las dos pérdidas se pueden cuantificar por un único número que es la entropía total generada en el intercambiador de calor. La generación total de la entropía debe ser reducida al mínimo para llegar un diseño óptimo del intercambiador de calor. [94] de Malasia combinan el análisis exergético y la tecnología Pinch para el mejoramiento de procesos químicos en general y para el caso particular de los intercambiadores de calor. Hacen una comparación entre estas dos tecnologías y destacan los beneficios que pueden tener la combinación de las mismas.

A [95] realizan un programa en Autolisp que provee dibujos de la disposición de los tubos de acuerdo a los estándares y no estándares en un ambiente de AutoCAD. El programa calcula el número óptimo de tubos, pero no pasa de ser una simple ayuda al dibujo.

De acuerdo con [96] de Brasil realizan la simulación de un intercambiador de calor de tubo y coraza como el componente principal (adsorbente) de una unidad central de aire acondicionado de 20 kilovatios, que funciona principalmente con energía solar, con un calor complementario proporcionado por gas. El sistema propuesto se compone básicamente de un tanque de almacenaje de agua fría producida por un refrigerador de adsorción de carbón activado -metanol, un tanque de almacenaje de agua caliente y un intercambiador de calor entre el agua fría y el aire que se va a acondicionar. Las influencias de varios parámetros operacionales de diseño importantes sobre el funcionamiento del sistema también se estudian.

V.OPTIMIZACION MULTICRITERIAL DE LOS ICs

Las formulaciones con varios objetivos son modelos reales para muchos problemas complejos de la optimización en ingeniería. En muchos problemas de la vida real, los objetivos que se analizan entran en conflictos unos con otros, y optimizando una solución particular con respecto a un solo objetivo puede dar lugar a resultados inaceptables con respecto a los otros objetivos. Una solución razonable a un problema con varios objetivos es investigar un grupo de soluciones, las cuales satisfacen los objetivos en un nivel aceptable sin ser dominados por cualquier otra solución [97].

La necesidad de seleccionar múltiples variables, tanto de diseño como de operación de los ICs buscando una función objetivo con vistas a la minimización de su costo total conduce a la optimización multicriterial de estos equipos. [98] *destacan el hecho de que* ningún método de optimización puede solucionar todos los problemas de los intercambiadores de calor, lo cual hace necesaria metodologías más completas donde pudieran lograrse resultados abarcando más de un solo criterio.

Este aspecto también es destacado por [99] en el trabajo *Optimal design of shell-and-tube heat exchangers using genetic algorithms*. En el trabajo los autores insisten en el uso el uso de “algoritmos genéticos” para el diseño óptimo de Intercambiadores de tubo y coraza. El estudio utiliza el método de Bell-Delaware para la modelación del flujo lado coraza sin simplificaciones. El procedimiento de la optimización implica la selección de los parámetros geométricos principales tales como el número de pases en los tubos, los diámetros internos y externos estandarizados de los tubos, disposición de los tubos y distancias entre centros entre tubos adyacentes (tube pitch), tipo de cabezal (head), asignación de los fluidos en tubos y coraza, número de fajas de sello (sealing strips), espaciamento del baffle de entrada y de salida, caídas de presión en la coraza y en los tubos. La metodología tiene en cuenta algunas restricciones

geométricas y de operación recomendadas típicamente por códigos del diseño. Los ejemplos analizados muestran que los algoritmos genéticos proporcionan una herramienta valiosa para el diseño óptimo de cambiadores de calor. En el análisis hay una carencia de elementos mecánicos estructurales.

De acuerdo con [100] también han trabajado la optimización de intercambiadores de calor usando métodos de la inteligencia artificial. No obstante su trabajo está enmarcado a los intercambiadores de calor, de tipo compacto de placas aleteados (CHE). En este artículo, los autores desarrollan un estudio para la optimización de dichos intercambiadores. El método de optimización utilizado es el llamado algoritmo genético (GA) teniendo la función de buscar, combinar y optimizar los tamaños de la estructura del CHE. El volumen total mínimo y/o el costo anual total del CHE se toman como funciones objetivas para el GA. Las geometrías de las aletas permanecen fijas mientras que se varían tres parámetros de forma para los objetivos de la optimización con o sin la caída de presión como restricción, respectivamente. El funcionamiento del CHE se evalúa según las condiciones de los tamaños de la estructura que el GA ha generado, y se calculan el volumen y el costo correspondientes. El estudio muestra que, teniendo como restricción a la caída de presión en el CHE optimizado arroja como resultado, un volumen más bajo del cerca de 30% o un costo anual más bajo de alrededor del 15%; mientras que sin esta restricción, el CHE optimizado proporciona un volumen más bajo del cerca de 49% o un costo anual más bajo de alrededor del 16% de los casos analizados en la literatura. El trabajo resulta muy interesante por la disminución de costos y volúmenes con o sin restricción pero, carece de un enfoque mecánico estructural ya que no hace referencia a propiedades mecánicas con las cuales se garantice la operación adecuada del equipo.

A [101] señalan que uno de los criterios para calificar el funcionamiento de equipos de intercambio de calor es el conocido como generación de entropía, el cual se ha utilizado en el diseño de los intercambiadores de calor de tubo y coraza. En este trabajo, los autores desarrollan una nueva propuesta de optimización del diseño de estos equipos, al relacionar el factor adimensional de generación de entropía, la generación de entropía como tal, la tasa de transferencia de calor y la temperatura de entrada del fluido frío, logrando con lo anterior una función objetivo. Además son tomados como variables de diseño algunos parámetros geométricos y es utilizado el algoritmo genético para resolver el problema asociado de optimización. Los autores destacan que al utilizar su método, se eleva la efectividad del equipo significativamente y al mismo tiempo, se logra una disminución dramática en el requerimiento de potencia en el bombeo. Además, se recalca el hecho de que si se tiene un área de transferencia fija, el beneficio de incrementar la efectividad del intercambiador, es mucho mayor que el incremento en el costo de bombeo. No obstante, en el trabajo no se analiza algún parámetro de resistencia mecánica del equipo,

siendo éste de vital importancia al momento realizar la construcción del mismo.

De acuerdo con [102] en el trabajo Optimal design of shell-and-tube heat exchangers desarrollan un nuevo método para el diseño óptimo de este tipo de intercambiadores, pero enfocado solamente a intercambiadores de tubo y coraza con baffles. Desarrollan además un programa de computación denominado HEATDESIGN, pero enfocan la optimización solamente teniendo en cuenta aspectos térmicos sobre la base de la estimación de la caída de presión óptima considerando los costos mínimos.

De acuerdo con [103] desarrollan un trabajo experimental para determinar el coeficiente de transferencia de calor y de caída de presión lado coraza para un intercambiador de calor de tubo y coraza con tres diferentes haces de tubos. Debido a la naturaleza de los fluidos presentes en los intercambiadores de calor de tubo y coraza, se hace necesaria la utilización de diferentes tipos de tubos. Lo anterior es con el objeto de aumentar el área de transferencia sin aumentar en demasía el volumen de la misma. En este artículo, los autores se enfocan en el estudio del coeficiente de transferencia de calor y la caída de presión en el fluido alojado en el lado de la coraza, utilizando experimentalmente tres diferentes tipos de superficie de tubos de cobre (liso, corrugado y con micro-aletas). Además, los datos experimentales se comparan con datos teóricos disponibles. El trabajo analiza los efectos que tiene el uso de diferentes superficies de tubo sobre el rendimiento, pero no menciona los efectos mecánicos estructurales que se pudieran tener al utilizar cada variante de tubo.

A [104] ofrecen una Metodología de optimización de intercambiadores de calor de tubos con superficies aleteadas. Estos autores plantean que debido a la naturaleza antagonista de transferencia de calor y caída de presión, presente en los intercambiadores de calor, siempre debe ser tomado en cuenta este aspecto al momento de optimizar un diseño de estos equipos. En este trabajo, los autores toman para su análisis un condensador de tubos aleteados usado en sistemas residenciales de aire acondicionado.

De acuerdo con [105] sugieren un método general para el diseño óptimo de un cambiador de calor de placas (PHE) con las superficies onduladas que cumpla con los principios de sostenibilidad. Se utiliza un código previamente validado por CFD para predecir la cantidad de calor a transferir, así como la caída de presión en este tipo de equipo. El modelo computacional es un canal estrecho tridimensional teniendo como variables de diseño al coeficiente del bloqueo, relación de aspecto del canal, relación de aspecto de la corrugación, ángulo de ataque y número de Reynolds propias de este tipo. Los resultados concuerdan bastante bien con datos publicados. Finalmente, las especificaciones del diseño óptimo se sugieren para una gama de números de Reynolds y dos valores del factor de ponderación.

Como se observa, el trabajo se apoya en resultados obtenidos por el uso del CFD, lo cual da lugar al empleo de este tipo de software para robustecer las metodologías de optimización. Por otra parte es uno de los pocos trabajos encontrados que habla de los principios de sostenibilidad.

A [106] plantean que los métodos tradicionales para el diseño de intercambiadores de calor ya apuntaban hacia la optimización desde el punto de vista económico; de ahí que los autores hayan propuesto un nuevo método para diseñar estos equipos basados en estudios realizados por Kays y London. No obstante, el trabajo sólo aborda parámetros energéticos pero no mecánicos estructurales, siendo además el criterio de optimización puramente económico.

De acuerdo con [107] muestran un nuevo método de optimización para un recuperador de superficie primaria (PSR) desde el punto de vista del rendimiento (performance) en la transferencia de calor, peso del equipo y pérdida de presión. Se discuten los factores de relevancia en la estructura del PSR, la transferencia de calor y flujos involucrados para determinar las variables independientes de diseño. Fue establecido un modelo de optimización multi-objetivo para el diseño de estos equipos y las expresiones específicas para cada objetivo fueron deducidas. El resultado del ejemplo tomado para la optimización muestra que los factores subjetivos pueden ser evitados al elegir ciertos tamaños geométricos de hojas acanaladas. Los autores enfatizan la importancia de la metodología expuesta al obtener un beneficio económico alto, al mismo tiempo que se logra un mejor funcionamiento del sistema donde está insertado el intercambiador. Por lo anterior, se visualiza el gran potencial de desarrollar una herramienta de optimización de carácter multicriterial teniendo en cuenta también, aspectos de parámetros de diseño mecánico para lograr una metodología más completa.

De acuerdo con [108] analizan los efectos del ángulo de inclinación de los baffles en la transferencia de flujo y de calor de un intercambiador de calor con baffles helicoidales. Señalan que diversos autores han enfatizado el uso de herramientas computacionales de simulación numérica, como una vía alterna para el estudio de intercambiadores de calor. Los resultados de la simulación muestran que los baffles helicoidales continuos pueden reducir o aún eliminar regiones con pocas posibilidades de transferencia de calor por parte del fluido contenido en la coraza, al variar el ángulo de inclinación de dichos baffles. Además se resalta la variación de la caída de presión de una forma acentuada al variar el ángulo mencionado. También se menciona que haciendo una comparación con equipos de baffles segmentarios y equipos con los baffles helicoidales continuos, estos últimos tienen coeficientes de transferencia de calor más altos para una misma caída de presión. Los autores sugieren una investigación más profunda para este tipo de intercambiadores pero no menciona una extensión del estudio para parámetros de índole mecánico estructural.

Segundo [109] en uno de los trabajos más recientes encontrados en la literatura revisada señalan que debido al desarrollo de la nanotecnología, se hace necesaria la investigación en equipos de transferencia incorporados en dicho ambiente. Los autores analizan soluciones como Al_2O_3 /agua y TiO_2 / agua y su repercusión en el funcionamiento de intercambiadores de calor de tubo y coraza, bajo el régimen de flujo turbulento tomando en cuenta la concentración de nanopartículas suspendidas. Sin embargo, los autores no mencionan algunos aspectos de diseño mecánico que pudiera complementar el trabajo en el ambiente de nanoequipos.

A [110] mencionan que la eficacia de los sistemas criogénicos dependen en gran medida de del buen funcionamiento los intercambiadores de calor utilizados. Como es sabido, la transferencia de calor y la caída de presión de estos equipos, son factores de vital importancia. Enfatizan el hecho de que una mejora considerable en el funcionamiento del intercambiador se logra al elegir una configuración geométrica apropiada para un para una transferencia de calor dada. En el trabajo se aborda un aspecto de construcción del equipo, al tomar en cuenta los ciertos espacios necesarios para realizar dicha tarea; de ahí que, configuraciones optimizadas hayan sido encontradas. Los resultados muestran la posibilidad de variar el funcionamiento térmico y de la caída de presión, así como variar las dimensiones de los espacios en estudio. No obstante, los autores no abordan otros posibles parámetros de construcción los cuales son necesarios para garantizar la resistencia mecánica del equipo.

De acuerdo con [111] toman como herramienta principal, la utilización de redes neuronales artificiales (ANN) para el análisis de la transferencia de calor en intercambiadores de tubo y coraza con baffles segmentarios o baffles helicoidales continuos. Tres intercambiadores de calor fueron investigados experimentalmente. Los autores recomiendan el uso de las redes neurales artificiales para predecir el comportamiento de sistemas térmicos en usos de la ingeniería, tales como modelado de los intercambiadores de calor para estudiar su comportamiento.

Segundo [112] en su tesis de maestría titulada Heat Exchanger Optimization desarrolla un código computacional para el análisis de los intercambiadores de calor enfriados por aire siendo acoplado con otro código de una función a minimizar restringida, para dar origen a un programa de optimización. Esta tesis en realidad aporta muy poco a la optimización de intercambiadores de calor.

A [113] analizan la configuración y los parámetros de funcionamiento óptimos de un intercambiador de calor en un sistema geotérmico de la calefacción urbana. Presentan un algoritmo de optimización para que el obligado problema no lineal maximice el beneficio neto anual para un sistema de intercambiadores de calor de contracorriente. Varios parámetros que afectan al beneficio neto se examinan, incluyendo los flujos

totales del área de los fluidos operantes y del traspaso térmico, ya que ambos directamente afectan a las temperaturas salientes. El funcionamiento del cambiador de calor y las economías de combustible reduciendo el consumo de combustible para generar calor se modelan dentro de la formulación del problema. También, la entrada de potencia a la bomba para la circulación fluida es incluida. Formulando estos parámetros múltiples sobre una amplia gama de condiciones del diseño, el algoritmo presenta una nueva herramienta de diseño útil para la mejora de las redes de intercambiadores de calor en sistemas geotérmicos.

Segundo [5] y [11] son, respectivamente, un libro y una publicación sobre selección, valoración y diseño térmico de intercambiadores de calor donde aparece una estructura lógica-básica del procedimiento de diseño para un intercambiador de calor en aplicaciones de procesos, Figura 2. Esta estructura es una tentativa de flujograma donde aparece una secuencia lógica para el procedimiento del diseño de un intercambiador de calor, partiendo de la identificación del problema y después va a una selección del intercambiador básico, pasando posteriormente a un conjunto de elementos de cálculo que pueden efectuarse tanto manualmente como asistido por una computadora donde se encuentra la selección de un conjunto de parámetros tentativos del diseño del intercambiador y una valoración de ese diseño, considerando tanto al funcionamiento térmico como la caída de presión, llegando a una valoración de la evaluación del diseño: si no se acepta, se modifican los parámetros del diseño y se vuelven a valorar; si se acepta, se pasa finalmente al diseño mecánico y al cálculo de costos. Esta estructura podría desarrollarse de manera que las variables de decisión de una función objetivo del costo total pudieran formar parte del conjunto de parámetros tentativos del diseño óptimo o mejorado del intercambiador. En esta figura el diseño mecánico es un apéndice en lugar de formar parte del proceso de optimización.

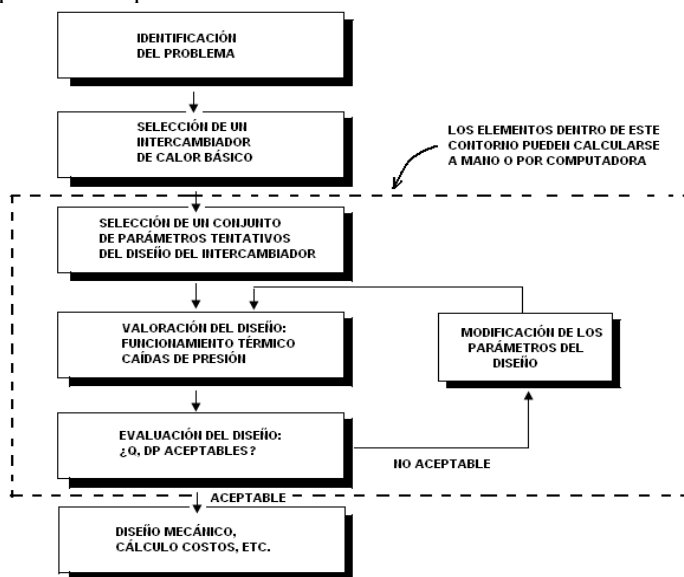


Figura 2. Estructura lógica-básica del procedimiento de diseño para un intercambiador de calor de procesos. Fuente: [11].

Esta metodología quedaría más completa si se le añade un módulo de optimización iterativa, de la cual pudieran obtener valores óptimos o mejorados de parámetros de diseño y operación que intervienen en cálculo de los equipos en estudio. Otras metodologías, más completas, para la optimización de un intercambiador de calor aparecen en [9][10].

A través de esta metodología es considerada cada posible geometría de la superficie y tipo de construcción como una alternativa; así lo indica el bloque superior izquierdo en el recuadro denominado Formulación del Problema. Para comparar, legítimamente, esas alternativas, cada diseño debe ser optimizado para una aplicación dada. De esta manera, pueden surgir varias soluciones perfeccionadas independientes que satisfagan los requisitos del problema. Luego, se hace un análisis de ingeniería, una comparación de los valores de la función objetivo y concluye con una selección de la solución óptima final para su implementación. Su problema fundamental reside en que apunta a un uso exclusivo de los fabricantes, lo que hace su disponibilidad muy limitada, por otra parte la optimización la realiza siempre en función de obtener la menor área posible.

V.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Esta entidad fue fundada en 1958, y actúa en Manaus a partir del año 2011, opera en 21 rutas en las zonas norte y nordeste de la ciudad y cuenta con una flota de 134 vehículos transportando aproximadamente 2 300 000 pasajeros anualmente. La flota actual posee una edad media de 10 años de explotación del total de medios técnicos 116 son de la marca Volkswagen 17.230, 32 vehículos Mercedes Ben 1722 y 10 Volkswagen micro 9.150. Todo el proceso de mantenimiento se desarrolla dentro de la propia empresa que posee los equipamientos e instalaciones adecuadas para tales fines.

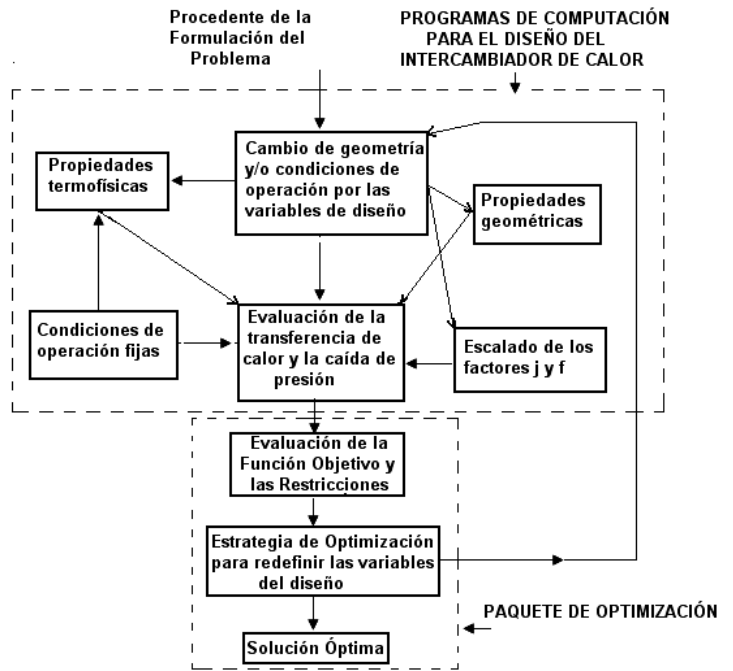


Figura 3. Metodología para la optimización de un intercambiador de calor. Fuente: [10].

En la propia obra citada, más adelante, aparece la optimización termodinámica de un intercambiador de calor, incluyendo el desarrollo de los factores de intercambio entre las irreversibilidades individuales y los costos de energía y capacidad, ver Figura 4.

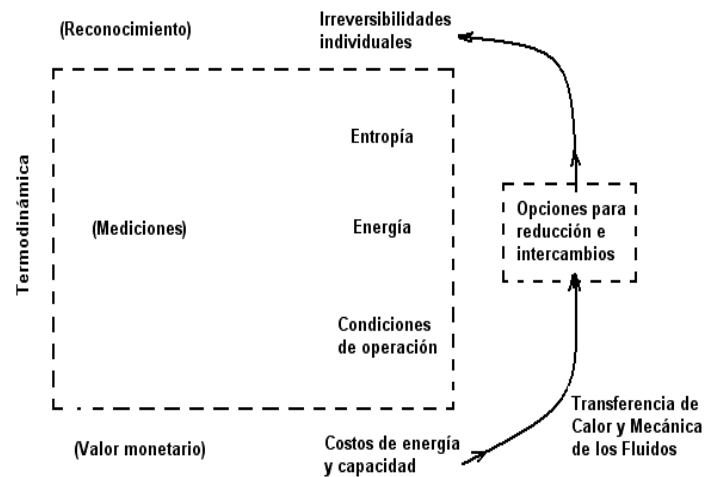


Figura 4. Optimización termodinámica de un intercambiador de calor, incluyendo el desarrollo de los factores de intercambio Fuente: [10].

Una de las últimas publicaciones sobre la optimización de intercambiadores de calor es del año 2015 [114].

VI. DISEÑO MECÁNICO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR Y CORAZA

Con respecto al diseño Mecánico de los equipos de transferencia de calor se han podido encontrar muy pocos artículos relacionados con el tema, fundamentalmente normas y libros de texto. Sin lugar a dudas las normas más prestigiosas para el diseño mecánico de intercambiadores de calor son las normas TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) [12, 115]. En las mismas se detalla todo el procedimiento para el diseño mecánico de los Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza. También Brasil dispone de una norma propia para el diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza [116], la cual es algo más simple que la norma TEMA. Algunas transnacionales como la HRS tienen sus normas propias [10].

Segundo [117] planteaba de una manera categórica que debido a la amplia variedad de configuraciones de los intercambiadores de calor de tubo y coraza, así como la gran variedad de fluidos y los amplios rangos de temperatura y presión, el diseño mecánico de los mismos se tornaba una tarea compleja no solo desde el punto de vista técnico, sino también económico.

Muchos de los libros y Manuales clásicos para el Diseño de Intercambiadores de calor contemplan en alguno de sus capítulos el diseño mecánico de Intercambiadores de calor de tubo y coraza, mientras que otros se dedican por entero al diseño mecánico de estos equipos. Entre ellos el hindú [118] en su libro Heat Exchanger Design Handbook, refleja sus experiencias prácticas de muchos años en la industria, en su obra, discute la construcción, las normas, los fundamentos termo-hidráulicos, diseño térmico, etc. [10] de La universidad de Kentucky en su libro Fundamentals of Heat Exchanger Design, en un libro de 941 páginas no dedican ni tan solo un epígrafe al diseño mecánico de los intercambiadores de calor de tubo y coraza; algo similar ocurre con [5] de la Universidad de la Florida en su libro Heat Exchangers. Selection, Rating and Thermal Design, donde se hace un profundo análisis de los Intercambiadores de calor de tubo y coraza desde el punto de vista térmico, pero no incluyen nada del diseño mecánico. Los alemanes [119] desarrollaron tal vez el libro más completo encontrado en la revisión bibliográfica sobre el Diseño Mecánico de Intercambiadores de Calor, en el mismo aparecen fórmula, métodos, recomendaciones, etc. para el cálculo mecánico de estos equipos, en particular para los de tubo y coraza.

Uno de los textos más asequibles desde el punto de vista técnico es el del también Hindú [120] titulado “Working with Heat Exchangers: Questions and Answers”. En este texto el autor le da muchos criterios al lector sobre el trabajo con los Intercambiadores de calor de tubo y coraza. En el texto dedica dos capítulos a la parte mecánica, uno de ellos a los aspectos relacionados con el análisis de las tensiones y las fallas mecánicas y otro a la soldadura y selección de materiales.

Uno de los libros clásicos en el área de los equipos para plantas químicas es el libro Plant Design and Economics for Chemical Engineers de [121]. En este texto uno de los aspectos más interesantes es que en el capítulo 14 los autores hacen una comparación de tres métodos para el diseño de Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza, destacando la gran diferencia entre los resultados obtenidos por cada método en cuanto a coeficiente global de transferencia de calor y caída de presión se refiere. En el texto también vienen aspectos importantes acerca del costo de estos equipos. De la parte Mecánica no viene nada.

El “Heat Transfer Research Institute de Texas [122] tiene un manual muy completo para el diseño de Intercambiadores de calor, particularmente para los de tubo y coraza. En este manual se trata con detalle la vibración inducida en los tubos. [123], también de la India trata los aspectos relacionados con las vibraciones mecánicas en su libro “Practical Thermal Design of Shell and Tube Heat Exchangers, destacando que las mismas tienen una gran influencia en la rotura de los tubos.

De acuerdo con [124] en su libro Mechanical Design of heat exchangers and pressure vessel components, dedican un capítulo al diseño mecánico de los Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza y plantean la necesidad del uso de la computación. También insisten en la importancia de las vibraciones y en los efectos sísmicos.

A [117] ofrece una información bastante precisa del diseño mecánico de los intercambiadores de calor de tubo y coraza.

Uno de los autores clásicos de textos referidos por casi todos los investigadores es el Heat Exchanger Handbook (Hewitt and Barbosa 2008 en el mismo dedica el Volumen IV de la colección al diseño mecánico de los intercambiadores de calor. En este volumen se discuten aspectos tales como: Principios básicos de mecánica, materiales de construcción, códigos de diseño, prueba e inspección, costo, uniones de las bridas y los tubos, etc. También se analizan y se clasifican los materiales para las juntas. Este sin lugar a dudas es uno de los textos básicos de intercambiadores de calor en este momento.

De acuerdo con [125] en el año 2006 publicaron un trabajo acerca del diseño de la placa de tubos y de la unión de la placa de tubo a la coraza para un intercambiador de calor de placa de tubos fijos. En el trabajo los autores señalan que para el diseño mecánico de un intercambiador de calor con placa de tubos fija de un reactor de hidrogenación en una planta petroquímica no eran apropiadas las normas ASME y TEMA y acuden entonces al método de los elementos finitos para determinar las tensiones en el intercambiador.

De acuerdo con [126-128] plantean que las vibraciones inducidas por el flujo son ampliamente reconocidas como una de

las principales preocupaciones en el diseño de los modernos intercambiadores de calor de tubo y con cáscara. Las fallas del tubo originadas por las vibraciones excesivas son relativamente comunes y a menudo muy costosas de reparar. Si bien se han hecho considerables esfuerzos en el desarrollo de herramientas de predicción, todavía quedan muchas incertidumbres.

VI. 1 TENDENCIAS ACTUALES EN LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los criterios de evaluación del desempeño de los intercambiadores de calor generalmente se clasifican en dos grupos: el primero se basa en la primera ley de la termodinámica, y el segundo se basa en la combinación de la primera y la segunda ley de la termodinámica. La transferencia de calor en los intercambiadores de calor por lo general implica la conducción de calor bajo una diferencia de temperatura finita, la fricción del fluido bajo una caída de presión finita y mezclas de fluidos. Estos procesos son caracterizados como procesos irreversibles de no equilibrio termodinámico

Por lo tanto, en las últimas décadas el estudio del segundo grupo ha atraído mucha atención [136]. Inspirado en el principio de producción de entropía mínima adelantado por [129], [57, 130, 131] desarrolló el enfoque de minimización de generación de entropía (EGM) para la optimización del diseño de Intercambiadores de calor. En este enfoque, Bejan tuvo en cuenta dos tipos de irreversibilidades en el intercambiador de calor, a saber, la conducción de calor de corriente-a-corriente bajo una diferencia de temperatura y la caída de presión por fricción que acompaña a la circulación de fluido a través del equipo.

Por lo tanto, la tasa total de producción de entropía denotada por S_{gen} es la suma de las producciones de entropía asociadas con la conducción de calor y la fricción del fluido. Sin embargo, entre todos los principios variacionales de la termodinámica, el principio de generación de entropía mínima de Prigogine sigue siendo el más debatido [132].

En consecuencia, el enfoque de minimización de la generación de entropía, ampliamente aplicado a la modelización y la optimización de los sistemas térmicos que deben su imperfección termodinámica a las irreversibilidades de la transferencia de calor, la transferencia de masa, y del flujo de fluido, muestra algunas inconsistencias y paradojas en aplicaciones de diseños de intercambiadores de calor [133]. Esto es debido a que el enfoque del método de minimización de la generación de entropía se basa en los procesos de conversión de calor en trabajo, mientras que en el diseño de intercambiadores de calor lo más importante es la velocidad y la eficiencia de la transferencia de calor.

Por analogía con la conducción eléctrica, [42, 134] definieron un nuevo concepto físico denominado entransía, que

describe la capacidad de transferencia de calor de un cuerpo. Este concepto es ideal para definir la eficiencia de un intercambiador de calor y para realizar la optimización del mismo. Se ha encontrado que en los procesos irreversibles se disipa la entransía y disminuye por tanto la capacidad de transmitir calor [135]. Mientras mayor sea la disipación de entransía, mayor será el grado de irreversibilidad en el proceso de transferencia de calor.

Por lo tanto la disipación de entransía puede servir como un factor de calidad para evaluar el desempeño del intercambiador de calor.

Mucho esfuerzo se ha dedicado al estudio de la teoría de la disipación de entransía. [136] obtuvieron una ecuación de transferencia de entransía para describir los procesos de transferencia de entransía de un fluido viscoso multi-componente sometido a transferencia de calor por conducción y convección, difusión de masa y reacciones químicas.

A [137] definieron una relación de diferencia de temperatura para el flujo de calor como la resistencia térmica generalizada de los procesos de transferencia de calor por convección, y desarrollaron la teoría de la resistencia térmica mínima para la optimización de la transferencia de calor por convección, se encontró que el principio de mínima resistencia térmica es equivalente al principio extremo de disipación de entransía.

A [137] optimizaron el proceso de transferencia de calor por convección en una cavidad cuadrada mediante el principio de minimización de generación de entropía y el principio de disipación extrema de entransía, y los resultados indican que el primero produjo la mayor conversión de calor en trabajo, mientras el último hizo máxima la eficiencia de la transferencia de calor por convección. [138] estudiaron las distribuciones de los parámetros óptimos de un intercambiador de calor de dos fluidos mediante el uso de la teoría de control óptimo bajo la condición de carga de calor fija y tomando la minimización de la disipación de entransía como el objetivo de la optimización

De acuerdo con [139] encontraron que la tasa total de disipación de entransía alcanza el mínimo cuando la tasa local de disipación de entransía se distribuye uniformemente a lo largo del intercambiador de calor, lo que se denomina el principio de equipartición de la disipación de entransía.

Segundo [134] investigaron la aplicabilidad de los principios de extremos de generación de entropía y de disipación de entransía para la optimización de los intercambiadores de calor, y encontraron que el primero es mejor para la optimización de los intercambiador de calor cuando funciona en el ciclo Brayton, mientras que el último da los mejores resultados cuando el intercambiador de calor es sólo para el propósito de calentar o enfriar fluidos.

Recientemente se investigó la influencia de la disipación viscosa durante el calentamiento en la entransía en intercambiadores de calor de dos fluidos [140], y la disipación de principio de disipación extrema de la entransía y se extendió a la transferencia de calor por radiación en [141] y la optimización de las redes de transporte [142].

De acuerdo con [43][143] derivaron las expresiones de disipación de entransía debida a la conducción del calor y a la fricción del fluido en los intercambiadores de calor. Cuando la disipación de entransía es aplicada a la evaluación del rendimiento y la optimización del diseño de los intercambiadores de calor, es necesario que sea adimensional.

De acuerdo con [135] introducen un método adimensional para la disipación de entransía en los intercambiador es de calor y se introduce entonces el concepto de número de disipación de entransía, el cual puede ser utilizado para evaluar el rendimiento de los intercambiadores de calor [144][146].

VII. CONCLUSIONES

1. La mayoría de los trabajos más actuales relacionados con los intercambiadores de calor de tubo y coraza tiene que ver con la parte térmica, existiendo muy pocos artículos que tratan la parte mecánica.
2. El Diseño Mecánico que se hace de los intercambiadores de calor es a través de fórmulas tradicionales, usándose muy poco métodos modernos como son los métodos numéricos.
3. Existen múltiples trabajos relacionados con la optimización de intercambiadores de calor de tubo y coraza, la mayoría encaminados a disminuir los costos.
4. Los métodos actuales más utilizados para la optimización son los algoritmos genéticos, los números sinérgicos, el enjambre de partículas y el recocido simulado. Aun no se ha usado el método de la colonia de hormigas para este propósito.
5. Los pocos trabajos encontrados de optimización multicriterial de intercambiadores de calor de tubo y coraza usan como funciones objetivo el costo total y la efectividad
6. Cuando se realiza la optimización multicriterial en la bibliografía analizada, no se tienen en cuenta las restricciones mecánicas, lo que provoca que luego al realizar el diseño mecánico por las normas TEMA u otras, se pierda parte de la optimización realizada.
7. A partir del año 2007 se crea una nueva propiedad termodinámica llamada “Entransy”, equivalente a “Entransía” en español (definición de la autora). Este parámetro ha revolucionado los conceptos y métodos de la transferencia de calor

8. Para un flujo de calor en una frontera fija, el proceso de conducción es óptimo cuando se reduce al mínimo la disipación de entransía.
9. La disipación de entransía puede ser empleada para cuantificar las irreversibilidades. Aplicando dicha teoría y el método de los algoritmos genéticos se puede realizar la optimización del diseño de intercambiadores de calor utilizando como función objetivo la disipación de entransía.
10. Otra vertiente apunta a la existencia de un diseño “óptimo” del intercambiador de calor cuando la generación total de la entropía se reduce al mínimo.
11. Parece ser que aún no existe un método exacto para el diseño térmico de intercambiadores de calor debido a las diferencias entre los coeficientes globales de transferencia de calor y la caída de presión obtenida por los diferentes métodos. Esto será objeto de análisis en el capítulo siguiente.
12. Existen muy pocos trabajos en la bibliografía analizada que aplique nos métodos numéricos al diseño de Intercambiadores de calor.
13. Existe una preferencia por los autores que han realizado trabajos de optimización por el uso del método de Bell Delaware
14. Existen muy pocos trabajos relacionados con el Diseño Mecánico, la mayoría por expresiones tradicionales y antiguas y aisladas del cálculo térmico. Ningún trabajo de los analizados combina las dos cosas, esto no solamente se pone de manifiesto en los trabajos de diseño, sino también en los de optimización.
15. Desde el punto de vista mecánico uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta son las vibraciones en los tubos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] Szargut, J., **Exergy method: technical and ecological applications**. Vol. 18. 2005: WIT press.
- [2] Szargut, J. and W. Stanek, **Influence of the pro-ecological tax on the market prices of fuels and electricity**. Energy, 2008. **33**(2): p. 137-143.
- [3] Arriagada Herrera, G., **Petróleo y gas en América Latina. Un análisis político de relaciones internacionales a partir de la política venezolana**. Boletín Elcano, 2006(84): p. 32.
- [4] de Ciencia, P.N. and I. Tecnológica, **Desarrollo energético sostenible. Red de la Ciencia en Cuba**.
- [5] Kakac, S., H. Liu, and A. Pramuanjaroenkij, **Heat exchangers: selection, rating, and thermal design**. 2012: CRC press.

- [6] Hatami, M., D. Ganji, and M. Gorji-Bandpy, **A review of different heat exchangers designs for increasing the diesel exhaust waste heat recovery**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. **37**: p. 168-181.
- [7] Wang, Q., et al., **Recent development and application of several high-efficiency surface heat exchangers for energy conversion and utilization**. Applied Energy, 2014. **135**: p. 748-777.
- [8] Lienhard, J.H., **A heat transfer textbook**. 2013: Courier Corporation.
- [9] McDonald, A.G. and H.L. Magande, **Fundamentals of Heat Exchanger Design**. Introduction to Thermo-Fluids Systems Design, 2012: p. 127-211.
- [10] Shah, R.K. and D.P. Sekulic, **Fundamentals of heat exchanger design**. 2003: John Wiley & Sons.
- [11] Thome, J.R., **Engineering data book III**. Wolverine Tube Inc, 2004.
- [12] Chenoweth, J.M., **Final report of the HTRI/TEMA joint committee to review the fouling section of the TEMA standards**. Heat Transfer Engineering, 1990. **11**(1): p. 73-107.
- [13] Palen, J., **Heat Transfer Research Institute**. private communication, Aug, 1978. **15**.
- [14] HYSYS, A., **AspenTech**. 2007, Calgary.
- [15] Mezura-Montes, E., **Uso de la técnica multiobjetivo NPGA para el manejo de restricciones en Algoritmos Genéticos, Maestría en Inteligencia Artificial**. 2001, Thesis, Universidad Veracruzana.
- [16] Camino, G.E.R. and H.A.R. Jara, **Dimensionamiento de intercambiadores de calor de coraza y tubos, con ayuda de computador**. Ingeniería e Investigación, 1985(13): p. 43-52.
- [17] Kara, Y.A. and Ö. Güraras, **A computer program for designing of shell-and-tube heat exchangers**. Applied Thermal Engineering, 2004. **24**(13): p. 1797-1805.
- [18] Sastry, K., D.E. Goldberg, and G. Kendall, **Genetic algorithms, in Search methodologies**. 2014, Springer. p. 93-117.
- [19] Goldberg, D.E., **Genetic algorithms in search optimization and machine learning**. Vol. 412. 1989: Addison-wesley Reading Menlo Park.
- [20] Bagley, J.D., **The behavior of adaptive systems which employ genetic and correlation algorithms**, in Ann Arbor, MI: University of Michigan Press. 1967, University of Michigan.
- [21] Holland, J.H., **Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence**, in Ann Arbor, MI: University of Michigan Press. 1975.
- [22] KENNETH, A.D.J., **An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems**. Dissertation Abstracts International ed. D.A. International. Vol. 36, no. 10, 1975, 5140B. 1975, (University Microfilms No. 76-9381). Dissertation Abstracts International.
- [23] Grefenstette, J.J., **Optimization of control parameters for genetic algorithms**. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1986. **16**(1): p. 122-128.
- [24] Baker, J.E. **Reducing bias and inefficiency in the selection algorithm. in Proceedings of the second international conference on genetic algorithms**. 1987.
- [25] Bäck, T., U. Hammel, and H.-P. Schwefel, **Evolutionary computation: Comments on the history and current state**. Evolutionary computation, IEEE Transactions on, 1997. **1**(1): p. 3-17.
- [26] Queipo, N., R. Devarakonda, and J. Humphrey, **Genetic algorithms for thermosciences research: application to the optimized cooling of electronic components**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1994. **37**(6): p. 893-908.
- [27] Deb, K., et al., **A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II**. Evolutionary Computation, IEEE Transactions on, 2002. **6**(2): p. 182-197.
- [28] Tamaki, H., H. Kita, and S. Kobayashi, **Multi-objective optimization by genetic algorithms: A review. in Evolutionary Computation, 1996., Proceedings of IEEE International Conference on**. 1996. IEEE.
- [29] Fonseca, C.M. and P.J. Fleming, **An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization**. Evolutionary computation, 1995. **3**(1): p. 1-16.
- [30] Deb, K., **Multi-objective optimization using evolutionary algorithms**. Vol. 16. 2001: John Wiley & Sons.
- [31] Zitzler, E. and L. Thiele, **Multiobjective optimization using evolutionary algorithms—a comparative case study. in Parallel problem solving from nature—PPSN V**. 1998. Springer.
- [32] Van Veldhuizen, D.A. and G.B. Lamont, **Multiobjective evolutionary algorithms: Analyzing the state-of-the-art**. Evolutionary computation, 2000. **8**(2): p. 125-147.
- [33] Ayub, Z.H., **A new chart method for evaluating single-phase shell side heat transfer coefficient in a single segmental shell and tube heat exchanger**. Applied Thermal Engineering, 2005. **25**(14): p. 2412-2420.

- [34] Vera-García, F., et al., **A simplified model for shell-and-tubes heat exchangers: Practical application.** Applied thermal engineering, 2010. **30**(10): p. 1231-1241.
- [35] Wang, S., J. Wen, and Y. Li, **An experimental investigation of heat transfer enhancement for a shell-and-tube heat exchanger.** Applied Thermal Engineering, 2009. **29**(11): p. 2433-2438.
- [36] Guo, J., M. Xu, and L. Cheng, **The application of field synergy number in shell-and-tube heat exchanger optimization design.** Applied Energy, 2009. **86**(10): p. 2079-2087.
- [37] Butterworth, D., **Design of shell-and-tube heat exchangers when the fouling depends on local temperature and velocity.** Applied Thermal Engineering, 2002. **22**(7): p. 789-801.
- [38] Fesanghary, M., E. Damangir, and I. Soleimani, **Design optimization of shell and tube heat exchangers using global sensitivity analysis and harmony search algorithm.** Applied Thermal Engineering, 2009. **29**(5): p. 1026-1031.
- [39] Patel, V. and R. Rao, **Design optimization of shell-and-tube heat exchanger using particle swarm optimization technique.** Applied Thermal Engineering, 2010. **30**(11): p. 1417-1425.
- [40] Costa, A.L. and E.M. Queiroz, **Design optimization of shell-and-tube heat exchangers.** Applied Thermal Engineering, 2008. **28**(14): p. 1798-1805.
- [41] Oh, C.H., E.S. Kim, and M. Patterson, **Design option of heat exchanger for the next generation nuclear plant.** Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2010. **132**(3): p. 032903.
- [42] Guo, Z.-Y., H.-Y. Zhu, and X.-G. Liang, **Entransy—a physical quantity describing heat transfer ability.** International Journal of Heat and Mass Transfer, 2007. **50**(13): p. 2545-2556.
- [43] Guo, J. and M. Xu, **The application of entransy dissipation theory in optimization design of heat exchanger.** Applied Thermal Engineering, 2012. **36**: p. 227-235.
- [44] Wildi-Tremblay, P. and L. Gosselin, **Minimizing shell-and-tube heat exchanger cost with genetic algorithms and considering maintenance.** International journal of energy research, 2007. **31**(9): p. 867-885.
- [45] Sanaye, S. and H. Hajabdollahi, **Multi-objective optimization of shell and tube heat exchangers.** Applied Thermal Engineering, 2010. **30**(14): p. 1937-1945.
- [46] Xue, F., A.C. Sanderson, and R.J. Graves. **Pareto-based multi-objective differential evolution.** in *Evolutionary Computation, 2003. CEC'03. The 2003 Congress on.* 2003. IEEE.
- [47] Brooks, S.P. and B.J. Morgan, **Optimization using simulated annealing.** The Statistician, 1995: p. 241-257.
- [48] Kirkpatrick, S., **Optimization by simulated annealing: Quantitative studies.** Journal of statistical physics, 1984. **34**(5-6): p. 975-986.
- [49] Dowsland, K.A. and J.M. Thompson, **Simulated annealing, in Handbook of Natural Computing.** 2012, Springer. p. 1623-1655.
- [50] Allen, B. and L. Gosselin, **Optimal geometry and flow arrangement for minimizing the cost of shell-and-tube condensers.** International Journal of Energy Research, 2008. **32**(10): p. 958-969.
- [51] Selbaş, R., Ö. Kızıllıkan, and M. Reppich, **A new design approach for shell-and-tube heat exchangers using genetic algorithms from economic point of view.** Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2006. **45**(4): p. 268-275.
- [52] Babu, B. and S. Munawar, **Differential evolution strategies for optimal design of shell-and-tube heat exchangers.** Chemical Engineering Science, 2007. **62**(14): p. 3720-3739.
- [53] Caputo, A.C., P.M. Pelagagge, and P. Salini, **Heat exchanger design based on economic optimisation.** Applied thermal engineering, 2008. **28**(10): p. 1151-1159.
- [54] Özçelik, Y., **Exergetic optimization of shell and tube heat exchangers using a genetic based algorithm.** Applied Thermal Engineering, 2007. **27**(11): p. 1849-1856.
- [55] Webb, R., **Performance evaluation criteria for use of enhanced heat transfer surfaces in heat exchanger design.** International Journal of Heat and Mass Transfer, 1981. **24**(4): p. 715-726.
- [56] Bejan, A., **General criterion for rating heat-exchanger performance.** International Journal of Heat and Mass Transfer, 1978. **21**(5): p. 655-658.
- [57] Bejan, A., **Entropy generation minimization: The new thermodynamics of finite-size devices and finite-time processes.** Journal of Applied Physics, 1996. **79**(3): p. 1191-1218.
- [58] Bejan, A., **The concept of irreversibility in heat exchanger design: counterflow heat exchangers for gas-to-gas applications.** Journal of heat transfer, 1977. **99**(3): p. 374-380.
- [59] Bejan, A., **A study of entropy generation in fundamental convective heat transfer.** Journal of Heat Transfer, 1979. **101**(4): p. 718-725.
- [60] Poulidakos, D. and A. Bejan, **Fin geometry for minimum entropy generation in forced convection.** Journal of Heat Transfer, 1982. **104**(4): p. 616-623.

- [61]Grazzini, G. and F. Gori, **Entropy parameters for heat exchanger design**. International journal of heat and mass transfer, 1988. **31**(12): p. 2547-2554.
- [62]Sekulic, D., **The second law quality of energy transformation in a heat exchanger**. Journal of heat transfer, 1990. **112**(2): p. 295-300.
- [63] Drost, M. and M. White, **Numerical predictions of local entropy generation in an impinging jet**. Journal of Heat Transfer, 1991. **113**(4): p. 823-829.
- [64] Wilcoxon, R. and A. Moutsoglou, **Second law analysis in assessing constant power input systems**. Journal of heat transfer, 1991. **113**(2): p. 321-328.
- [65] Zubair, S., P. Kadaba, and R. Evans, **Second-law-based thermoeconomic optimization of two-phase heat exchangers**. Journal of heat transfer, 1987. **109**(2): p. 287-294.
- [66]Witte, L., **The influence of availability costs on optimal heat exchanger design**. Journal of heat transfer, 1988. **110**(4a): p. 830-835.
- [67] Zhang, J.-F., Y.-L. He, and W.-Q. Tao, **3D numerical simulation on shell-and-tube heat exchangers with middle-overlapped helical baffles and continuous baffles–Part I: Numerical model and results of whole heat exchanger with middle-overlapped helical baffles**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2009. **52**(23): p. 5371-5380.
- [68] Zhang, J.-F., Y.-L. He, and W.-Q. Tao, **3D numerical simulation on shell-and-tube heat exchangers with middle-overlapped helical baffles and continuous baffles–Part II: Simulation results of periodic model and comparison between continuous and noncontinuous helical baffles**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2009. **52**(23): p. 5381-5389.
- [69] Zhang, J.-F., Y.-L. He, and W.-Q. Tao, **A design and rating method for shell-and-tube heat exchangers with helical baffles**. Journal of heat transfer, 2010. **132**(5): p. 051802.
- [70] Saffar-Avval, M. and E. Damangir, **A general correlation for determining optimum baffle spacing for all types of shell and tube exchangers**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1995. **38**(13): p. 2501-2506.
- [71] Babu, B. and S. Mohiddin, **Automated design of heat exchangers using artificial intelligence based optimization**. Proceedings of 52nd Annual session of IChE (CHEMCON-99), 1999.
- [72]Serna-González, M. and A. Jiménez-Gutiérrez, **Area minima de redes de intercambio de calor basada en las caídas de presión de las corrientes. II. Especificaciones no uniformes de intercambiadores heat exchanger network minimum area based on stream pressure DROPS. II. NON-UNIFORM EXCHANGER SPECIFICATIONS**. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2003. **2**: p. 153-165.
- [73] Silva, J.P., et al., **SIMULAÇÃO DE TROCADORES DE CALOR COM MUDANÇA DE FASE**. 2004.
- [74] Bicca, G.B., A.R. Secchi, and K. Wada, **Modelagem de trocadores de calor casco e tubos**. Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (2005: Porto Alegre, RS).[Anais][recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS UFRGS/PPGEQ, 2005, 2005.
- [75] Li, H. and V. Kottke, **Effect of the leakage on pressure drop and local heat transfer in shell-and-tube heat exchangers for staggered tube arrangement**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1998. **41**(2): p. 425-433.
- [76] Roetzel, W. and D. Lee, **Experimental investigation of leakage in shell-and-tube heat exchangers with segmental baffles**. International journal of heat and mass transfer, 1993. **36**(15): p. 3765-3771.
- [77] Mukherjee, R., **Effectively design shell-and-tube heat exchangers**. Chemical Engineering Progress, 1998. **94**(2): p. 21-37.
- [78] Purohit, G., **Estimating costs of shell-and-tube heat exchangers**. Chemical engineering, 1983. **90**(17): p. 56-67.
- [79] Ratts, E.B. and A.G. Raut, **Entropy generation minimization of fully developed internal flow with constant heat flux**. Journal of heat transfer, 2004. **126**(4): p. 656-659.
- [80] Leoug, K., K. Toh, and Y. Leong, **Shell and tube heat exchanger design software for educational applications**. International Journal of Engineering Education, 1998. **14**(3): p. 217-224.
- [81] Fakheri, A., **Heat exchanger efficiency**. Journal of Heat Transfer, 2007. **129**(9): p. 1268-1276.
- [82] Kapale, U.C. and S. Chand, **Modeling for shell-side pressure drop for liquid flow in shell-and-tube heat exchanger**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2006. **49**(3): p. 601-610.
- [83] Wang, Q., et al., **Numerical investigation on combined multiple shell-pass shell-and-tube heat exchanger with continuous helical baffles**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2009. **52**(5): p. 1214-1222.
- [84] Yang, Y.-T. and M.-L. Hwang, **Numerical simulation of turbulent fluid flow and heat transfer characteristics in heat exchangers fitted with porous media**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2009. **52**(13): p. 2956-2965.
- [85] Serna, M., J.M. Ponce, and A. Jiménez, **OSTHEX, Versión 1.0 Optimization of Shell-and-Tube Heat Exchangers**.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. **58060**.

[86] Li, Y., et al., **Optimization of high-pressure shell-and-tube heat exchanger for syngas cooling in an IGCC**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2010. **53**(21): p. 4543-4551.

[87] Paulus Jr, D.M., **Single-Component Optimal Heat Exchanger Effectiveness using Specific Exergy Costs and Revenues**. International Journal of Thermodynamics, 2006. **9**(1): p. 1-9.

[88] Ravikumaur, S., K. Seetharamu, and P.A. Narayana, **Performance evaluation of crossflow compact heat exchangers using finite elements**. International journal of heat and mass transfer, 1989. **32**(5): p. 889-894.

[89] Gay, B., N. Mackley, and J. Jenkins, **Shell-side heat transfer in baffled cylindrical shell-and tube exchangers—an electrochemical mass-transfer modelling technique**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1976. **19**(9): p. 995-1002.

[90] Pezo, M., V.D. Stevanovic, and Z. Stevanovic, **A two-dimensional model of the kettle reboiler shell side thermal-hydraulics**. International journal of heat and mass transfer, 2006. **49**(7): p. 1214-1224.

[91] Xuan, Y., B. Spang, and W. Roetzel, **Thermal analysis of shell and tube exchangers with divided-flow pattern**. International journal of heat and mass transfer, 1991. **34**(3): p. 853-861.

[92] Ponce-Ortega, J.M., M. Serna-González, and A. Jiménez-Gutiérrez, **Use of genetic algorithms for the optimal design of shell-and-tube heat exchangers**. Applied Thermal Engineering, 2009. **29**(2): p. 203-209.

[93] Singh, V., V. Aute, and R. Radermacher, **Usefulness of entropy generation minimization through a heat exchanger modeling tool**. 2008.

[94] Manan, Z.A. and F.S. Hian, **Combining pinch and exergy analysis for process improvement: a case study on an aromatics complex**. 2000.

[95] Murali, S. and Y.B. Rao, **A Simple Tubesheet Layout Program for Heat Exchangers**. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 2008. **1**(2).

[96] Riffel, D.B., F.A. Belo, and A.P.F. Leite, **Simulation of a Shell-and-Tube Heat Exchanger for Solar Adsorption Chiller**. Heat SET, Heat Transfer in Component and Systems for Sustainable Energy Technologies, 2007: p. 18-20.

[97] Konak, A., D.W. Coit, and A.E. Smith, **Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial**.

Reliability Engineering & System Safety, 2006. **91**(9): p. 992-1007.

[98] Shah, R., K. Afimiwala, and R. Mayne. **Heat exchanger optimization**. in *Proceedings of 6th Int. Heat Transfer Conference*. 1978.

[99] Ponce, J., et al., **Optimal design of shell-and-tube heat exchangers using genetic algorithms**. Computer Aided Chemical Engineering, 2006. **21**: p. 985-990.

[100] Xie, G., B. Sundén, and Q. Wang, **Optimization of compact heat exchangers by a genetic algorithm**. Applied Thermal Engineering, 2008. **28**(8): p. 895-906.

[101] Guo, J., L. Cheng, and M. Xu, **Optimization design of shell-and-tube heat exchanger by entropy generation minimization and genetic algorithm**. Applied Thermal Engineering, 2009. **29**(14): p. 2954-2960.

[102] Reppich, M. and J. Kohoutek, **Optimal design of shell-and-tube heat exchangers**. Computers & chemical engineering, 1994. **18**: p. S295-S299.

[103] Hosseini, R., A. Hosseini-Ghaffar, and M. Soltani, **Experimental determination of shell side heat transfer coefficient and pressure drop for an oil cooler shell-and-tube heat exchanger with three different tube bundles**. Applied thermal engineering, 2007. **27**(5): p. 1001-1008.

[104] Stewart, S.W., S.V. Shelton, and K.A. Aspelund, **Finned-tube heat exchanger optimization methodology**. Heat transfer engineering, 2005. **26**(7): p. 22-28.

[105] Kanaris, A., A. Mouza, and S. Paras, **Optimal design of a plate heat exchanger with undulated surfaces**. International Journal of Thermal Sciences, 2009. **48**(6): p. 1184-1195.

[106] Fontein, H. and J.G. Wassink, **The economically optimal design of heat exchangers**. Engineering and Process Economics, 1978. **3**(2): p. 141-149.

[107] Liu, Z. and H. Cheng, **Multi-objective optimization design analysis of primary surface recuperator for microturbines**. Applied Thermal Engineering, 2008. **28**(5): p. 601-610.

[108] Lei, Y.-G., et al., **Effects of baffle inclination angle on flow and heat transfer of a heat exchanger with helical baffles**. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2008. **47**(12): p. 2336-2345.

[109] Farajollahi, B., S.G. Etemad, and M. Hojjat, **Heat transfer of nanofluids in a shell and tube heat exchanger**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2010. **53**(1): p. 12-17.

[110] Gupta, P.K., P. Kush, and A. Tiwari, **Design and optimization of coil finned-tube heat exchangers for cryogenic applications**. Cryogenics, 2007. **47**(5): p. 322-332.

- [111] Xie, G., et al., **Heat transfer analysis for shell-and-tube heat exchangers with experimental data by artificial neural networks approach**. Applied Thermal Engineering, 2007. **27**(5): p. 1096-1104.
- [112] Hedderich, C.P., **Heat exchanger optimization**. 1980, DTIC Document.
- [113] Bahadorani, P., G. Naterer, and S. Nokleby, **Optimization of heat exchangers for geothermal district heating**. Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, 2009. **33**(2): p. 239.
- [114] Arya, A. and D.S. Dhanjibhai, **Optimization of shell and tube heat exchanger**. International Journal of Advanced Technology for Science & Engineering Research. , 2015. **1**(2): p. 27-35.
- [115] Yang, J., et al., **Optimization of shell-and-tube heat exchangers conforming to TEMA standards with designs motivated by constructal theory**. Energy Conversion and Management, 2014. **78**: p. 468-476.
- [116] Barboza, K.R.A., **Avaliação da técnica de inspeção por correntes parasitas em tubos de permutador de calor**. 2009.
- [117] Gram, A., **Mechanical Design of Heat Exchangers**. Industrial & Engineering Chemistry, 1960. **52**(6): p. 468-473.
- [118] Thulukkanam, K., **Heat exchanger design handbook**. 2013: CRC Press.
- [119] Podhorsky, M., et al., **Heat Exchangers: A Practical Approach to Mechanical Construction, Design, and Calculations**. 1998: Begell House.
- [120] Gupta, J.P., **Working with Heat Exchangers**. 1989: Taylor & Francis US.
- [121] Peters, M.S. and K.D. Timmerhaus, **Plant desing and economics for chemical engineers**. 2007.
- [122] HTRI. **ase login to see all available content.Design Manual**. HTRI 2016; Available from: <https://www.htri.net/design-manual.aspx>.
- [123] Mukherjee, R., **Practical Thermal Design of Shell-and-Tube Heat Exchangers**. High Temperature Material Processes (An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes), 2008. **12**(1-2).
- [124] Singh, K.P. and A.I. Soler, **Mechanical design of heat exchangers and pressure vessel components**. 1984: Springer Science & Business Media.
- [125] Behseta, K. and S. Schindler, **On the design of the tubesheet and the tubesheet-to-shell junction of a fixed tubesheet heat exchanger**. International journal of pressure vessels and piping, 2006. **83**(10): p. 714-720.
- [126] Weaver, D.t. and J. Fitzpatrick, **A review of cross-flow induced vibrations in heat exchanger tube arrays†† The original version of this paper was prepared for presentation at the International Conference on Flow Induced Vibrations, Bowness-on-Windermere, 12–14 May 1987; proceedings published by BHRA The Fluid Engineering Centre, Cranfield, England (ed. R. King)**. Journal of Fluids and Structures, 1988. **2**(1): p. 73-93.
- [127] Weaver, D., J. Fitzpatrick, and M. ElKashlan, **Strouhal numbers for heat exchanger tube arrays in cross flow**. Journal of pressure vessel technology, 1987. **109**(2): p. 219-223.
- [128] Weaver, D. and J. Fitzpatrick. **A review of flow induced vibrations in heat exchangers**. in **Proceedings of the international conference on flow induced vibrations**. 1987.
- [129] Prigogine, I., **Introduction to thermodynamics of irreversible processes**. New York: Interscience, 1967, 3rd ed., 1967. **1**.
- [130] Bejan, A. and J. Kestin, **Entropy generation through heat and fluid flow**. Journal of Applied Mechanics, 1983. **50**: p. 475.
- [131] Bejan, A., **Entropy generation minimization: the method of thermodynamic optimization of finite-size systems and finite-time processes**. 1995: CRC press.
- [132] Bertola, V. and E. Cafaro, **A critical analysis of the minimum entropy production theorem and its application to heat and fluid flow**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2008. **51**(7): p. 1907-1912.
- [133] Hesselgreaves, J., **Rationalisation of second law analysis of heat exchangers**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2000. **43**(22): p. 4189-4204.
- [134] Liu, X., J. Meng, and Z. Guo, **Entropy generation extremum and entransy dissipation extremum for heat exchanger optimization**. Chinese Science Bulletin, 2009. **54**(6): p. 943-947.
- [135] Guo, J., L. Cheng, and M. Xu, **Entransy dissipation number and its application to heat exchanger performance evaluation**. Chinese Science Bulletin, 2009. **54**(15): p. 2708-2713.
- [136] Wang, S., Q. Chen, and B. Zhang, **An equation of entransy transfer and its application**. Chinese science bulletin, 2009. **54**(19): p. 3572-3578.
- [137] Chen, Q. and J. Ren, **Generalized thermal resistance for convective heat transfer and its relation to entransy dissipation**. Chinese Science Bulletin, 2008. **53**(23): p. 3753-3761.

[138] Xia, S., L. Chen, and F. Sun, **Optimization for entransy dissipation minimization in heat exchanger**. Chinese Science Bulletin, 2009. **54**(19): p. 3587-3595.

[138] Guo, J., M. Xu, and L. Cheng, **Principle of equipartition of entransy dissipation for heat exchanger design**. Science China Technological Sciences, 2010. **53**(5): p. 1309-1314.

[139] Guo, J., M. Xu, and L. Cheng, **The influence of viscous heating on the entransy in two-fluid heat exchangers**. Science China Technological Sciences, 2011. **54**(5): p. 1267-1274.

[140] Wu, J. and X. Liang, **Application of entransy dissipation extremum principle in radiative heat transfer optimization**. Science in China Series E: Technological Sciences, 2008. **51**(8): p. 1306-1314.

[141] Liu, X., et al., **Minimum entransy dissipation principle for optimization of transport networks**. International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation, 2010. **11**(2): p. 113-120.

[142] Xu, M., J. Guo, and L. Cheng, **Application of entransy dissipation theory in heat convection**. Frontiers of Energy and Power Engineering in China, 2009. **3**(4): p. 402-405.

[143] Gao, B., Q. Bi, and M. Gui, **Experimental performance comparison of shell-side heat transfer for shell-and-tube heat exchangers with different helical baffles**. Heat Transfer Engineering, 2016(just-accepted): p. 1-52.

[145] Guo, J. and X. Huai, **The heat transfer mechanism study of three-tank latent heat storage system based on entransy theory**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2016. **97**: p. 191-200.

[146] Gao, B., et al., **Experimental study of effects of baffle helix angle on shell-side performance of shell-and-tube heat exchangers with discontinuous helical baffles**. Experimental Thermal and Fluid Science, 2015. **68**: p. 48-57.



Analyses and Solid Waste Processing applications Construction Sand for construction of houses with high quality standards

Willy Hagi Teles Rego¹, Adriano Lima Pedrosa¹, Manoel S. Santos Azevedo^{1,2,3}, Rivanildo Duarte Almeida³

¹Universidade do Estado do Amazonas – Amazonas – Brasil. (hagi.willy@gmail.com)

²Instituto Movimento Planeta – Amazonas – Brasil. (adrianolp01@gmail.com)

³Itegam. – Amazonas – Brasil. (mzevedo@uea.edu.br)

ABSTRACT

This paper analyzes the transformation of solid waste from rubbish to build houses with high quality standards. The analysis notes the effectiveness of technological innovation in civil construction, given the need to search for a new form of construction in which the current is outdated. Thus, several studies and sectors of science suggest a negative ecological impact as a result of this episode due to both the emissions to the atmosphere as the disposal of solid and liquid materials in nature, as well as gas emission to the atmosphere from potteries which are the manufacturers of conventional bricks. This paper presents analysis of the material that will be used in new technology, developed by the Institute Planet motion, which uses as starting material precisely these residues for the manufacture of a powder or sand transform which is later redestinations for various products have already been developed, such as artifacts for the construction of high standard houses, produced without any emission of gases into the atmosphere, a process that does not harm the environment and can be a great source of income.

Keywords: garbage; new technologies; sustainability.

Análises e aplicações de Transformação de Resíduos sólidos da Construção Civil em Areia para a Construção de casas com alto padrão de qualidade

RESUMO

Este artigo faz análises da transformação dos resíduos sólidos provenientes de entulhos para a construção de casas com alto padrão de qualidade. A análise constata a eficácia da inovação tecnológica na Construção civil, haja vista, a necessidade da busca de uma nova forma de construção em que a atual está já está ultrapassada. Assim, diversas pesquisas e setores da ciência apontam um impacto ecológico negativo como consequência deste episódio por conta tanto da emissão de poluentes para a atmosfera quanto o descarte de materiais sólidos e líquidos na natureza, bem como, emissão de gás para a atmosfera proveniente de olarias que são as fabricantes dos tijolos convencionais. Neste trabalho é apresentada análises do material que será utilizada na nova tecnologia, desenvolvida pelo Instituto Movimento Planeta, que usa como matéria prima justamente estes resíduos para a fabricação de um pó ou areia transformada que mais tarde é redestinada para diversos produtos, já desenvolvidos, como artefatos para a construção de casas de alto padrão de qualidade, produzida sem qualquer emissão de gases para a atmosfera, processo que não agride o meio-ambiente e pode ser uma grande fonte de renda.

Palavras Chaves: lixo; novas tecnologias; sustentabilidade.

I. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial iniciou o processo de mecanização e otimização dos meios de produção. Fábricas passaram a substituir a lenta atividade de manufatura existente por métodos mais rápidos e precisos neste episódio que é considerado por historiadores como o mais importante acontecimento social de todos. Com este acontecimento, bens eram criados em ritmo acelerado e tornaram-se mais acessíveis para a população comum,

que migrava em peso das regiões rurais para os grandes centros urbanos de países como Inglaterra e França em busca de oportunidades de emprego e bem-estar. Como consequência deste chamado Êxodo Rural as cidades industrializadas foram crescendo cada vez mais e junto com a densidade demográfica.

A população, que passou a consumir mais, também despejava o lixo que produzia. Desorganizadamente na natureza

causando diferenças cada vez mais significativas no clima e na biodiversidade do local.

Alterações físicas e ambientais causam modificações, muitas vezes negativa, nos ecossistemas [1]. A influência antrópica, i.e., a influência das atuações humanas no meio-ambiente, é cada vez mais forte por conta do consumo desenfreado nas grandes cidades tanto por conta da população comum quanto pelas indústrias. [2] considera o crescimento urbano como a grande fonte de impactos ambientais das últimas décadas.

Uma forma de avaliar o impacto de cada indivíduo no meio-ambiente pode ser através da chamada "pegada de carbono"(carbon footprint), que mede a quantidade de dióxido de carbono que se produz diariamente e como estas emissões influenciam a natureza ao seu redor. Em média cada cidadão do mundo produz cerca de 4 toneladas deste gás por ano, sendo que o planeta atualmente comporta mais de 7 bilhões de pessoas. Nos continentes mais ricos, como na América do Norte, um cidadão comum produz em média até quatro vezes mais que a média global, ou seja, mais de 20 toneladas por ano! Como a pegada de carbono é uma medida do nosso cotidiano (o que comemos, a energia que gastamos, os meios de transporte que utilizamos etc), a forma de reduzi-la é justamente optar por alternativas na forma de que se vive e se consome.

No Brasil a tendência de abandono das áreas rurais em favor das regiões urbanas também se faz presente há quase um século, impulsionada por várias campanhas de industrialização desde os anos de Getúlio Vargas. Em média, o lixo doméstico no país, segundo [3], 65% de matéria orgânica, 25% de papel, 4% de metal, 3% de vidro e 3% de plástico. De todo este lixo, em apenas 33% dos municípios do Brasil (segundo uma pesquisa do IBGE feita no ano 2000) há uma coleta organizada do material descartado, enquanto na maior parte do país a população sofre sem os serviços mais básicos de saúde pública no que diz respeito ao recolhimento de lixo, que ainda acaba por retornar para a população durante eventos de enchentes.

No entanto, muito esforço é feito para a redução do impacto destes materiais no ambiente natural e, conseqüentemente, na vida das pessoas; da a reciclagem ao desenvolvimento de novas tecnologias mais sustentáveis. O presente trabalho visa introduzir uma alternativa para a destinação de materiais sólidos e líquidos e uma nova proposta de material que pode ser utilizado por diversos setores produtivos.

As formas de tratamento e destinação dos resíduos sólidos consistem em:

- a) **Reciclagem:** A transformação de materiais usados em novos produtos para o consumo. Esta necessidade foi sentida pelos seres humanos a partir do momento em que foram verificados os benefícios que este procedimento pode trazer para o planeta Terra.
- b) **Compostagem:** Processo de origem biológica a partir de decomposição da matéria orgânica contida em restos de

origem animal ou vegetal. Esse conjunto de medidas tem como resultado final um produto – o composto orgânico – que deve permitir sua aplicação no solo sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

Aterro Sanitário: Uma área destinada ao descarte final de resíduos sólidos não aproveitados gerados pela sociedade.

Incineração: É a queima de lixo em fornos e usinas próprias. A incineração é bastante utilizada no Brasil para o tratamento de resíduos biológicos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Akinori Ito no início do ano 2010 criou um equipamento para transformar plástico em petróleo deste as criações da tecnologia já foram vendidas para mais 80 países, segundo o projetista a máquina não emite gases poluentes para a atmosfera, pois as moléculas são quebradas e transformadas em água e carbono durante a conversão do plástico em óleo, não causando impacto ao meio ambiente [4].

A empresa britânica DPS Global, criou uma tecnologia inovadora na área de resíduos sólidos, o equipamento e capaz leva as matérias a temperaturas elevadas, sem a presença de oxigênio, os resíduos são transformados em cinzas as partículas emitidas não causa danos a atmosfera do planeta terra [5].

A Solum Ambiental uma empresa que desenvolver tecnologias inovadoras na área de tratamentos de resíduos sólidos .Criou uma tecnologia que usar um reator contendo fontes térmicas, a máquina conseguir dar destinação final a qualquer que seja o material solido [6].

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Pesquisadores do Instituto Movimento Planeta [7], uma instituição de pesquisas e soluções para o tratamento e redestinação de resíduos sólidos e líquidos, começaram a desenvolver um projeto que pretende dar melhor tratamento aos problemas maléficos ao meio ambiente. Cada cidadão da Terra contribui com toneladas de dióxido de carbono anualmente, agredindo a natureza. Novas tecnologias podem e estão sendo desenvolvidas com um novo destino ao lixo que são produzidos. Através destes materiais, o desafio da equipe torna-se transformá-los em uma outra forma de material que possa ser utilizado em vários setores produtivos, utilizando também os esforços de diversas engenharias.

Os resíduos sólidos, que comumente denomina-se de lixo, selecionado através de um sistema embarcado com capacidade de separar os resíduos de acordo com seu tipo, é triturado e segue para um processo que retira odores através de uma técnica não-divulgada pelos pesquisadores do Instituto Movimento Planeta. Por fim, este lixo triturado torna-se uma espécie de areia ou pó como é mostrado na figura 1, que pode ser utilizada como matéria prima para a construção civil, como vista

na figura 2, substituindo materiais como o cimento e tijolos convencionais. ➤ Trabalhabilidade.



Figura 1 – Lixo tratado em forma de areia.



Figura 2 – Blocos construídos a partir da areia da Redestinação de resíduos sólidos da construção civil.

IV. EXPERIMENTOS: ANÁLISES PRELIMINARES

O desenvolvimento experimental deu-se nos laboratórios do Instituto Movimento Planeta e tem por objetivo comprovar que a areia originada a partir da transformação de resíduos da construção civil, podem ser reaproveitados como agregado apropriado para produção de argamassa, em composição a princípio com elementos ligantes, tipo cimento convencional, desde que se observe alguns procedimentos necessários à sua utilização.

De acordo com [8], a viabilidade de utilização de um produto deve ser comprovada com análise das características que podem ser oferecidas por ele e que tenha condição de satisfazer as necessidades e exigências dos clientes. Considera-se que essas características por apresentarem possibilidades de mensuração relativas às quantidades exigidas, são as variáveis de resposta para o nosso estudo.

Para a análise desenvolvida de forma experimental destacam-se variáveis dependentes de resposta:

- Massa específica do concreto no estado fresco;
- Resistência à compressão do concreto;
- Absorção;

Definidas as variáveis dependentes, será necessário a definição das variáveis independentes, que segundo [4], são os parâmetros do processo.

V. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A distribuição granulométrica da amostra tal qual (TQ, britada abaixo de 19 mm), bem como da fração <3 mm da amostra tal qual (TQ-areia), e da areia-VSI, são apresentadas comparativamente na Figura1.

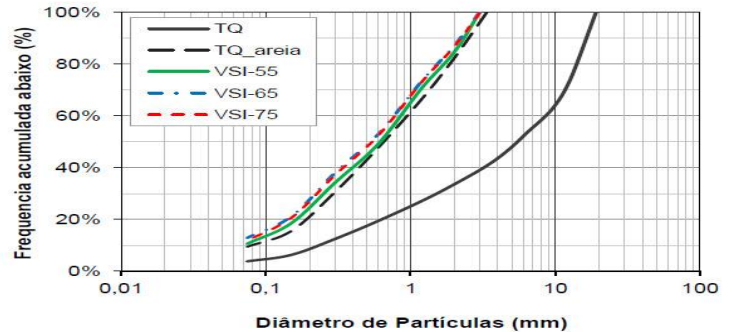


Figura 1 - Distribuições granulométricas comparativas

A distribuição granulométrica da amostra tal qual indica que a proporção de agregados graúdos (acima de 4,8 mm) e miúdos (abaixo de 4,8 mm) é semelhante: 53% e 47%, respectivamente, sendo que cerca de um quarto da amostra tem dimensão superior a 12,7 mm (25,7%). Por outro lado, a fração abaixo de 0,15 mm corresponde a 6,3% a massa total, sendo 3,9% abaixo de 0,074 mm.

Considerando-se apenas a fração abaixo de 3 mm presente na amostra tal qual (denominada TQ-areia), verifica-se que 15% de sua massa está abaixo de 0,15 mm.

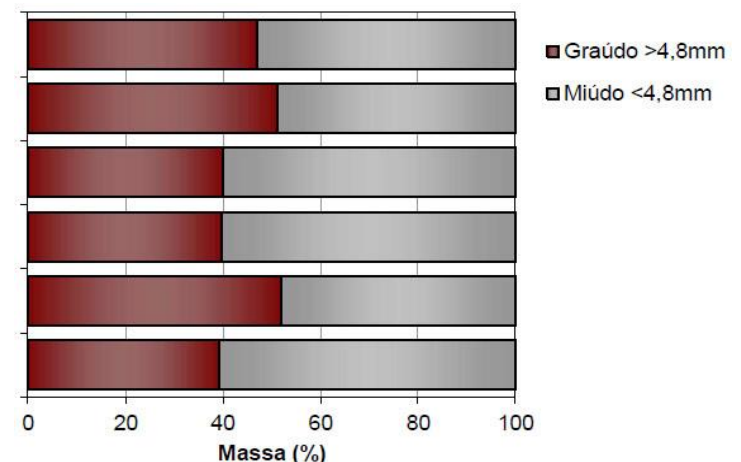


Figura 2 - Distribuições em massa de agregados graúdos e miúdos [9].

A partição em massa de agregados graúdos e miúdos gerados na britagem do RCD na usina Urbem se assemelha a outros resíduos nacionais de outras localidades, conforme dados

de estudo realizado por Ulzen, Kahn e colaboradores [9] ilustrados na Figura 4.2.

Os produtos gerados pelo VSI apresentam distribuições granulométricas muito semelhantes, especialmente nas velocidades de 65 e 75 m/s. O produto VSI-55 apresenta uma distribuição discretamente mais grossa.

Dos gráficos comparativos de distribuição granulométrica, nota-se claramente a semelhança nas curvas dos produtos TQ-areia e da areia-VSI. A proporção em massa de material abaixo de 0,15 mm aumentou de 15% para TQ-areia para 19% a 21% nas areias-VSI, ao passo que a proporção abaixo de 0,074 mm variou de 9% para 11 a 13%, respectivamente. Os resultados demonstram que a britagem terciária reduziu a dimensão máxima característica da amostra de 19 mm para 3 mm com acréscimo de apenas 4 a 5% na proporção de finos, demonstrando a habilidade do VSI no controle sobre a granulometria do produto.

Os produtos gerados pelo VSI apresentam distribuições granulométricas muito semelhantes, especialmente nas velocidades de 65 e 75 m/s. O produto VSI-55 apresenta uma distribuição discretamente mais grossa.

Dos gráficos comparativos de distribuição granulométrica, nota-se claramente a semelhança nas curvas dos produtos TQ-areia e da areia-VSI. A proporção em massa de material abaixo de 0,15 mm aumentou de 15% para TQ-areia para 19% a 21% nas areias-VSI, ao passo que a proporção abaixo de 0,074 mm variou de 9% para 11 a 13%, respectivamente. Os resultados demonstram que a britagem terciária reduziu a dimensão máxima característica da amostra de 19 mm para 3 mm com acréscimo de apenas 4 a 5% na proporção de finos, demonstrando a habilidade do VSI no controle sobre a granulometria do produto.

Dessa forma conclui-se que a britagem terciária abaixo de 3 mm gera um produto (areia-VSI) com distribuição granulométrica bastante semelhante à fração areia (<3mm) presente no produto de britagem secundária abaixo de 19 mm (TQ-areia).

VI. CONCLUSÃO

Pode-se observar então que o lixo produzido pela sociedade é o intuito de suprir nossas necessidades ao mesmo tempo em que reduzem o impacto na natureza, como a tecnologia apresentada neste trabalho. Esta tecnologia, por sua vez, pode ser aplicada em diversos ramos da construção civil, empregando também diversos setores das engenharias, sendo também um material sustentável criado a partir de resíduos sólidos e líquidos.

VII. AGRADECIMENTOS

Instituto Movimento Planeta, a Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM).

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MUCELIN, C. A., Bellini, M. (2008). **Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade natureza**, 20(1), 111-124.
- [2] ODUM, Eugene Pleasants Warrett, and Gary W. Aguilar Ortega. **Fundamentos de ecologia**. No. 574.5 O35. 2006.
- [3] LEITE, M. B. **Avaliação das propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 270f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), 2001.
- [4] MANZINI, Ezio,VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**.São Paulo: Edusp, 2002.
- [5] UOL, fonte- essas e outras disponível em:<<http://essaseoutras.xpg.uol.com.br/transformacao-de-plastico-em-petroleo-maquina-criada-por-akinori-ito/>>. Acesso em 14 de maio de 2016.
- [6]TNPETROLEO, <http://tnpetroleo.com.br/noticia/tecnologia-trata-residuos-solidos-em-plataformas-e-embarcacoes/> Acesso em 14 de maio de 2016.
- [7] AZEVEDO, Manoel S. S. **Uma proposta para redestinação dos resíduos sólidos e líquidos, propondo também a criação do terceiro setor na cadeia produtiva industrial**, 2016.
- [8] LEITE, M. B.; CORDEIRO, L. N. P.; MASUEIRO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. **Proposta de adaptação do procedimento proposto por Leite (2001) para determinação da absorção de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. In CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS**, 7º, 2011. Anais CINPAR, 2011.
- [9] ULSEN, K. **Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2010. 20p.
- [10] GRIMBERG, E.; BLAETH, P. **Coleta Seletiva: reciclando materiais, reciclando valores. Polis: estudos, formação e assessoria em políticas sociais**, n.31, 1998.
- [11] JARDIM, N. S.; WELLS, C. (Org.). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT: CEMPRE, 1995.
- [12] NUSEC - Núcleo de Sócio Econômico da Universidade Federal do Amazonas. **Estudo da cadeia produtiva de embalagens de papelão no pólo industrial de Manaus (PIM)**. Manaus: UFAM, 2009.

[13] PNUD. **Educação Ambiental na Escola e na Comunidade.**
Brasília: Programa das Nações Unidas para o
Desenvolvimento/ONU, 1998.



Strategic Planning How Competitive Factor In Micro And Small Business

Gracelle de Castro Garrido¹, Patrick Crispim da Silva², Rosimeire Freires Pereira Oliveira³,
Sidney dos Santos Oliveira⁴.

¹Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil.

²Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil. (pcsilva001@hotmail.com)

³Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil. (rosimeirefp01@yahoo.com.br)

⁴Secretaria de Educação e Desporto-SEDUC-Manaus- Amazonas-Brasil (sidneyoliveira54@yahoo.com.br)

ABSTRACT

Micro and Small Enterprises (MSEs) are created in a simpler way than large companies, as well as offer a more personalized service to its customers. They can make your employees identify with the company, see the organization as a whole, understand how their work is linked to economic performance and feel responsible for the success or failure of the business. This project aims to assess the importance of strategic planning in the MPE. The research is a qualitative approach to literature, to be held from the survey of theoretical references, already analyzed and published, through electronic and written, such as books, papers, theses, dissertations, websites, web pages and other. In order to gather information or prior knowledge, to analyze the different positions on the research problem. The result of this research allowed us to analyze the strategic planning possibilities are many, from the consultation of specialized companies, courses, hiring independent consultants and entities dedicated to this task, however, is necessary to ensure the professional level of experience to provide the service, know the methodology to be adopted, and business diagnostic capability. A good professional should be able to do these tasks and still be a synergy between contractor and hired.

Keywords: Planning. Customers. Consultants.

Planejamento Estratégico Como Fator Competitivo Nas Micro E Pequenas Empresas

RESUMO

As Micro e Pequenas Empresas (MPEs), são criadas de forma mais simples do que as empresas de grande porte, além de, prestarem serviço mais personalizado aos seus clientes. Podem fazer com que seus colaboradores se identifiquem com a empresa, visualizem a organização como um todo, entendam como seu trabalho está ligado aos resultados econômicos e se sintam responsáveis pelo sucesso ou pelo fracasso empresarial. Este projeto tem o objetivo de avaliar a importância do planejamento estratégico nas MPE. A pesquisa será na abordagem qualitativa do tipo bibliográfica, a qual será realizada a partir do levantamento de referências teóricas, já analisadas e publicadas, por meio escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, teses, dissertações, páginas de web sites e outras. Com a finalidade de recolher informações ou conhecimentos prévios, para análise das diversas posições acerca do problema da pesquisa. O resultado desta pesquisa possibilitou analisar que, as possibilidades de planejamento estratégico são muitas, desde a consulta de empresas especializadas, cursos, contratação de consultores independentes e entidades que se dedicam a esta tarefa, entretanto, é necessário certificar o grau de experiência do profissional que prestará o atendimento, conhecer a metodologia a ser adotada, além da capacidade de diagnóstico do negócio. Um bom profissional deve ser capaz de fazer essas tarefas e ainda haver uma sinergia entre contratante e contratado.

Palavras-chave: Planejamento. Clientes. Consultores.

I INTRODUÇÃO

Muitos empreendedores têm ideias de novos negócios e os concretizam na forma de MPE, aproveitando as vantagens que o setor proporciona, como a desburocratização administrativa e

jurídica, simplificação nos tributos e o acesso facilitado em determinadas linhas de crédito. Uma empresa bem planejada e estruturada contribui para a geração de empregos diretos e indiretos, ajudam a reduzir as desigualdades sociais e contribuem positivamente para a economia do país.

O índice de fracasso das MPEs é alto, a instabilidade do mercado e a falta de planejamento são fatores que proporcionam esses acontecimentos. A maioria das pequenas empresas não possui uma cultura de planejamento estratégico e utiliza o conhecimento adquirido ao longo da vida para desenvolver o negócio e isso acaba afetando diretamente a qualidade, eficiência, variedade e outros fatores que são essenciais para o crescimento das vendas e consequentemente o desenvolvimento do empreendimento [1].

Segundo um estudo divulgado pelo [2] de cada cem empresas abertas no Brasil, 48 encerraram suas atividades em três anos. Segundo a pesquisa, de um total de 464.700 empresas que iniciaram suas atividades em 2007, 76,1% continuavam no mercado em 2008, 61,3% sobreviveram até 2009 e apenas 51,8% ainda estavam abertas em 2010, ou seja, quase a metade (48,2%) fecharam as portas. Diante do exposto, surgiu a seguinte problemática: Quais as principais causas da falência das micro e pequenas empresas em seus primeiros anos de existência?

Algumas hipóteses como o planejamento inadequado, a falta de gestores qualificados e a desmotivação dos funcionários são apontados como a principal causa da falência das micro e pequenas empresas em seus primeiros anos de existência.

As MPEs não fazem um planejamento antes de iniciar seu negócio, nem um objetivo importante para a permanência da empresa. Geralmente, iniciam-se com uma ideia, abrem a empresa e espera o cliente entrar, visando apenas lucro. É investido quase todo o capital próprio e ainda dinheiro de empréstimos numa visão de crescimento. Logo depois, perde-se dinheiro, adquire-se muita dívida e a empresa entra em falência [3].

O objetivo geral da pesquisa é: Avaliar a importância do planejamento estratégico nas micro e pequenas empresas. E os objetivos específicos são: identificar as causas principais da falência das micro e pequenas empresas em seus primeiros anos de existência e analisar as formas de planejamento das MPE.

Este artigo defende a aplicação da metodologia planejamento estratégico como determinante para o sucesso inicial da gestão dos modelos de negócio de pequeno porte.

II. METODOLOGIA

A pesquisa será na abordagem qualitativa, quanto aos procedimentos técnicos utilizados para o seu desenvolvimento, ou seja, quanto aos meios, a pesquisa será do tipo bibliográfico, a qual será realizada a partir do levantamento de referências teóricas, já analisadas e publicadas, por meio escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, teses, dissertações, páginas de web sites e outras, com a finalidade de recolher informações ou conhecimentos prévios, para análise das diversas posições acerca do problema da pesquisa.

III. O QUE É PLANEJAMENTO?

Planejar é um processo decisório que procura definir alternativas de curso de ação, apontar as expectativas, objetivos e definir os meios e agentes de execução. Pode ser definido como decisões que se tomam hoje, tendo em vista o futuro [4].

Pressupondo-se que planejamento é a ferramenta para administrar as relações com o futuro, sendo uma aplicação específica do processo de tomar decisões. As decisões que de alguma forma, poderão influenciar o futuro, ou que serão colocadas em prática posteriormente.

Um indivíduo que utiliza o planejamento como uma ferramenta no seu trabalho demonstra um interesse em prever e organizar ações e processos que vão acontecer no futuro, aumentando a sua racionalidade e eficácia de forma a contribuir para o crescimento da empresa. Esse crescimento, resultado de um planejamento bem elaborado implica na perpetuação da empresa em um mercado competitivo, de forma que possam se planejar adquirindo capacidade de enfrentar as adversidades proporcionadas pela globalização [5].

O conceito de planejamento tem um caráter multidisciplinar, sendo aplicado em vários setores, como por exemplo, o setor econômico, que surgiu depois da II Guerra Mundial em alguns países ocidentais com planos estratégicos e tem como objetivo determinar mecanismo dentro de uma empresa, criando táticas que culminam no benefício. Nesse contexto, existem três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional. O estudo dos sistemas, originou grandes avanços na área tecnológica do planejamento, revolucionando a educação, a organização militar e a forma como são tratados os problemas ecológicos.

Com o planejamento a empresa ganha efetividade. A efetividade representa a capacidade da empresa coordenar constantemente, no tempo, esforços e energias, tendo em vista, o alcance dos resultados globais e a manutenção da empresa no ambiente. Portanto, para que a empresa seja efetiva, é necessário que ela também seja eficiente e eficaz. É importante salientar que, a eficiência, eficácia e a efetividade são algumas das principais medidas para avaliar uma boa administração, porquanto, normalmente os recursos com os quais o administrador trabalha são escassos e limitados [6].

Em síntese, pode-se observar que, o planejamento consiste em um processo de tomar decisões que envolvem o uso de recursos para realizar atividades com o objetivo de, fornecer um resultado futuro, além de, ser uma importante tarefa de gestão que se relaciona com a preparação, organização e estruturação de um determinado objetivo. É essencial na resolução de problemas e tomadas de decisões

Ao adentrar nas divisões distintas das áreas do planejamento, podendo-se, observar segundo [7] que, o planejamento pode ser dividido em três tipos:

- ✓ Planejamento estratégico que trata de objetivos da organização como um todo, e são definidos no longo prazo, isto é, entre dois ou mais anos. (Ex.: aumento do retorno sobre o investimento dos acionistas);
- ✓ O planejamento tático que direciona seu foco no planejamento em médio prazo e abrange cada unidade específica da organização, traz, geralmente, objetivos divisionais ou departamentais relacionados com as áreas de produção, finanças, marketing e de recursos humanos da organização. (Ex.: Aumentar a qualidade das peças produzidas);
- ✓ Planejamento operacional que é o mais específico e também o de curto prazo, voltado para a execução das operações cotidianas da organização, referem-se geralmente a cada tarefa ou operação especificamente. (Ex.: contratar dois inspetores da qualidade e incentivar novas ideias para diminuir falhas na produção).

Esses tipos de planejamento concorrem, cada um na sua característica, para que a empresa possa organizar de forma racional todos os pontos necessários ao sucesso de suas operações, sendo que essa divisão busca trazer eficiência ao processo de planejamento de forma a otimizar os métodos.

Em síntese, toda empresa conta com três níveis: administração, decisão e operação, em que o planejamento é um processo desenvolvido com as metas de alcançar os objetivos. Com um planejamento bem feito, otimizando os recursos da organização, as empresas tornam-se mais eficiente e eficazes.

Observa-se que, os principais mecanismos de um bom planejamento é a definição dos objetivos e a execução de planos que integram e coordenam as atividades da organização com a finalidade de atingir a lucratividade desejada.

IV. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

A palavra estratégia tem origem grega. Provém de estrategos, que significa literalmente a arte da liderança. Era utilizada para designar a função do chefe do exército. Durante vários séculos os militares utilizaram essa palavra para designar o caminho que era dado à guerra, visando à vitória militar. Assim, a elaboração de planos de guerra passou a ser denominada estratégia [8].

Segundo [9] o planejamento estratégico abrange a organização como um todo, não abordando, portanto, detalhes específicos de cada departamento ou divisão. Neste nível, o planejamento é orientado para longo prazo, necessita estabelecer um direcionamento para as estratégias que a organização poderá seguir, e exige a elaboração de planos mais detalhados (táticos ou operacionais).

Planejar estrategicamente significa utilizar os recursos disponíveis de forma eficiente, aumentando a produtividade de um indivíduo ou empresa. A gestão do tempo é crucial para qualquer empresa, por ser um dos recursos mais valiosos à disposição. A gestão estratégica dos riscos também é uma área importante para qualquer empresa.

A parte efetivamente aproveitável do planejamento estratégico, consiste na análise de quatro fatores: Ameaças, oportunidades, pontos fracos e pontos fortes. O grande mérito dessas análises é levar o analista da empresa a considerar os problemas gerais sem se prender aos aspectos particulares, específicos de um setor da empresa. Esse pensamento aberto o leva a considerar quais são os grandes problemas da empresa, dentro da sua capacidade máxima de percepção [10].

Considerado um importante instrumento da administração, o planejamento estratégico, passou a ser utilizado como uma das principais ferramentas de auxílio aos administradores no desempenho de suas tarefas, igualmente como mecanismo útil no alcance dos objetivos desejados. Atualmente, a globalização impulsiona a inovação tecnológica e a concorrência, entre outros fatores, esse processo de modernização tem tornado o planejamento estratégico um mecanismo eficaz.

As pequenas empresas devem atentar para a importância do adequado levantamento de dados relevantes para as ações a serem implementadas, uma amostra inadequada conduzirá a conclusões inverídicas. O planejamento estratégico, deve-se pautar em informações confiáveis, em tempo que se preceda antes da tomada de decisão, na busca de resultados desejados [11].

Em síntese, o planejamento estratégico pode ser simplificado para aplicação nas empresas de pequeno porte, podendo-se utilizar de quatro etapas: Definir e alinhar os objetivos com os resultados desejados; levantar as informações confiáveis, elaborar um planejamento estratégico; executar e monitorar o antes planejado.

V. MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

A lei geral é o novo Estatuto Nacional das Microempresas (ME) e das Empresas de Pequeno Porte (EPP), instituída pela Lei Complementar n. 123, de 14 de dezembro de 2006, veio estabelecer normas gerais relativas ao tratamento diferenciado e favorecido às MPEs no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, nos termos dos artigos 146, III, “d”, 170, IX e 179 da Constituição Federal, esta lei sofreu importantes ajustes pelas Leis Complementares 127/2007, 128/ 2008, 133/2009 e pela LC 139/2011 e ficou conhecida como a “Lei Geral das Micro e Pequena Empresa” [12].

O Brasil concedeu uma série de benefícios fiscais e simplificações administrativas para as micro e pequenas

empresas. Houve redução da carga tributária, simplificação da escrituração fiscal, pagamento de vários tributos chamados de Simples Nacional, criado através da Lei Complementar nº 123/2006, responsável pela unificação de vários tributos [13].

Uma das grandes vantagens de abrir uma microempresa é que a burocracia é bem menor em relação às de maior porte, já que uma série de procedimentos são bastante simplificados. Primeiramente, existe o Simples Nacional, regime que garante tratamento tributário diferenciado às microempresas e empresas de pequeno porte. Uma série de tributos federais, estaduais e municipais tais como:

- ✓ Imposto de Renda - Pessoa Jurídica (IRPJ);
- ✓ Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI);
- ✓ Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL);
- ✓ Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS);
- ✓ Programa de Integração Social (PIS);
- ✓ Instituto Nacional do Seguro Social (INSS);
- ✓ Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS);
- ✓ e Imposto Sobre Serviços (ISS).

São pagos em uma única arrecadação, facilitando o seu recolhimento. Também para facilitar os processos administrativos das microempresas, as obrigações previdenciárias e trabalhistas são simplificadas.

Entre as vantagens da microempresa estão à dispensa da necessidade de comunicar férias coletivas ao Ministério do Trabalho e Emprego e a não necessidade de afixação de Quadro de Trabalho (não precisa da anotação do horário de entrada e saída). Além das anteriores, pode-se observar que, possuem vantagens em chamadas publicas podendo participar de uma licitação mesmo não estando em dias com as obrigações fiscais.

Segundo [14] MPE's é resultado de uma política que elimina a burocracia em torno dessas empresas para proporcionar a facilidade e agilidade no funcionamento dos pequenos empreendedores. Mas, por força da lei, essas empresas precisam adotar, para efeito de identificação, sua denominação ou firma, com o uso da expressão microempresa ou então apenas a abreviatura ME.

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a microempresa será a sociedade empresária, a sociedade simples, a empresa individual de responsabilidade limitada e o empresário, devidamente registrados nos órgãos competentes, que aufera em cada ano, a receita bruta igual ou inferior a R\$ 360.000,00. Se a receita bruta

anual for superior a R\$ 360.000,00 e igual ou inferior é R\$ 3.600.000,00, a sociedade será enquadrada como empresa de pequeno porte. Estes valores, referem-se a receitas obtidas no mercado nacional. A empresa de pequeno porte não perderá o seu enquadramento se obter adicionais de receitas de exportação, até o limite de R\$ 3.600.000,00.

Além desse critério, outro bastante difundido é o que considera o número de funcionários empregados na empresa conforme Tabela 1.

Tabela 1: classificação das empresas por número de funcionários

Porte da empresa	Números de Funcionários	
	Comércio e Serviços	Indústria
Micro empreendedor Individual	Até 2	Até 2
Microempresa	Até 9	Até 19
Empresa de pequeno porte	10 a 49	20 a 99

Fonte: SEBRAE (classificação utilizada pela área de pesquisa do SEBRAE), 2010.

Segundo um estudo divulgado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com informações de 2010, de cada cem empresas abertas no Brasil, 48 encerraram suas atividades em três anos.

De acordo com a pesquisa, de um total de 464.700 empresas que iniciaram suas atividades em 2007, 76,1% continuavam no mercado em 2008, 61,3% sobreviveram até 2009 e apenas 51,8% ainda estavam abertas em 2010, ou seja, quase a metade (48,2%) fecharam as portas.

Visto que, os recursos são altamente limitados, numa estrutura organizacional que tende a ser simples e nem sempre é definida claramente, a maioria das vezes o sistema de controle geralmente são informais, com pouco número de níveis hierárquicos e com centralização das decisões, tendo o acesso aos meios tecnológicos um tanto limitados, nem sempre possuem especializações e o acesso às fontes de capital de giro e às inovações tecnológicas quase sempre é insuficiente, com deficiência no recrutamento e manutenção de mão-de-obra.

Entretanto, apesar das reconhecidas dificuldades que enfrentam as pequenas empresas para viabilizar seus modelos de negócios, são vistas, como uma parcela do PIB importante, e que devem ter um adequado planejamento estratégico para ter como subsídio chaves para o processo decisório, permitindo o crescimento da empresa.

As principais causas do fechamento das empresas nos três anos iniciais são apontadas na Tabela 2:

Tabela 2 - Principais causas do fechamento das empresas

Fatores contribuintes do fechamento de empresas	Principais Recomendações
Ausência do comportamento empreendedor	Participação em cursos sobre empreendedorismo pode ajudar.
Ausência do planejamento prévio	Participação em cursos de planejamento e um preparo mais apurado antes da abertura (maior tempo e maior profundidade no planejamento) podem ajudar.
Deficiência na gestão empresarial	Cursos de gestão empresarial, participação em palestras e ações conjuntas com empresas do mesmo ramo podem ajudar
Insuficiência de políticas de apoio	As políticas de apoio têm evoluído positivamente, mas podem ser aperfeiçoadas (p. ex., reduzindo o peso dos impostos e da burocracia, ampliando o crédito para a produção e maior acesso às compras governamentais).
Problemas de conjuntura econômica	É preciso ter continuidade no crescimento da economia, na estabilidade de preços e na recuperação da renda dos trabalhadores.
Problemas pessoais	Maior profissionalismo, melhor divisão de tarefas, maior delegação de responsabilidades e separação da vida pessoal dos negócios podem reduzir esses impactos.

Fonte: [15].

No Brasil, atualmente existem aproximadamente nove milhões de Micro e Pequenas Empresas em todo País, que representam mais da metade dos empregos formais, entretanto havia a necessidade de saber o quanto elas contribuem para o Produto Interno brasileiro. Em 1985, o IBGE calculou em 21% a participação dos pequenos negócios no PIB.

Como não havia uma atualização desse indicador desde então, o SEBRAE contratou a Fundação Getúlio Vargas para avaliar a evolução deste indicador. E o resultado foi muito positivo: em 2001, o percentual cresceu para 23,2% e, em 2011, atingiu 27% - ou seja, mais de um quarto do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro é gerado pelas pequenas empresas.

Nesse contexto, conforme mostram dados levantados, as MPEs exercem uma força bastante considerável na formação do PIB, sendo assim, desconsidera-las e não prezar por medidas conjuntas que favoreçam esta parcela do mercado brasileiro é trazer prejuízos para a sociedade, uma vez que estas proporcionam um meio de renda para os empregados e uma fonte de recursos para o governo, que arrecada impostos incidentes sobre a operações destas empresas, fatos estes que tanto beneficiam a as pequenas empresas, como uma sociedade em geral.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo o presidente do SEBRAE, a taxa de mortalidade empresarial vem diminuindo nos últimos 10 anos, e em julho de 2013 a sobrevivência chegou a 76%. Há dez anos, esse índice era de 50%.

A atual taxa mostra uma melhor capacidade das micro e pequenas empresas para superar dificuldades nos primeiros dois anos de vida. Nesse período inicial, a empresa ainda não é conhecida no mercado, não possui carteira de clientes e, muitas vezes, os empreendedores ainda desenvolvendo a capacidade gerencial.

A fase inicial de uma empresa é considerada crucial para a sua permanência; portanto, deve-se haver um investimento na área gerencial, criando um bom planejamento estratégico.

Conclui-se que, os pequenos negócios têm papel de destaque na economia, por corresponder por boa parte da geração de empregos no país, contribuindo com um percentual significativo do PIB brasileiro. Além de, sustentar a economia nos momentos de crise, agregam valor aos produtos e serviços em que as suas atividades estão relacionadas.

Em síntese, as MPEs vêm contribuindo de forma significativa para a geração de empregos e o crescimento da economia brasileira. De acordo com o SEBRAE o Brasil é um dos países mais empreendedores do mundo, com aproximadamente nove milhões de micro e pequenas empresas, fica evidente que este é um setor estratégico para o crescimento de um país.

Contudo, por suas limitações que são características presentes aos moldes dos pequenos modelos de negócio, as MPEs não devem atuar em várias frentes simultaneamente, necessitando analisar e direcionar estrategicamente suas ações para otimizar os recursos tais como: financeiros, tempo, mão de obra, entre outros.

Dessa forma, atendendo aos objetivos os benefícios do planejamento estratégico estão expressos na forma do auxílio direto à operacionalização e de suporte ao modelo de negócio, atuando pró ativamente para o mapeamento de potenciais problemas de cunho estratégico de forma a oferecer a qualificação necessária para tal respondendo a problemática, observa-se que o planejamento estratégico de forma objetiva aplicados nas MPEs deve ainda focar os recursos e principais ações para atingir os objetivos e metas da organização, isto principalmente para as pequenas empresas pode significar o diferencial entre se manter operante e encerrar suas atividades.

VII AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), ao PPGEP do Instituto de Tecnologia Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPA) e a Universidade Estácio de Sá pelo apoio financeiro a pesquisa.

VIII. REFERÊNCIAS

[1] FIGUEIREDO, D. A. et al., **O impacto do planejamento estratégico na longevidade de micro e pequenas empresas da região bragantina**. Bragança Paulista. SP. out. 2014. Disponível em: file:///C:/Users/lucykelly/Downloads/254-855-1-PB% 20(3).pdf. Acesso em: 11 jun. 2015.

[2] IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home/estatistica/economia/microempresa/default.shtm>>.

[3] MIRANDA, I. T, et al. **A importância do planejamento estratégico para o crescimento das empresas**. Maringá. SP. v.2. n.1, p. 34-39. jan./jun. 2005.

[4] GURGEL, C.; RODRIGUEZ, M.V. **Elementos Essenciais para a Gestão das Organizações**. 2. ed. São Paulo. SP: Editora Atlas. 2014. 270p.

[5] MAXIMIANO, A.C. **Introdução à administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A. 2004.

[6] CUNHA, A. S.; SOARES T. C. **Aspectos Relevantes do Planejamento das Micro e Pequenas empresas (MPE)**. Revista da Micro e Pequena Empresa. Campo Limpo Paulista. v.4. n.3. p.15-39. 2010 (set/dez).

[7] CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: ed. Campus. 2011.

[8] TERENCE, A. C. **Planejamento estratégico como ferramenta de competitividade na pequena empresa: Desenvolvimento e avaliação de um roteiro tático para o processo de elaboração do planejamento**. 2002. 211 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2002.

[9] ANDRADE, A. R **Planejamento estratégico**. 1. ed. São Paulo. SP: Editora Atlas. 2012. 182 p.

[10] ZACCARELLI, S. B. **Estratégia e sucesso nas empresas**. 2. ed. São Paulo. SP: ed. Saraiva. 2012. 249p.

[11] SOUZA, N.; QUALHARINI, E. **O Planejamento estratégico nas micro e pequenas empresas**. III Workshop Gestão Integrada: Riscos e Desafios. Centro universitário Senac. Rio de Janeiro - RJ, 25 e 26 maio. 2007. Disponível em:<<http://www.sp.senac.br/pdf/24848.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

[12] SEBRAE. **Lei Geral das Micro e Pequenas Empresas: Distinções entre microempresa, pequena empresa e MEI**. 2010. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/Entenda-as-distincoes-entre-microempresa,-pequena-empresa-e-MEI>>. Acesso em: 06 de Nov. 2015.

[13] PAES. N. L. **Simples Nacional no Brasil: o difícil balanço entre estímulos às pequenas empresas e aos gastos tributários**. Economia - PIMES/UFPE, Belo Horizonte. v. 24. n.3. set/dez. 2014. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-63512014000300541&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 nov. 2015.

[14] DUARTE, E. M. **O Empreendedorismo nas micro e pequenas empresas: um estudo aplicado à cidade de Pará de Minas – MG**. Faculdade Pedro Leopoldo. Minas Gerais. 2013. Disponível em:<http://www.fpl.edu.br/2013/media/pdfs/mestrado/dissertacoes_2013/dissertacao_ednei_magela_duarte_2013.pdf>. Acesso em: 21 out. 2015.

[15] _____. **10 anos de monitoramento da sobrevivência e mortalidade de empresas**. São Paulo: SEBRAE-SP. 2008.

_____. **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**. julho/2014. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>> Acesso em: 06 de nov. 2015.



Proposal for improvement the welding process of the micro- USB connector on the mother board on tablets

Cristiano Mourão da Fonseca¹, Jandecy Cabral Leite²
Carlos Alberto de Oliveira Freitas³, Antonio da Silva Vieira⁴, Roberto Tetsuo Fujiyama⁵

¹M.Sc., Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Brasil. cristianomourao@yahoo.com.br

²Dr. Departamento de Pesquisa. Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia, Brasil. jandecycabral@hotmail.com

³M.Sc., Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia, Brasil. caofreitas@yahoo.com.br

⁴M.Sc., Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia, Brasil. adasilvavieira@gmail.com

⁵Dr., Faculdade de Engenharia Mecânica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Universidade Federal do Pará (UFPA). fujiyama@ufpa.br

ABSTRACT

The current electrical and electronic products industry have features extremely dynamic and with constant search for improvement in their manufacturing processes, seeking greater efficiency and lower costs. In the manufacturing process of the main board on tablets, in the area of welding technology, there was a problem in the micro USB connector soldering process causing high defect rates. The purpose of this article was to conduct assessment and proposal for improvement in this process. The methods and techniques used were quality tools PDCA cycle, cause and effect diagram and 5W2H. Among these solutions, the choice was to implement pallets of duresstone to maintain the alignment of the connector on the reflow soldering oven. The results show a reduction in failure rates from 12.40% to 0.09% in the production line, which avoided the institution generate a total of 24,800 defective boards on the total to be produced. The total cost savings from logistics repair of these boards was approximately 70.002,80. USD

Keywords: weldability; quality tools; SMT process; tablet.

Propuesta de mejora en el proceso de soldadura del conector micro-USB en la placa madre en tablets

RESUMEN

La industria actual de productos electro-electrónicos presenta características extremadamente dinámicas y de constante búsqueda del perfeccionamiento en sus procesos de fabricación, procurando una mayor eficiencia y reducción de los costos. En el proceso de fabricación de la placa principal en tablets, en el área de tecnología de soldadura, había una problemática en el proceso de soldadura del conector micro USB generando altos índices de defectos. El objetivo de este artículo fue realizar la evaluación y propuesta de mejoras en ese proceso. Los métodos y las técnicas utilizadas fueron las herramientas de la calidad del ciclo PDCA, diagrama de causa y efectos y 5W2H. Entre las soluciones presentadas, se escogió la implantación de pallets de duresstone para mantener la alineación del conector en la soldadura en el horno de refusión. Los resultados obtenidos muestran una reducción de los índices de fallas en la línea de producción de un 12,40% para un 0,09%, lo que evitó a la institución generar un total de 24.800 placas defectuosas del total a ser producido. El costo total economizado con la logística de reparación de esas placas fue de aproximadamente 70.002,80. USD

Palabras clave: soldabilidad; herramientas de calidad; proceso SMT; tablet.

I. INTRODUCCIÓN

La actual economía de mercado, caracterizada por la elevada competitividad entre las empresas, fuerza a la industria de electro-electrónicos a estar siempre en constante transformación en sus procesos de fabricación para superar a los concurrentes de mercado. Hay una constante busca de productos innovadores y perfeccionamiento de procesos productivos teniendo siempre

como objetivo la busca de la excelencia en patrones de calidad aliado a un aumento de productividad y eficiencia. Las empresas están siempre en proceso de mejora continua que es una técnica de cambio organizacional lenta, suave e ininterrumpida, centrada en las actividades en grupo de las personas (equipo). Tiene por objetivo aumentar a calidad de los productos y servicios dentro de programas a largo plazo. Su foco es la mejora gradual y continua, a través de la colaboración y participación de las personas, para

que realicen sus tareas un poco mejor cada día [1]. Es en ese contexto que las empresas utilizan herramientas y prácticas administrativas y gerenciales para la optimización de procesos y productos como el PDCA, que es una herramienta de control y mejora de procesos, el diagrama de causa y efecto, que es una técnica que expresa la relación existente entre un efecto y las posibles causas de un determinado evento, y el 5W2H el cual es utilizado para auxiliar en la planeación y acompañamiento de soluciones (plan de acción).

En el proceso de fabricación de productos electro-electrónicos uno de los principales desvíos de producción los cuales causan aumento de los costos de producción son los defectos, sean ellos funcionales o estéticos, que son definidos como la unidad de producto que no satisfacen una o más de las especificaciones para ese producto [2]. En una empresa del polo industrial de Manaus (PIM) productora de la placa principal de las tablets; que son equipos leves, con gran capacidad de procesamiento y autonomía de batería, permite al usuario la lectura de textos, navegación en internet para acceder a sitios, email, vídeos, además de la posibilidad de instalación de aplicativos y software que expanden el uso del equipo [3]; En la fase de SMT se percibió una problemática en la soldadura del conector micro USB causando niveles de defectos encima de los patrones establecidos por la institución. Las fallas hacían que las metas de producción y calidad no fueran alcanzadas y hubiera un aumento de demanda de técnicos de reparación, operadores de prueba, además del crecimiento de la cantidad de rechazos por exceso de re-trabajo.

De esa forma, fue realizada una investigación en forma de estudio de caso la cual tuvo gran importancia, pues generó nuevos conocimientos en el área de procesos de fabricación de la placa principal de las tablets que es una nueva y promisoriosa rama. La misma tuvo como objetivo analizar el proceso de soldadura del conector micro USB, específicamente en la problemática presentada, en busca mejoras en el proceso para generar reducción en los índices de defectos, reducción de costos, garantizar la satisfacción de los clientes y el alcance de las metas de productividad y calidad. *¿Con relación al problema presentado, cuál sería la mejor solución evaluándose el contexto del trabajo?*

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II.1. TECNOLOGÍA DE MONTAJE SMT

Debido a la tenaz concurrencia entre las empresas es grande la búsqueda de nuevas tecnologías para perfeccionar los procesos y reducir los costos. La “revolución” en la electrónica ha sido sustentada por medio del desarrollo de productos con aumento de la miniaturización, mayor funcionalidad, la mejora de la confiabilidad y reducción de costos de fabricación. De hecho, las innovaciones en las metodologías de montaje de electrónicos ha mantenido bajos costos de fabricación a cada nueva generación de productos [4]. En la industria electrónica, la última gran innovación fue el advenimiento de la tecnología de montaje en

superficie (*Surface Mount Technology*, SMT) en la cual los componentes denominados dispositivos de montaje en superficie (*Surface Mounted Device*, SMD) son montados directamente en la superficie de las placas a través de máquinas montadoras automáticas.

La tecnología SMT es considerada la evolución del proceso denominado a través de agujero y pin (*Pin Through Hole - PTH*) en la cual los componentes son insertados manualmente o automáticamente en las placas en agujeros metalizados siendo soldados por máquinas de onda por el lado opuesto al cual fueron insertados. La creciente demanda de dispositivos electrónicos ha hecho del proceso de fabricación de placas de circuito impreso una promisoriosa industria en las últimas décadas. Como la demanda de placas aumenta, la industria se torna más dependiente de la alta velocidad de acoplamiento utilizando la tecnología de montaje SMD la cual viene substituyendo la tecnología PTH [5]. La figura 1 muestra el proceso SMT (componentes montados) en a) y PTH (componentes insertados) en b).

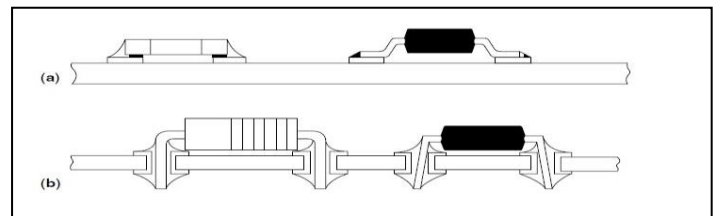


Figura 1 – Proceso a) SMT, b) PTH [6].

Entre las principales ventajas del proceso SMT en relación a su antecesor se puede destacar:

- Los componentes son menores (miniaturizados), ocupan menos espacio y son más leves posibilitando la fabricación de dispositivos portátiles como teléfonos y tablets;
- El montaje automático es más preciso y menos susceptible a errores de montaje;
- Menor costo de producción (montaje automático), y;
- Mejor resistencia mecánica.

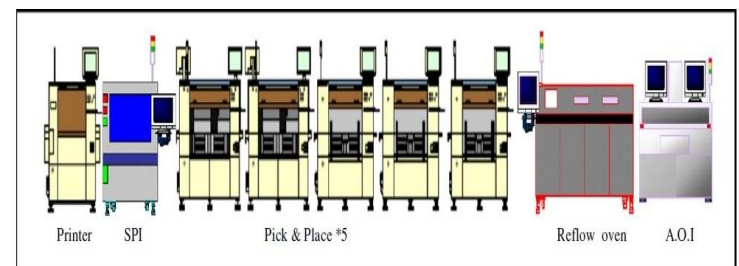


Figura 2 – Layout de una línea SMT [7].

El proceso de soldadura SMT está compuesto por equipamientos que trabajan de forma sincronizada y continua, siendo dispuestos de modo a formar líneas de producción SMT, conforme se muestra en la figura 2, el proceso está compuesto por las siguientes etapas:

1 – *Printer* – Son máquinas responsables de depositar la pasta de soldadura en la superficie de la placa utilizando una matriz metálica denominada estencil como se muestra en la figura 3.

2 – *Solder Paste Inspection (SPI)* – Son máquinas que hacen inspección del volumen de la pasta de soldadura depositada en la placa.

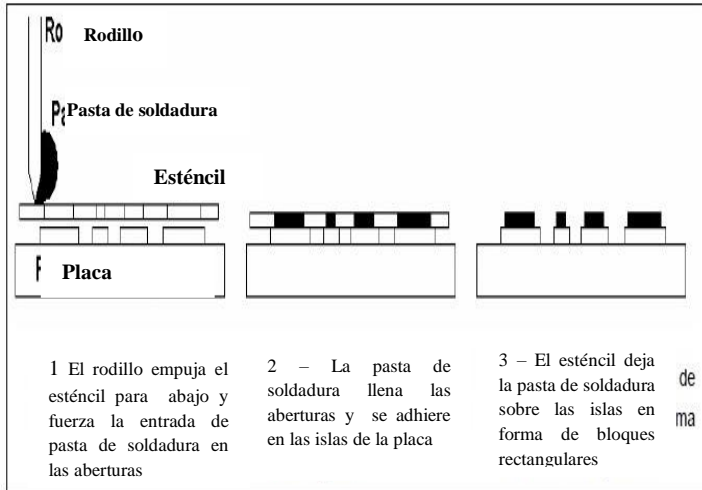


Figura 3 – Proceso de deposición de la pasta de soldadura [8].

3 – *Pick & Place* (tomar e insertar) – Son máquinas de alta precisión responsables por la inserción de los componentes sobre la pasta de soldadura.

4 – *Reflow Oven* – La placa es colocada en un horno de refusión para que la soldadura pase del estado líquido al sólido, soldando los componentes en la superficie de la placa. El horno posee una estera la cual transporta la placa en su interior, pasando por unos “steps” de temperatura en función del tiempo denominado perfil térmico el cual está formado por cuatro fases distintas como muestra la figura 4 [9].

- **Pre calentamiento:** la temperatura es elevada hasta el punto de evaporación de los solventes en la pasta de soldadura;
- **Desgasificación:** la temperatura es elevada lentamente con el objetivo de activar el flujo e igualar la temperatura en la placa;
- **Refusión:** la temperatura es elevada para fundir la soldadura formando entonces las uniones soldadas;
- **Enfriamiento:** la temperatura es reducida gradualmente hasta llegar a la temperatura ambiente.

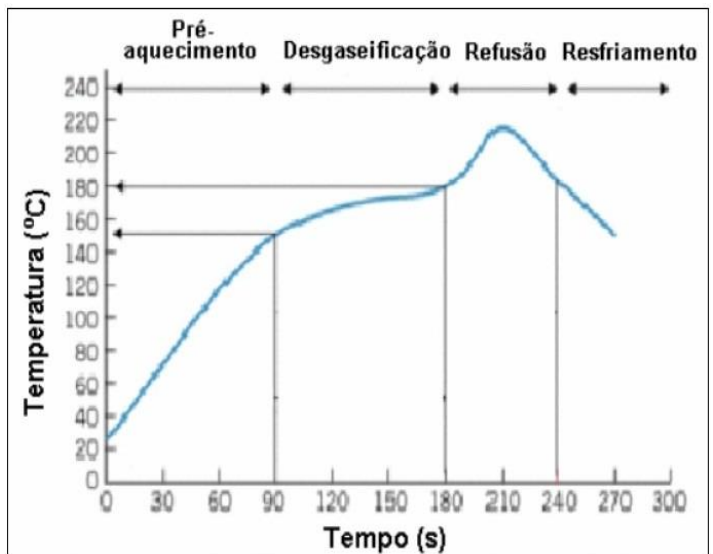


Figura 4 – Perfil térmico típico en un horno de refusión [10].

5 – *Automatic Optical Inspector (A.O.I)* - Son equipos que hacen la inspección óptica automática cuyo objetivo es detectar defectos de montaje. El proceso consiste en la captura inicial de la imagen en una placa de referencia y registrado en memoria. A continuación las piezas de la producción son leídas y comparadas con esa placa patrón en busca de algún defecto como ausencia de componente, componente erróneo insertado, componente con polaridad invertida y componente dislocado.

II.2. LAS HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

II.2.1. CICLO PDCA

PDCA es una sigla para *Plan, Do, Check y Action*, también es conocido como ciclo de Deming, que es un modelo de gestión de calidad clásico promovido y practicado en el Japón por Dr. W. Edward Deming, un especialista americano de gestión de la calidad [11]. En la década de los años 50 el PDCA se tornó muy popular debido a la aplicación de este método en la próspera industria japonesa realizada por Deming, el que generó una gran contribución al desarrollo de la calidad de los productos japoneses.

El ciclo PCDA es una herramienta ampliamente utilizada para análisis, resolución de problemas y toma de decisión, puede ser aplicado también para el mantenimiento de metas o alcance de nuevas metas. En las empresas posee aplicaciones en diversas áreas como alcance de metas globales y estratégicas, metas dirigidas a departamentos o grupos individuales. Es considerada una metodología rápida, eficaz y de simple entendimiento, pudiendo, por tanto, ser utilizado por colaboradores de cualquier nivel de conocimiento.

El PDCA es subdividido en cuatro etapas como se describe en la figura 5:

PDCA	FLUJOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificación del problema.	Definir claramente el problema y reconocer su importancia.
	2	Observación	Reconocer las características del problema.
	3	Análisis	Descubrir las causas principales.
	4	Plan de acción	Elaborar un plan de acción para bloquear las causas.
D	5	Acción	Bloquear las principales causas.
C	6	Verificación	Confirmar la eficacia de la acción.
	¿La acción fue eficaz? N S		
A	7	Estandarización	Eliminar definitivamente las causas.
	8	Conclusión	Revisar las actividades y planear para el trabajo futuro.

Figura 5 – Ciclo PDCA [12].

1 – *Planeamiento (PLAN)* – se realiza la verificación de lo que ya fue hecho, lo que debe ser alcanzado y las especificaciones y atribuciones a ser definidas [13]. Considerada la fase más importante, el planeamiento es donde el plano es trazado, el problema es identificado y detallado. Ocurre el análisis del fenómeno y del proceso identificando las causas. Posteriormente es elaborado el plan de acción para alcanzar las metas.

2 – *Ejecución (DO)* – Esta etapa es caracterizada por la ejecución de las acciones identificadas anteriormente. Para esto, es preciso entrenar y orientar a todos los involucrados.

3 – *Verificación (CHECK)* – En esta fase se verifica la ejecución del planeamiento de la calidad y se estudia si el resultado concuerda con la expectativa [14].

4 – *Actuar correctamente (ACT)* – A partir de los resultados obtenidos, es preciso actuar correctamente sobre las metas no alcanzadas y establecer patrones sobre los resultados alcanzados. En caso necesario, se puede girar el ciclo PDCA nuevamente a partir del inicio, planeamiento en un proceso de mejora continua y perfeccionamiento de los procesos.

Para [15] el ciclo PDCA proporciona una busca continua por un mejor método de hacer las cosas. Al seguir este ciclo, se espera que los resultados sean obtenidos y también que el propio proceso será mejorado en una espiral ascendente. Debido a las cuatro continuas etapas del ciclo, los problemas son resueltos y el nivel de calidad aumenta durante cada ciclo. A través de los ciclos constantes del PCDA, el nivel de calidad mejora de forma continua [16] como muestra la figura 6.

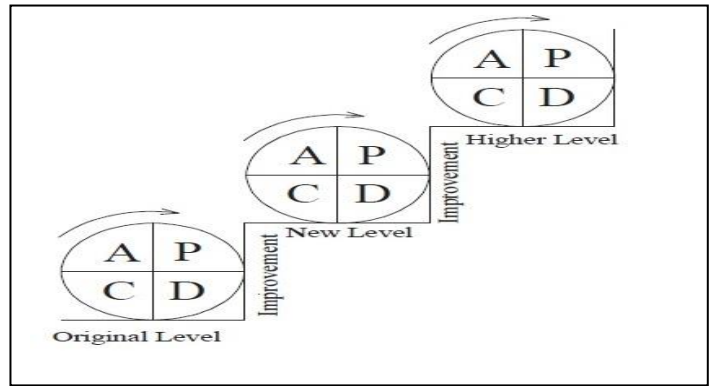


Figura 6 – Ciclo PDCA – Proceso de mejora continua [17].

II.2.2. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

El diagrama de Ishikawa fue inventado por Kaoru Ishikawa, que fue uno de los pioneros en técnicas de gestión de la calidad en el Japón en la década de 1960. El diagrama es considerado una de las siete herramientas básicas de control de calidad. Es también conocido como diagrama de espina de pescado, debido a su forma. La "cabeza del pescado" representa el problema principal. Las posibles causas del problema, generalmente derivadas de sesiones de "brainstorming" o de investigación, son indicadas en las "espinas del pescado" del diagrama [18]. Esta herramienta expresa la relación de causa y efecto por medio de saetas, para que la causa raíz pueda ser determinada de forma sistemática [19]. El diagrama está compuesto por seis subdivisiones de posibles orígenes de los problemas denominadas "6 Ms": mano de obra, método, materia prima, máquina, material/medida y medio ambiente como muestra la figura 7.

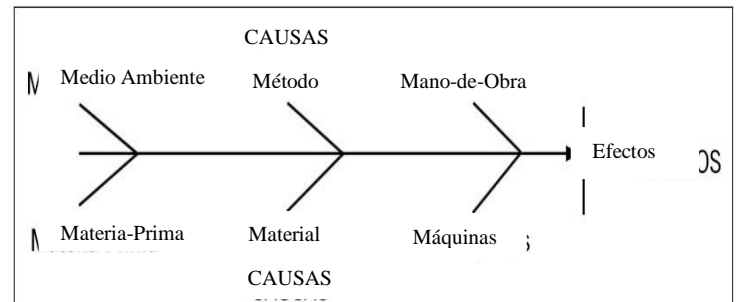


Figura 7 – Modelo gráfico del diagrama de Ishikawa [20].

2.2.3 5W2H / 5W1H

El 5W1H sugiere que el problema puede ser analizado en base a 6 aspectos, que son por qué, qué, quién, cuándo, dónde y cómo. La esencia del 5W1H es analizar el problema sistemáticamente, incluyendo la esencia del objeto (el qué), la esencia del asunto (quién), las formas de existencia del problema en el tiempo y en el espacio (cuándo, dónde), la solución del problema (cómo) [21]. El 5W2H es una herramienta utilizada para la identificación y el mapeado de actividades a ser desarrolladas para alcanzar un determinado resultado. El nombre

fue establecido al agrupar las letras iniciales de sus directrices como muestra el cuadro 1.

Cuadro 1 – Descripción del método 5W2H [22].

5W2H	DESCRIPCIÓN	PREGUNTA
Qué?	Asunto	Qué se está haciendo? La tarea puede ser eliminada?
Por qué?	Propósito	Por qué la tarea es necesaria? Esclarecer el efecto.
Dónde?	Localización	Dónde se está haciendo? Tiene que hacerse ahí?
Cuándo?	Secuencia	Cuándo es el mejor momento para hacer? Cuándo tiene que ser hecho entonces?
Quién?	Personas	Quién lo está haciendo? Alguien más pudiera hacerlo?
Cómo?	Método	Cómo es que se está haciendo? Existe una mejor manera de hacerlo?
Cuánto cuesta?	Costo	Cuánto cuesta ahora? Cuánto va a costar después de las mejoras?

III MATERIALES Y MÉTODOS

Los Materiales en el análisis de piezas defectuosas fue utilizado el microscopio óptico a fin de recolectar imágenes con mayor riqueza de detalles y de esa forma detectar las fallas en el proceso de soldadura del conector micro USB.

III.1. MÉTODOS - USO DEL CICLO PDCA.

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo está basada en el ciclo PDCA que consiste en una de las herramientas más utilizadas para análisis y solución de problemas, pudiendo ser aplicada en las más diversas ramas de la industria y se caracteriza por la simplicidad de utilización. Las fases del PDCA fueron secuencialmente aplicadas en el tratamiento del problema a fin de corregirlo.

III.2. PLANEAMIENTO

En la fase del planeamiento, fue realizado el análisis en detalle del problema en la cual se obtuvo informaciones directamente en el ambiente de trabajo. Esta etapa fue subdividida en las siguientes etapas:

- Colecta de datos

La colecta de datos primeramente fue hecha a través de entrevistas con los operadores y técnicos de Ingeniería en la cual se obtuvieron los datos como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2 – Resultado de la entrevista con los operadores y técnicos de Ingeniería

1 -Cuál es la característica del problema?	El conector micro USB después de pasar por el horno de refusión estaba quedando desalineado.
2 -Dónde fue observada la falla?	En la etapa de pruebas funcionales.
3 - Quién detectó el defecto?	Los operadores de las pruebas funcionales y los técnicos de Ingeniería.
4 - Había registros de ocurrencias anteriores?	No había registros de defectos en otros productos.
5 - La falla ocurre en el 100% del total producido?	La falla ocurría en una parte del total producido.
6- Cómo era corregida la falla?	Remover el conector y soldar nuevamente en la posición correcta.

Acto seguido fue realizada una investigación documental en los sistemas de registro de calidad y productividad, observándose que existían índices de defectos por encima de los patrones establecidos por la empresa que es de un el máximo de 2% y que estaban relacionados al proceso de soldabilidad del conector micro USB en la placa principal en tablets. El resultado de la investigación se muestra en la tabla 1:

Tabla 01 – Índices de fallas en la situación actual.

PRODUCCIÓN TOTAL	CANTIDAD DE DEFECTOS	ÍNDICE DE FALLAS
1000 PLACAS	124	12,40%

- Análisis del problema

A partir de los datos obtenidos sobre el problema en la condición actual fue creado el diagrama de causa y efecto en el cual fue posible identificar las causas probables de la falla, y entre ellas, la causa raíz del problema. El diagrama se muestra en la figura 8.

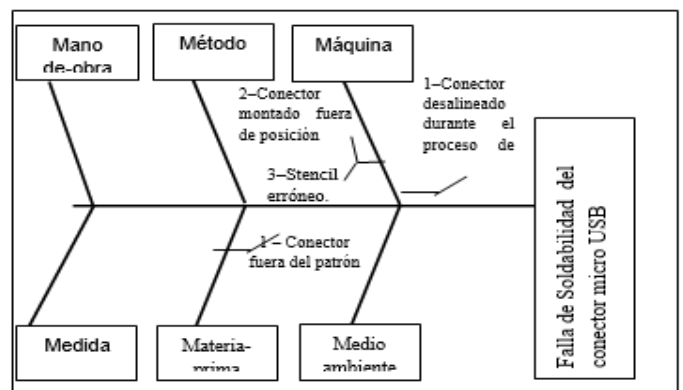


Figura 8 – Diagrama de causa y efecto – Falla de soldabilidad del conector micro USB.

• Preparación del plan de acción

En base a la identificación de la causa raíz del problema y utilizando la herramienta 5W2H fue elaborado un plan de acción conteniendo el mapeado detallado de las actividades a ser desarrolladas. El plan de acción se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 – Diagrama 5W2H.

QUÉ	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO	QUIÉN	CÓMO	CUÁNTO CUESTA
1 Alterar conector o micro USB.	Conector fuera del patrón	Junto al abastecedor	2 meses	Abastecedor	Alteración en el proyecto	Cero, considerando inversión del abastecedor
2 Alinear el conector antes de entrar en el horno.	Garantizar la alineación antes de la soldadura.	Proceso SMT	De inmediato	Operador de SMT	Manualmente	USD 6,54 operador / hora
3 Desarrollo de pallets	Mantener la alineación del conector durante la soldadura.	Ingeniería SMT / Abastecedor externo	20 días	Abastecedor externo	Proceso de maquinado con el material durestone.	R\$ 12.250,00

III.2.2. EJECUCIÓN

En esta etapa, fue implementado el plan de acción previamente establecido, todas las actividades fueron rigurosamente alcanzadas.

- ✓ Desarrollo de los Pallets

a) Material utilizado

Los pallets fueron fabricados con el material “durestone” conteniendo composites de fibra de vidrio y resina epoxi producidos a presión y alta temperatura. Fueron diseñados para atender las características de los procesos de fabricación de placas principales como:

- Baja conductividad térmica (0,25 W/m⁰K) que impide la disipación del calor para la PCB – Los componentes electrónicos poseen una temperatura máxima de contacto, en el caso de que esa temperatura sea sobrepasada los componentes pueden tener comprometida su funcionalidad.
- Material con propiedades Anti-estáticas – Muchos componentes electrónicos pueden ser dañados por descargas electrostáticas. Los

materiales con propiedades electrostáticas son los que no son generadores de ese tipo de cargas.

- Mantener sus propiedades mecánicas a altas temperaturas (350 °C).
- Buena resistencia a los productos químicos utilizados en el proceso de soldadura - Teniendo como ejemplo el “fluxo” que es un material utilizado para facilitar el proceso de soldadura.
- Material de fácil manipulación en ambiente de producción debido a la baja densidad, 1.90 g/cm³.

b) Diseños mecánicos

Para la fabricación de los pallets fue necesario hacer el diseño mecánico de la pieza en 3D como muestra la figura 9.

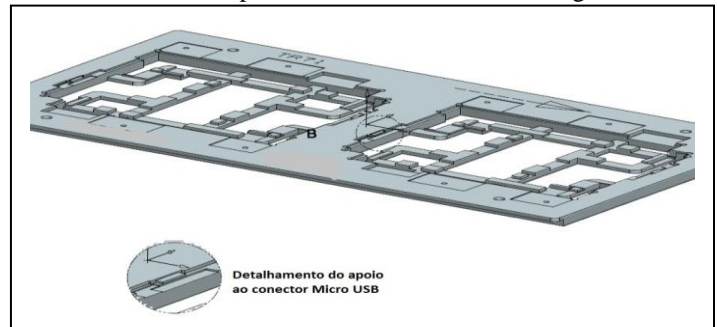


Figura 9 – Diseño mecánico del pallet en 3D.

El dimensionamiento del pallet está expuesto en la figura 10 y fue hecho basado en los siguientes aspectos:

- ✓ Medidas externas: Basadas en las dimensiones de la estera interna del horno de refusión.
- ✓ Medidas internas: Basadas en las dimensiones de la placa principal del tablet.

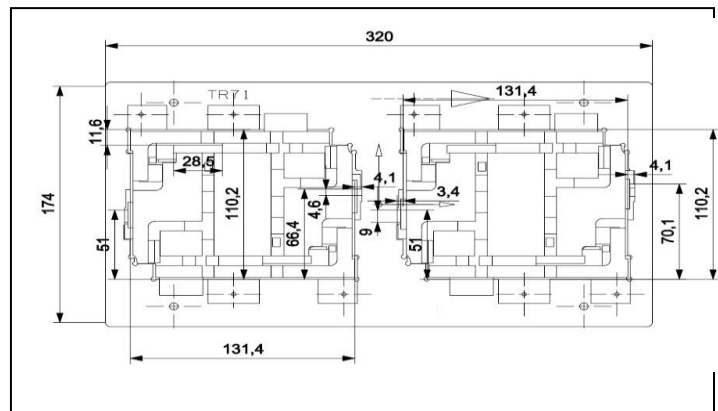


Figura 10 – Diseño mecánico del pallet en 2D con medidas en mm.

III.2.3. VERIFICACIÓN

La fase de verificación fue caracterizada por la colecta de datos en la condición final, siguiendo los mismos criterios establecidos en la fase de planeamiento como se muestra en la tabla 3. A continuación fue realizado un análisis crítico comparando los datos iniciales y finales después de la implantación del plan de acción.

Tabla 3 – Índice de fallas en la situación final.

PRODUCCIÓN TOTAL	QUANTIDADE DE DEFEITOS	ÍNDICE DE FALHAS
2400 PLACAS	2	0,09%

III.2.4 ESTANDARIZACIÓN

En la etapa de estandarización fueron realizadas las acciones correctivas detectadas a lo largo del proceso y la unificación de todas las actividades a ser desarrolladas para que la falla no vuelva a ocurrir.

IV. ANÁLISIS, DISCUSIONES Y RESULTADOS.

Las acciones realizadas de acuerdo a lo planeado y los resultados alcanzados para cada acción están expuestos en el cuadro 3.

Cuadro 3 – Resumen de las actividades y resultados obtenidos.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES	RESULTADOS
1 Fue adicionado un puesto para alineación manual antes del horno de refusión.	No hubo reducción significativa de los indicadores generando resultados de 12 % de fallas considerados todavía insatisfactorios.
2 Envío de piezas defectuosas para análisis del proveedor del conector micro USB.	Alteración en el proyecto del conector micro USB, sin embargo con un lead time de 60 días para el recibimiento de las nuevas piezas.
3 Reevaluación del proceso	Desarrollo/implantación de pallets en el proceso, reduciendo los niveles de defectos para índices evaluados como aceptables de 0,09%.
4 Evaluación del proceso de fabricación de otros productos.	La utilización de los pallets fue extendida a otros modelos.

En la actividad 1 en la cual fue adicionado un operador para realizar la alineación manual del conector antes de pasar por el horno de refusión generó un índice final de 12% de fallas, todavía muy por encima del indicador esperado de un máximo del 2%. A partir de este resultado, se concluye que la desalineación del conector micro USB está ocurriendo durante el proceso de soldadura dentro del horno de refusión.

En la actividad 2 hubo un contacto con el abastecedor de los conectores el cual solicitó el envío de piezas que presentaran la falla para un análisis más detallado. El resultado de esa investigación apunta para una falla en el proyecto del conector que estaba con dimensiones diferentes de las especificadas como muestra la figura 11.

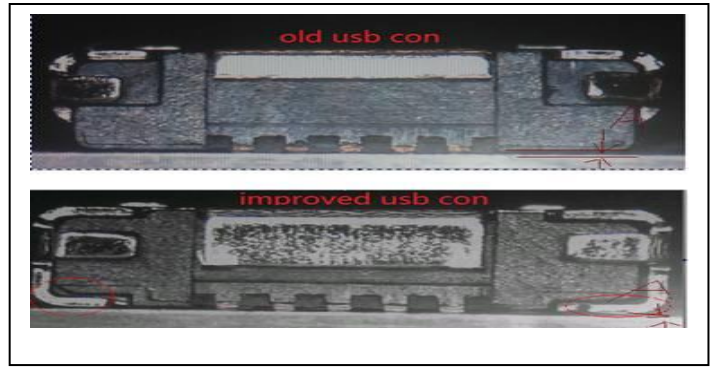
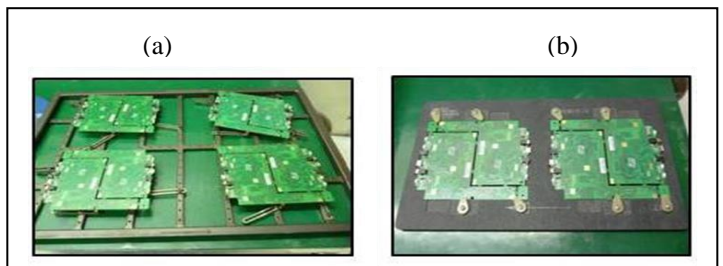


Figura 11–Conector micro USB anterior (a) y corregido (b).

Entretanto, el descubrimiento y corrección de la causa raíz del problema no atendían las necesidades de la fábrica, pues había una gran cantidad del conector considerado como defectuoso en estoque y el *lead time* para recibimiento del nuevo kit de material era de aproximadamente 60 días. Había también un compromiso de entrega inmediata de productos acabados a clientes súper exigentes y de esa forma se tornaba inviable aguardar el recibimiento del nuevo material del abastecedor.

Así, se hizo necesaria una acción de disposición inmediata para que la fábrica pudiera cumplir sus acuerdos comerciales. En la actividad 3 el proceso de soldadura en el horno de refusión fue reevaluado, donde se constató que los conectores micro USB no poseían el apoyo adecuado siendo movidos de su posición por la vibración de las cadenas de transporte de las placas presentes en los hornos. De esa forma, se optó entonces por desarrollar los pallets de “durestone” para garantizar la perfecta alineación de los conectores durante el proceso de soldadura. El resultado final después de la implantación de los pallets en el proceso fue la producción de 2400 placas con apenas 2 defectos y



un índice de fallas de 0,09%. La figura 12 muestra el pallet utilizado anteriormente sin el apoyo para el conector micro USB y el pallet implantado en el proceso con la corrección de la falla.

Figura 12 – (a) Pallet anterior e (b) pallet desarrollado con el apoyo al conector.

Este resultado fue considerado extremadamente satisfactorio, pues el índice final quedó abajo de la meta establecida por la empresa que era del 2%. Hubo una reducción del 99,3% del número de fallas. Aún después del recibimiento de los nuevos conectores enviados por el proveedor el uso de los pallets no fue retirado del proceso, pues fue considerado un

dispositivo a prueba de posibles nuevas fallas de origen. Las consecuencias fueron tan positivas que la actividad 4 fue caracterizada por la extensión de la utilización del pallet en los procesos de fabricación de los otros modelos de tablets.

IV.1. ANÁLISIS DE LOS COSTOS

La cantidad de defectos generó el aumento de los costos no planificados por la empresa. Las pérdidas principales son:

✓ *Mano de obra de técnicos de reparación* – Cuando la falla es identificada en la etapa de pruebas funcionales, la placa es direccionada a la reparación. El costo/hora del técnico de reparación es de 10,73 USD, la media de arreglos por hora es de 5 placas y el costo de arreglo por placa es de 2,146 USD.

✓ *Mano de obra de operadores de prueba* – Después del arreglo técnico las placas son direccionadas nuevamente para las pruebas funcionales. El costo/hora del operador de pruebas es de 6,54 USD, la media de pruebas por hora es de 6 placas y el costo de arreglo por placa es de 1,09 USD.

✓ *Compra de equipos de reparación* – Para el procedimiento de reparación de estas placas fue preciso que la empresa comprara nuevos equipos como la estación de soldadura, multímetros digitales, etc. El costo total de la compra de equipos fue de 2.000,00 USD.

Conforme a lo citado anteriormente, inicialmente fueron producidas 1000 placas con un índice de fallas de 12,4%. Después de la implantación del uso de los pallets fueron producidas 2400 placas con un índice de 0,09%. Así, evaluándose la demanda de producción de este producto que era de 200.000 placas, calculándose el porcentaje de fallas de 12,4% sobre el total a ser producido se tiene que una cantidad total estimada de defectos para su arreglo será de 24.800 placas. O sea, el análisis de la falla y la implantación del uso de pallets evitaron que fuesen generadas 24.800 placas defectuosas. El total de pérdidas estimadas sobre esta cantidad de placas está listado en la tabla 4.

Tabla 4 – Valores que dejaron de ser gastados después de la implantación de los pallets.

ATIVIDAD	COSTO OPERACIONAL POR PLACA EN USD	TOTAL DE PLACAS PARA ARREGLAR	VALOR TOTAL USD
Reparación de placas	2,146	24.800	53220,8
Re-prueba de placas	1,09	24.800	27032
TOTAL GENERAL			80252,8

Analizándose ahora los otros costos como la compra de equipamientos y la compra de los pallets se observa en la tabla 5 que la empresa dejó de gastar la cantidad de 70.002,80 USD.

Tabla 5 – Valores totales que dejaron de ser gastados después de la implantación de los pallets.

COSTOS TOTALES	VALOR USD
Costos totales con reparación en 24800 placas (valor ahorrado)	80.252,80
Compra de equipamientos (valor ahorrado)	2.000,00
Compra de pallets (inversión)	12.250,00
TOTAL GENERAL AHORRADO	70.002,80

V. CONCLUSIONES

En este estudio fueron propuestas soluciones para el desalineamiento del conector micro USB, tales como una alteración en el proyecto específicamente de ese conector, la que sería la mejor opción. Sin embargo, esta no fue aplicada debido al largo tiempo para la conclusión de esta actividad de aproximadamente 60 días. La segunda solución y que llegó hasta ser implantada en la práctica fue la inclusión de un operador para alinear manualmente el conector micro USB antes de iniciar el proceso de soldadura en el horno de refusión. Sin embargo, los resultados obtenidos indican índices de fallas semejantes a los índices originales.

Finalmente, fue implantada la solución de utilización de pallets de durestone en el proceso de soldadura del conector micro USB en la placa principal en tablets para asegurar el perfecto alineamiento de este conector. Los objetivos del trabajo fueron alcanzados, pues hubo una reducción del índice de defectos que eran del 12,4%, muy encima de los índices aceptables por la empresa, para los indicadores finales de 0,09%. Haciendo una proyección sobre el total a ser producido de esta placa se verifica que la empresa dejó de generar 24.800 placas con la falla estudiada. En términos de costos y analizándose los resultados alcanzados en la tabla 5 la cual presenta que el costo operacional de reparación y re-prueba que dejó de ser desperdiciado fue de 80.252,80 USD. Evaluándose los valores totales como se describe en la tabla 8, adicionando los costos con la compra de equipamientos y reduciendo el costo de la compra de los pallets se concluye que la empresa evitó gastar 70.002,80 USD.

De esta forma, el análisis y mejora aplicada se reflejan en factores tales como reducción de costos, aumento de la calidad, productividad y satisfacción de los clientes. La solución presentada fue extendida para otros modelos de placas.

VI. AGRADECIMENTOS

Al Instituto de Tecnología José Rocha Sérgio Cardoso (ITJC), a la Universidad Federal do Pará (UFPA) y al Instituto de Tecnología Galileo de la Amazonia (ITEGAM) por el apoyo en la realización de la investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Paludo, Augustinho Vicente. **Administração Pública: Questões**, Fourth Edition, Elsevier, 2013.

[2] Montgomery, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control**, Sixth Edition, John Wiley & Sons, 2009.

[3] Silveira, Nilton; Pereira, Felipe; Giorgetti, Tiago. **Tecnologias em sala de aula: explorando as possibilidades do tablet na educação**, Anais do XI Encontro Nacional de Educação Matemática, ISSN2178-034X, 2013.

[4] Coombs, Clyde Jr. **Printed Circuits Handbook**. Sixth Edition, McGrawHill, 2008.

[5] Torabi, S., Hamed, H., Ashayeri, J. **A new optimization approach for nozzle selection and component allocation in multi-head-type SMD placement machines**. Journal of Manufacturing Systems, 32 (2013) 700-714, 2013.

[6] Lee, Ning-Cheng. **Reflow Soldering Processes and Troubleshootin: SMT, BGA, CSP and Flip Chip Technologies**, First Edition, Newnes, 2002.

[7] Ming-Hung, Shu., Bi-Ming, Hsu., Min-Chuan, Hu. **Optimal combination of soldering conditions of BGA for halogen-free and lead-free SMT-green processes**, Microelectronics Reliability 52 (2012) 2690-2700, 2012.

[8,9,10] Marinovic, Marcos Doro. **Sistemática para implantação da garantia de qualidade em empresas montadoras de placa de circuito impresso**. M.S Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil, 2004.

[11] Ning, JingFeng; Chen, Zhiyu; Liu, Gang. **PDCA Process Application in the Continuous Improvement of Software Quality**, International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering(CMCE), 10.1109/CMCE.2010.5609635, 2010.

[12] Chaves, Ana Paula; LEAL, Gislaine; HUZITA, Elisa. **An Experimental Study of the FIB Framework Driven by the PDCA Cycle**, International Conference of the Chilean Computer Science Society, 10.1109/SCCC.2008.10, 2008.

[13] Moreno, Gustavo Alberto; Jiménez Jovani Alberto. **Cycle of PDCA T-Learning Model and Its Application on Interactive Digital TV**, Open Journal Systems DYNA 79, no 173, 2012.

[14] Yang, Ying; Yu, Bengong; Ma, Xijun. **The Process Modeling of Creating Work Breakdown Structures of Automobile R&D Project Based on PDCA**, IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics IEEE/SOLI, 10.1109/SOLI.2008.4686414, 2008.

[15] Juran, Joseph M.; Godfrey, A. Blanton. **Juran's Quality Handbook**, Fifth Edition, McGraw-Hill, 1998.

[16,17] Zhichun, Qiao; Yuejun, Xiao. **Quality Improvement of Wall Energy Conservation Project Based on PDCA Cycle**, International Conference on Electric Technology and Engineering(ICTCE), 10.1109/ICETCE.2011.5775312, 2011.

[18] Wong, Kam Cheong. **Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature**, Journal of Medical Case Reports, 10.1186/1752-1947-5-120, 2011.

[19] Jeang, Angus; CHUNG, Chien-Ping; CHEN, Chung-Wei; LI, Huan-Chung. **Optimizing process parameters of hot-bar soldering process through quality function deployment and Taguchi method**, Journal of Materials Processing Technology, 209 (2009) 2967-2977, 2009.

[21] Changqing, Gao; Kezheng, Huang; Fei, Ma. **Comparison of innovation methodologies and TRIZ**. The Triz Journal, 2005.

[22] Truscott, Willian. **Six Sigma Continual Improvement for Business**. Elsevier, 2003.



Power Quality Analysis Substation the Voltage Level of 13.8 KV

Jandecy Cabral Leite², Manoel S. Santos Azevedo^{1,2}, Rivanildo Duarte Almeida^{1,2}, Ignacio Perez Abril³, Rildo De Mendonça Nogueira², Hudson Freitas Santana⁴, Walter Andres Vermehren Valenzuela^{1,2}

¹Universidade do Estado do Amazonas (UEA);

²Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM)

³Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas (UCLV-CUBA)

⁴Eletróbrás Amazonas Energia

(jandecy.cabral@itegam.org.br, manolazevedo@yahoo.com.br, rivanildo_duarte@yahoo.com.br)

ABSTRACT

This article presents a study of Quality of Electric Power in an electricity concessionaire performed in 2015 at a substation media tension with 13.8 kV voltage level. The purpose of this article is to measure and monitor for a period of seven days the supply of electricity in the CAP (Common Coupling Point) in the electrical system bus of Dealers and analyze what the real situation of electricity supply for the consumer units, based on criteria established by the IEC TR 61000-3-6, IEEE 519-92 and PRODIST / ANEEL. The methodology used for this work was through field measurements. To carry out campaigns of field measurements was used the Quality Analyzer HIOKI PW3198 Power. The results of the obtained analyzes showed that the presented methodology is applicable as the new requirements associated with power quality come into force, among which may be mentioned harmonic distortion, SAG, SWELL, which will be charged to companies power distribution, ie electricity distributors must conform to such requirements by PRODIST / ANEEL, otherwise companies will suffer penalties by large fines.

Keywords: Power Quality , Media voltage power supply

Análise de Qualidade de Energia em Subestação ao Nível de Tensão de 13,8 KV

RESUMO

O presente artigo apresenta um estudo de Qualidade de Energia Elétrica em uma concessionária de energia elétrica realizado no ano de 2015 em uma subestação de media tensão com nível de tensão de 13,8kv. O objetivo deste artigo é medir e monitorar por um período de 7 dias o fornecimento de energia elétrica no PAC (Ponto de Acoplamento Comum) no barramento do sistema elétrico da concessionária e analisar qual a real situação do fornecimento de energia elétrica para as unidades consumidoras, com base nos critérios estabelecidos pelas normas IEC TR 61000-3-6, IEEE 519-92 e PRODIST/ANEEL. A metodologia utilizada para realização deste trabalho foi através de medições em campo. Para realizar as campanhas de medições em campo foi utilizado o Analisador de Qualidade de Energia HIOKI PW3198. Os resultados das análises obtidos mostraram que a metodologia desenvolvida neste trabalho é aplicável à medida que os novos requisitos associados à qualidade da energia entrem em vigência, dentre os quais pode se citar as distorções harmônica, SAG, SWELL, que passarão a ser cobrados às empresas distribuidoras de energia, ou seja, as distribuidoras de energia elétrica deverão se adequar a tais requisitos exigidos pelo PRODIST/ANEEL, caso contrário, as empresas sofrerão penalizações por meio de multas elevadas.

Palavras Chaves: Qualidade de energia, Media tensão, Fornecimento de energia elétrica

I. INTRODUÇÃO

A expressão qualidade, é uma característica ou grupo de características que tem como finalidade distinguir um caso ou evento de outro em relação ao seu grau de excelência, o item qualidade que tem sido desejado por todos os setores, principalmente pelos setores comerciais e industriais. Este conceito tem aplicação no produto energia elétrica, com o objetivo

de qualificar ou certificar que o produto atende os padrões definidos pela agência reguladora, no Brasil [1] e as necessidades dos consumidores [2].

A disponibilidade da energia elétrica representa desenvolvimento na qualidade de vida das pessoas. Em primeiro momento observa-se que ao implantar um sistema de distribuição de energia elétrica, a população local imediatamente passa a contar

com inúmeros recursos e benefícios, seja no conforto, criação de novos postos de trabalho e consequentemente no processo de desenvolvimento global [3].

Com a demanda de energia elétrica planejada para manter um grande parque consumidor surge à preocupação com a continuidade do serviço, ou seja, ter um sistema de geração de energia elétrica capaz de suprir as necessidades dos consumidores e por outro lado, tão importante quanto, a questão da qualidade da energia elétrica, temário do presente artigo [3].

Para a qualidade de serviço de distribuição de energia elétrica temos os Indicadores de continuidade individuais e Indicadores de continuidade de conjunto de unidades consumidoras [2].

Indicadores de continuidade individuais:

- a) DIC = duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;
- b) FIC = frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em número de interrupções;
- c) DMIC = duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;
- d) DICRI = duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora.

Indicadores de continuidade de conjunto de unidades consumidoras:

- a) DEC = duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em horas e centésimos de hora;
- b) FEC = frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções;

Para qualidade do produto são considerados os seguintes aspectos, seja em regime permanente ou transitório [2]:

- a) tensão em regime permanente;
- b) fator de potência;
- c) harmônicos;
- d) desequilíbrio de tensão;
- e) flutuação de tensão;
- f) variações de tensão de curta duração;
- g) variação de frequência.

Segundo [2], o monitoramento da qualidade da energia elétrica tanto pela concessionária quanto pelas unidades consumidoras é um serviço essencial com muitas utilidades para os clientes comerciais, industriais e para o próprio sistema de energia elétrica. Devido à tecnologia e software que já está disponível, esse monitoramento pode ser realizado mais precisão e com mais detalhes dos eventos que ocorrem na rede de

distribuição. Problemas de qualidade de energia não são necessariamente limitados ao sistema de energia elétrica. Muitas pesquisas têm mostrado que a maioria dos problemas são localizados dentro das instalações dos clientes [4][5].

Neste artigo foi abordado apenas o ponto de vista de qualidade de produto, analisando os fenômenos de qualidade de energia elétrica de acordo com o [1][2] de 2015. Os aspectos que foram analisados foram: tensão em regime permanente, corrente em regime permanente, potência ativa e potência reativa em regime permanente e distorção harmônica.

Este artigo tem como relevância e contribuição apresentar uma metodologia aplicável para análise diagnóstica de qualidade de energia elétrica em sistemas de energia elétrica.

A subestação selecionada para o desenvolvimento deste artigo foi a SE aparecida 13,8 kV da concessionária Eletrobrás Distribuição Amazonas, localizada no bairro centro da cidade de Manaus.

O objetivo deste trabalho é monitorar a energia no PAC (Ponto de acoplamento comum) fornecida para as unidades consumidoras, por um período de 7 dias corridos e verificar, analisar qual a real situação do fornecimento de energia elétrica neste ponto PAC.

II. MATERIAIS E MÉTODOS APLICADOS

A metodologia adotada para este estudo foi através de campanhas de medições em campo e com essa metodologia foi possível identificar a real condição do ponto monitorado.

O equipamento utilizado para realizar as medições foi o Analisador de Qualidade de Energia HIOKI modelo P3198. Este equipamento é capaz de registrar potências ativas, reativas e aparentes, níveis de tensão, variações de tensão de curta duração, desequilíbrios de tensão, corrente elétrica, fator de potência, frequência da linha, distorções harmônicas totais e individuais de tensão e de corrente e espectro de frequência de distorções harmônicas de tensão e corrente [6][7][8][9][10][11]. Para a medição das correntes foi utilizado um sensor de corrente modelo HIOKI SENSOR 9695-03 de fabricação da HIOKI. Para medições das tensões foi utilizado garras de conexão do tipo jacaré.

Durante a campanha de medição, instalou-se 1(um) analisador de qualidade da energia PW 3198 da HIOKI no secundário do transformador ADTF4-02 da SE Aparecida 13,8kV ilustrado com círculo vermelho na figura 1. Nesse equipamento, configurou-se um intervalo de agregação de 10 minutos tendo em vista que o mesmo é recomendado pelo [2].

As medições ou instalações dos equipamentos foram realizadas com auxílio dos pontos dos secundários dos TCs e TPs na cabine da subestação, permanecendo lá por um período de 7 dias de acordo com o [2][7].

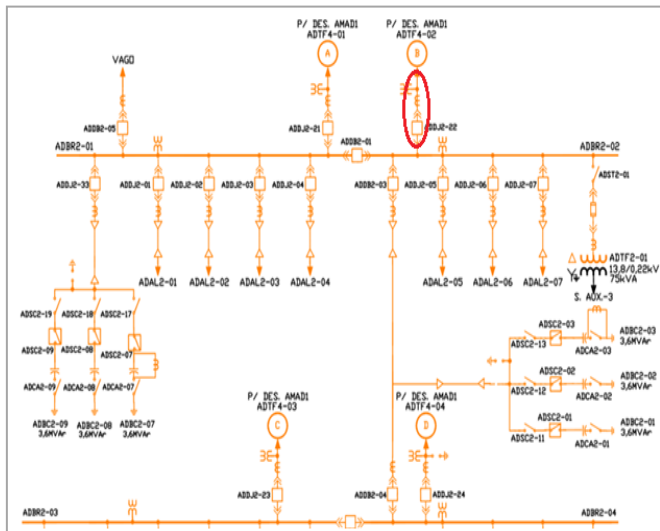


Figura 1 – Diagrama unifilar da Subestação Aparecida.

Os procedimentos adotados tanto para a realização das medições como para as análises dos dados tiveram como base o [1][2], que trata das questões envolvendo a qualidade da energia elétrica.

Nesse trabalho, a análise de qualidade de energia realizada na SE Aparecida possibilitou a construção de um perfil de como está o fornecimento de energia elétrica no ponto monitorado (secundário do TRAFÓ ADTF4-02), podendo assim saber qual a qualidade de energia elétrica que é fornecida para as unidades consumidoras atendidas neste ponto. E também como está a contribuição de distorção harmônica total de tensão pelas correntes harmônicas injetadas no sistema de energia elétrica geradas pelas cargas não lineares conectadas a rede elétrica [11].

III RESULTADOS E DISCUSSÕES - ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS DA REDE ELÉTRICA

As análises foram realizadas com medições coletadas no período de 26 de maio de 2015 à 01 de junho de 2015.

Neste período realizou-se uma campanha de medição na SE Aparecida 13,8kV, no secundário do TRAFÓ ADTF4-02, no qual instalou-se 1 analisador de qualidade de energia PW 3198 da HIOKI para a realização da medição.

III.1 Análise de Tensão em Regime Permanente

As Figuras 2, 3, 4, ilustram respectivamente os perfis de tensão nas fases A-B-C, para todo o período de medição, registrados neste ponto de medição.

Como pode ser visto, os valores de tensão rms médios se encontram dentro do limite da faixa de tensão considerada adequada pelo [2]. Vale ressaltar que somente em um momento, por volta das 16:50 horas do dia 28/05/2015, a tensão rms mínima

apresentou valor abaixo do limite adequado, alcançando o valor de 0,9476 pu na fase A e o valor de 0,9162 pu, na fase B (Figuras 2 e 3 respectivamente). As Tabelas 1, 2 e 3 mostram os valores máximos, mínimos e médios de tensões registrados neste período.

É importante destacar que, com relação ao perfil de tensão em regime permanente, o [2] leva em consideração somente os valores rms médios.

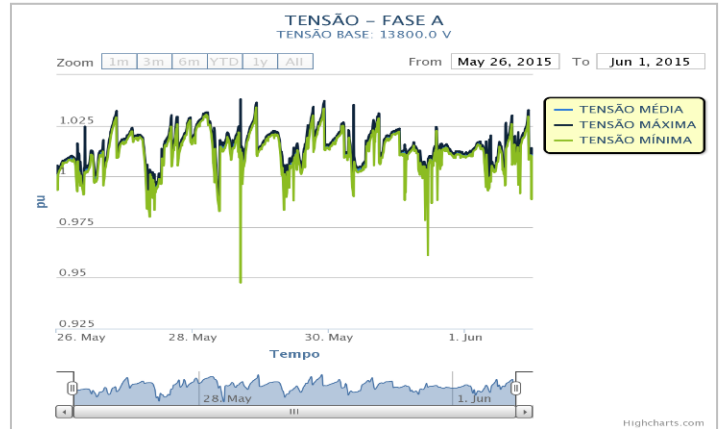


Figura 2 – Valores de tensão rms, Máx e Mín e Médios obtidos para a fase A.

Fonte: Autores, (2016).

Tabela 1 - Valores Máx, Mín e Médios de tensão medidos na fase A

	Valores Mínimos (pu)	Valores Máximos (pu)	Valores Médios (pu)
TENSÃO MÉDIA	0,9838	1,0353	1,0136
TENSÃO MÁXIMA	0,9855	1,0380	1,0152
TENSÃO MÍNIMA	0,9476	1,0340	1,0114

Fonte: Autores, (2016).

Figura 3 - Valores de tensão rms, Máx, Mín e Médios medidos para a fase B.

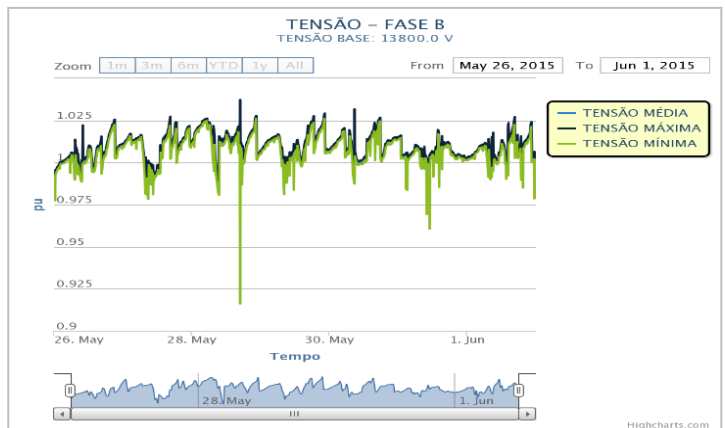


Figura 3 - Valores de tensão rms, Máx, Mín e Médios medidos para a fase B.

Fonte: Autores, (2016).

Tabela 2-Valores Máx, Mín e Médios de tensão medidos fase B.

	Valores Mínimos (pu)	Valores Máximos (pu)	Valores Médios (pu)
TENSÃO MÉDIA	0,9818	1,0275	1,0085
TENSÃO MÁXIMA	0,9838	1,0373	1,0101
TENSÃO MÍNIMA	0,9162	1,0262	1,0063

Fonte: Autores, (2016).

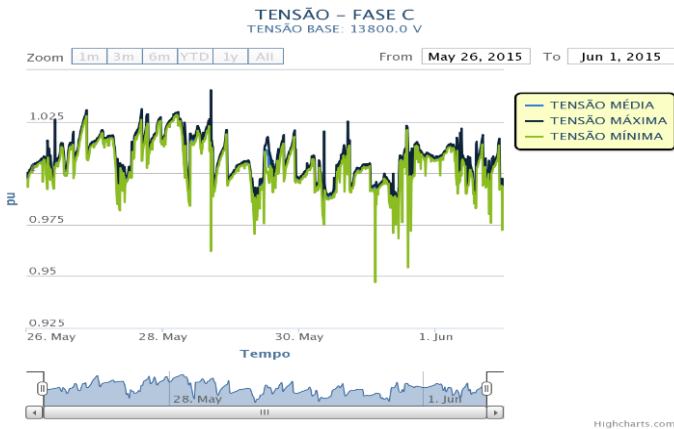


Figura 4 - Valores de tensão rms, Máx, Mín e Médios obtidos na fase C.

Fonte: Autores, (2016).

Tabela 3-Valores Máx, Mín e Médios de tensão obtidos na fase C

	Valores Mínimos (pu)	Valores Máximos (pu)	Valores Médios (pu)
TENSÃO MÉDIA	0,9750	1,0290	1,0059
TENSÃO MÁXIMA	0,9790	1,0402	1,0077
TENSÃO MÍNIMA	0,9471	1,0283	1,0034

Fonte: Autores, (2016).

Na Tabela 4 são apresentados os valores calculados para os índices de Duração Relativa de Transgressão de Tensão Precária (DRP) e Duração Relativa de Transgressão de Tensão Crítica (DRC), que correspondem aos indicadores a serem comparados à norma para fim de avaliação da instalação quanto à tensão em regime permanente. Os índices NLP e NLC presentes nesta mesma tabela representam o maior valor entre as fases do número de leituras (n) situadas nas faixas precárias e crítica, respectivamente.

De acordo com os valores de DRP e DRC apresentados na Tabela 4, pode-se observar que não houve registros de transgressões na tensão em regime permanente neste ponto de medição, estando, portanto, em conformidade com o [3].

Tabela 4 - Valores de DRP e DRC calculados neste ponto de medição.

	n	nlp	DRP (%)	n	nlc	DRC (%)
Fase A	0			Fase A	0	
Fase B	0	0	0	Fase B	0	0
Fase C	0			Fase C	0	

Fonte: Autores, (2016).

Com relação ao desequilíbrio de tensão, o ponto de medição analisado apresentou um valor abaixo do limite de 2% estabelecido pelo [2], como pode ser visto na Figura 4.

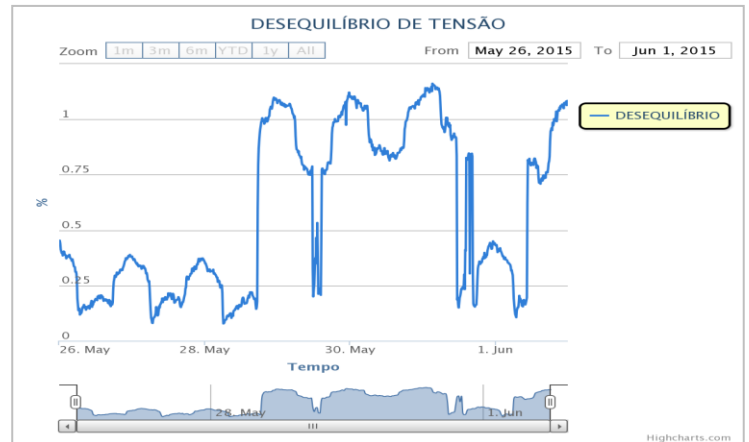


Figura 4 – Desequilíbrio de tensão.

Fonte: Autores, (2016).

III.2 Análise De Corrente Em Regime Permanente

Analisando a Figura 5, pode-se notar uma queda de corrente durante o final de semana, principalmente no domingo, sendo o máximo valor registrado nesse período em torno de 150 A. Durante os dias de semana, constata-se um perfil semelhante, sendo o período compreendido entre às 9:00 horas e às 16:00 horas o de maior carregamento, alcançando um valor máximo de 250 A. A Tabela 5 contém os valores máximos, mínimos e médios de corrente registrados neste período.

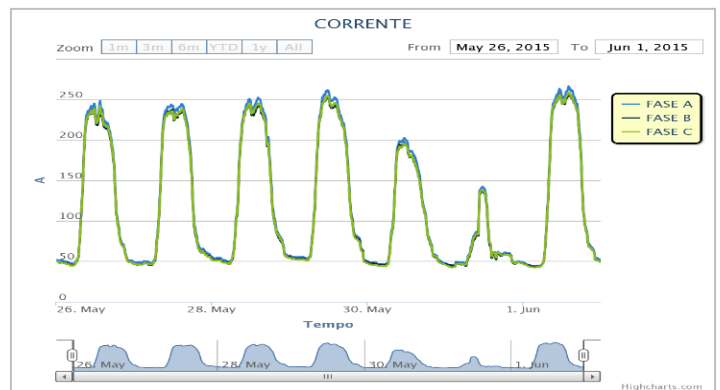


Figura 5 - Valores de corrente rms médios obtidos nas fases A-B-C.

Fonte: Autores, (2016).

Tabela 5-Valores Máx, Mín e médios dos rms médios de corrente.

	Valores Mínimos (A)	Valores Máximos (A)	Valores Médios (A)
FASE A	43,3200	266,3400	120,5005
FASE B	42,5500	257,6300	116,6576
FASE C	41,9800	258,8900	116,9720

Fonte: Autores, (2016).

III.3 ANÁLISE DA POTÊNCIA ATIVA, POTÊNCIA REATIVA E FATOR DE POTÊNCIA EM REGIME PERMANENTE

A Figura 6 apresenta um ciclo semanal do consumo do conjunto de cargas da SE Aparecida. De acordo com essa figura, verificou-se que os dias de semana apresentaram padrões de consumo similares, atingindo valores máximos em torno de 2 MW. Durante o domingo (31/05/2015) o registro das medidas sinaliza que ocorreu uma redução considerável de consumo, em torno da metade quando comparado aos dias de semana.

Figura 6 - Valores de potência ativa médios obtidos para as fases A-B-C.

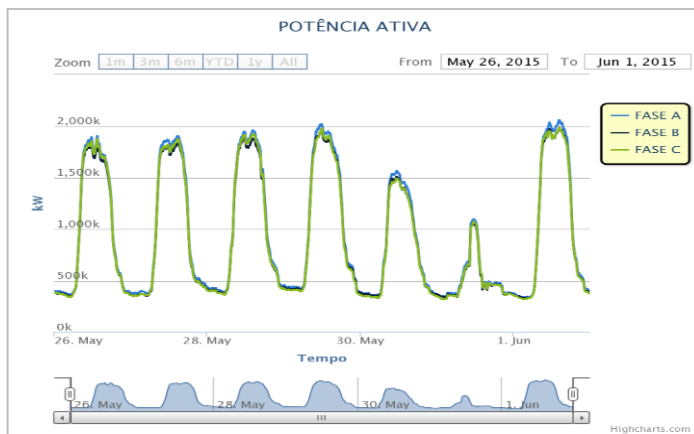


Figura 6 - Valores de potência ativa médios obtidos para as fases A-B-C.

Fonte: Autores, (2016).

Como pode ser visto na Figura 7, onde estão ilustrados os valores registrados de potência reativa, pode-se verificar que durante o período de menor carregamento do sistema, para o caso em questão (22:00 horas às 7:00 horas) o sistema apresenta uma potência reativa capacitiva em torno de 100 kVAR.

Fato este também verificado na Figura 8, onde estão apresentados os valores de fator de potência para o referido ponto de medição, sendo os valores próximos de 1 durante o período de alto carregamento e próximo de -1 durante o período de baixo carregamento.

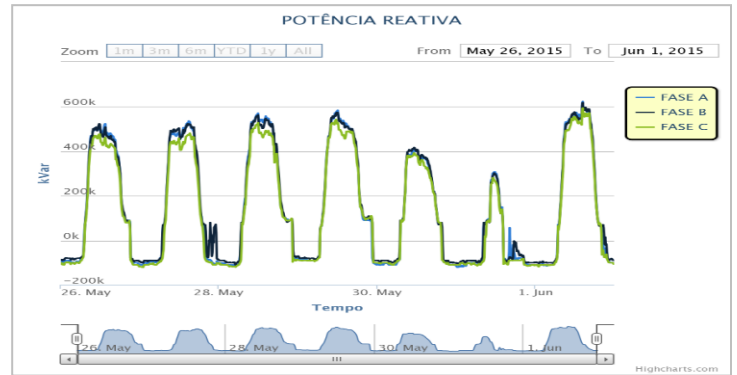


Figura 7 - Valores de potência reativa médios obtidos para as fases A-B-C.

Fonte: Autores, (2016).

Figura 8 - Valores de FP médios obtidos para fases A-B-C.

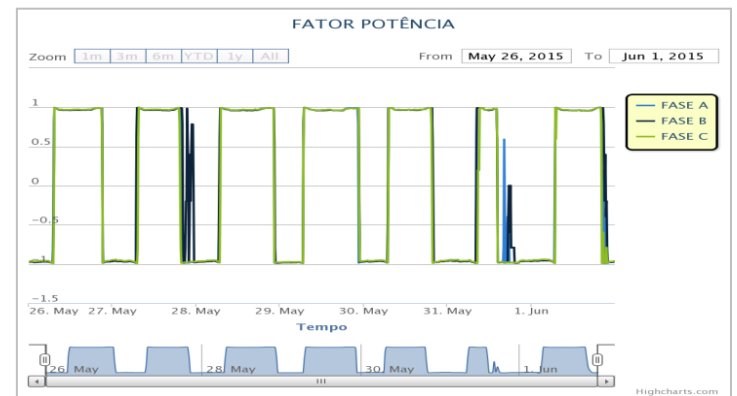


Figura 8 - Valores de FP médios obtidos para fases A-B-C.

Fonte: Autores, (2016).

III.4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DE DISTORÇÕES HARMÔNICAS

Verificando a tabela 6 abaixo, a taxa de distorção harmônica total de tensão (DHTv) das três fases da SE Aparecida (13,8 kV) durante o período de medição considerado, observou-se que os valores de DHT de tensão ficaram abaixo do valor limite de 8%, portanto, em conformidade com o limite estabelecido pelo [3]. A Tabela 6 contém os valores reais de DHTv máximos, mínimos, médios e percentis de 95% das distorções harmônicas totais de tensão, registrados neste período.

Tabela 6 – Valores Máx, Mín, médios e percentis de 95% de DHTv.

	Valores Mínimos	Valores Máximos	Valores Médios	Percentil (0.95)
FASE A	1,2660	5,1800	2,7396	4,1128
FASE B	0,9830	4,8850	2,3555	3,7109
FASE C	1,0210	5,5490	2,6291	4,2456

Fonte: Autores, (2016).

Verificando a tabela 7, a taxa de distorção harmônica total de corrente (DHTi) das três fases da SE Aparecida, observou-se que os valores de DHT de corrente apresentaram valores elevados, sendo os percentis de 95% iguais a 11,05% na fase A, 11,75% na fase B e 10,05% na fase C. A Tabela 7 contém os valores reais máximos, mínimos, médios e percentis de 95% das distorções harmônicas totais de corrente, registrados neste período.

Tabela 7 – Valores máximos, mínimos, médios e percentis de 95% de DHTi médios medidos.

	Valores Mínimos	Valores Máximos	Valores Médios	Percentil (0.95)
FASE A	0,5950	46,2110	11,0436	23,9742
FASE B	0,6410	50,6830	10,9589	23,3417
FASE C	0,6270	48,3880	11,6552	25,3368

Fonte: Autores, (2016).

Vale ressaltar que não houve registros de eventos, como afundamentos ou elevações de tensão, desequilíbrios de tensão, etc.

IV. CONCLUSÃO

O estudo realizado sobre a QEE agregou um conhecimento importante sobre os fundamentos da QE, seus indicadores, bem como na delimitação dos tipos de distúrbios inerente a QEE. De acordo com os resultados obtidos das análises das medições realizadas na SE Aparecida.

Desta forma conclui-se que a proposta tem sua relevância, pois é aplicável à medida que os novos requisitos associados à QE entrem em vigência, dentre os quais pode se citar as distorções harmônicas, SAG e SWELL [12] que passarão a ser cobrados às concessionárias de energia elétrica, ou seja, as distribuidoras de energia elétrica deverão se adequar a tais requisitos exigidos pelo [1], obedecendo aos limites dos indicadores de qualidade de energia elétrica estabelecidos pelo [1][2], caso contrário, as empresas sofrerão penalizações por meio de elevadas multas.

V. AGRADECIMENTOS

Ao ITEGAM, UFPA, EST/UEA, UCLV-CUBA e a Eletrobrás Distribuição Amazonas pelo apoio a pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica.** V.6. Data de vigência: 01/01/2015.

[2] NOGUEIRA, Rildo de Mendonça. **Análise dos Impactos Harmônicos em uma Indústria de Manufatura de Eletroeletrônicos utilizando Árvores de Decisão.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Pará (UFPA), 2015.

[3] GONÇALVES, Benevaldo Pereira. **Metodologia para diagnosticar a qualidade de energia elétrica referente à distorção harmônica em sistema trifásico de baixa tensão utilizando lógica fuzzy.** Pará: UFPA, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Pará (UFPA), 2010.

[4] AZEVEDO, M. S. S; ABRIL, I. P; LEITE, J.C; MEDEIROS, A. B de; MORAES, Nadime M.; REIS, Ana Maria. **Localização de banco de capacitores em circuitos de distribuição considerando restrições de distorção harmônica.** Revista SODEBRAS – Volume 10. N° 120. Dezembro/ 2015.

[5] CIRINO, Weverson dos Santos. **Aplicação de filtro harmônico em sistemas elétricos de baixa tensão utilizando lógica fuzzy.** Pará: UFPA, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC), Pará, 2010.

[6] IOKI INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE ENERGIA. **Manal de operação do analisador de qualidade de energia HIOK.** HIOKI E.E. CORPORATION, 2012.

[7] GRANDI, André Luís Zago de. **Metodologia para avaliação de distorção harmônica de corrente em transformadores de distribuição.** São Paulo: USP, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

[8] IEC TR 61000-3-6 – **“Electromagnetic compatibility (EMC) –Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems”**, Edition 2.0, 2008-02.

[9] IEEE Std. 100-2000. **The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms Seventh Edition.** December, 2000.

[10] IEEE Std. 519- - **Institute of Electrical and Electronics Engineers. Harmonic limits discussion.** 1992.

[11] LEITE, J.C. ABRIL, Ignácio Perez; AZEVEDO, Manoel Socorro Santos, NASCIMENTO, Manoel Henrique Reis do; MORAES, Nadime Mustafa; REIS, Ana Maria. **Projeto multicritério de filtros harmônicos passivos para instalações industriais utilizando técnicas de computação evolucionária.** ITEGAM-Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications. (ITEGAM-JETIA). Vol.01, No. 03, pp.52-60. Setembro, 2015.

[12] SOUZA Wyrllen Everson de. **Análise das distorções harmônicas de tensão a partir de características dos transformadores e de dados de consumo.** Paraná: UFPR, 2008.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.



Analysis of maintenance indicators in a public transport company in the city of Manaus

Edry Antonio García Cisneros¹, Tirso Lorenzo Reyes Carvajal², João Evangelista Netto³, Alain Ricote Paumier⁴, Ricardo Wilson da Costa⁵

Dr. ^{1,3,5}Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Tecnología, Universidad del Estado de Amazonas, Manaus (brasil.edry1961cu@gmail.com, joao_evangelista_netto@yahoo.com, rwcruz@gmail.com)

Dr. ²Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, No. 1950. CEP: 69005-080. Manaus. Amazonas (tirsolrca@gmail.com)

Dr. ⁴Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Electromecánica, Universidad de Camagüey, Cuba. (alain.ricote@reduc.edu.cu)

ABSTRACT

Maintenance activity occupies a privileged place in the development of any carrier in the world and is considered as a key sector for its direct impact on obtaining productive results. Under current conditions, the need to reduce operating costs and increase productivity of transportation to achieve returns in line with current requirements is evident. However, there always has the right to provide maintenance management companies information quantitatively and qualitatively adequate to measure and indicate which of the maintenance actions are accomplished and what actions should be taken to improve such operations Tool that the maintenance work is achieved effectively. In this paper an experience developed in a company of public transport in the city of Manaus where applied indicators that tend just are provide information to management in the maintenance area for timely decision making and the results of the calculations are shown exposed some of the indicators. The analysis carried out shows the strategic importance of the use of these indices to ensure efficient and effective maintenance that allows reducing maintenance costs is in turn increase productivity.

Keywords: weldability; quality tools; SMT process; tablet.

Análisis de indicadores de mantenimiento en una empresa de transporte colectivo en la ciudad de Manaus

RESUMEN

La actividad de mantenimiento ocupa un lugar privilegiado en el desarrollo de cualquier empresa de transporte en el mundo y es considerado como un sector clave por su incidencia directa en la obtención de resultados productivos. En las condiciones actuales, resulta evidente la necesidad de reducir los costos operativos e incrementar la productividad de los medios de transporte para alcanzar rendimientos acordes a las exigencias actuales. Sin embargo, no siempre se cuenta con las herramientas adecuadas para proveer a la administración del mantenimiento de las empresas información cuantitativa y cualitativa adecuada que permita medir e indicar cuáles de las acciones del mantenimiento son logradas y que acciones se deben tomar para mejorar dichas operaciones para que se logre el trabajo de mantenimiento de forma eficaz. En este trabajo se expone una experiencia desarrollada en una empresa de transporte colectivo en la ciudad de Manaus donde son aplicados indicadores que tienden justamente dotar de información a la administración del área de mantenimiento para la oportuna toma de decisiones y se muestran los resultados de los cálculos de algunos de los indicadores. El análisis desarrollado muestra la importancia estratégica del uso de estos índices para asegurar un mantenimiento eficiente y eficaz que permita la reducción de los costes de mantenimiento es a su vez incrementar la productividad a la vez ratifica la necesidad de una adecuada gestión del mantenimiento.

Palabras clave: maintenance; transport, maintenance indicator.

I. INTRODUCCIÓN

I.1 ACTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO

La actividad de mantenimiento es considerada un sector estratégico en las empresas de transporte. Manaus, es una ciudad

del norte de Brasil donde la población asciende a más de dos millones y el medio de transporte colectivo utilizado sigue siendo el de ómnibus simples y articulados y por tanto este sector requiere de servicios eficientes para mantener los tiempos de espera de los pasajeros en niveles acordes a la media mundial para

asegurar la calidad y eficiencia que los ciudadanos de la ciudad merecen. En esta ciudad existen varias empresas dedicadas al transporte colectivo y sus características difieren de acuerdo al tamaño y posibilidades económicas.

Los gobiernos locales y nacionales conscientes de esta situación aportan recursos para el desarrollo de investigaciones tendientes a mejorar la actividad del transporte y dentro de esta al tema del mantenimiento.

La sociedad brasilera de normas técnicas [1] define al mantenimiento como el conjunto de acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de forma tal que pueda mantener su estado técnico específico.

En otras palabras, la actividad de mantenimiento debe siempre tender a mantener el buen estado técnico de un ítem determinado ya sea mediante el cambio o la restauración de este a parte de este para así garantizar el funcionamiento del equipo dentro de los parámetros técnicos para los cuales fue construido. En la práctica esto no siempre es posible y también no siempre se conocen las causas de estos problemas. Existen indicadores de mantenimiento que justamente cuantifican este proceso de mantenimiento, pero para obtenerlos es necesario contar con la documentación necesaria.

Las actividades de mantenimiento tienen la finalidad de mantener el equipo en condiciones adecuadas de funcionamiento. Estas actividades se pueden clasificar como: Mantenimiento correctivo planificado y no planificado, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento detectivo y ingeniería de mantenimiento [7]. Estos autores definen el objetivo del mantenimiento como: el objetivo de garantizar a disponibilidad de funcionamiento de los equipos e instalaciones de forma tal que aseguren el proceso de producción o servicio con confiabilidad, seguridad preservando el medio ambiente y con costos adecuados.

Indicador es un instrumento que permite medir las modificaciones en las características de un sistema, o sea, los indicadores deben establecer, para un período determinado, una medida de la sustentabilidad del sistema [2] [3].

Ya [6], define los indicadores como los datos numéricos establecidos sobre algunos procesos que se deseen controlar.

Por su parte otros autores [4] [5] define los indicadores como guías que permiten medir la eficiencia de las acciones tomadas, así como medir la desviación entre lo programado y lo realizado.

Mediante los indicadores es posible entonces hacer comparaciones a lo largo del tiempo.

El propio [5] plantea que los indicadores utilizados en el mantenimiento desempeñan un papel importante para la evaluación de las actividades desarrolladas por esta función aportando información a la administración en el sentido de intensionar las acciones dirigidas a los cambios necesarios para el aumento de la eficiencia y la maximización de los resultados.

De acuerdo con [8] la implementación de indicadores usados por el sector de mantenimiento debe relacionarse con aquellos aspectos que la propia empresa entienda que son importantes e agreguen un valor a la gestión de este sector. No debe gastarse recursos en el levantamiento e implementación de indicadores que no contribuyan al desarrollo de las actividades de mantenimiento.

Es posible afirmar que existe concordancia entre los investigadores en cuanto a la necesidad e importancia de implementar indicadores en la actividad de mantenimiento que permitan de manera práctica y eficiente el desarrollo de acciones de mantenimiento tendientes a asegurar eficiencia, productividad e racionalidad en el uso de recursos.

Debido a la existencia de múltiples indicadores para evaluar la actividad de mantenimiento, es una práctica común el uso de algunos de ellos, entre estos los denominados de clase mundial por ser los más utilizadas por las empresas son: tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparación, tiempo medio para falla, indicador de disponibilidad, costo de mantenimiento por el valor de reposición y otros relacionados a la gestión de costos y de mano de obra.

En este trabajo se exponen los resultados del análisis desarrollado en una empresa de transporte colectivo de la ciudad de Manaus y se muestra la importancia estratégica del uso de estos índices para asegurar un mantenimiento eficiente y eficaz que permita la reducción de los costos de mantenimiento es a su vez incrementar la productividad, a la vez, se ratifica la necesidad de una adecuada gestión del mantenimiento.

II METODOLOGÍA

La metodología desarrollada en el trabajo para el análisis del mantenimiento en la empresa se basó en la información disponible por la empresa. Se utilizó el método de análisis y síntesis de la información disponible, así como la estadística descriptiva. Los indicadores calculados muestran la real situación de la misma y posibilitan la toma de decisiones para las acciones de mejoras.

II.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Esta entidad fue fundada en 1958, y actúa en Manaus a partir del año 2011, opera en 21 rutas en las zonas norte y nordeste de la ciudad y cuenta con una flota de 134 vehículos transportando aproximadamente 2 300 000 pasajeros anualmente. La flota actual posee una edad media de 10 años de explotación del total de medios técnicos 116 son de la marca Volkswagen 17.230, 32 vehículos Mercedes Ben 1722 y 10 Volkswagen micro 9.150. Todo el proceso de mantenimiento se desarrolla dentro de la propia empresa que posee los equipamientos e instalaciones adecuadas para tales fines.

II.2 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA, CAMPO, OBJETO DE ESTUDIO Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Situación problemática:

El departamento de mantenimiento de la empresa donde se realizó la investigación que opera una flota de vehículos destinados para la transportación colectiva de pasajeros en la ciudad de Manaus del Estado de Amazonas, Brasil, no adopta un plan de mantenimiento preventivo como es recomendado por los fabricantes del parque de vehículos y crea su plan basado fundamentalmente a partir de una perspectiva basada en la intervención con el objetivo de realizar reparaciones y realizadas frecuentemente una vez ocurridas las fallas en estos vehículos lo que trae como consecuencia que estas acciones sean del tipo de respuesta correctiva aunque sea mejor acciones preventivas como es sugerido por los fabricantes de estos vehículos. Además, se pudo observar que no siempre se cuenta con la información necesaria que posibilite la adopción de otras acciones preventivas.

En la empresa no existe un banco de datos para las acciones de mantenimiento que posibilite profundizar en informaciones relacionadas con los intervalos de sustitución de todos los ítems de estos vehículos para las diferentes situaciones de operación de estos medios, además la verificación de las condiciones técnicas de estos son realizadas de forma empírica cuando los operadores o choferes inician el proceso de trabajo de estos vehículos es por ello que prima la condición correctiva que es realizada una vez detectada la falla. Los ítems donde se constató mayores frecuencias de ocurrencias de fallas fueron el motor, la caja de velocidades y el puente propulsor respectivamente.

Derivada de esta problemática se determina como **campo de la investigación** el proceso de mantenimiento de vehículos de la empresa y como objeto de estudio el ítem motor, el ítem caja y el ítem puente propulsor.

Como **objeto de la investigación** se plantea entonces la evaluación del proceso de mantenimiento del objeto de estudio mediante el uso de indicadores de mantenimiento.

II.3 SELECCIÓN DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA

Para cumplimentar el objetivo propuesto se utilizaron los siguientes indicadores:

- Frecuencia de fallas en el ítem motor, en el ítem caja de velocidades y en el ítem puente propulsor;
- Tiempo medio entre fallas;(TMEF)
- Tiempo medio para reparación;(TMR)
- Disponibilidad Física u operacional

II.4 COLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la investigación se realizó la colecta de datos en el período comprendido entre los meses de enero y

octubre del año 2014. Fueron consultados los documentos disponibles por la empresa contentiva de informaciones esenciales para el estudio de la política de mantenimiento adoptada y se tomó como referencia la información suministrada sobre el historial de mantenimiento de los ómnibus, los tiempos de paradas para la reparación y los costos de estas operaciones. Además, se recopiló información sobre las fallas y los servicios de mantenimientos de los ítems seleccionados como objeto de estudio (motor, caja y puente propulsor) en el período observado. La investigación se centro en el estudio de estos ítems en los ómnibus modelo VW 17.230 por representar el 73,41 % del parque de vehículos existentes en la empresa.

II.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información fue utilizada la Macro Solver y el sistema Microsoft Excel por las ventajas del mismo como disponibilidad, posibilidades en el tratamiento estadístico de la información, y rapidez en el procesamiento de la información y las posibilidades de salidas graficas e numéricas de los resultados.

III. RESULTADOS

En posición de los datos colectados en los registros de mantenimiento en el período de enero a octubre de 2014 fue posible realizar el levantamiento de los indicadores de ocurrencias de fallas en este período para los ítems motor, caja de velocidades y puente propulsor (Gráfico 1).

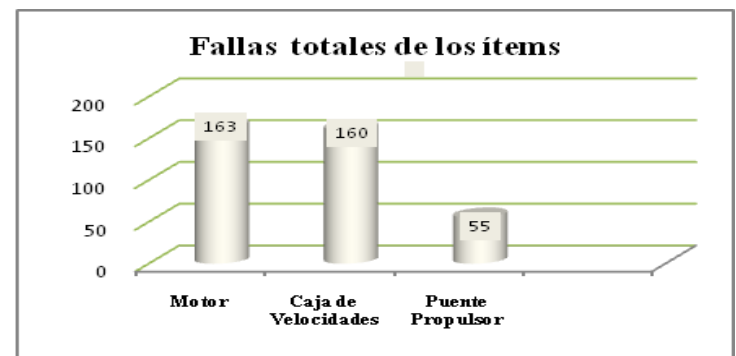


Figura 1 – Fallas totales de los tres ítems en el período evaluado. Fuente: Autores, (2016).

La gráfica muestra que las mayores ocurrencias de fallas en el período corresponden a los ítems motor y caja de velocidades con 163 y 160 fallas respectivamente mientras que la menor fue en el ítem puente propulsor con 55 fallas.

Los principales problemas relacionados con las fallas del ítem motor diesel MWM según el levantamiento de datos realizado están relacionadas con bajo niveles de aceite en el motor por fugas en las tuberías, fallas en las bombas de aceite, obstrucciones en los orificios de captura del aceite en el Carter y pérdida de presión en el bombeo a los cojinetes por excesivas holguras en estos y también en las bielas. Estas fallas sugieren falta de sistematicidad en las labores de mantenimiento.

En la caja de velocidades las principales fallas están asociadas a desgastes en los engranes de las marchas centradas fundamentalmente en la tercera y cuarta marcha.

En el estudio del puente propulsor las principales fallas están asociadas también a desgastes tanto en la corona del diferencial como en el piñón de ataque del mismo.

Las probables causas de estas fallas pueden relacionarse a problemas de operación de los ómnibus y al proceso de envejecimiento de esta técnica.

Estos ómnibus son utilizados en la ciudad donde las condiciones viales no son óptimas, la calidad técnica de las vías no son las mejores en la ciudad por lo que es posible apreciar la existencia de insuficiencias como estrechez de las calles, irregularidades y obstrucciones en las vías de transportación dados por el envejecimiento de la ciudad y la falta de mantenimiento de la red vial.

También es posible relacionar el sobre uso de los ómnibus en los llamados horarios picos de la ciudad donde ocurre el mayor tránsito (entre las 7.00 am y 9.00 am; las 11.00 am y las 15.00 horas y entre las 17.00 y 20.00 horas) y que corresponden también a los períodos de mayor aglomeración de la población y por consiguiente de mayor nivel de ocupación de las capacidades de carga de estos vehículos que en ocasiones llegan a sobre uso de estas capacidades.

Además de estos factores se puede plantear también las insuficiencias en la sistematicidad y selección adecuada del tipo de actividad de mantenimiento en la empresa, así como el envejecimiento de los ómnibus.

Tomando como base cada uno de los ítems individualmente, fueron levantadas las **Frecuencias de fallas por ítems** (Figuras 2,3 e 4):

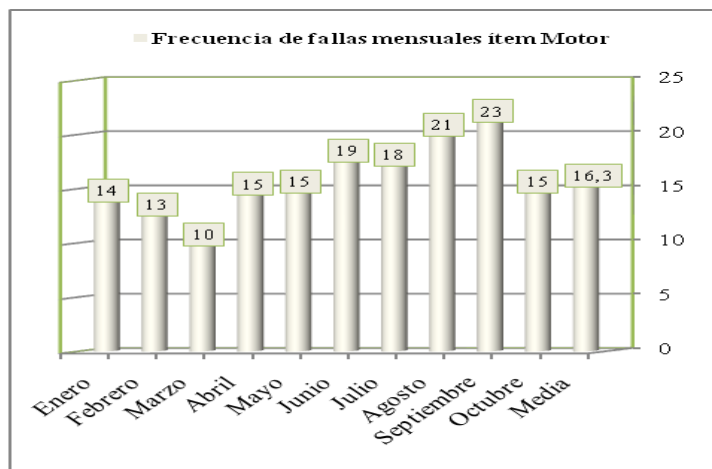


Figura 2 - Frecuencia de fallas en los meses evaluados. Ítem Motor.
Fuente: Autores, (2016).

Como evidencian los resultados de las graficas 2,3 e 4 la frecuencia de fallas en el ítem resultó más significativo en los meses de agosto y setiembre oscilando entre 19 y 23 el número

de frecuencia de fallas con una media mensual de 16.3 fallas que demandaron intervenciones correctivas, por su parte en el ítem caja de velocidades igualmente resultó significativo el incremento de la frecuencia de fallas en los meses de junio a agosto oscilando entre 23 y 20 la frecuencia y el valor medio se fijó en 16.

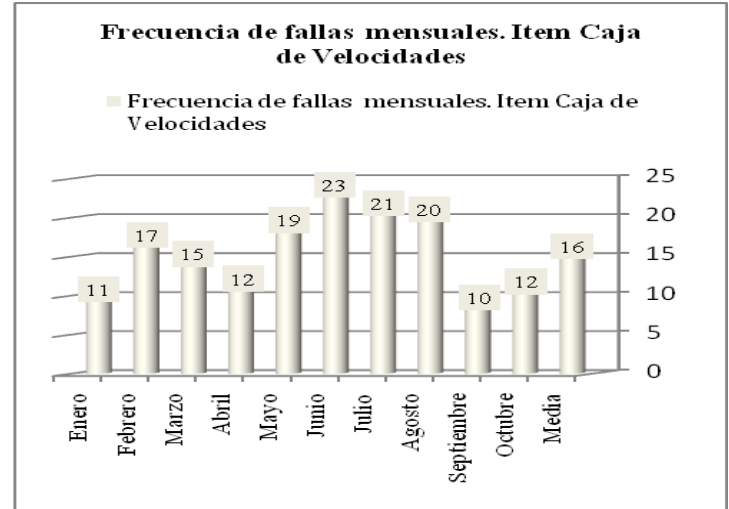


Figura 3 - Frecuencia de fallas en los meses evaluados. Ítem Caja de velocidades.
Fuente: Autores, (2016).

En el caso del ítem puente propulsor la frecuencia siguió una tendencia estable y solo en el mes de julio se observó un incremento de la frecuencia de fallas al fijar un valor de 12 muy por encima de la media que se estableció en 5.5. Las probables causas fueron ya explicadas anteriormente, aunque se destaca el hecho de que existe una tendencia al incremento de fallas de los tres ítems en los meses de julio agosto y setiembre que puede estar relacionado con el incremento también de la temperatura ambiente en este período que a veces llega a valores por encima de 40 °C. Se sugiere realizar un estudio de la incidencia de la temperatura ambiente en la explotación del transporte colectivo.

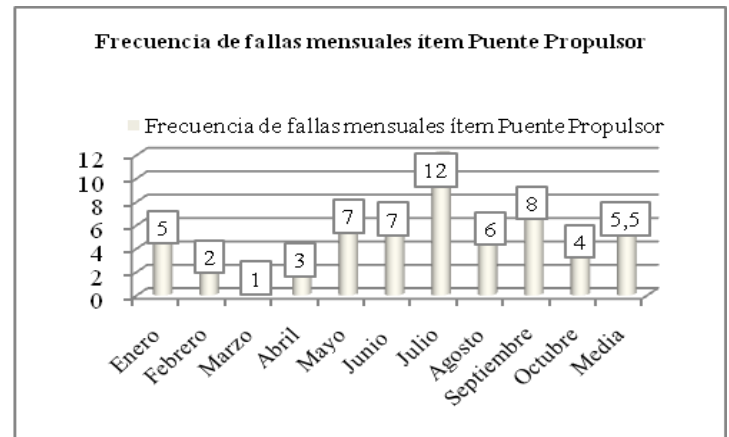


Figura 4 - Frecuencia de fallas en los meses analizados. Ítem Puente Propulsor.
Fuente: Autores, (2016).



Figura 5: Foto de un engrane de la tercera marcha con desgaste en los dientes y foto de la Corona Principal del diferencial con desgaste.
Fuente: Registros de mantenimiento de la empresa de transporte colectivo urbano, (2014).

Con relación a los principales defectos de estos ítems, las evidencias muestran que existe una frecuencia de fallas o problemas mecánicos mensuales en los tres ítems analizados y que este comportamiento se mantiene en niveles bastante similares de mes en mes cuando en realidad si existiera una buena política de mantenimiento este comportamiento debería ser decreciente.

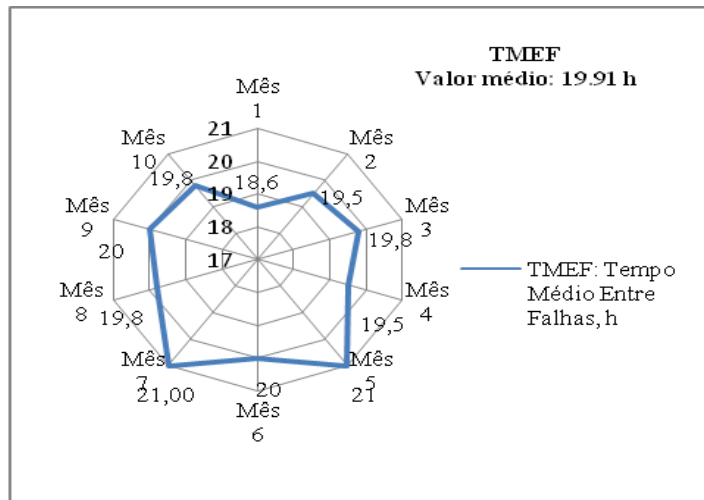


Figura 5 - Resultados del cálculo del indicador TMEF.
Fuente: Autores, (2016).

Analizando los restantes indicadores que corresponden a los llamados índices de clase mundial se tiene que:

Los valores del indicador tiempo medio entre fallas oscilan en el período analizado entre 21 horas como valor máximo y 18,5 horas como mínimo. Si este valor fuera aumentando con el paso de los meses sería una buena señal porque el mismo indica que el número de intervenciones correctivas iría disminuyendo e consecuentemente el total de horas disponibles para la operación o explotación iría aumentando, en este caso se aprecia una leve mejoría a partir del quinto mes.

Por su parte el resultado del cálculo del indicador TMR muestra que casi no ocurren oscilaciones entre los valores de este indicador por lo que se sugiere consolidar el equipo de mantenimiento y realizar acciones que tiendan a la estabilidad de esta fuerza de trabajo ya que cuanto menor sea este indicador mejor irá el proceso de mantenimiento pues las reparaciones de tipo correctiva aparecerían con menor frecuencia. En este

indicador la experiencia, la habilidad y la estabilidad del personal técnico que realiza las labores de mantenimiento tiene una gran incidencia ya que estos pueden llevar a la disminución del mismo.

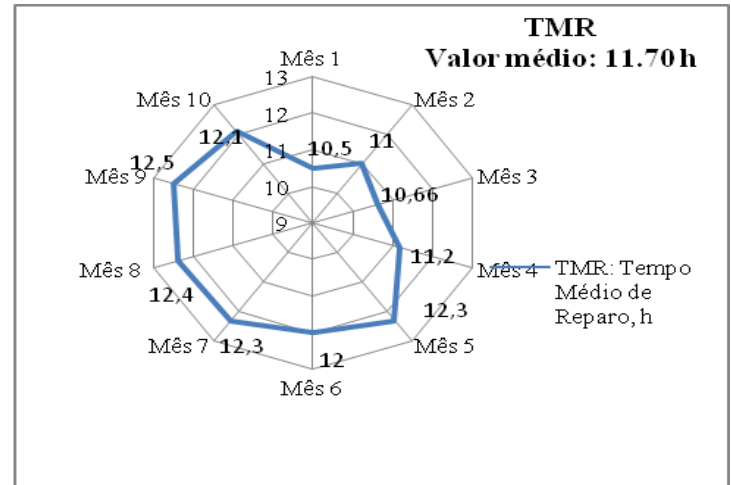


Figura 6 - Resultados del cálculo del indicador TMR.
Fuente: Autores, (2016).

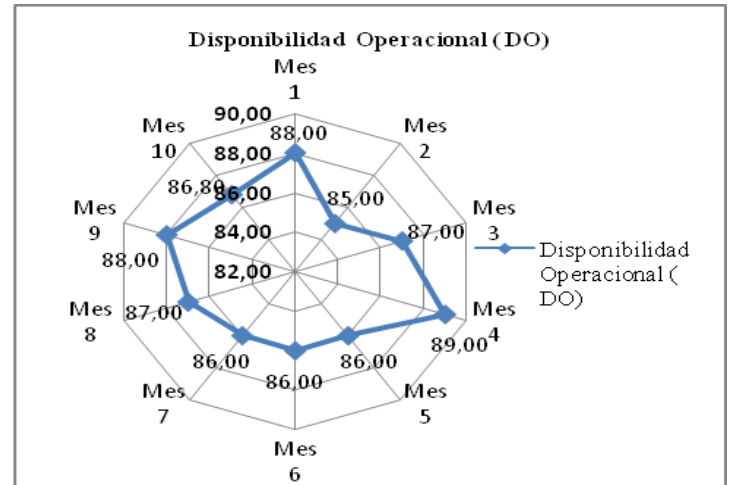


Figura 7 - Resultados del cálculo del indicador DO.
Fuente: Autores, (2016).

El indicador de disponibilidad operativa mostró un comportamiento adecuado con un valor medio de 86.8 % de disponibilidad operativa o lo que es lo mismo existe un 86.8 % del total de las horas disponibles para que estos ítems puedan desempeñar su función adecuadamente, es válido destacar que en este valor no se consideraron las horas de paradas programadas solo las utilizadas para efectuar las labores de reparación tanto correctivas como preventivas que fueron realizadas fuera del tiempo de paradas programadas para mantenimiento.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de los indicadores de mantenimiento muestran valores significativos en los tres ítems analizados con una tendencia a incrementos concentrados en los meses de julio a agosto lo que sugiere la incidencia del incremento de la temperatura ambiente propia de la región en esa época del año en la explotación de estos medios técnicos.

Los resultados del trabajo evidencian la importancia que estos indicadores tienen en las acciones de mantenimiento de las empresas transportistas al facilitar la toma de decisiones con elementos técnicamente fundamentados ya que los mismos permiten evaluar la calidad del mantenimiento, identificar tanto los problemas existentes o como los potencialmente posibles que puedan limitar el rendimiento de estos medios además de que constituyen herramientas de esta actividad que permitirán una mejor distribución de recursos en las labores de mantenimiento.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Fundación de Amparo a las Investigaciones del Estado de Amazonas (FAPEAM) y al Consejo Nacional de desarrollo científico y Tecnológico de Brasil (CNPq) por el apoyo financiero y técnico para la realización del proyecto de investigación, también a la dirección de la Escuela Superior de Tecnología de la Universidad del Estado de Amazonas (EST-UEA).

VI. BIBLIOGRAFÍA

[1] ABRAMAN – **Associação Brasileira de Manutenção. A situação da manutenção no Brasil.** 16° Congresso Brasileiro de Manutenção. www.abraman.org.br . [Citado 25 Diciembre de 2014.]

[2] Deponti. C. M. **Tese de Doutorado em Desenvolvimento Rural.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2011.

[3] Deponti, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B de; **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentado, Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002.

[4] Kardec, A.; FLORES, J. F.; SEIXAS, E. **Gestão Estratégica e indicadores de desempenho.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 120 p.

[5] Oliveira A, C. A. de; Rosa, A. D. **Motores de combustión interna – alcohol y gasolina.** Santa María: CEP SENAI, 2008.

[6] Leandro M. J. **Gestão de custos indiretos – custos de manutenção industrial.** Revista Eletrônica Lato Sensu, 2008.

[7] PINTO, Alan Kardec e Xavier, Julio de Aquino Nascif. **Manutenção – Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

[8] Vianna, H; Ricardo G. **PCM Planejamento e controle da manutenção.** Ríó de Janeiro: Qualitymark Editorial, 2008.



The application of the CEP in control charts to diagnose critical points in baking processes in an Industrial Pole of Manaus Company

Sidney dos Santos Oliveira¹; Rosimeire Freires Pereira Oliveira².

¹Manaus-Amazonas-Brasil. (sidneyoliveira54@yahoo.com.br)

²Manaus-Amazonas-Brasil.(rosimeirefpol@yahoo.com.br)

ABSTRACT

The diagnosis of the critical points for correction through a plan of action and elimination of defects are strategic issues for the quality of the product. The purpose of this article is to show the use of Statistical Process Control (CEP) as an important tool to diagnose critical points in the production process. The methodology was based on the integration of control charts analysis through the CEP applied in monitoring the cooking process. The proposed approach combines graphics for troubleshooting and views to be used to process performance visualization. The methodology used was observation collection and direct data developed in the form of case study on a Polo Industrial Company Manaus (PIM). The results showed variability shown by statistical charts, making possible better visualization and diagnosis of the critical points to possible corrections and improvements in process productivity, making possible an increase in quality and profitability.

Keywords: CEP, control charts, critical points, variability.

A aplicação do CEP nas cartas de controle para diagnosticar pontos críticos nos processos de estufagem em uma Empresa do Polo Industrial de Manaus

RESUMO

O diagnóstico de pontos críticos para correção através de um plano de ação e eliminação de defeitos são questões estratégicas para a qualidade do produto. O objetivo do artigo é mostrar o uso do Controle Estatístico do Processo (CEP) como ferramenta importante para diagnosticar pontos críticos em processos produtivos. A metodologia foi baseada na integração de análise das cartas de controle por meio do CEP aplicado no monitoramento do processo de estufagem. A abordagem proposta combina gráficos para localização de defeitos e visualizações, sendo usados para visualização do desempenho do processo. A metodologia utilizada foi observação direta e coleta de dados, desenvolvido sobre forma de estudo de caso em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM). Os resultados apontaram uma variabilidade demonstrada através de gráficos estatísticos, possibilitando uma melhor visualização do processo, e diagnóstico dos pontos críticos para possíveis correções e melhorias da produtividade, possibilitando um aumento na qualidade e lucratividade da empresa.

Palavra- Chaves: CEP, cartas de controle, pontos críticos, variabilidade.

I. INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade de mercado, tem levado as empresas a buscarem métodos que auxiliam no diagnóstico de pontos críticos para a aplicação de ações corretivas e melhorias contínuas. O CEP é uma ferramenta que a muitos anos tem auxiliado no diagnóstico de falhas. Hoje em dia já se usam mecanismos tecnológicos para verificação de variabilidade, mas,

é dentro dos conceitos do CEP é que se pode ter uma visão dos processos se estão dentro ou fora de controle.

O CEP pode até ser considerado ultrapassado por algumas empresas, entretanto, ainda é uma ferramenta muito eficaz para diagnosticar variabilidade nos processos industriais, que além de demonstrar os pontos de inconsistência, traz também à causa do problema [1].

Detectar problemas em processos são estratégias para a qualidade de um produto, o uso do CEP nas análises das cartas de controle. Buscando uma abordagem que combina com gráficos para localização de defeitos e visualizações, sendo usados para ilustrar o desempenho.

O objetivo da aplicação do CEP nas cartas de controle é evidenciar as variabilidades ocorridas durante um processo, possibilitando o desenvolvimento de gráficos que possibilitam uma visão mais crítica dos pontos de inconsistência [2].

O CEP permite apontar as variabilidades demonstradas através de representações gráficas, possibilitando uma melhor visualização do processo, com intuito de demonstrar possíveis falhas, para aplicação de correções mais eficientes, na busca da melhoria contínua.

O estudo do CEP nas análises das cartas de controle, para diagnosticar pontos críticos dos processos produtivos, em qualquer que seja o seu segmento mercadológico: indústria, agroindústria, comércio ou serviço, tem bastante relevância não só para o atendimento das necessidades dos clientes como também para redução dos custos e melhoria contínua nos processos, trazendo vantagem competitiva, além de rentabilidade para a sobrevivência organizacional [3].

Em outras palavras, o presente estudo busca trazer a importância da aplicação do CEP nas análises das cartas de controle não só como método corretivo, mas principalmente, como preventiva pois possibilita diagnosticar pontos críticos. Diante do exposto, definiu-se o problema de pesquisa: *De que forma o CEP contribui nas análises das cartas de controle para diagnosticar pontos críticos?*

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A tecnologia surgiu para atender os novos conceitos de produtividade. O monitoramento variável mais comum é *TBE (tempo entre os eventos)*. Embora este termo seja utilizado num contexto mais amplo, representa o tempo entre falhas consecutivas de equipamento ou sistema. As variabilidades são consideradas como alterada pela natureza inseparável do processo normal. Já as variações de causa específica são definidas como variações anormais de processo, que devem ser investigados [4].

O CEP é um instrumento criado a partir de cálculos estatísticos, que representam o comportamento de uma determinada técnica, usadas para monitorar a variabilidade do processo e avaliar sua estabilidade. Ela nos permite apontar qual o tipo de variação que está atuando no processo num apurado período. Isto caracterizará se o processo estará ou não sob controle estatístico [5].

O CEP tem como base inicial a coleta de dados seguindo com outros instrumentos utilizados pela qualidade. Através dessa coleta é possível realizar uma análise criteriosa sobre o que foi encontrado [6].

A importância da ferramenta pauta-se nas diversas aplicações que bem utilizada traz vantagens que tende a melhorar a qualidade do sistema da organização. Bem como, melhorar os procedimentos para que se possa ter uma qualidade nos serviços oferecidos. Através da análise do CEP pode-se ter, processos com menos variabilidade, com níveis de qualidade no resultados final. E surpreendentemente quando se fala em melhorar processos, isso significa que, não somente a melhorar a qualidade, mas também diminui os custos.

A junção dos processos de produtivos de objetos relativos às configurações não-aleatórias foram constituídas para promover a detecção de variações referentes a causas específicas e preparados a partir das características da distribuição normal, através de regras estatísticas relativamente simples.

Verificar pontos fora dos limites de controle é uma atividade simples, entretanto, identificar configurações não-aleatórias é uma tarefa que gera muitas dúvidas e que requer uma pesquisa minuciosa, daí a utilização do CEP para diagnóstico e monitoramento [7].

Os Gráficos de controle são ferramentas gráficas que auxilia no monitoramento e diagnóstico dos desempenhos de um processo ao longo do tempo, detectando possíveis mudanças de grandeza nos valores nominais dos principais parâmetros; tais como desvio médio padrão ou de um desempenho variável descritiva [8].

Para a construção dos gráficos de controle para variáveis deve-se observar os passos a seguir [9]:

- ✓ Sugerir o processo a ser controlada;
- ✓ Coletar os dados a partir das amostras retiradas do procedimento;
- ✓ Coletar as amostras tipo n , cada uma contendo n dividida em suas propriedades;
- ✓ Coletar as amostras em intervalos contínuos e registrar as observações na ordem em que foram obtidas;
- ✓ Construir a escala e traçar as linhas centrais e os limites de controle nas cartas.

Após a construção dos gráficos de Controle, possibilita observar como o processo está se comportando durante um determinado período de tempo. Essa informação sobre a estabilidade do método permite avaliar se o procedimento está SOB CONTROLE ou FORA DE CONTROLE, assim fazer um diagnóstico mais preciso da situação.

Nos gráficos de controle, deve-se marcar o eixo vertical do lado esquerdo com os valores x , R , s ou AM conforme o par de gráficos escolhidos; Marcar os pontos no gráfico; Interpretar os gráficos construídos; Averiguar andamento do processo observando se o mesmo está sob controle estatístico; Verificar se o estado de controle é adequado ao processo; Revisar periodicamente os valores dos limites de controles [9].

Esta explicação é realizada de forma oposta, ou seja, é necessário conhecer os padrões de distribuição que evidenciam a ‘falta de controle’ de um determinado processo, distinguindo-se estes padrões. Visto que, um processo só estará FORA DE CONTROLE se apresentar pontos fora dos limites de controle e/ou uma configuração especial. Essas configurações, que indica a presença de variação especial e, por tanto, a falta de controle do processo.

É importante ter um domínio dos processos, a utilização das cartas de controle é essencial para a aplicação do CEP, caso sua análise não seja feita de forma eficiente poderá acarretar problemas futuros.

Observando a necessidade de seguir uma sequência de passos para as análises das cartas de controle de forma que possibilite um diagnóstico mais preciso. Segundo [7] sugere uma sequência de passos para análise das cartas de controle tais como:

Estabelecer limites de controle experimentais após a coleta de dados de acordo com o Planejado para a Amostragem;

Examinar se todos os pontos estão dentro dos limites de controle e se nenhum limite está em discordância.

Verificar se nos passos anteriores está tudo conforme os procedimentos estabelecidos, caso as duas condições forem satisfeitas, pode-se dizer que o processo está sob controle estatístico, e o próximo passo é avaliar a capacidade do processo.

Na eminência de haver pontos fora dos limites de controle e/ou algum procedimento em discordância, pode-se dizer que, o processo está fora da condição de controle estatístico. Neste caso, deve-se fazer um diagnóstico para identificar a possível incoerência em cada ponto.

Após a identificação das causas do não conforme, devem-se eliminar tais pontos da amostragem e novos limites experimentais devem ser calculados e analisados novamente. Esses passos devem ser executados até que se conclua que o processo está fora ou sob controle estatístico.

Ao seguir cada passo, pode proporcionar uma diminuição das falhas ao analisar as cartas de controle, se os passos forem executados continuamente, podem restar poucos pontos para análise, o que diminui a representatividade do processo, para essa situação a solução é coletar novas amostras e reiniciar a análise.

Após construir os gráficos de Controle, deve-se observar como o processo está se comportando durante um determinado período de tempo, essas informações sobre a estabilidade do método permite avaliar se o procedimento está SOB CONTROLE ou FORA DE CONTROLE. Mas, é necessário conhecer os padrões de distribuição que evidenciam a ‘falta de controle’ de um determinado processo, distinguindo-se estes padrões.

Ao conhecer as amostras de variação que evidenciam a falta de controle, as avaliações devem ser feitas no gráfico original tentando achar pontos fora dos limites de controle e/ou alguma configuração especial. Caso seja encontrado, o processo analisado será dito ‘fora de controle’ e, não havendo nenhuma nem outra configuração, o processo será dito ‘sob controle estatístico’.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi feita por meio de uma pesquisa-diagnóstico através de um estudo de caso em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM) com o intuito de analisar a importância da utilização do CEP nas cartas de controle em processos produtivos.

A pesquisa tem natureza qualitativa e quantitativa, buscando estabelecer relações entre as cartas estudadas que são os quantitativos de controle com os pontos de variabilidades das operações produtivas e também investigar e comparar os pontos críticos correlacionando-os aos processos inerentes ao funcionamento de uma organização.

No que tange à finalidade da pesquisa, pode-se dizer que, o estudo se caracteriza como descritiva, por buscar descrever a correlação entre as cartas de controle das operações produtivas com o CEP aplicado para demonstração de variabilidade e o impacto advindo desta relação.

A pesquisa foi literária, documental e de campo por meio de coleta de dados e observação direta oportunizada em visitas técnica de campo. As informações fornecidas para pesquisa e que foram utilizadas como fonte de informação relevante ao estudo de caso valorizando as evidências oriundas de outras fontes foi: Cartas e Relatórios de Controle além de dados com planilhas mensais e gráficos. Todos esses documentos fornecidos foram analisados e trabalhados para montar a pesquisa.

Para a pesquisa bibliográfica foram utilizados materiais publicados por autores renomados, que já obtiveram resultados em pesquisas semelhantes, como artigos científicos, livros editorados e até teses de doutorado; Na pesquisa documental foram analisados os resultados das cartas de controle.

Os dados foram coletados através de: questionários, entrevistas, formulários, relatórios, cartas de controle, dados retirados do SI, e que foram pesquisados no período 02/01/2016 à 30/04/2016. As análises dos dados coletados no processo foram realizadas através de tabelas e interpretação dos gráficos de controle que representam a forma da metodologia avaliada, ou seja, o tipo de variação que ocorreu no processo no período estudado.

Obtidas através dos cálculos dos:

• Gráficos da média - $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ (1)

• Gráfico de amplitude- R: $x_{maior} - x_{menor}$ (2)

• Gráfico desvi-padrão-s: $s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}$ (3)

E para calcular os limites de controle LSC e LIC foram utilizados os gráficos da média. Através de valores representados por pontos no gráfico, através de duas linhas horizontais: os limites de controle superior (LS), representa o deslocamento $D > 0$, e inferior (LI), para $D < 0$.

Sendo inferidas as configurações que evidenciam a ‘falta de controle’, buscou-se encontrá-las no gráfico que representa o processo simulado. Baseado nestas informações, concluindo assim, sobre a estabilidade ou não do processo.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as peças passarem pelo processo de estufagem são feito a inspeção do dimensionamento e seguido da montagem das cartas de controle, para que possa verificar se o processo está sob controle ou não. Na Tabela 1, são apresentados os dados obtidos através das cartas de controle com especificação em (mm) de Limite Inferior (LI) 1,40 mm e Limite Superior (LS) 1,60 mm.

Em seguida foram montadas classes e frequência da carta de controle demonstradas na Tabela 2 contendo 7 classes.

Tabela 1 - Tabela de Frequência.

Classe		Bloco	Frequência
1	0,86	69,97	0
2	1,09	76,05	2
3	1,31	82,14	11
4	1,53	88,22	20
5	1,75	94,30	18
6	1,97	100,38	9
7	2,19	106,46	0
		Mais	0

Fonte: Empresa do PIM (2016).

Na Tabela 1, foi montado o gráfico de frequência após o levantamento da carta. Para simplificação dos dados e uma melhor visualização.

Tabela 2- Dados das entregas e devoluções das placas KSSJ de Jan a abr de 2016.

KSSJ	JAN	FEV	MAR	ABR	TOTAL
ENTREGA	47.760	56.080	52.644	54.228	210.732
DEVOLUÇÃO	7.654	8.256	13.657	10.450	40.017
INDICE NG	16,02%	14,72%	25,94%	19,278%	18,99%

Fonte. Empresa do PIM (2016).

Na Tabela 2, observa-se as quantidades de entregas e devoluções das peças KSSJ, haja vista que, caso o processo venha estar sob controle esse índice é cada vez menor, e as falhas são menos usuais. Entretanto, só é possível obter um processo sob controle quando se tem uma análise eficiente e ferramentas eficazes, por isso que, o CEP, torna-se um mecanismo de uma grande eficiência para que a produção se mantenha sob controle.

As empresas precisam evitar os desperdício, e redução dos custos, quando se utiliza o CEP, nas análises das cartas de controle, a probabilidade de ocorrerem erros são menores, pelo fato de que os diversos métodos do CEP, só tende a buscar as mudanças nas variabilidades, em um varredura dos processo produtivos.

Tabela 3 - Peças produzidas e perda da placa KSSJ.

PEÇAS PRODUZIDAS E PERDA DA PLACA KSSJ

TURN O	TOTAL PROD.	TOTAL REFUGAD O	INDIC E PERDA	DATA
1°	760	340	44,73%	01/04/2016
2°	1566	354	22,60%	
3°	1510	410	27,15%	
1°	1740	180	10,34%	02/04/2016
2°	1426	144	10,09%	
3°	1266	554	43,75%	
1°	1830	90	4,91%	03/04/2016
2°	322	58	18,01%	
3°				
TOTAL ACUMULADO				
1°	4.330	610	14,08%	01/04/2016
2°	3.314	556	16,77%	
3°	2.776	964	34,72%	
	10.420 Peças Prod.	2.130 Refugadas	20,44%	

Fonte: Empresa do PIM (2016).

Conforme observado na Tabela 3, a empresa esta tendo um índice de refugo em torno de 20,44%, de 10.420 peças produzidas 2.130 peças estão tendo refugos, índices considerados bem significantes para empresa. Sugere-se que, a verificação do CEP venha ser ampliada para os requisitos de inspeção utilizados pelo cliente final.

VI.1 O USO DO CEP NAS ANÁLISES DAS CARTAS DE CONTROLE

Como já observado o CEP traz uma análise mais visual e com maior alcance nas causas, por demonstrar com uma maior

eficiência o andamento do processo. O CEP ao ser aplicado nas cartas de controle traz um parâmetro do andamento da produção através das demonstrações gráficas, de forma que, ao analisar, pode-se observar se os resultados as inspeções estão dentro ou fora dos limites de controle. Apresentando um resultado final do processo produtivo, se está sob ou fora de controle, para que possa aplicar uma ação corretiva mais precisa, e para que isso ocorra é necessário conhecer o andamento da produção.

As figuras 1, 2 e 3, mostram a aplicação do CEP nas cartas de controle demonstrada nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Conforme visto na Tabela 4, a média e o desvio padrão auxilia na análise das cartas de controle utilizando o CEP. Proporcionando um parâmetro Aceitável e Inaceitável, para que o diagnóstico do processo possa ser mais preciso.

Ao analisar as Figuras 1, 2 e 3, percebeu-se que, os dados alimentados nas cartas de controle, após o processo de estufagem, encontram-se fora dos limites de controle, demonstrando umas grandes variabilidades, de forma que o desvio padrão ficou em torno de 0,22 e a média em 1,53. Visto que, a dimensão é de $1,5 \pm 0,1\text{mm}$. Foram copiladas 7 classes, com desvio padrão de 0,03 entre as classes e com intervalo de 6,08 entre os blocos, conforme apresentado no histograma da figura 30.

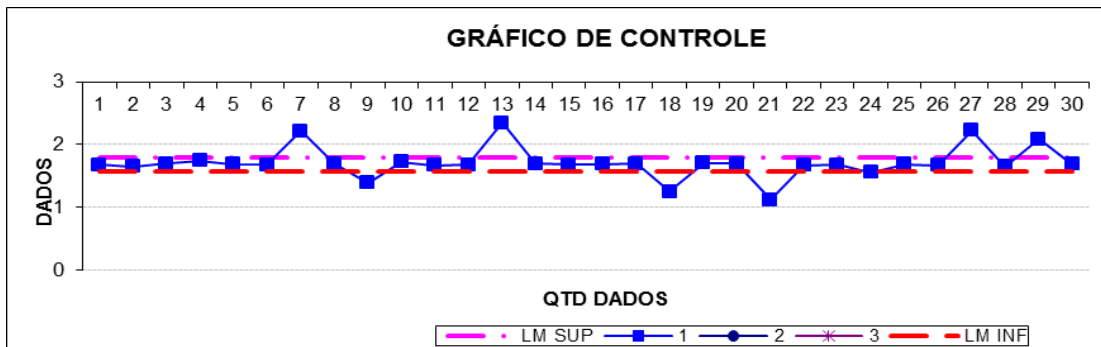


Figura 1- Gráfico de Controle após as peças passarem pelo processo de estufagem.
Fonte: Empresa do PIM (2016).

Na Figura 1, observa-se o gráfico de controle com o LI e LS, onde os registros gráficos se encontram fora de controle, decorrente dos pontos que não estão dentro dos parâmetros de aceitação.

Mostrando-se que, o gráfico de controle dá uma visão do processo, que permite averiguar se o processo está sob controle ou não.

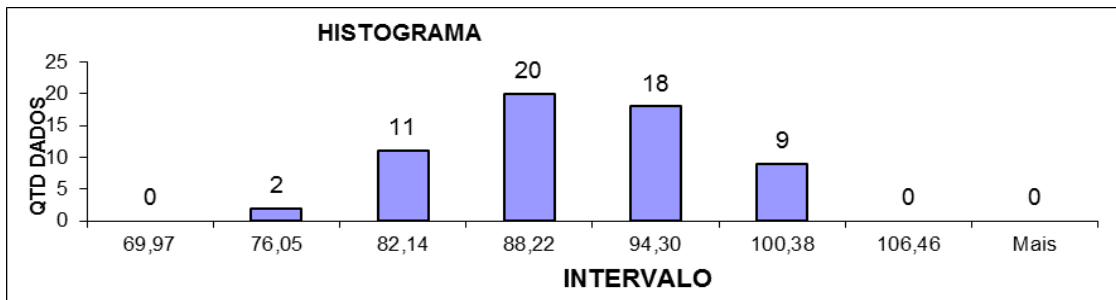


Figura 2- Histograma das classes após as peças passarem pelo processo de estufagem.
Fonte: Empresa do PIM (2016).

Colocando os dados das cartas de controle no histograma, verifica-se uma visualização do processo em outro formato, a mesma visualização dos resultados sob outro formato, utilizando as classes e suas frequências.

Mostrando dessa forma que ambos gráficos são muito eficientes para o diagnóstico dos pontos fora de controle considerado críticos. Após a aplicação dos gráficos de controle observou-se que o processo se encontra inaceitável para os parâmetros de qualidade.

MÉDIA	1,53	CPX	0,11	INACEITÁVEL
DESVPAD	0,22			

Figura 4- Média e desvio padrão após a análise da carta de controle das dimensões após estufagem.

Fonte: Autores, (2016).

Ao aplicar CEP nas análises das cartas de controle, pode-se observar que, o maior problema concentrou-se no processo de estufagem que tem causado um refugo com perdas consideradas prejuízos para a empresa.

O CEP, dá um parâmetro mais preciso do ponto de variabilidade e tolerância. Proporciona um resultado dos processos com mais eficácia, na busca de eliminar falhas e diagnosticar pontos críticos.

Sugere-se que, a empresa faça uma verificação no processo de estufagem, visto que, o processo que mostra a não conformidade está após a peça passar pela estufa.

V. CONCLUSÃO

O CEP se mostrou um instrumento muito eficiente no diagnostico de pontos críticos, atendendo o objetivo proposto, por permitir auxiliar na visualização da causa raiz, permitindo uma ação corretiva mais eficaz.

Após a aplicação do CEP na empresa em estudo, pode perceber que, a maior variação dos pontos fora de controle estava centralizada nas devoluções das peças de resina termoplásticas. Demonstrando que o CEP, tras uma visualização mais clara dos problemas no proceso monitorado em curto intervalo de tempo utilizando um menor número de amostragem.

Outro ponto abordado foi o valor médio deste processo, após ter sido detectada uma situação fora de controle com a demonstração de tabelas e gráficos possibilitou ver uma vantagem econômica decorrente da rapidez do diagnostico.

Olhando sob o ponto de vista estatístico, a análise das cartas de controle através do CEP, demonstrou-se importante por ter apresentado através das tabelas e gráficos a sinalização de ocorrência de uma causa especial, que foi o índice de devolução em determinados períodos.

Já sob o ponto de vista econômico, uma análise eficiente pode ocasionar uma redução nos custos relacionados as diminuição das devoluções de produtos entregues ao cliente final, assim como, redução nas perdas ocasionadas pela não conformidade dos produtos manufaturados.

A utilização do CEP nas cartas de controle se torna importante sendo empregado como métodos estratégicos, para a melhoria contínua, servindo para aperfeiçoar os resultados,

mantendo-se nos níveis desejados, caso contrário, tornar-se-ão apenas mais o fator de custo que não agrega valor algum ao produto ou processo.

E que a diminuição dos prejuízos, obtidos por meio de sinalização mais precisa, considera-se imprescindível, pois, todos os planejamentos internos ou externos à organização, permaneçam devidamente integrados e alinhados com as políticas e os objetivos da empresa. Dessa forma, o sucesso ou fracasso das análises das cartas de controle, dependerá de um bom método.

A utilização do CEP para diagnostico de pontos críticos através da investigação de limites de controle dependerá de uma avaliação lógica de todo o sistema, cabendo ao analista a responsabilidade indelegável para o alcance dos resultados.

VI. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileu da Amazônia (ITEGAM), ao PPGEP do Instituto de Tecnologia Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPA).

VII. REFERÊNCIAS

- [1] MONTGOMERY, D.C., **Statistical quality control: a modern introduction**. International Student Version 7th edition. Wiley, 2012.
- [2] OLIVEIRA, Sidney dos Santos.; LEITE, Jandecy C.; SOUZA, José A. da S., OLIVEIRA, Rosimeire Freires Pereira. **Uso do Controle Estatístico de Processo (CEP) na gestão de operações produtivas em uma indústria no Polo Industrial de Manaus**. Revista SODEBRAS. Volume 10 Nº 117 de julho/2015.
- [3] RIBEIRO, J. L. & CATEN, C. T. **Controle Estatístico do Processo**. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.
- [4] CHENG, Zhi-Qiang, Yi-Zhong, Bu Jing, Song Hua-Ming. **Mean Shifts Diagnosis And Identification In Bivariate Process Using Ls-Svm Based Pattern Recognition Model**. International Journal Of Industrial Engineering. 20(7-8), 453-467. 2013.
- [5] ROCCO, J. Perla; LLOYD, P. Provost; SANDY, K. Murray; **The run chart: a simple analytical tool for learning from variation in healthcare processes**; BMJ Qual Saf, 20: 46-51. 2011.
- [6] MACHADO, José Fernando. **Método Estatístico: Gestão de Qualidade para Melhoria Contínua**. São Paulo: Saraiva, 2010.
- [7] WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Avaliação de sistemas de medição**. 2.ed. Belo Horizonte: Werkema. 2012.

[8] REYNOLDS Jr., M.R., LOU, J.Y., **An evaluation of a GLR control chart for monitoring the process mean.** Journal of Quality Technology 42. 287–310. 2010.

[9] LIM, Sarina Abdul Halim; ANTONY, Jiju; GARZA-REYES, Jose Arturo; ARSHED, Norin. **Towards a conceptual roadmap for Statistical Process Control implementation in the food industry.** Trends in Food Science & Technology xx. 1e13. 2015.



Quality Management System by improving the Maintenance Branch Company TRANSTUR Camaguey

Edry García Cisneros¹, Alain Ricote Paumier², Tirso Lorenzo Reyes Carvajal³, Roxana Pérez Ramírez⁴, Ricardo Wilson da Cruz⁵

Drs. ^{1,5}Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Tecnología, Universidad del Estado de Amazonas, Manaus.(
edry1961cu@gmail.com; rwcruz@gmail.com)

Dr. ³Instituto e Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, No. 1950. CEP: 69005-080.
Manaus. Amazonas.(tirsolrca@gmail.com)

^{2,4}Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½, Cuba; ² Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½,
Cuba; ³ Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½, Cuba.(alain.ricote@reduc.edu.cu; roxana.perez@reduc.edu.cu)

ABSTRACT

Maintenance tasks done regularly to all the methods of transportation ensure greater efficiency in transport operations in Cuba. The maintenance done here is generally done as planned preventative although this activity doesn't always guarantee the best results. This paper describes the results of the improvements utilized in the maintenance system of TRANSTUR Branch Company achieving the improved quality of the transport means and the internal processes, using techniques centered in achieving a reliable form of technical maintenance. This analysis enabled a methodology to implement a maintenance program centered in reliability. Thus changes its program Planned Preventive Maintenance, making it more efficient. The redesign of the maintenance function in this state can reduce maintenance workload without affecting the availability of equipment, maintaining reliability in the process of exploitation thereof.

Keywords: Improvement, Maintenance, Reliability.

Evaluación del Sistema de Mantenimiento de la Empresa Sucursal TRANSTUR Camaguey

RESUMEN

Las empresas de transporte turístico por lo general sirven como complemento para facilitar el desplazamiento de los turistas. Su creación surge a través de la motivación para implementar nuevos servicios que demandaban los nuevos mercados. La necesidad del crecimiento en el sector impulsó la factibilidad del funcionamiento de estas empresas.

En dichas empresas las tareas de mantenimiento a los medios de transporte aseguran en gran medida la adecuada explotación de los mismos y con ello garantizan mayor eficiencia en la explotación del transporte. En Cuba el mantenimiento generalmente usado es el preventivo planificado que, aunque permite esta actividad no siempre garantiza los mejores resultados.

En el presente trabajo se exponen el resultado del perfeccionamiento del sistema de mantenimiento de la Empresa Sucursal TRANSTUR logrando la mejora de la calidad del medio de transporte y de los procesos internos de la entidad, utilizando elementos del mantenimiento centrado en la fiabilidad de los procesos del Mantenimiento Técnico aplicado a los medios de transporte. Este análisis posibilitó la aplicación de una metodología, para aplicar un programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, con el cual se modifica su Programa de Mantenimiento Preventivo Planificado, haciéndolo más eficiente.

El rediseño de la función Mantenimiento en esta entidad permite disminuir la carga del trabajo de Mantenimiento, sin afectar la disponibilidad de los equipos, conservando la confiabilidad en el proceso de explotación de los mismos.

Palabras clave: Perfeccionamiento, Mantenimiento, Fiabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

En sus comienzos el desarrollo del transporte se vio impulsado básicamente por intereses militares, administrativos y

de negocios, ya que encontraba su principal justificación en transportar bienes y productos generalmente dentro del propio país, con fines comerciales bélicos o gubernamentales.

El siglo XX trajo consigo una importancia cada vez mayor en el transporte a motor por carretera y de transporte aéreo.

Respecto al desarrollo del primero su impacto completo no se sintió hasta pasada la II Guerra Mundial, a partir de los años 50 en los que el Automóvil empezó a ser accesible a un amplio segmento de la población y se convirtió en un medio de transporte necesario para cualquier persona.

Con la aparición de nuevos medios de transporte más rápidos, cómodos y seguros determinó el crecimiento del turismo, de esta forma nuevas rutas y medios de transporte para acceder a ellos, los cuales a través del sistema de mantenimiento que se le aplican se pueden alcanzar mayor rendimiento en el trabajo de los mismos.

En los tiempos actuales, actividades como el Mantenimiento tienen una importancia capital, es por ello, que sus objetivos deben ser manejados con criterio económico y estar encausados al ahorro de los costos en general, si se tiene en cuenta el monto asignado para su ejecución, o si se realiza un análisis del costo que provoca su incorrecta o su no ejecución. La introducción cada vez más acelerada de nuevas tecnologías, permite la producción a altísimos niveles. Junto a ello la tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Esta tecnología lleva implícito un alto costo, el cual debe evitarse, alcance niveles aún mayores y esto se logrará cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de una empresa, disminuya, sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos.

El surgimiento y aplicación del Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), data de comienzos de la década del 50, y con diversos refinamientos su uso perdura hasta nuestros días. Como estrategia de Mantenimiento, el MPP se basa en revisiones, inspecciones, cambios y ajustes, realizados a unas ciertas frecuencias, sobre los diferentes equipos de un proceso productivo, con el fin de asegurar su condición operativa adecuada, minimizando el riesgo de ocurrencia de correctivos emergentes [1]. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad ó RCM por sus siglas en Ingles, surgió en la tercera generación del Mantenimiento, es decir a comienzos de los años 80, y su aplicación ha venido en ascenso, bien sea en Plantas nuevas o como un complemento y evolución del MPP. A diferencia del MPP, el objetivo del RCM no es conservar la condición operativa de los equipos, sino garantizar que el equipo cumpla la función o funciones para las cuales ha sido introducido en un proceso productivo, es decir, el RCM se centra en garantizar la máxima Confiabilidad de un proceso/equipo, entendiendo la Confiabilidad como la probabilidad de que un equipo no falle durante su operación, es decir el RCM determina el estado crítico de los equipos de cualquier proceso y, basado en esa información [2].

El estudio se le realizó a la empresa Sucursal TRANSTUR Camagüey, tiene como misión fundamental, ser la líder de transporte turístico en el territorio, por la profesionalidad, confiabilidad y calidad en los servicios de transportación y aseguramiento técnico, con un parque de equipos y una capacidad

instalada apta para satisfacer las demandas de quienes prefieren ser sus clientes y garantizar la calidad en sus servicios. A pesar de los resultados obtenidos en esta actividad y en la misma medida que se han introducido en el país nuevas tecnologías, se ha producido un proceso de ajuste a las nuevas necesidades que demanda el mercado. En base al mejoramiento de los servicios, la eficiencia económica, la rentabilidad y la protección del medio ambiente, se subraya la importancia de una acertada gestión de mantenimiento en el transporte que constituye ser uno de los pilares que sustentan el desarrollo socioeconómico de cualquier país [3].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Los procesos técnicos en todas las ramas de la economía de un país van acompañados por una cantidad considerable de objetos técnicos que se encuentran en explotación. La eficiencia del empleo de estos últimos, depende en gran medida, de los gastos invertidos en los trabajos y medios para la explotación, mantenimiento y reparaciones de los mismos. Un objeto técnico, es aquel que está sometido a cálculos, análisis, experimentos, e investigación en el proceso de su proyección, fabricación, explotación, mantenimiento, reparación, conservación y transportación con el objetivo de garantizar la efectividad de su designación funcional [4].

La capacidad de trabajo de cualquier objeto técnico se puede expresar a través del comportamiento de los índices de fiabilidad, que no es más que la propiedad del objeto de cumplir las funciones encomendadas conservando sus índices de explotación o utilización en los límites establecidos, durante un intervalo de tiempo determinado o en todo su período de utilización, realizando una labor en regímenes y condiciones de explotación dadas [5] [6]. Con el desarrollo acelerado de la técnica moderna, en los últimos años se ha agudizado en gran medida el problema de la fiabilidad o mejor dicho de la seguridad de los sistemas técnicos. La misma constituye uno de los problemas fundamentales en las construcciones de las máquinas o maquinarias y en la ingeniería en general. Se puede denominar también como el parámetro más importante de la calidad, en unión de la durabilidad y tecnología específica de explotación para un sistema o equipo tecnológico dado [6].

Una mayor exigencia en la calidad de un producto determinado viene dado en la función a la cual está destinado. Además debe señalarse que en la industria moderna una de las principales causas que acentúan la atención al problema de la fiabilidad, es el crecimiento de la complejidad de los sistemas técnicos y de un mayor número de sus elementos [7] [8]. La falta de fiabilidad explica la frecuencia elevada de averías e incidencias. Estas últimas en el funcionamiento de las máquinas pueden presentar múltiples aspectos. Se trata a veces de insuficiencias en la concepción de las máquinas y a menudo del modo cómo se utilizan. Teniendo esto en cuenta, se llega al problema que toda empresa enfrenta hoy en día, el diseño de un sistema de

mantenimiento que permita mantener la fiabilidad y productividad de las instalaciones, máquinas, equipos entre otros.

II.2 PROGRAMA DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló según la siguiente secuencia:

- a) Determinación de la empresa donde se realizara la investigación.

La empresa debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Importancia socioeconómica.
- Objeto social en correspondencia con la esfera del mantenimiento automotor.
- Existencia de un parque automotor que demande la aplicación de sistemas de mantenimiento.

- b) Determinación del tipo de mantenimiento utilizado en la empresa.

A partir de la determinación del tipo de mantenimiento que se utiliza se debe puntualizar la estrategia de solución o medidas de mejoramiento.

- c) Determinación de la muestra objeto de estudio. La selección de la muestra se realiza según la expresión:

$$n_{teo} = \frac{\ln(1 - \alpha_1)}{\ln R(t)_{min}} \quad (1)$$

- d) Fijación del período de observación y elementos a considerar de la muestra.

Deben realizarse las observaciones necesarias que aseguren la fiabilidad de los resultados y los elementos que aseguren la calidad de la información que después será usada en los cálculos de los diferentes índices de fiabilidad.

- e) Procedimientos estadísticos para el tratamiento de los datos.
- f) Calcular y evaluar los diferentes indicadores de la fiabilidad.
- g) Propuesta de medidas para el perfeccionamiento del sistema de mantenimiento.
- h) Evaluación económica de los resultados.
Evaluación del impacto Medio Ambiental.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

III.1 DETERMINACIÓN DE LA EMPRESA DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

Se seleccionó la sucursal de Transtur de Camagüey porque esta empresa consta de un elevado parque de transporte automotor, parque que procede de la casa matriz que se encuentra en la Capital del país; las acciones de mantenimiento que se

realizan, se llevan a cabo siguiendo la recomendación de un equipo de especialistas procedentes de la misma, utilizando como criterio fundamental los kilómetros recorridos por el vehículo.

El parque de vehículos de esta entidad está compuesto por 198 autos ligeros de variada procedencia, se destacan por su mayor cantidad los del modelo Accent marca Hyundai.

III.2 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO UTILIZADO EN LA EMPRESA

Esta empresa utiliza el Mantenimiento Preventivo Planificado. La planificación del mismo se realiza a partir de los kilómetros recorridos, es decir, se realiza el primer mantenimiento a los 5 000 Km, procediendo al cambio del aceite y filtro del motor. Después, cada 5 000 Km se realizan las revisiones técnicas, cumpliendo el ciclo de mantenimiento cada 10 000 Km que se clasifican en pequeño, mediano y general, este último se realiza a los 90 000 Km.

III.3 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA OBJETO DE ESTUDIO

Para la realización del estudio se seleccionó una muestra por la siguiente expresión:

$$n_{teo} = \frac{\ln(1 - \alpha_1)}{\ln R(t)_{min}}$$

y se determinó realizarle la prueba a 45 vehículos de la marca Hyundai modelo Accent.

III.4 FIJACIÓN DEL PERÍODO DE OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra seleccionada fue observada durante 269 días, que comprende desde el día 7 de enero hasta el día 22 de noviembre del 2010. Los elementos a tener en cuenta en la investigación son: tipos de vehículos, procedencia, recorrido medio, horas de trabajo del motor, tipos de mantenimientos realizados en el período; así como tipos de roturas o averías, tiempos de fallas y tiempos de reparación.

De los 45 vehículos observados 21 presentaron desperfectos de complejidad variada, mientras que 24 se mantuvieron aptos.

- Tiempo de trabajo planificado: 2152 h.
- Período de estudio días: 269
- Vehículo objeto de estudio: Hyundai Accent

En este caso se observó, en la documentación existente en el taller, la información sobre los procedimientos tecnológicos establecidos para los procesos de mantenimiento de la técnica. Se pudo establecer que los cambios periódicos de aceite, la inspección de su estado, el cambio de filtro, el cambio de bobina, de neumáticos, la inspección de los mecanismos de la dirección, la inspección de los frenos, de las bombas y los elementos

electrónicos que se les realizan a los medios de transporte al entrar al taller, se hacen basados en el recorrido por Km.

III.5 PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS

En el procesamiento estadístico de los datos, así como para la recogida de información primaria de la sucursal, se utilizó el programa Microsoft Excel y fueron calculados, además, los diferentes índices de fiabilidad según las expresiones descritas anteriormente.

III.6 CÁLCULO Y EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES INDICADORES DE LA FIABILIDAD

Resumen de datos.

$\Delta t = 2152$ h. Intervalo de tiempo de prueba.

$Nl = 24$, cantidad de vehículos en buen estado al final de las pruebas.

$No = 45$, cantidad de vehículos al principio de la prueba.

$\sum t_{oi} = 100$ h. Sumatoria del tiempo promedio de trabajo de cada vehículo hasta que surja la primera falla. Debido a las particularidades de la explotación de estos medios, trabajan como servicio de renta a turistas (se asume que el tiempo medio de trabajo es de 8 horas).

$n(t) = 22$, cantidad de objetos que fallaron al cabo del período de tiempo.

$N(\Delta t) = 24$, cantidad de vehículos con capacidad de trabajo en el intervalo de tiempo (Δt).

$\Gamma = 95$, por ciento de vehículos que alcanzan el trayecto de ($T \Gamma$).

$\sum t_{bi} = 850$ h. tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla.

$M = 68$, cantidad de fallas que son eliminadas.

$\sum t_i = 4500$ h, sumatoria promedio de la cantidad de horas trabajadas por cada vehículo en el intervalo Δt .

$T_{mt} = 3,8$ h, tiempo adicional de parada debido a los mantenimientos planificados y no planificados. No se consideran las paradas por motivos organizativos.

$T_{rep} = 22,5$ h, tiempo adicional de parada por reparaciones planificadas y no planificadas.

$T_p = 2920$ h, tiempo programado de funcionamiento para cada vehículo.

$T_i = 355$ h, tiempo de inactividad por falla.

III.7 PARÁMETROS E INDICADORES A CALCULAR

$P(t)$ - Probabilidad de los vehículos de trabajar sin falla.

T_o -Tiempo de trabajo medio hasta la falla de los vehículos.

$W(t)$ - Flujo de falla de los vehículos.

$P(T \Gamma)$ - Probabilidad de que los vehículos alcancen el tiempo ($T \Gamma$).

T_b - Tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo de los vehículos.

T_s - Tiempo o volumen de trabajo promedio hasta la falla de los vehículos.

K_d - Coeficiente de disponibilidad de los vehículos.

K_{ut} - Coeficiente de utilización técnica o de aprovechamiento técnico de los vehículos.

K_{do} - Coeficiente de disponibilidad operativa de los vehículos.

D - Disponibilidad de los vehículos.

IV. CÁLCULOS.

Se calcularon los indicadores de fiabilidad para diagnosticar si el mantenimiento empleado (MPP) respondía técnica y económicamente a la situación actual de la empresa y a la del país.

IV.1 CALCULO DE $P(T)$ PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL VEHÍCULO, PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS Y PARA EL VEHÍCULO EN GENERAL.

$$P(t) = \frac{No - \sum n(t)}{No} \quad (2)$$

IV.1.1 Para el sistema de seguridad del vehículo

$$P(t)_{Sist.-Seg.}$$

Se determinaron como sistema de seguridad del vehículo aquellos elementos que más fallas tuvieron en el período de observación: **Frenos, dirección y neumático.**

IV.1.2 Objetos con fallas para el sistema de seguridad del vehículo:

- 7 en los frenos.
- 3 en el mecanismo de dirección.
- 2 en los neumáticos.

$$P(t)_{Sist.-Seg.} = \frac{No - \sum n(t)_{Sist.-Seg.}}{No}$$

$$P(t)_{Sist.-Seg.} = 0,73$$

Donde:

$\sum n(t)_{Sist.-Seg.}$ - Objetos con fallas en el sistema de dirección.

El resultado indica que el valor está por debajo del rango teórico, que es de (0,85 – 0,90), se le debe prestar especial atención a la regulación de la dirección, al sistema de frenos de pastillas (revisando el estado técnico del disco de freno), al llenado adecuado del líquido de frenos así como la eliminación de salideros y tupiciones en el sistema de tuberías de frenos. En el caso de los neumáticos se debe revisar la presión de inflado y el estado técnico de los neumáticos. **Ver Figura 1.**

IV.1.3 Para el resto de los elementos del vehículo

$$P(t)_{Res.Elem.}$$

Se determinaron, como elementos restantes de los vehículos, aquellos que más fallaron durante el período de observación: **Bobina y alternador.**

Objetos con fallas para el resto de los elementos del vehículo:

- 4 en la bobina y el alternador.
- 6 en las bujías.

$$P(t)_{Re s.Elem.} = \frac{No - \sum n(t)_{Re s.Elem.}}{No}$$

$$P(t)_{Re s.Elem.} = 0,77$$

Donde:

$\sum n(t)_{Re s.Elem.}$ - Objetos con fallas para el resto de los elementos.

El resultado indica que existen demasiadas fallas en los elementos de los vehículos estudiados, lo que hace que la probabilidad de trabajo sin fallas dé un valor muy por debajo del rango teórico, por lo cual se le debe prestar atención a la limpieza de las bujías y al sistema eléctrico. Ver Figura 1.

IV.1.4 Para el vehículo en general

$$P(t)_{Veh.Gral.}$$

Objetos con fallas para el vehículo en general:

➤ 22

$$P(t)_{Veh.Gral.} = \frac{No - \sum n(t)_{V.G.}}{No}$$

$$P(t)_{Veh.Gral.} = 0,51$$

Donde:

$\sum n(t)_{Veh.Gral.}$ - Objetos con fallas para el vehículo en general.

Este resultado indica que la probabilidad de trabajo sin falla de la muestra tomada en el período determinado, está por debajo del rango establecido; por lo tanto, es bajo y se pudiera mejorar si se aplican elementos del mantenimiento centrado en la

confiabilidad que aseguren la fiabilidad de los elementos que más fallan en el proceso de explotación, lo que posibilitaría incrementar este valor. Ver Figura 1 e 2.

Probabilidad de trabajo sin fallas P(t)

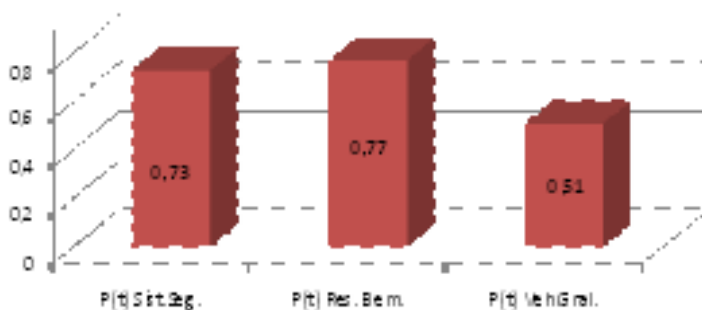


Figura 1- Probabilidad de trabajo sin fallas. Fuente: Autores, (2016).

Probabilidad de la falla Q(t)

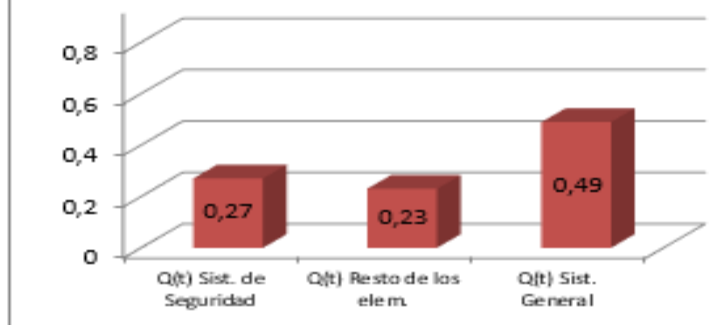


Figura 2 - Probabilidad de trabajo sin fallas. Fuente: Autores, (2016).

V. CALCULÓ LA PROBABILIDAD DE LA FALLA Q(T) TANTO PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD COMO PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO

$$Q(t) = 1 - P(t) \tag{3}$$

V.1 PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL VEHÍCULO

$$Q(t)_{Sist.Seg.}$$

$$Q(t)_{Sist.Seg.} = 1 - P(t)_{Sist.Seg.}$$

$$Q(t)_{Sist.Seg.} = 0,27$$

V.2 PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO

$$Q(t)_{Res.Elem.}$$

$$Q(t)_{Re s.Elem.} = 1 - P(t)_{Re s.Elem.}$$

$$Q(t)_{Re s.Elem.} = 0,23$$

V.3 PARA EL VEHÍCULO EN GENERAL

$$Q(t)_{Veh.Gral.}$$

$$Q(t)_{Veh.Gral.} = 1 - P(t)_{Veh.Gral.}$$

$$Q(t)_{Veh.Gral.} = 0,49$$

VI. TIEMPO MEDIO HASTA LA FALLA DE LOS VEHÍCULOS t_o

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^{N_o} t_{oi}}{N_o} \quad (4)$$

$$t_o = 2,2h$$

Donde:

$\sum t_{oi}$ - Sumatoria del tiempo promedio de trabajo de cada vehículo hasta que surja la primera falla.

N_o - Cantidad de vehículos al principio de la prueba.

VII. FLUJO DE LA FALLA $W(T)$ DE LOS VEHÍCULOS

$$W(t) = \frac{n(t)}{N(\Delta t)} \quad (5)$$

$$W(t) = 0,92$$

Donde:

$N(t)$ - Cantidad de objetos que fallaron al cabo del período de tiempo

$N(\Delta t)$ - Cantidad de vehículos con capacidad de trabajo en el intervalo de tiempo (Δt).

VIII. PROBABILIDAD DE DURABILIDAD $P(T_T)$ TANTO PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD, COMO PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS Y EL VEHÍCULO EN GENERAL

$$P(T_T) = \frac{\Gamma}{100} \% \quad (5)$$

Donde:

$P(T_T)$ - Probabilidad de obtener la durabilidad.

Γ - Por ciento de vehículos (elementos).

VIII.1. PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD

$$P(T_T) = \frac{\Gamma}{100}$$

$$P(T_T) = 0,95$$

VIII.2. PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS

$$P(T_T) = \frac{\Gamma}{100}$$

$$P(T_T) = 0,90$$

IX. TIEMPO MEDIO DE RESTABLECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO DE LOS VEHÍCULOS T_b .

$$T_b = \frac{\sum_{i=1}^m t_{bi}}{m} \quad (6)$$

$$T_b = 12,5h$$

Donde:

$\sum t_{bi}$ - Tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla.

m - Cantidad de fallas que son eliminadas.

X. TIEMPO O VOLUMEN DE TRABAJO PROMEDIO HASTA LA FALLA DE LOS VEHÍCULOS T_s .

$$T_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{N_o} \quad (7)$$

$$T_s = 100h = t_{oi}$$

Donde:

$\sum ti$ - Sumatoria promedio de la cantidad de horas trabajadas por cada vehículo en el intervalo Δt .

N_o - Cantidad de vehículos al principio de la prueba.

XI. COEFICIENTE DE DISPONIBILIDAD DE LOS VEHÍCULOS K_d

$$K_d = \frac{T_s}{T_s + T_b} \quad (8)$$

$K_d = 0,88$ Está por debajo del rango teórico (0,90 – 0,95)

XII. COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN TÉCNICA O DE APROVECHAMIENTO TÉCNICO DE LOS VEHÍCULOS K_{ut}

$$K_{ut} = \frac{T_s}{T_s + T_{mt} + T_{rep}} \quad (9)$$

$K_{ut} = 0,79$ Está por debajo del rango teórico (0,85 – 0,90)

Donde:

T_{mt} -Tiempo adicional de parada debido a los mantenimientos planificados y no planificados. No se consideran las paradas por motivos organizativos.

T_{rep} - Tiempo adicional de parada por reparaciones planificadas y no planificadas.

XIII. COEFICIENTE DE DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE LOS VEHÍCULOS K_{do}

$$K_{do} = K_d \times P(t)_{Veh.Gral} \quad (10)$$

$K_{do} = 0,45$ Está por debajo del rango teórico (0,85 – 0,90)

XIV. DISPONIBILIDAD DE LOS VEHÍCULOS D

$$D = \frac{T_p - T_i}{T_p} \quad (11)$$

$$D = 0,87$$

Donde:

T_p - Tiempo programado de funcionamiento para cada vehículo.

T_i - Tiempo de inactividad por falla.

Coefficientes y Disponibilidad de los vehículos

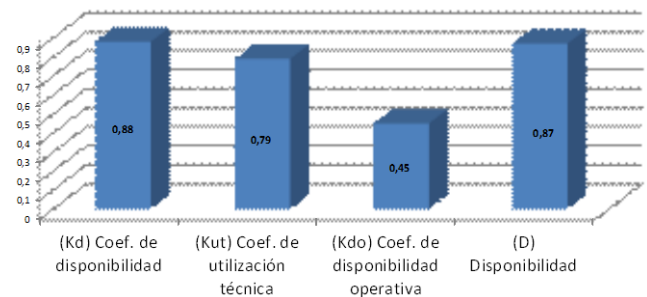


Figura 3 - Coeficientes y Disponibilidad de los vehículos.
Fuente: Autores, (2016).

XV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados demuestran que existen deficiencias al obtenerse valores de los diferentes coeficientes, por debajo de los rangos establecidos al respecto, afectando así la gestión turística de la empresa. Estos valores surgen debido a la negativa incidencia que ocasionan las pérdidas de tiempo, que se originan de las paradas por los mantenimientos planificados y no planificados; así como por el tiempo perdido adicionalmente por reparaciones planificadas y no planificadas.

En el caso de la probabilidad de trabajo sin fallas $P(t)$ es de 0,73 para el sistema de seguridad del vehículo, este valor está inferior al rango (0,90–0,95); de la misma manera está el coeficiente que tiene en cuenta a los restantes elementos, que ocupó un valor de 0,77. Por su parte la probabilidad de trabajo sin fallas de los vehículos, en general, ocupó un bajo valor de 0,51 debido a la negativa incidencia de las roturas de otros elementos y agregados de importancia, como por ejemplo: correas planas del motor y salideros de combustibles debido a desperfectos de las mangueras fundamentalmente.

El coeficiente de disponibilidad técnica (K_d) referente a la funcionalidad de los vehículos es 0,88 para un 88%, siendo el rango óptimo entre un 90 – 95 %, esto demuestra que los tiempos de restablecimiento de la capacidad de los vehículos son elevados,

debido a que existen deficiencias al detectar la falla ocurrida por no tener un diagnóstico previo de las posibles fallas en los diferentes sistemas.

El coeficiente de aprovechamiento técnico (Kut) de los vehículos en explotación es de 0,79 para un 79 %. Este valor está por debajo del rango ideal, que oscila entre el 85 – 90 % y el resultado indica que el aprovechamiento de las potencialidades técnicas de los vehículos es muy baja.

El coeficiente de disponibilidad operativa (Kdo) ocupó un valor de 0,45 para sólo un 45 %, lo cual indica que la disponibilidad operativa de los vehículos está por debajo del rango óptimo, debido a la salida de explotación de vehículos en el período y a la poca probabilidad de trabajo sin falla por las causas anteriormente descritas.

A su vez, la disponibilidad del vehículo (D) es de solamente 0,87 para un 87 % indicando que los vehículos no están disponibles en todo momento para su explotación por lo que se vio afectada la calidad del producto y por tanto, la gestión turística de la empresa.

XV.1 ACCIONES A IMPLEMENTAR EN LA SUCURSAL TRANSTUR CAMAGÜEY PARA PERFECCIONAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.

Los procedimientos que permiten la implementación efectiva del MCC, con el objetivo de perfeccionar el sistema vigente de mantenimiento y para lograr una mayor gestión turística en esta empresa y una mayor calidad en los servicios, deben estar en correspondencia con la práctica mundial para este tipo de actividad. Es por ello que se propone la siguiente secuencia:

1. Estudio y Preparación.
2. Preparación del personal.
3. Definición y selección de sistemas.
4. Análisis funcional de las fallas.
5. Selección de los elementos críticos.
6. Preguntas básicas.
7. Determinación de los intervalos de mantenimientos.
8. Implantación de recomendaciones.
9. Seguimiento de resultados.
10. Discusión y análisis de los resultados obtenidos.

La base técnica material (BTM) para implementar técnicas de diagnóstico, conocer el estado técnico del conjunto y del subconjunto, y de esta forma aplicar un MCC, debe ser la siguiente:

Para el motor

- ✓ Compresímetro (Medir la compresión en el cilindro)
- ✓ Multímetro digital (comprobación de todo el sistema de encendido del motor).
- ✓ Vacuómetro para medir vacío.
- ✓ Comprobador de bujías.

- ✓ Un analizador de gases de escape.

Para frenos

- ✓ Medidor de presión de alto rango (100bar).
- ✓ Indicador de carátula.
- ✓ Dinamómetro para medir el ajuste del rodamiento del cubo de rueda.

Neumáticos

- ✓ Balanceamiento del neumático estático y dinámico.
- ✓ El medidor de presión de aire de los neumáticos.

Para la dirección

- ✓ Planta de alinear la dirección.

1. Estudio y Preparación: Este consiste en definir con precisión los objetivos que se persiguen con la propuesta de implantación. Aquí se establece el cronograma y se identifican los recursos necesarios; de ahí su importancia, pues permite decidir si es factible o no su aplicación. Este paso debe ser analizado principalmente por la directiva de la empresa.
2. Preparación del personal: Si se determina factible el proyecto, el siguiente paso debería ser cambiar la visión tradicional del mantenimiento. Sería recomendable comenzar por transmitir una adecuada preparación socio-cultural y tecnológica de la actividad de mantenimiento a todo el personal que, de una u otra forma, toma parte en el proceso. Una buena herramienta en esta actividad sería la orientación de seminarios y debates, donde se expondrían las nuevas expectativas y los logros alcanzados por otras industrias a nivel mundial con la aplicación de esta forma de mantenimiento.
3. Definición y selección de sistemas: Para ello primero se selecciona a qué nivel se aplicará el MCC, basado en las limitantes que este presenta, para una industria en general y en este caso, en particular, debido a las condiciones existentes en la empresa.
4. Análisis funcional de las fallas: Ya definido donde se aplicará el MCC se procede a definir e identificar las funciones de los equipos y de sus componentes. Para ello el MCC se basa en identificar tres aspectos:
 - ✓ Identificar y describir las funciones y el criterio de ejecución de los vehículos.
 - ✓ Describir los requerimientos y condiciones de operación de los vehículos.
 - ✓ Identificar cómo pueden fallar las funciones de dichos equipos.
5. Selección de los elementos críticos: Este punto permite fundamentar las filosofías del MCC, al aplicar el análisis y las actividades de mantenimiento solo a estos componentes

seleccionados como crítico. Este punto permite reducir las actividades de mantenimiento que, como se sabe, consumen un buen nivel de recursos y evita caer en un mantenimiento excesivo.

Para la selección de los elementos críticos se tienen en cuenta 3 aspectos fundamentales:

- ❖ Severidad.
- ❖ Frecuencia de ocurrencia del fallo.
- ❖ Costo de adquisición y/o reparación.

Para facilitar el trabajo con los elementos críticos, los mismos se desglosan por subsistemas críticos, en este caso los subsistemas analizados como críticos fueron: **Frenos y Sistema de dirección.**

6. Preguntas básicas: Se recoge toda la información necesaria para crear una base de datos a través de las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo en su contexto de operación actual?
- b) ¿De qué forma puede fallar?
- c) ¿Qué causa que falle?
- d) ¿Qué sucede cuando falla?
- e) ¿Qué ocurre si falla?
- f) ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- g) ¿Saber qué hacer si no existe ninguna tarea proactiva factible?

7. Determinar los intervalos de mantenimientos: Para este punto se debe tener en cuenta la técnica del MCC de agrupar las tareas de mantenimiento, con el objetivo de minimizar, lo mayor posible, el tiempo dedicado a este trabajo. Este punto muestra la optimización del MCC sobre el MPP.

8. Implantación de recomendaciones: Aquí es donde se dan los últimos criterios, se establecen las recomendaciones finales del plan MCC implantado. Se establecen planes de mantenimiento y se realiza un programa de seguimiento y actualización.

9. Seguimiento de resultados: Permite evaluar la eficacia del programa implantado.

10. Discutir y analizar los resultados obtenidos: Punto donde se resume la conclusión de la implementación y se abren nuevas expectativas, se analizan los logros alcanzados (si fueron alcanzados).

Esta propuesta de MCC tiene como ventaja que puede ser aplicada a cualquier empresa, industria, fábrica; pues de antemano ofrece la posibilidad de saber si será factible o no llevarla a cabo.

XV.2 VENTAJAS DEL PERFECCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA TRANSTUR CAMAGÜEY

El estudio del sistema de mantenimiento actual de la Sucursal Transtur Camagüey y las acciones a aplicar del sistema de MCC en la empresa, contribuirán a obtener grandes ventajas en la calidad del producto que la empresa oferta, alcanzando distintos valores en los diferentes indicadores que la empresa debe medir en el momento del análisis de su sistema de mantenimiento.

Desglosándose de la siguiente manera:

- ✓ Disminución del tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla. ($\sum tbi$)
- ✓ Disminución del tiempo adicional de parada debido a los mantenimientos planificados y no planificados. (Tmt)
- ✓ Disminución del tiempo adicional de parada por reparaciones planificadas y no planificadas. ($Trep$)
- ✓ Disminución del tiempo de inactividad por falla. (Ti)
- ✓ Disminución del tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo de los vehículos. (Tb)
- ✓ Aumentaría la sumatoria promedio de la cantidad de horas trabajadas por cada vehículo en el intervalo Δt . ($\sum ti$)
- ✓ Aumentaría el tiempo programado de funcionamiento para cada vehículo. (Tp)
- ✓ Aumentaría la probabilidad de trabajo sin fallas. [$P(t)$]
- ✓ Aumentaría el coeficiente de disponibilidad de los vehículos. (Kd)
- ✓ Aumentaría el coeficiente de utilización técnica o de aprovechamiento técnico de los vehículos. (Kut)
- ✓ Aumentaría el coeficiente de disponibilidad operativa de los vehículos. (Kdo)
- ✓ Aumentaría la disponibilidad de los vehículos. (D)
- ✓ Disminuiría la probabilidad de la falla. [$Q(t)$]
- ✓ Se obtendrían mejores resultados económicos al disminuir las pérdidas que se obtuvieron durante el tiempo abarcado para el estudio, alcanzando valores por 80 000 CUC entre los 45 vehículos muestreados, lo que representa el 23 % del parque automotriz de la empresa, el cual podría disminuirse si se implementa el perfeccionamiento del sistema de mantenimiento para contribuir a la calidad del servicio y del producto que ofrece la empresa.
- ✓ Disminuiría la destrucción del medio ambiente.

XVI. CONCLUSIONES

Al término de este trabajo se llegaron a las conclusiones siguientes:

1. El perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Sucursal Transtur Camagüey, mediante la propuesta de un procedimiento para la implementación del MCC, constituye ahora una herramienta de trabajo que permite mejorar los procesos del mantenimiento técnico aplicados a los vehículos y a la vez la gestión turística de la empresa.

2. El cálculo de los indicadores de fiabilidad al parque de vehículos en el período analizado permitió determinar los elementos críticos y en consecuencia proponer acciones del MCC.
3. El estudio de este sistema para su implementación permitirá explotar a mayor cabalidad el parque de vehículos de la empresa y a su vez alargar la vida útil de los mismos, logrando una mayor calidad en el producto que oferta la empresa al mercado turístico.
4. El estudio realizado aporta una documentación técnica actual con un amplio marco referencial para la correcta toma de decisiones, aspecto este fundamental para la formulación de los planes estratégicos de mantenimiento de los vehículos.

XVII. AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento o a la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Amazonas (FAPEAM) así como al Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Brasil (CNPq) por su apoyo técnico y financiero en el desarrollo de esta investigación. A los directivos y obreros de la empresa de ómnibus urbano de la ciudad de Manaus donde se desarrolló la investigación por su apoyo durante todo el período de la investigación. A la dirección de la EST y de la UEA por su apoyo en la investigación.

XVIII. REFERENCIAS

- [1] Ahumada, G. (2001). **La función del mantenimiento y las nuevas tecnologías**, Iberdrola Ingeniería y Consultoría. Barcelona: España.
- [2] Amándola., L. (2004). **Fiabilidad en la gestión de proyectos de mantenimiento**. Valencia: Universidad Politécnica.
- [3] Anidos., M. and (2004.). **Mantenimiento, Seguridad y Medio Ambiente**. Barcelona: España.
- [4] Jazov, V. F. D., V.A. (1986). **Manual de cálculo de la fiabilidad de las máquinas en estadía del proyecto**. Moscú, Rusia: [s.n.]
- [5] Daquinta Gradaille, A. (1995). **Normas de fiabilidad para las cosechadoras de caña KTP**. Ponencia presentada en el VII. Universidad Agraria: La Habana. Cuba.
- [6] Domínguez., P. J. (2004.). **Implantación y gestión de un proyecto de mantenimiento centrado en la fiabilidad**. Buenos Aires: Endesa Generación.
- [7] Daquinta Gradaille, L. A. (1998). **Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola**. Ciego de Ávila: ISACA.
- [8] Frenkel, I. B., Karagrigoriou, A., Lisnianski, A., & Kleyner, A. V. (2013). **Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference**. John Wiley & Sons.



The Relevance Of Management Information System (Mis) For Decision-Making In Management Strategic Framework Of Enterprises

¹ Camila Silva Sousa, ²Jesse Monteiro Vieira Junior, ³Rosimeire Freires Pereira Oliveira, ⁴Sidney dos Santos Oliveira, ⁵Ananélia Claudia Rodrigues de Queiroz Albuquerque

¹Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil. (cfss.camila@gmail.com)

²Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil.

³Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil. (rosimeirefpol@yahoo.com.br)

⁴Secretaria de Educação e Desporto-SEDUC-Manaus- Amazonas-Brasil (sidneyoliveira54@yahoo.com.br)

⁵Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas-CIESA-Manaus- Amazonas-Brasil (ananeliar@bol.com.br)

ABSTRACT

This article presents the importance of the Management Information System - MIS for decision-making in the strategic management of private companies, since the changes are inevitable because of the technological innovations that are now listed on the market. MIS is critical to the success of organizations and help in the administrative area through strategies to use reports that assist in controlling the necessary information for the management and standardization of processes, thus providing increased production, sales, failure reduction in processes and also assists in the implementation of integrated systems. MIS The methodology used was the bibliographical studies, books and articles of renowned authors, the subject matter in this work proved to describe the relevance of MIS, seeking to bring the situations that involve the knowledge and strategies to be applied to continuous improvement of organization. The discussions showed that, after use of MIS all companies should have a control in the most efficient information on all processes of the organization since in possession of information generally becomes practical and efficient administrative management of MIS.

Keywords: systems integration, strategy, process excellence.

I. INTRODUCTION

This article aims to conceptualize what is the management information system, showing its importance and benefits for companies that adopt MIS as strategic differentiator and as a fundamental tool in decision making and strategic management.

MIS generates information products that support the needs of decision-making, and are the results of the collaborative interactions among people, technology and procedures that help an organization achieve its goals. It is the study of information systems in business and administration, supporting the strategic level through reports, current processes information through the IS (information system), supporting internal diagnosis, SWOT analysis, planning, control and decision.

Given the above came the following issues: What is the relevance of MIS for decision-making in the strategic management of private companies?

The objectives were defined in general: To analyze the relevance of MIS for decision making in the strategic management of private enterprises. And the specific: Identify the

importance of MIS for decision-making; Determine their strengths and weaknesses; Understand their relevance and assess their level of importance to decision making.

Several private companies err in not having control of your information and processes through a proper system to help in this task, thus creating many problems in organizations, so the MIS within companies is strategic so that the activities can be performed with the due support and excellence within the company.

It is understood that the use of MIS within the company demonstrates is of great importance, because the main objective is to demonstrate the clarity of information through clear reports with accurate information that is essential for management to produce results increasingly positive and effective.

II. METHODOLOGY

The research was a qualitative approach. Considering the research classification criteria proposed by [1], and the technical procedures used for their development, that is, as to the means, the research was the bibliographical, and was carried out

from the survey of theoretical references in books, in order to gather information or prior knowledge, to analyze the various positions on the problem of research.

III. MIS AND ITS PECULIARITIES

MIS is the development and use of information systems that help companies achieve their goals and objectives [2]. MIS is a data transformation process into information that is used in the operative structure of the company, providing the administrative support for optimization of the expected results.

The system can be defined as a group of interrelated elements or interaction that forms a unified whole [3]. It is a set of interacting and interdependent parts that form a system with specific functions, guided in the management information [4].

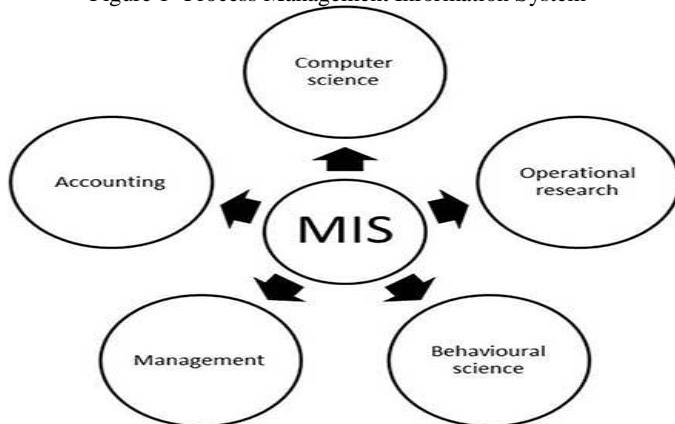
In accordance with the aforementioned authors note the importance of MIS IS for effective control of management information using the daily reports with monitoring of business processes.

The MIS comprises in:

Data Entry: is the release of all data generated in the organization, and the development of their usual activities; Processing is the process of transformation of thousands of generated data (organizing, highlighting and selecting exceptions) into useful information in decision making; Data Output: is the manifestation of all that has been processed and will be the foundation for managerial and strategic decisions. It is noteworthy that some output data may return the system input for a feedback to refine the order and evaluate the input data [5].

It is understood that the activities are groups of related tasks that receive data / information processing with an order to produce results. The system can be seen as a set of functions logically structured, in order to meet certain goals, since every company is composed of several systems totaling an microsystem, thus the company itself is a static structure.

Figure 1- Process Management Information System



Source: Zaccarelli, (2012).

Note that the use of the system moves the structure and dynamics, and is formed by the set of information systems, or the range of elements produced by codes, to enable planning, organization, coordination and control of operations in a process. Another important observance is the ecosystem that is the whole, being formed by the subsystem or part thereof. Already the subsystem are the parties identified in a structured manner, integrating the system [4].

For [6] is the largest, both in the arena and in scope, or more complete, and can also be called supersystem, which include the whole environment that makes up the organization. Considering that the system is part, that is, subsystem ecosystem. This division of the system in question are structured and identified parts, components organs, theme members, piece of matter in question.

Can be equal to a usual process, consisting of data entries and information outlets, also other so that no errors occur at the end result, for this it needs to be replenished. There are two types of systems, open and closed. The open system is one that suffers influences of the environment that surrounds their actions and influence this environment. But the closed system does not suffer influences of the environment or changes to internal actions [7].

The closed system is insulated, airtight, independent of environmental approaches which is inserted. Companies with its business units and its business functions cannot be seen as a closed system, so they can run incalculable risks and generate big losses for them. In the open enterprise system, there are exchanges with the external environment and changes involving their strategies and require planning that interacts with the advances, allowing its existence.

Note that for decision making to be effective, it is necessary to understand that information is one of the most valuable resources of an organization. This term, however, is often confused with data.

The data consists of facts that have not gone through a preparation, which represent the real world [8]. Since any element in its raw form that alone does not lead to an understanding of a particular event or situation [4]. The basic items of information before being processed by a system that feed the input [9].

The synopsis data is understood as information elements, set of letters, numbers, digits, which took alone, convey no knowledge, it does not contain a clear meaning.

Beforehand information is an organized set of facts in such a way that have additional value beyond the value of the individual events [8]. Data are configured properly to understand and use by humans [7].

Information is given working that allows the executive to make decisions. Can be seen as the results of data processing,

produced leaving the system, whether manual or computer, that is, information is all given working, useful, treated, with significant value assigned to it with natural and logical sense for anyone who uses the information.

For decision making, should work with the processed information and not data [7]. The data itself is the smallest decomposition of an element to the information that matters to the decision maker, information is the basic element of systems.

Transforming data into information is a process, or a set of logically related tasks performed to achieve a defined result. The process of defining relationships between the data to create useful information requires knowledge. Knowledge is the awareness and understanding of a range of information and how this information can be useful to support a specific task or to reach a decision. Having knowledge means understanding the relationships of information.

It is understood that the information is "worked", that is, through the transformation process and enables the generation of scenarios, simulations and opportunities that can be called knowledge.

Therefore, the information system can assist the manager in decision making; namely, that the knowledge can not be confused with decisions (mental acts, thoughts), with shares (physical acts, plays) or procedures. For example: go to the bank; add the values; calculate the interest; pay the bill. It is observed that whenever a verb in the infinitive is necessary to characterize a decision or action [10].

Every method that manipulates data and generates communication can be generically considered information system.

The MIS is a data transformation process into information that is used in the operative structure of the company and provide administrative support, aiming to optimize the expected results. Information system (IS) is an organized group of people, hardware, software, communication networks and data resources that collects, transforms and disseminates information in an organization [3].

It is generally agreed, both in business and in society, the SI make up one of the largest and most valuable data processing assets that generate information. The information is well managed is a positive point for the manager in their decisions.

Management processes are translated into information systems in order to improve the internal control of the company and its response time to all market fluctuations, allowing for more effective decision making.

The SIG also called support system to business management and management systems, includes the data

processing groups of operations and operational transactions, transforming them into information grouped for management. Working with grouped data (or systematized) of business operations and assist decision-making [6].

The leverage that the company can achieve through proper MIS is highly significant, because it may represent a significant result with organizational goals.

In charge GIS provides several tools consisting of an integrated system that gathers information and generates reports specific, accurate data and results, taking control of the entire set of information. A variety of information products, which are presented through reports that help managers by providing data and information to assist in decision making.

According to [4], The systems have some reports that are used by the MIS, such as: scheduled report: It is a traditional way of providing information to managers. Typical reports are the daily and weekly or monthly financial statements sales.

Exception report: Are exceptional case reports where the manager can get specific information. For example, a credit manager may receive a report that contains information only on customers who exceed credit limits. Information and answers the request: This type of report shows information whenever the manager request. Which allows through their workstations immediate answers. Battery Reports: Information is stacked on the network workstation and accessed by management.

IV. THE DECISION-MAKING PROCESS

Decision making is the identification of a specific problem and choosing a course of action in the search for solution [11].

The decision-making process is the method of choosing a course of action among several alternatives to solve a problem; effective choice can have a strong impact on the performance of the unit and across the organization.

A problem can be defined as a normal or abnormal situation, which must be examined and treated according to their complexity, thus defining the problem and solving it becomes a matter of survival for the whole organization [12].

The basic feature of the strategy problem is the discrepancy, which is the existence opponents with unpredictable reactions. If the opponent had predictable reactions, then the problem would go to the field of logic and should therefore be resolved [13].

Since that problem is everything that is outside the established and blocks the achievement of the expected results, a problem can be a good opportunity to be seized. Opportunity is a

situation that occurs when circumstances offer a chance for the organization exceed its stated objectives.

Administrators are faced with many difficulties, they need to recognize really what the problems are and what the opportunities are. Generally recognize the existence of a problem is the first step to recognize the existence of an opportunity.

Depending on the nature of the situation, the administrator must use different types of decisions. The degree of information availability accurate and reliable on the situation and the organizational level at which decisions are made distinguishes two types of management decisions: decisions scheduled and unscheduled [14].

It is observed that a well-structured, routine and repetitive decision is known as programmed and unstructured is called unscheduled. Companies today are embedded in a highly competitive environment that demands efficiency levels ever higher. The effectiveness of an organization, translated by its economic results, occurs as all decisions seek to optimize their results. For the effective decisions is needed "a broad knowledge of reality" brought about by the information for decision making.

Thus, the manager can take decisions scheduled and unscheduled addition to heuristics to solve problems. According to [15], the phases of a decision-making process itself, as well as the implementation of decisions requires seven steps: Perception of situation involving a problem; Analysis and definition of the problem; Definition of objectives; Looking for alternative solutions or courses of action; Select (check) the most appropriate alternative to achieve the objectives; Evaluation and comparison of alternatives and implementation of the chosen alternative.

The decision model from the perspective of strategic management, and induce efficiency, allows the performance of managers is assessed according to their contribution to the generation of the overall result of the organization. It is important to eliminate the problems in the cause, root, through good SIG is expected that the agent decision maker, has certain skills and competencies that distinguish and enable them to overcome constant challenges.

Information systems become prevalent, to establish forms and update mechanisms, enabling decision making fits within criteria and more rational basis and less emotional and situational. Not that the leader should only make decisions based on criteria, but it has the perspective and the conditions to establish a risk assessment, based on criteria

GeoMIS : Geospatial Management Information System

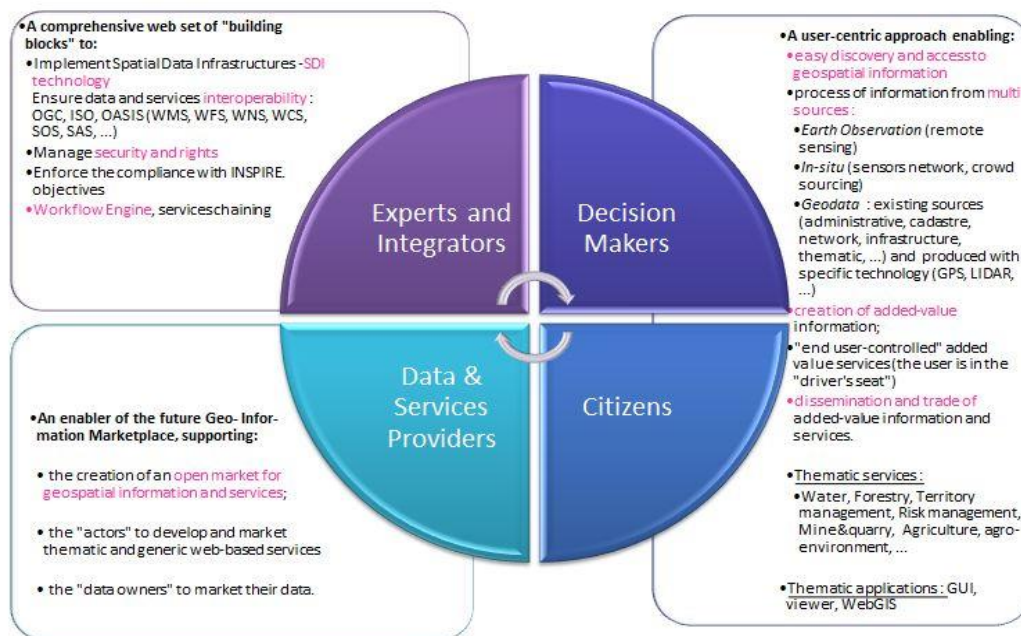


Figure 2- Geospatial Management Information System. Source: Zaccarelli, (2012).

The decision making process is comprised of steps in which one depends upon the other and occurs in environments uncertainties.

involving a certain subjectivism, through information systems, are possible assessment and risk reduction.

V. THE RELEVANCE OF MIS IN DECISION MAKING IN THE STRATEGIC MANAGEMENT

SIG also called the organizational management support system works grouped data operations, supporting the decision making of the departments, in synergy with the other units. In short the system is any process that manipulates grouped information, or interconnected with intent to decision-making. MIS is the development and use of information that help business systems to achieve their goals and objectives [2].

In agreement with Kroenke future business professionals need the ability to estimate, evaluate and apply the business information technology that is in innovation every day, producing values that affect positively or negatively. management information systems by definition serve as a basis for the functions of planning, control and decision making at the management level. [7].

According to the criteria of decision support, classification of information systems can be: operational, managerial and strategic [10].

classification of choosing a good alternative based on the generation of several scenarios information [6].

DSS's comprise a class of information extracted from transaction processing systems systems and interact with other parts of the support of the executive principle to underpin decision making of managers and other managers of the company.

A synopsis SOAD has the potential to become a powerful tool in set of professional features to help increase the effectiveness of people in business, contemplating higher productivity. That in agreement with the DSS potentiate effectiveness in continuous improvement using MIS as the SAD aid. Information systems can be in solving tools. Several factors are important for problem solving and awareness of these factors increase the appropriately analyze manager capacity the problem and make effective decisions.

Still according to Rezende, the information can be considered as a differential when it provides alternative returns, solidifying the current activities or creating new opportunities. Benefit performance of internal MIS: Support for strategic planning, support for management control and support for operational control. External: product quality improvement and improved product distribution.

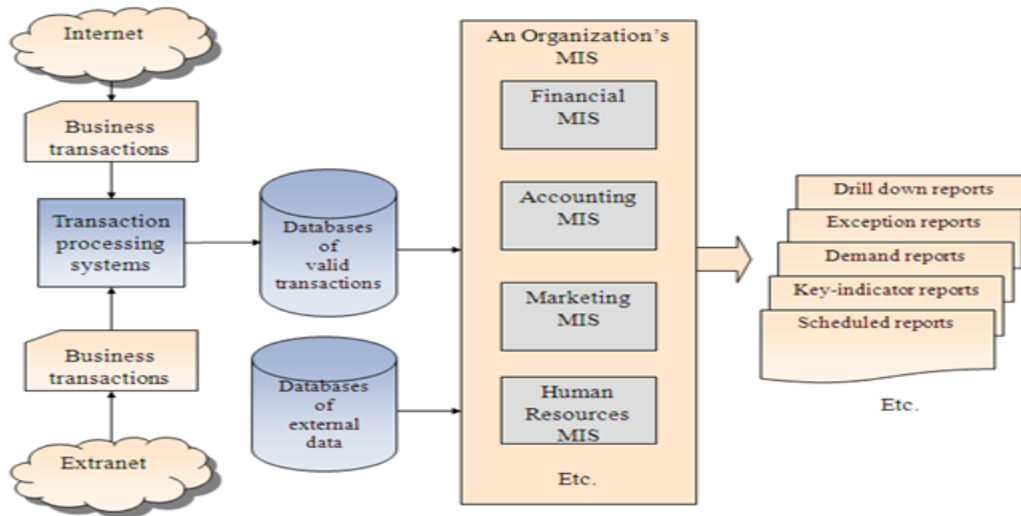


Figure 3- Operation Management Information System. Source: STAIR, (2011).

The levels of information and business decision obey the existing standard hierarchy in most companies, also called corporate pyramid and are known as strategic, tactical and operational.

MIS and Decision Systems Support (DSS) are key technologies for the evolution of the decision-making process in business, help the executive at all stages of decision making, especially in the development stages, comparison and

Decision makers need to SI to ensure them certain strategic positioning failure to use the SI may cause future losses [16].

If all executions take place using the decisions of which information is the basic input, the management of information is of vital importance to the proper functioning of the process.

VI. FINAL CONSIDERATIONS

The paper describes the research objectives, overlapping that all management functions, planning, organization, direction and control are necessary for the proper organizational performance, MIS, so it is important to assist in decision making.

One can say that GIS is an integral part of business strategies, due to the communication and information that create value in organizations.

The quality of the decision taken by the manager will depend on the degree of information acquired.

It is important to invest in a MIS to provide fast, accurate and most useful, that will guarantee a structure of differentiated management, which will result in competitive advantage over other companies.

In summary, MIS is necessary so that there is greater efficiency in decision-making to achieve and achieve organizational goals.

VII. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), ao PPGEP do Instituto de Tecnologia Universidade Federal do Pará (ITEC-UFFPA) e a Universidade Estácio de Sá pelo apoio financeiro a pesquisa.

VIII REFERENCES

- [1] VERGARA, S. C. Tipos de pesquisa em administração. **Cadernos EBAP** - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, v. 1, n. 52, p. 1-11, 1990.
- [2] KROENK, D. M. **Sistemas de informações gerenciais**. São Paulo: Saraiva, 2012, 307 p.
- [3] O' BRIEN, J. A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet**. 3. ed. São Paulo, 2010, 431 p.
- [4] OLIVEIRA, D. P.R. **Sistemas de informações gerenciais: estratégias, táticas, operacionais**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2012, 299 p.
- [5] BATISTA, E. O. **Sistemas de informação**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2014, 358 p.
- [6] REZENDE, D. A. ABREU, A. F. **Tecnologia da informação - aplicada a sistema de informação empresarial**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010, 303 p.
- [7] ROSINI, A. M. **Administração de sistemas de informação e a gestão do conhecimento**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012, 212 p.

[8] STAIR, R. M., REYNOLDS, G. W. **Princípios de sistemas de informações**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011, 590 p.

[9] CASSARRO, A. C. **Sistemas de informações para tomadas de decisões**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010, 120 p.

[10] REZENDE, D. A. **Sistemas de informações organizacionais: guia prático para projetos em cursos de administração, contabilidade e informática**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2013, 143 p.

[11] STONER, J. A. F. **Administração**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012, 533 p.

[12] OLIVEIRA, J. F; et al. **Liderança: Uma questão de competência**. 1. ed. 4 tiragem. São Paulo: Saraiva, 2011, 366 p.

[13] ZACACARELLI, S. B. **Estratégia e sucesso nas empresas**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2012, 249 p.

[14] SOBRAL, F.; PECCI, A. **Administração: teoria e prática no contexto brasileiro**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013, 611 p.

[15] CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011, 608 p.

[16] GURGEL, C.; RODRIGUES, M. V. **Administração – elementos essenciais para a gestão das organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2014, 270 p.



Implementation And Optimization System ERP In Inventory Control

Barbara Laenna Encarnação De Moura¹, Gláudia Taj Pinheiro Dos Santos¹, Tatiana Fideles Da Silva¹

^{1,2}Centro Universitário do Norte – UNINORTE. Av. Joaquim Nabuco, 1469, Centro Manaus-Amazonas-Brasil. CEP: 69005-290.
Fone: +55 (92) 3212-5000. (barbara_laenna@hotmail.com, glaudiataj@gmail.com, tati_jesiel@hotmail.com)

ABSTRACT

In the context of global business competition for survival of a company, is necessary a maximum productivity and improvement of its processes, using it resources with the help of technologies from the ERP system. The article aims to assess the impacts of the shares in the studied company productivity, improving its performance. The methodologies and techniques used were made through a case study conducted by a research in JB Andaimes company, through questionnaires, interviews and direct observations. The results and analyzes helped on optimizing the inventory management process, reducing costs, better managing the materials and increasing demand for its products, strategically contributing to the decision-making.

Keywords: Business Competitiveness: Technologies, Optimization, Inventory Management System ERP.

Implementação e Otimização do Sistema ERP no Controle do Estoque

RESUMO

No contexto global de competitividade corporativa para sobrevivência de uma empresa, é necessário produtividade e aperfeiçoamento ao máximo de seus processos, auferido com mais apreço dos seus capitais através do hábito de conhecimento do sistema ERP. O artigo tem como propósito prognosticar os impactos das ações da produtividade na empresa estudada, melhorando sua performance. Os métodos e técnicas utilizadas foram realizados através de um estudo de caso efetuado na empresa JB Andaimes, por intermédio de questionários, entrevistas e observações diretas. Os resultados obtidos e suas análises influenciaram na otimização do método de administração de estoque, reduzindo os custos, administrando melhor os materiais e aumentando a demanda de seus produtos, auxiliando taticamente para as tomadas de decisões.

Palavras Chaves: Competitividade Empresarial: Tecnologias, Otimização, Sistema de Gestão de Estoque ERP.

I. INTRODUÇÃO

Na esfera atual do processo logístico, as corporações necessitam desenvolver seu potencial competitivo no âmbito global, por meio de análise das etapas planejada otimizando seus seguimentos na produção. Planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro [1]. Aumentando assim, seu conhecimento operacional e gerencial, como plano tático para as tomadas de decisões, correspondendo às disputas do ramo do negócio em continua mudança.

Desse modo, para que uma empresa seja bem sucedida, a estratégia logística e a estratégia competitiva devem estar alinhadas, ou seja, ambas devem convergir para os mesmos objetivos [2]. Assim, o conhecimento de tais necessidades e a solução de tais problemas é fundamental para a empresa JB Andaimes – locadora de equipamentos na área de construção civil, cuja atua 20 anos no mercado no Estado do Amazonas, em

discernimento do grande incremento do ramo civil que alavancou a demanda por esses serviços exigindo assim, estratégias que os ajudem no gerenciamento adequado do controle do estoque da empresa. Este crescimento deve-se principalmente aos benefícios esperados e prometidos pelo valor sistemas ERP nas capacidades e recursos de informação; capital intelectual por meio de criação de conhecimento; e melhorias nas dimensões operacionais, gerenciais e estratégicos [3].

No contexto têm por finalidade averiguar a execução do sistema ERP em relação às necessidades da empresa JB Andaimes, e suas vantagens, verificando todo o encadeamento da implementação. Um sistema de controle de estoques é hoje uma ferramenta indispensável ao administrador do pequeno ou de grande negócio [4]. Podendo assim, atingir seus proventos, por meio da criação de uma cultura ERP dentro da empresa, na aquisição do programa, treinamento, consultoria e manutenção do programa. Visto que toda decisão é tomada com base em

informações disponíveis para tal. Estas devem ser precisas e corretas, além de estarem disponíveis no momento necessário. [5].

Portanto, essa diligência teve como fim averiguar a seguinte questão: Como viabilizar a melhoria e otimização no controle do estoque? A necessidade de ter uma maneira eficaz do controle deu-se rudimento ao programa de controle de estoque, devido à situação de perda das tarefas prestadas pela entidade JB Andaimes, com a falta do sistema que possa controlar seus materiais estocados.

II. SISTEMA DE CONTROLE DO ESTOQUE ERP

O *Enterprise Resource Planning* (ERP) pode ser visto como um arranjo de programas comercial idealizado com o intuito de favorecer as distintas tarefas de uma organização por intermédio dos seguimentos de negócio. O papel de cada área e sua integração e sincronia na sequência das ações a serem desencadeadas podem ser visualizados e exercitados a partir da efetivação das escolhas estratégicas [6]. Além disto, o ERP tem como fim de associar todos os dados auferidos nesses decursos através da administração da fluidez dessa informação [7], o ERP é um sistema que facilita o fluxo de informações dentro de uma empresa, integrando as diferentes funções: manufatura, logística, finanças, recursos humanos e engenharia, entre outras.



Figura 1 – Integrações do ERP.

Fonte: disponível em < http://www.ligueinformusic.com.br/informaticaerppj.htm >, (2014).

Conforme mostra a Figura 1, equivalente a essa assimilação entre as várias serventias que o ERP viabiliza a obtenção das informações pela conjuntura de ser um modelo integralizado, permitindo e otimizando a administração das informações, certificar-se de modo congruente dos dados e calculando de formas idênticas adequadas aos mesmos critérios em cada um dos serviços da organização.

Diante disto [8] afirma que, as atividades aglutinadas ou funções presentes em todas as organizações conferirão o fundamento para o desenvolvimento do planejamento de informações, dos sistemas de informação organizacional e dos projetos de tecnologia da informação e de *software*.

II.1. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ERP

A implantação de um sistema é viável para obter proventos no uso do controle de materiais, dimensionando corretamente os estoques, reduzindo o custo e maximizando os lucros, através da projeção de um sistema tecnológico apropriado as instâncias da organização.

De acordo com [1]: Quando o objetivo principal a ser alcançado é a melhoria do desempenho da empresa e não apenas substituir um *software* aplicativo, implantar um sistema [...] na empresa significa modificar profundamente os métodos de trabalho em todas as suas áreas e, mais que para isso, significa modificar o comportamento de cada um dos funcionários, diante de suas atividades específicas e frente às relações funcionais com os demais participantes do processo produtivo, em toda sua extensão. De acordo com o que é demonstrado na Figura 2 sobre o compasso de implantação do sistema:

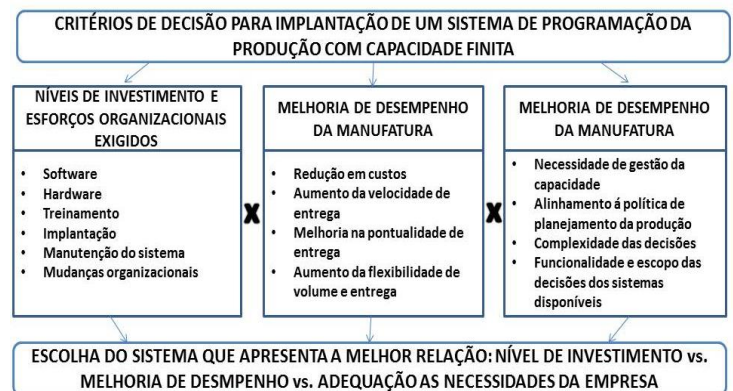


Figura 2 – Critérios de decisão para a implantação de um sistema de programação finita.

Fonte: Corrêa, (2008).

Além disto, para se chegar um resultado desejado na implantação de um sistema MRP II/ ERP, é necessário analisar várias etapas imprescindíveis para o procedimento, ao qual se busca alcançar os resultados a ser obtidos.

Conforme mostrado no Quadro 1 classificando quais os fins de prosseguir todo esses modos de instalação de um sistema ERP para sua melhor performance.

Quadro 1- Etapas do processo de Implatação de um Sistema MRP II/ERP.

Etapas	Objetivos
1-Criação de uma cultura ERP dentro da empresa;	Configurar o software para melhor adequação do ambiente de negócio da empresa e o comprometimento entre todas as partes interessadas.
2-Aquisição do Programa;	A empresa deve avaliar qual a importância ou benefício que esse programa oferecerá para ela?. Qual a real necessidade de adquirir esse programa, ou seja, quais os problemas a ser solucionado com isso?.

	Quais os planos e objetivos com essa aquisição e qual o provedor escolhido para implantar o programa, dando suporte constante ao software e a empresa-cliente.
3-Treinamento dos usuários;	Treinar todas as partes interessadas para que todas saibam utilizar de maneira correta a tecnologia que está disponível para a resolução daquela dificuldade ou para a otimização do setor em evidência.
4-Consultoria na implementação do sistema;	Para diminuir os riscos, deve-se aplicar testes, com o objetivo do melhor funcionamento do programa ERP a ser implantado e realizar também treinamentos, esclarecendo todas as eventuais dúvidas operacionais e problemas da performance do programa.
5-Manutenção do Sistema	Manter condições adequadas para o melhor funcionamento do programa, para obtenção de maior resultados pela empresa; Renovação contínua das versões do software pelo provedor; Treinamento para usuários dessa nova versão; Custos e fiscalização das ações no programa e apoio ao software.

Fonte: Autores, (2015).

Pode-se perceber ainda que a instalação de um programa ERP consegue ser muito complicado e propenso a problemas caso não esteja conforme ao ambiente da organização, por motivo das transformações instigadas. Esses riscos conseguem ser diminuído com a escolha apropriada do provedor do sistema ERP, possibilitando assim, uma boa concepção e uma administração correta. Devido às essas situações de riscos podem-se trazer vantagens e desvantagens para o meio do âmbito organizacional, como mostra no Quadro 2.

Quadro 2 – Vantagem e Desvantagem da Implantação do Sistema ERP.

Vantagens	Desvantagens
Excluir o uso de interfaces manuais; Aprimorar o processo da informação e a torna eficiente; Aprimorar o método de tomada de decisão; Excluir a repetição de atividades; Abreviar o prazo de resposta ao mercado.	Estar sujeito do fornecedor do programa; Adesão de práticas e uniformização entre as organizações do mesmo ramo; Torna as partes dependentes uns dos outros, pois cada setor depende das informações da parte anterior, devido às informações serem em tempo real, ocasionando maior trabalho; O excedente controle sobre as pessoas, o que ativa a objeção à alteração e pode gerar desanimo por parte dos colaboradores.

Fonte: Autores, (2015).

Para isso, é essencial o empenho da equipe de TI, engajamento da área de toda a organização, assistência contínua das etapas de evolução e implantação, conforme as opções mencionadas para as tomadas de decisões e de um provedor conveniente às situações da empresa, averiguação de possíveis fatores internos e externos que podem impulsionar no empreendimento, preparação de um bom princípio de garantia.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A averiguação foi feito por meio de uma visita técnica na organização para o alcance dos dados da empresa, diagnosticando vários fatores a ser solucionado, através do gráfico radar, a qual identificou como um do fator mais crítico a necessidade da empresa em gerir seus estoques de maneira prática. Apreendeu-se que a implantação de um sistema o ERP auxiliará tanto na estocagem de materiais bem como na apreensão das decisões.

Para a consecução de informações empregou-se como ferramenta perguntas abertas aos níveis estratégicos, táticos e operacionais, bem como observação direta e questionários.

Além disso, o diagnóstico qualitativo difere bastante quanto ao estado de ordenação introdutório, isto é, quanto às perspectivas que podem ser definidas já na pesquisa. Com o intuito de atender o que foi proposto foi realizado um estudo de caso. [9] define “estudo de caso” com base nas características do fenômeno em estudo e com base num conjunto de características associadas ao processo de coleta de dados e as estratégias de análise dos mesmos. Em fundamento a particularidade do caso em aplicação, foi executada entrevistas semiestruturadas com o intuito de recolher os dados de forma direta. De acordo com [10], [...] na entrevista semiestruturada, o pesquisador organiza um conjunto de questões sobre o tema que está sendo estudado, mas permite, e às vezes até incentiva, que o entrevistado fale livremente sobre assuntos que vão surgindo como desdobramentos do tema principal.

IV. ESTUDO DE CASO PROPOSTO

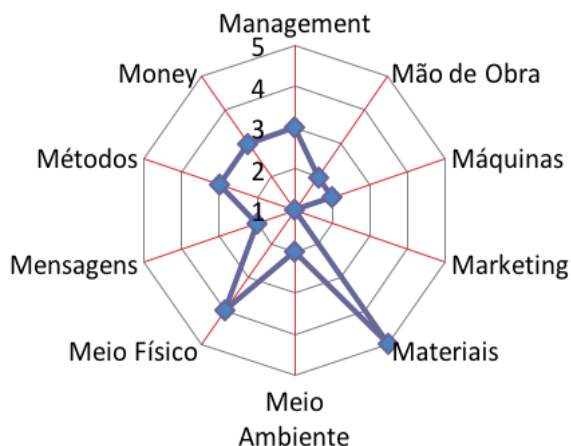
A J.B Andaimes iniciou suas atividades comerciais em 1993, foi registrada na JUCEA em dezembro de 2001, tendo 20 anos no mercado de locação de equipamentos para a construção civil. Em meados de 2004 tornou-se a representante da maior locadora de andaimes do Brasil que é a MECAN. Desde o início deu prioridade a qualidade de seus produtos e na prestação dos serviços, bem como celeridade no atendimento aos seus clientes.

A empresa possui seu quadro funcional que totaliza em 39 colaboradores, que os mesmos são ajustados em conformidade com a CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas, distribuindo-se assim em diversos cargos na organização. Ela possui um programa de contratação através de uma análise de currículos e por indicação. A contratação de funcionários é realizada através desse programa de avaliação e que possui um número maior de homens

entre seus colaboradores, o equivalente a 74,36 % da quantidade total, esses dados foram recolhidos em documentos na organização.

As características do quadro funcional da J.B Andaimes estão dispostas conforme dados analisados no Gráfico 1.

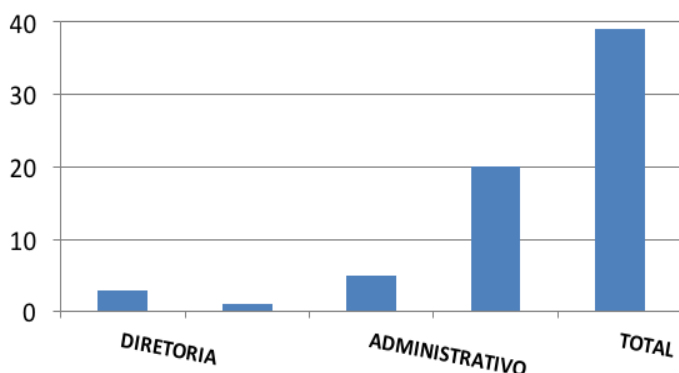
Gráfico 1- Distribuição dos colaboradores de acordo com o sexo.



Fonte: Autores, (2015).

No Gráfico 2 é demonstrado que a J.B Andaimes é composta por sua maioria de colaboradores de nível operacional, pois há um número maior de colaboradores na área de produção, indicando facilidade e rapidez no processo produtivo da organização, nos outros setores há um número menor de colaboradores, porém com pessoas capacitadas e especializadas dando um bom direcionamento ao processo. [...] Além de uma estrutura de funções especializada, a organização precisa também de uma estrutura hierárquica para dirigir as operações dos níveis que lhe estão subordinados [11].

Gráfico 2- Distribuição dos colaboradores de acordo com o nível hierárquico.



Fonte: Autores, (2016).

O serviço da J. B. Andaimes é a locação de andaimes que a empresa presta para locação em canteiro de obras, e ou locação em lugares diversos. Além da locação a empresa oferece a instalação, realizada pelos seus operários e os monitores nessa instalação caso precise de alguma manutenção imediata. No entanto ela depende dos fornecedores (fabricantes dos andaimes) para prestação de seus serviços. Os produtos oferecidos seguem normas da NR 18 e NR 35, pertencentes à MECAN, empresa líder de mercado nacional na produção de equipamentos para a construção civil, são eles: Escoras Metálicas; Andaimes tubulares; Andaimes fachadeiros.

IV.1. DADOS ATUAIS DA EMPRESA

A empresa possui um porte considerável diante ao seu faturamento anual, o porte da empresa é a classificação econômica em que a empresa está adentrada, que pode variar conforme o seu faturamento anual e/ou o número de funcionários registrados.

Através do *Check List* de Observação, na averiguação dos dados, verificou-se que a estrutura da empresa J.B Andaimes é um ambiente agradável e está em boas condições, sempre está acompanhada por manutenções diárias (limpeza, sistema elétrico e serviços de segurança). [12] afirma que, arranjo físico adequado proporciona para a empresa maior economia e produtividade, com base na boa disposição dos instrumentos de trabalho [...] do fator humano alocado no sistema.

Na Tabela 1 está uma apresentação do porte de empresa adotada pelo BNDES e aplicável a todos os empreendimentos. Definir o porte da empresa com adoção de critérios para definição de tamanho de empresa constitui importante fator de apoio às micros e pequenas empresas, permitindo que as firmas classificadas dentro dos limites estabelecidos possam usufruir os benefícios e incentivos previstos nas legislações que dispõem sobre o tratamento diferenciado ao segmento, e que busca alcançar objetivos prioritários de política, como o aumento das exportações, a geração de emprego e renda, a diminuição da informalidade dos pequenos negócios, entre outras [13].

Tabela 1 – Porte da Empresa.

Classificação	Receita operacional bruta anual
Microempresa	Menor ou igual a R\$ 2,4 milhões
Pequena empresa	Maior que R\$ 2,4 milhões e menor ou igual a R\$ 16 milhões
Média empresa	Maior que R\$ 16 milhões e menor ou igual a R\$ 90 milhões
Média-grande empresa	Maior que R\$ 90 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões
Grande empresa	Maior que R\$ 300 milhões

Fonte: BNDES, (2011).

Diante a Lei Complementar 123/2006, também conhecida como lei das Micro e Pequenas Empresas faz-se a seguinte classificação apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação de Micros e Pequenas Empresas

Segmentação	Faturamento por Calendário - Ano
Micro Empreendedor Individual	Até 60 mil reais por ano
Micro Empresa	Até 360 mil reais por ano
Empresa de Pequeno Porte	De 360 mil reais a 3,6 milhões de reais por ano
Grande Empresa	A partir de 3,6 milhões de reais por ano

Fonte: SEBRAE, (2013).

O porte da empresa permite com que a própria empresa usufrua de benefícios e isenções de tributos conforme as principais legislações vigentes. Ela se desenvolve e adquire financiamentos e apoios mais facilitados, pois é levado em conta o seu rendimento, de acordo com sua classificação. Adquirem mais facilidades e prazos, bens para a empresa e pode adquirir mais funcionários, mas proporcional ao seu faturamento são suas obrigações. Na ocasião em que uma empresa se aperfeiçoar e adquire permanência no mercado, ela acaba auferida mais notoriedade, consequentemente mais clientes, então chega o momento em que é necessário fazer uma mudança em seu ambiente físico, analisar o seu espaço geográfico, seu layout interno e suas instalações.

Para [14] conceitua instalações físicas a arrumação do espaço, máquinas, equipamentos e materiais em um escritório, loja ou fábrica com o objetivo de manter a maior produtividade possível. Com sustentação nessa informação a empresa JB tem instalações físicas bem estruturadas, onde são divididos os cômodos da empresa de acordo com cada departamento da empresa, onde funciona seu escritório dispõe de um amplo espaço físico de 372,21 m² que funciona a área administrativa. Há uma divisão do layout interno da empresa, de forma que o galpão, onde ficam armazenados os andaimes, está em um lugar adequado e separado do setor administrativo.

Com relação ao faturamento anual da empresa JB Andaimes, de acordo com análise documental é de R\$ 3.200,00 (três milhões e duzentos reais), levando-se em conta o enquadramento das empresas de acordo com seu faturamento e número de funcionários registrados. A JB Andaimes pode ser então considerada uma Empresa de Pequeno Porte, obtendo uma receita bruta anual de até 3,6 milhões (três milhões e seiscentos reais).

Conforme pesquisas realizadas através de questionários e análise dos processos e informações fornecidas pela organização foram possíveis identificar vários problemas almejando alcançar soluções. Observando o gráfico de análise crítica, os atributos estão divididos em três categorias: pontos fortes, pontos a melhorar e pontos fracos.

IV.2. GRÁFICO RADAR DE ANÁLISE CRÍTICA

O gráfico-radar tem como finalidade demonstrar as áreas críticas de uma organização de maneira integrada e global como afirma [15] o gráfico-radar é uma forma clara e pictórica de

representar o resultado da análise de cada uma das dez áreas mencionadas, [...] construído de forma circular, espalhando-se de forma radial, as dez áreas mencionadas. A partir do embasamento teórico, é de suma importância que toda empresa faça seu autodiagnóstico para identificar problemas, os quais interferem no progresso da instituição.

De acordo com o gráfico da Figura 3, o atributo Materiais encontra-se na **Zona 5** e indica uma grande deficiência da empresa, a qual não possui em seu controle interno meios de adquirir informações sobre seus estoques de andaimes, além disso, não há um processo de registro de peças fornecidas, em manutenção e em estoque, ficando apenas anotado quantas peças foram locadas.

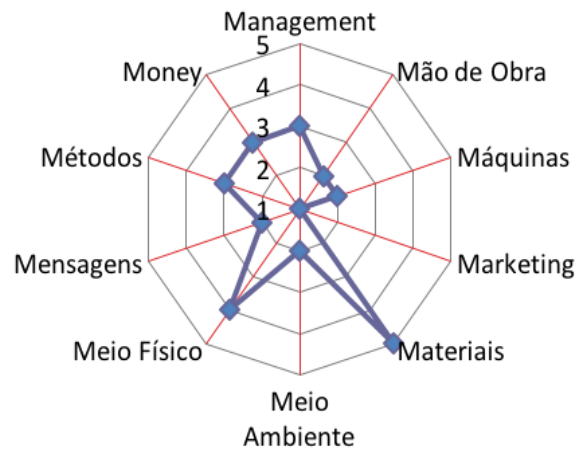


Figura 3 - Gráfico Radar da Análise Crítica.

Fonte: Autores, (2015).

Seus funcionários não gozam de uma capacitação mais avançada sobre um sistema de controle de estoque, ficando assim, essa parte a desejar. Uma vez, que o controle determina com mais especificidade, os valores monetários relacionados ao faturamento da empresa, seus custos e suas despesas, relacionadas com a manutenção dessas peças, permitindo a empresa terem controle do faturamento global e adquirindo a lucratividade almejada.

Portanto, recomenda-se que a instituição continue oferecendo produtos e prestando serviços de qualidade com mesma determinação, e por isso ela deve investir mais em novas tecnologias e desenvolvimentos de seus colaboradores na satisfação dos seus clientes/acionistas e adequando-se ao mercado de forma contínua contribuindo assim para o sucesso da mesma, satisfazendo as necessidades de todos os envolvidos. Por isso a organização deve estar em constante mudança.

IV.3. RESULTADO E DISCUSSÕES

Após a sugestão para maior percepção dos resultados alcançados com a implantação do Sistema de Controle de Estoque ERP, segue abaixo um quadro demonstrativo comparando o antes e depois da implantação do Sistema no Quadro 3, onde foram

observados os processos realizados antes da implantação do Sistema de Estoque que a empresa JB Andaimes fazia e as mudanças ocorridas após a implantação do Sistema de Controle de Estoques:

Quadro 3 - Processo do resultado da implantação do Sistema de Controle de Estoque.

Antes	Depois
Recebimento de Materiais: apenas por nota fiscal;	O produto é identificado por códigos no sistema que permite saber dados do material. Na compra é atualizado no sistema de entradas e os valores pagos e recebidos.
Dados da locação: através de nota de serviço.	Através do Sistema ERP é permitido saber a quantidade, os prazos e o locatário são cadastrados no sistema.
Dados dos produtos: anotação em planilha de compra em Excel.	Cadastro de peças através do Sistema de Controle com dados, características, peças de manutenção, possibilidade de emissão de relatório.
Quantidade de estoque: contagem manual do estoque através do responsável em cada solicitação de serviço.	Acesso à quantidade de peças disponível, peças em manutenção, e peças locadas através do Sistema.
Serviços de Pedidos: anotados em nota de serviço/digitados através do atendimento por telefone.	As anotações são feitas no sistema no módulo de entradas e saídas de andaimes do estoque.

Fonte: Autores, (2015).

Diante disto, com o sistema implantado foi possível obter as informações dos registros de locação tendo o controle sobre o estoque e estabelecendo assim, para cada produto acessório de montagem ou modelo de andaime, um estoque mínimo demonstrado na Tabela 3:

Tabela 3 – Controle de Estoque

Estoque Mínimo de Andaimes	
Produtos	Quantidade (M ²)
Andaimes Fachadeiros	15.245
Andaime 1,5 Mecanfix	4.500
Andaime 1,30	2.000
Andaime 1 x 1,50	2.000
Andaime 1 x 1,30 industrial	2.500
Andaime Tubular	2.200

As informações averiguadas mostraram que um sistema implantado com o suporte adequado, com treinamento de seus colaboradores envolvidos, ofereceu uma redução de tempo, de custos e agilidade de ações decisórias e corretas que se realizaram com mais frequência. Antes, não se tinha total conhecimento da

quantidade de peças faziam parte do estoque e em diversas situações a contagem manual aumentava o tempo de espera do cliente e aumentava a incerteza dos dados gerados. Outro detalhe interessante, o sistema gerou a possibilidade de fazer reposições no estoque devido à depreciação das peças pelo uso nas locações. Concedendo uma melhoria consecutiva e manutenções preventivas nas peças, evitando transtornos e/ou descontinuidades dos serviços por imprevistos concernentes à qualidade dos materiais (andaimes).

A maior dificuldade para a implantação do sistema é comprovar que sua existência na empresa gera otimização nos decursos operacionais e decisórios facilitando a capacidade de desenvolver-se mais, devido aceitação e a flexibilidade dos proprietários para a sua devida implantação na empresa. [16] argumentam que as organizações poderiam alavancar sistemas integrados para alcançar melhores operações e melhor controle de custo e outros recursos, em última análise, levando a melhorias de desempenho organizacional.

V. CONCLUSÕES

A pesquisa atual tem como fim a otimização dos serviços na empresa JB Andaimes, com a implantação de um sistema de informação ERP, facilitando o controle de todos os seguimentos, principalmente o total domínio sobre o número de peças para locação e a quantidade restante para futuros serviços, na melhoria da gestão do controle de seus materiais, tendo maior destreza para o alcance das informações sobre seus produtos, agilizando o sistema operacional de controle logístico, podendo assim cumprir com os prazos preestabelecidos.

O desenvolvimento gradativo da logística em várias companhias com implantação do sistema ERP tem cooperado abundantemente para as tomadas de decisões na obtenção dos resultados a ser atingido, como estratégia no mercado competitivo. Devido à praticidade que esse sistema oferece à organização, levando em conta a agilidade da informação em momento exato de um fechamento de serviço com um cliente, abatendo os custos, diminuído a demora no atendimento aos serviços e abreviando a possibilidade de erros de informação relacionados ao número de peças disponíveis, sua implantação oferece um melhor custo/benefício para a empresa que souber treinar e capacitar seus funcionários a ter contato com o sistema, tornando-o viável. Colaborando assim, para o fechamento financeiro mensal, nas tomadas de decisões geradas no momento de inúmeras transações de negócios efetuadas com os clientes da empresa. Assegurando um acréscimo significativo a empresa no seu faturamento anual.

VI. AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE) e a Empresa JB Andaimes, pelo apoio a realização desta pesquisa.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CORRÊA, Henrique Luiz. GIANESI Irineu Gustavo Nogueira. CAON, Mauro. **Planejamento Programação e Controle da Produção – MRPII/ ERP Conceitos, Usos e Implantação**: base para SAP, Oracle Applications e outros software integrados de gestão. 5ª ed. – 2. reimpr. - São Paulo: Atlas, 2008, p.17, p.400.

[2] CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: Estratégia, planejamento e operação. – São Paulo: Prantice Hall, 2003.

[3] MOLLA. A. BHALLA. A. **ERP e Vantagem Competitiva em Países em Desenvolvimento**: o caso de uma empresa asiática Electron. J. Inf. Syst. Dev. Países, 2006.

[4] LACERDA, Leonardo. **CEL - Centro de Estudos em Logística - COPPEAD/UFRJ**. Instituto de Pós-Graduação em Administração da UFRJ. Artigo automação na armazenagem: desenvolvendo e implementando projetos de sucesso, 2005.

[5] FAVARETTO, Fábio; CUNHA, Nara Inês Pereira Vieira; ORMEROD, Paulo Ernesto Seabra Bueno. **Implantação de sistema de suporte à decisão para gerenciamento de índices de refugo**. Simpósio de Engenharia de Produção – X SIMPEP. 10 a 12 de novembro de 2003.

[6] TAVARES, Mauro Calixta. **Gestão Estratégica**. – 3ªed. – São Paulo: Atlas, 2010, p.258.

[7] MARTINS, Petrônio Garcia. LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção Fácil**. – São Paulo: Saraiva, 2012, p.150

[8] REZENDE, Denis Alcides. **Engenharia de software e sistemas de informação**. 3 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Brasport, 2005, p.316.

[9] YIN, R. K. **Estudo de caso – Planejamento e Métodos**. – 3ªed. – Porto Alegre: Bookman, 2010.

[10] PÁDUA, Elisabete Matalho Marchesini de. **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico - prática**. 10 ed. Ver. E atual. – Campinas, São Paulo: Papirus, 2008, p.70.

[11] CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 8ª.ed.Rio de Janeiro: Elsevier, 2011, p.158.

[12] OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento Estratégico: Conceitos, metodologias e práticas**. – 31º. ed. – São Paulo: Atlas, 2013, p.364.

[13] SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa 2009**. Brasília/DF, 2010, p.13.

[14] LACOMBE, Francisco José Masset. **Dicionário de administração**. São Paulo: Saraiva 2004.

[15] COSTA, Eliezer Arantes da. **Gestão Estratégica**: da empresa que temos para empresa que queremos. – 2º. ed.– São Paulo: Saraiva, 2007.

[16] CHAPMAN, C. S. KIHN L.A. **Integração de sistemas de informação**: permitindo o controle e o desempenho Conta. Órgão. Soc., 34 (2009), p. 151-169.

[17] MENDES, Juliana V.; ESCRIVÃO, Edmundo F. **Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um Confronto entre o Referencial Teórico e a Prática Empresarial**. *Gestão & Produção*, v. 9, n. 3, 2002, p.277 – 296.

[18] MORAES, Natacha. **Seleção de sistemas de gestão e o impacto no processo de implantação**: Um estudo de casos múltiplos. Dissertação (Análise de Sistemas do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2003.



Corrective maintenance unplanned urban transport vehicles in the city of Manaus and its impact on costs

Edry Antonio García Cisneros¹, João Evangelista Netto², José Costa de Macêdo Neto³, Tirso Lorenzo Reyes Carvajal⁴

Drs. ^{1,2,3}Escola Superior de Tecnologia, Universidad del Estado de Amazonas. Ave. Darcy Vargas 1200, Parque Dez CP 69050-020. Manaus, AM, Brasil.

Dr. ⁴Instituto e Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, Nº . 1950. CEP: 69005-080. Manaus. Amazonas.

E-mails: edry1961cu@gmail.com; joao_evangelista_netto@yahoo.com; jotacostaneto@gmail.com; tirsolrca@gmail.com

ABSTRACT

Maintaining occupies a special place in the development of any carrier in the world and therefore is considered as a key sector. Under current conditions in which it is increasingly clear the need to reduce operating costs and maximize the performance of transportation, maintenance work can just improve such conditions. However, to be considered as an effective area which can ensure the efficiency requirements of the industry is important that this work using indicators to measure and evaluate the maintenance process. In this work the experience gained in a transport company bus in the city of Manaus, where he was made an analysis of the maintenance process in vehicles of urban public transport in the city of Manaus in an undertaking of great size by presents the assessment indicators failure rate and maintenance costs for engine, transmission and propeller bridge model VW bus 17 230 E OD, being the most used in the entity. The results show that it is these items the greater frequency of failures and therefore causing a substantial increase in maintenance costs and that corrective actions even solve the faults are not the most appropriate for the current conditions where efficiency is the watchword.

Keywords: Maintenance, transport, maintenance indicator.

Mantenimiento correctivo no planeado en vehículos de transporte urbano en la ciudad de Manaus y su incidencia en los costos.

RESUMEN

El mantenimiento ocupa un lugar especial en el desarrollo de cualquier empresa de transporte en el mundo y por eso es considerado como un sector clave. En las condiciones actuales en las que resulta cada vez más evidente la necesidad de reducir costos operativos y maximizar el rendimiento de los medios de transporte, la labor de mantenimiento permite justamente mejorar tales condiciones. Sin embargo, para ser considerada como un área efectiva que pueda asegurar los requerimientos de eficiencia de la industria es importante que esta labor utilice indicadores que permitan cuantificar y evaluar el proceso de mantenimiento. En este trabajo se presenta la experiencia desarrollada en una empresa de transporte de autobuses en la ciudad de Manaus, donde fue realizado un análisis del proceso de mantenimiento en los vehículos de transporte público urbano en la ciudad de Manaus en una empresa de gran porte mediante la evaluación de indicadores de frecuencia de fallas y costos de mantenimiento de motor, caja y puente propulsor de los ómnibus modelo VW 17 230 E OD, por ser los más utilizados en dicha entidad. Los resultados muestran que son estos ítems los de mayores frecuencias de fallas y por tanto los que causan un sustantivo incremento de los costos de mantenimiento y que las acciones correctivas aunque solucionan las fallas no son las más indicadas en las condiciones actuales donde la eficiencia es la palabra de orden.

Palabras clave: soldabilidad; herramientas de calidad; proceso SMT; tablet.

I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Manaus existen varias empresas dedicadas al servicio de transporte urbano colectivo y es posible apreciar que el número total de vehículos que componen cada una

de estas es también muy variado pudiendo oscilar entre La composición de ómnibus en estas también es 5 y 7 hasta más de 200. A su vez el estado técnico de las vías por donde circulan estos medios casi nunca es el más adecuado debido al lógico envejecimiento por el paso del tiempo y también a la sobre

explotación de las mismas sobre todo en los horarios llamados de pico. En este contexto el mantenimiento tiene entonces la misión de asegurar para los ómnibus las mejores condiciones técnicas posibles de forma tal que se pueda lograr la transportación colectiva en una ciudad cuya población asciende a más de dos millones de habitantes y que este tipo de transportación como el principal a falta de otros alternativos.

El gobierno local a través de la Fundación de Apoyo a la Investigación de Amazonas (FAPEAM) así como el nacional mediante el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil (CNPq) conscientes de esta situación aportan recursos para el desarrollo de investigaciones tendientes a mejorar la actividad del transporte y dentro de esta al tema del mantenimiento.

La sociedad brasilera de normas técnicas (ABNT, 1991) define al mantenimiento como el conjunto de acciones necesarias para que un ítems sea conservado o restaurado de forma tal que pueda mantener su estado técnico específico.

Las actividades de mantenimiento tiene la finalidad de mantener el equipo en condiciones adecuadas de funcionamiento. Estas actividades se pueden clasificadas como: Mantenimiento correctivo planificado y no planificado, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento detectivo y ingeniería de mantenimiento [1]. Estos autores define el objetivo del mantenimiento como: el objetivo de garantizar a disponibilidad de funcionamiento de los equipos e instalaciones de forma tal que aseguren el proceso de producción o servicio con confiabilidad, seguridad preservando el medio ambiente y con costos adecuados.

En el transcurso del tiempo la actividad de mantenimiento ha ido evolucionando hacia formas cada vez superiores, sin embargo es posible afirmar que cada tipo de mantenimiento ha ido perfeccionando esta actividad y hoy el uso de uno u otro depende fundamentalmente del condicionamiento económico y técnico.

Todas las fases de mantenimiento y operación de los equipos tienen por objetivo supremo asegurar la función de los equipamientos, sistemas e instalaciones durante el transcurso de su vida útil y la no degeneración de su desempeño

El uso de indicadores tanto técnicos como económicos es una práctica habitual hoy en día en las empresas de excelencia y también es posible encontrar indicadores comunes en diferentes procesos y países.

En el caso de las empresas de transporte el mantenimiento correctivo aún es muy utilizado en muchas empresas dado fundamentalmente por las condiciones económicas como por la carencia de personal técnico con la capacitación adecuada para elevar a planos superiores esta importante actividad.

Analizando los resultados en la actividad del transporte es posible también afirmar que la actividad de mantenimiento

preventivo y predictivo pueden ser consideradas entre las más adecuadas desde el punto de vista de la disminución de costos por el hecho de la disminución por anticipación de las fallas y otros problemas operacionales.

De acuerdo con [2] comentan sobre la complementariedad de estos dos tipos de mantenimientos y a la vez que con esto es posible cambiar un ítem no de acuerdo a su tiempo de uso sino debido a su estado técnico evitando con esto gastos innecesarios.

El planeamiento del mantenimiento incrementa las posibilidades de intervención justamente en el momento crítico estableciendo entonces el óptimo para la corrección de fallas que permitan eliminar después el riesgo de paradas totales por falta de mantenimiento.

En este trabajo se presenta la experiencia desarrollada en una empresa de transporte de autobuses en la ciudad de Manaus, donde fue realizado un análisis del proceso de mantenimiento en los vehículos de transporte público urbano en la ciudad de Manaus en una empresa de gran porte mediante la evaluación de indicadores de fallas totales en el periodo analizado y costos de mantenimiento de motor, caja y puente propulsor de los ómnibus modelo VW 17 230 E OD, por ser los más utilizados en dicha entidad. Los resultados muestran que estas fallas son solucionadas por acciones correctivas y causan un sustantivo incremento de los costos de mantenimiento, además este proceder correctivo, aunque solucionan las fallas, no son las más indicadas en las condiciones actuales donde la eficiencia es la palabra de orden.

II. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada en el trabajo para el análisis del mantenimiento en la empresa se basó en la información disponible por la empresa. Se utilizó el método de análisis y síntesis de la información disponible así como la estadística descriptiva. Los indicadores calculados muestran la real situación de la misma y posibilitan la toma de decisiones para las acciones de mejoras.

Determinación de la situación problemática, campo, objeto de estudio y objetivo de la investigación.

Situación problemática:

El departamento de mantenimiento de la empresa donde se realizó la investigación que opera una flota de vehículos destinados para la transportación colectiva de pasajeros en la ciudad de manaos del Estado de Amazonas, Brasil, no adopta un plan de mantenimiento preventivo como es recomendado por los fabricantes del parque de vehículos y crea su plan basado fundamentalmente a partir de una perspectiva basada en la intervención con el objetivo de realizar reparaciones y realizadas frecuentemente una vez ocurridas las fallas en estos vehículos lo que trae como consecuencia que estas acciones sean del tipo de respuesta correctiva aunque sea mejor acciones

preventivas como es sugerido por los fabricantes de estos vehículos. Además, se pudo observar que no siempre se cuenta con la información necesaria que posibilite la adopción de otras acciones preventivas.

En la empresa no existe un banco de datos para las acciones de mantenimiento que posibilite profundizar en informaciones relacionadas con los intervalos de sustitución de todos los ítems de estos vehículos para las diferentes situaciones de operación de estos medios, además la verificación de las condiciones técnicas de estos son realizadas de forma empírica cuando los operadores o choferes inician el proceso de trabajo de estos vehículos es por ello que prima la condición correctiva que es realizada una vez detectada la falla. Los ítems donde se constató mayor frecuencias de ocurrencias de fallas fueron el motor, la caja de velocidades y el puente propulsor respectivamente.

Derivada de esta problemática se determina como **campo de la investigación** el proceso de mantenimiento de vehículos de la empresa y como objeto de estudio el ítem motor, el ítem caja y el ítem puente propulsor.

Como **objeto de la investigación** se plantea entonces la evaluación del proceso de mantenimiento del objeto de estudio mediante el uso de indicadores de mantenimiento.

Selección de los indicadores de mantenimiento de la empresa.

Para cumplimentar el objetivo propuesto se utilizaron los siguientes indicadores:

- Fallas totales en los ítems motor, caja de velocidades y en el ítem puente propulsor.
- Costo de mantenimiento correctivo del ítem motor.
- Costo de mantenimiento correctivo del ítem de velocidades.
- Costo de mantenimiento correctivo del ítem puente propulsor y árbol cardan

Colección de datos.

Para el desarrollo de la investigación se realizó la colecta de datos en el período comprendido entre los meses de enero y octubre del año 2014. Fueron consultados los documentos disponibles por la empresa contentiva de informaciones esenciales para el estudio de la política de mantenimiento adoptada y se tomó como referencia la información suministrada sobre el historial de mantenimiento de los ómnibus, los tiempos de paradas para la reparación y los costos de estas operaciones. La investigación abarcó el estudio de estos tres ítems en los ómnibus modelo VW 17.230 por representar el 73,41 % del parque de vehículos existentes en la empresa.

Procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información fue utilizado el sistema Microsoft Excel por las ventajas del mismo como

disponibilidad, posibilidades en el tratamiento estadístico de la información, y rapidez en el procesamiento de la información así como las posibilidades de salidas gráficas e numéricas de los resultados.

III. RESULTADOS

Análisis del indicador fallas totales en los tres ítems en el período evaluado.

En posición de los datos colectados en los registros de mantenimiento en el período de enero a octubre de 2014 fue posible realizar el levantamiento del indicador número total de fallas en este período para los ítems motor, caja de velocidades y puente propulsor (Gráfico 1).

La gráfica 1 muestra que los mayores valores en las fallas totales en el período corresponden a los ítems motor y caja de velocidades con 163 y 160 fallas respectivamente mientras que el menor valor fue en el ítem puente propulsor con 55 fallas.

Gráfico 1 – Fallas totales de los tres ítems en el período evaluado



Fuente: Autores, (2016).

Los principales problemas relacionados con las fallas del ítem motor diesel MWM según el levantamiento de datos realizado están relacionadas con bajo niveles de aceite en el motor por fugas en las tuberías, fallas en las bombas de aceite, obstrucciones en los orificios de captura del aceite en el Carter y pérdida de presión en el bombeo a los cojinetes por excesivas holguras en estos y también en las bielas. Estas fallas sugieren falta de sistematicidad en las labores de mantenimiento.

En la caja de velocidades las principales fallas están asociadas a desgastes en los engranes de las marchas centradas fundamentalmente en la tercera y cuarta marcha.

En el estudio del puente propulsor las principales fallas están asociadas también a desgastes tanto en la corona del diferencial como en el piñón de ataque del mismo.

Las probables causas de estas fallas pueden relacionarse a problemas de operación de los ómnibus y al proceso de envejecimiento de esta técnica.

Estos ómnibus son utilizados en la ciudad donde las condiciones viales no son óptimas, la calidad técnica de las vías no son las mejores en la ciudad por lo que es posible apreciar la existencia de insuficiencias como estrechez de las calles, irregularidades y obstrucciones en las vías de transportación dados por el envejecimiento de la ciudad y la falta de mantenimiento de la red vial.

También es posible relacionar el sobre uso de los ómnibus en los llamados horarios picos de la ciudad donde ocurre el mayor tránsito (entre las 7.00 am y 9.00 am; las 11.00 am y las 15.00 horas y entre las 17.00 y 20.00 horas) y que corresponden también a los períodos de mayor aglomeración de la población y por consiguiente de mayor nivel de ocupación de las capacidades de carga de estos vehículos que en ocasiones llegan a sobre uso de estas capacidades.

Además de estos factores se puede plantear también las insuficiencias en la sistematicidad y selección adecuada del tipo de actividad de mantenimiento en la empresa así como el envejecimiento de los ómnibus.

Análisis de los costos del mantenimiento correctivo realizado en el ítem motor.

Cuando existen fallas en los motores se produce entonces un incremento de los costos pues esto implica un mayor tiempo de inactividad debido a la realización del mantenimiento correctivo que conlleva al necesario proceso de inspección, desarme, cambio del ítem o reparación de una parte de este (que generalmente es una actividad compleja que puede incluir desde la rectificación del block, el desarme del conjunto pistón cilindro aros, etc hasta la sustitución de una parte de este conjunto o el conjunto completo como sucedería por ejemplo en el caso de que fuera los inyectores y sus agujas.

En el caso de la mencionada empresa además de las complejidades propias de esta actividad muchas veces las piezas necesarias no se encontraban disponibles en el mercado local lo que provocó mayor tiempo en la actividad de gestión y compra de la misma en otros mercados del país. Como resultado el plazo de espera para reparar este ítem según documentos revisados y constatado por los propios mecánicos fue de 120 días.

Los valores de los costos de las piezas utilizadas en el mantenimiento correctivo del ítem motor son mostrados en la tabla a seguir:

Tabla 1. Costos de mnto correctivo en ítem motor.

Valores en piezas usadas en el mantenimiento correctivo			
Ítem Motor	Canti dad	Valor Unitario, R\$	Valor, R\$
Rectificación del block	1	2585,25	2585,25

Camisa del motor MWM D – 229/17.230	6	137,72	826,32
Kit pistón MWM D-229/17.230	6	110,90	665,40
Biela motor MWM 6.12 VWO	6	294,05	1764,30
Metales del Cojinete de deslizamiento del apoyo	12	41,78	501,36
Metales del Cojinete de deslizamiento de la biela	12	22,53	270,36
Kit aros MWM 6.12 17.230	1	84,27	84,27
Metales de las bielas MWM 6.12 17.230	6	19,40	116,40
Arandela de presión MWM 6.12 / AE 112 P – 0.25	1	29,76	29,76
Válvula de admisión	6	19,77	118,62
Válvula de escape	6	37,95	227,70
Guía de la válvula de admisión MWM 6.12/D 230	6	10,60	63,60
Guía de la válvula de escape MWM 6.12/D 230	6	13,85	83,10
Empujador de la válvula MWM 6.12/T / TCA 6.12 17.230	12	16,42	197,04
Junta de la culata MWM D 230/6.12 SCEURO III	6	36,88	221,28
Tubo de combustible VWO 17.230 EOD filtro	2	60,58	121,16
Tubo lubricante 962 / PSL -962/OC60 filtro	1	21,50	21,50
Total R\$			7932,77

Fuente: Autores, (2016).

Partiendo de los costos de las piezas utilizadas para el mantenimiento correctivo del ítem motor (R\$ 7932,77) y del tiempo medio de parada para la solución de los fallos (120 días) es posible entonces determinar el valor medio dejado de recaudar en el período de parada para la reparación por la falla del motor diesel del vehículo de pasajeros.

Tabla 2. Valor medio de dejado de recaudar en el período ítem motor.

Indicador	Valor, R\$
Días de espera por carro parado por reparación del ítem motor	120 días
Cantidad media diarias de pasajes	1428,00
Valor unitario de cada pasaje en ómnibus	2,75
Valor medio diario de recaudación	3927,00
Valor medio dejado de recaudar por concepto de parada del ómnibus para reparar motor	471 240,00

Fuente: Autores, (2016).

Calculando entonces el valor dejado de recaudar debido a una falla del ítem motor de un vehículo que exige una intervención correctiva no planeada con una duración media de 120 días implica una pérdida financiera de media R\$ 471240,00. Como se aprecia es un valor significativo.

Análisis de los costos del mantenimiento correctivo realizado en el ítem caja de velocidades.

Del mismo modo los costos relacionados a las fallas en la caja de velocidades que tienen como causa principal el bajo nivel de aceite lubricante, la falta de mantenimiento a la hora debida (sobre uso del lubricante) así como la utilización de kit del embrague no apropiado con la caja de velocidades para este tipo de vehículo, así como el uso de piezas con baja calidad técnica conllevan a la compra y sustitución de varias piezas como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3 - Costos relacionados a las fallas en ítem caja de velocidades.

Defectos derivados de la falta de mantenimiento preventivo			
Caja de cambio de velocidades	Bajo nivel de aceite lubricante		
	Sobre uso del lubricante		
	Utilización de kit de embrague incompatible con la caja de cambio		
	Utilización de piezas de baja calidad		
Valores de las piezas utilizadas en el mantenimiento correctivo			
Ítem Caja de velocidades	Cantidad	Valor Unitario, R\$	Valor, R\$
Eje piloto de cambio FSD 6406	1	776,98	776,98
Cubierta sincronizador	1	161,02	161,02
engranaje móvil 3ra marcha FSB 6406A	1	518,73	518,73
Engranaje fijo 3ra marcha FSB 6206 ^a VWO	1	623,86	623,86
Engranaje móvil 4ta marcha 3003234 VWO FSB 6406A	1	272,55	272,55
Engranaje fijo 4ta marcha FSB 6406A VWO	1	367,63	367,63
Buje del eje del tenedor VWO	10	8,51	85,10
Sincronizador 3ra e 4ta marchas VWO 2 RK 311319 FSB 5405 A	1	749,00	749,00
Total, R\$			3 554,87

Fuente: Autores, (2016).

Basado en los costos de adquisición de esas piezas para el mantenimiento correctivo en ítem caja de velocidades (R\$ 3554,87) y del tiempo medio de espera para la reparación (60 días) fue posible determinar el valor medio dejado de recaudar en el periodo de parada por fallas de este ítem. Los valores son mostrados en la tabla 4.

Tabla 4 - Valor medio dejado de recaudar en el periodo ítem caja de velocidades

Denominación	Valor, R\$
Cantidad de días parados por espera para reparación	60
Número medio de pasajeros por día	1428
Valor unitario de cada pasaje	R\$ 2,75
Valor medio dejado de recaudar durante el periodo de parada por reparación	R\$ 235 620,00

Fuente: Autores, (2016).

Por consiguiente las fallas ocurridas en el periodo analizado en el ítem caja de velocidades incidieron también en importantes pérdidas de recaudación en los 60 días de paradas para reparación alcanzando un valor ascendiente a R\$ 235 620,00.

Costos de mantenimiento correctivo del ítem Puente propulsor: Usando la misma metodología, se procedió a la determinación de los costos derivados de la adquisición de piezas para la reposición por fallas y/o problemas técnicos en el ítem puente propulsor de los ómnibus, fue constatado como las fallas más frecuentes: Falla de la cruceta del árbol cardan, así como salideros de aceite del puente propulsor por las ruedas traseras y ruido en el núcleo del diferencial del puente propulsor (este ruido evidentemente se relaciona a ajustes y regulaciones entre el piñón de ataque y la corona del diferencial).

Tabla 5. Costos relacionados a las fallas en ítem Puente Propulsor y Árbol Cardan.

ítem puente propulsor	Rotura de la junta homocinética		
	Ruido en el diferencial		
	Salideros de aceite en el puente propulsor por las ruedas traseras		
Valores de las piezas utilizadas en el mantenimiento correctivo			
Ítem Puente propulsor	Cantidad	Valor Unitario, R\$	Valor, R\$
Cojinete de rodamiento VWO	2	67,59	135,18
Tornillo cardan VWO / dedos 3/8	20	1,47	29,40
Cruceta del árbol cardan OF1721/VWO17.2	4	41,00	164,00
Forro protector del árbol cardan	1	180,00	180,00
Terminal Yoke central VWO17210-349	2	109,09	218,18
Conjunto piñón y corona del diferencial	1	1 830,90	1 830,90
Caja de satélites	1	2 088,22	2 088,22
Total R\$			4 645,88

Fuente: Autores, (2016).

Basándonos entonces en los costos de adquisición de piezas para el mantenimiento correctivo del ítem puente propulsor y árbol cardan que ascendió en el período analizado a 4 645,88 y del tiempo medio de espera para reparación (15 días) fue calculado el valor medio dejado de recaudar en el período de esta parada por los problemas anteriormente mencionados. Los resultados son mostrados en la tabla 6.

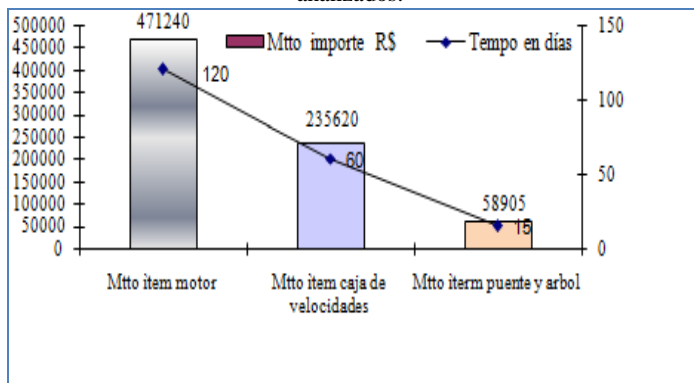
Tabla 6. Valor medio dejado de recaudar en el periodo ítem puente propulsor y árbol cardan.

Denominación	Valor , R\$
Valor medio dejado de recaudar durante el periodo de parada por reparación	15
Número medio de pasajeros por día	1428
Valor unitario de cada pasaje	R\$ 2,75
Totales, R\$	R\$ 58 905,00

Fuente: Autores, (2016).

Por tanto esas fallas o problemas técnicos en el puente y árbol cardan de los ómnibus analizados en el periodo e la investigación acarrear igualmente pérdidas significativas pues resulta que el tiempo medio es considerado elevado (15 días) de inactividad productiva lo que representa por concepto de dinero dejado de recaudar un valor ascendente a R\$ 58 905,00.

Grafico 2. Costos y pedidas de recaudación por fallas en los tres ítems analizados.



Fuente: Autores, (2016).

Como es mostrado en el gráfico 2, los costos y pérdidas por ómnibus parados por causas asociadas a mantenimiento correctivo no programados resultaron muy elevados en los casos de los motores Diesel, esto es comprensible pues este ítem es de los tres analizados el más complejo por la cantidad de piezas y sistemas mecánicos componentes y por lo tanto demanda más tiempo de servicio tanto para el proceso de desarme, el de defectación como también para los procesos de reparación y sustitución de las piezas y o conjuntos y sistemas con fallas que resultaron irreparables, todo este implicó un tiempo de paradas considerado muy elevado (120 días) si es comparado con los tiempos de reparación de los restantes ítem analizados.

A partir del análisis realizado con relación al tipo de mantenimiento adoptado (en este caso correctivo no planificado) y de las repercusiones en términos de costos y pérdidas de dinero dejado de recaudar para esta empresa por la forma de respuesta que esta adoptó ante los problemas técnicos y fallas surgidas en los tres ítem analizados fue posible obtener informaciones esenciales para el desarrollo de un plan de acciones preventivas las cuales podrían en el futuro reducir significativamente estos costos y pérdidas lo que mejoraría el desempeño operacional de estos vehículos.

IV. CONCLUSIONES

Los ítems que sistemáticamente causan fallas significativas en el rendimiento operacional de los ómnibus de transporte colectivo en al ciudad y que provocan un incremento en los costos de mtto y pérdidas por concepto de dinero dejado de recaudar por paradas para reparación resultaron ser: Motor, caja de velocidades y puente propulsor y árbol cardan respectivamente.

Fue demostrado que las acciones correctivas pueden resolver el problema en el momento de ocurrencia de la falla pero tienen una incidencia negativa por el hecho de que al no estar planeada produce el mencionado incremento de los costos debido a que no siempre se cuenta con las piezas de repuesto en almacén.

En los costos totales por conceptos de mantenimiento inciden también otros factores que van desde el propio estado técnico de los ómnibus, el clima, el estado técnico de las vías de transportación, los horarios de trabajo hasta las habilidades y conocimientos de los choferes por lo que las acciones encaminadas a resolver estos problemas deben tener un carácter integrador.

V. AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento o a la Fundación de apoyo a la investigación del estado de Amazonas (FAPEAM) así como al Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Brasil (CNPq) por su apoyo técnico y financiero en el desarrollo de esta investigación. A los directivos y obreros de la empresa de ómnibus urbano de la ciudad de Manaus donde se desarrolló la investigación por su apoyo durante todo el período de la investigación. A la dirección de la EST y de la UEA por su apoyo en la investigación.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar un planeamiento objetivo de los proceso de mantenimiento que consideren estas valoraciones y que incluyan también acciones de capacitación no solo a operarios sino a todo el personal técnico de la empresa.

VII. BIBLIOGRAFÍA

[1] PINTO, A. K., XAVIER, J. N. **Mantenimiento:** Función estratégica. Río de Janeiro. Qualitymark, 2001.

[2] NAVEGA, M. B. J.; DAUMAS JÚNIOR, O. E. F. **Mantenimiento Predictivo en motores.** Bolsista de Valor: Revista de divulgación del Proyecto Universidad Petrobras y IF Fluminense, v. 2, n. 1, p. 173-177, 2012.

[3] DIAS, A.; CASTRO, J.R.P.; FARINA, Everton; MELGAR, Oscar Bernardo Ancieta; Kagueiama, H.A. **Análise de operação e manutenção de frota de ônibus para redução do consumo de diesel em empresas de transporte coletivo.** 2007.

[4] DIAS, A., CASTRO J.R.P., MATOS, F.F. de C., **Projeto e implementação da manutenção em frotas: um relato de experiência, Revista Mantener del Comité Panamericano de Ingeniería del Mantenimiento da la UPADI–** www.mantenimientomundial.com. ano 3, n.10,p.37-49, Buenos Aires, Argentina, setembro, 2002.

[5] DIRECTORATE-GENERAL ENERGY AND TRANSPORT, Transport, disponível em http://ec.europa.eu/transport/index_en.html, acessado em julho 2007.

[6] ECODRIVEN, **Evaluation of Eco Driving.** Disponível em <http://www.ecodrive.org>, acessado em julho 2014.

[7] **ECO-DRIVING EUROPE.** Disponível em <http://www.ecodrive.at>, acessado julho 2014.

[8] FUEL ECONOMY.**Energy Efficiency.**Disponível em <http://www.fueleconomy.gov/>,acessado em julho 2007.

[9] IDAE. **Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera.** Madrid, Janeiro de 2006, Disponível em <<http://www.idae.es/>>, Acessado em Novembro 2014.

[10] OLIVEIRA, C. A. de; ROSA, A. da. **Motores de combustión interna–alcohol y gasolina.** Santa María: CEP SENAI, 2008.

[11] LEANDRO, M. J.; GRZESZESZYN, G. **Gestión de costos indirectos – costos de mantenimiento industrial.** Revista Electrónica Lato Sensu, 2008.



Reverse Logistics Competitiveness Factor And Sustainability In Companies

¹Adriana de Souza Miranda, ²Rosimary Sevalho do Nascimento Santana, ³Rosimeire Freires Pereira Oliveira, ⁴Sidney dos Santos Oliveira

¹Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil. (cfss.camila@gmail.com)

²Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil.

³Faculdade Estácio Amazonas. Av. Djalma Batista, Chapada-Manaus – Amazonas – Brasil. (rosimeirefpol@yahoo.com.br)

⁴Secretaria de Educação e Desporto-SEDUC-Manaus- Amazonas-Brasil (sidneyoliveira54@yahoo.com.br)

ABSTRACT

This study aims to conduct a study on reverse logistics that include environmental issues and industrial waste, which currently is a very subject matter, through the concept of sustainable production. The general objective of this research is to evaluate the reverse logistics and its competitive and sustainable potential in organizations. The research is a qualitative approach, used technical procedures will be of the research literature, in order to collect and compile information for analyzing the different positions on the issue of research, will take into account the characteristics that ensure competitiveness and sustainability to companies on track economic, social and environmental through its various business goals. In summary, analyzing the sharp concern for the preservation and survival of the planet in recent decades, reverse logistics has become a strategic tool for business development and mechanism of differentiation of the corporate image.

Keywords: Sustainability. Competitiveness. Reutilization. Environment.

Logística reversa fator de competitividade e sustentabilidade nas empresas

RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de realizar um estudo acerca da logística reversa que incluem as questões ambientais e os resíduos industriais, que atualmente, é um assunto bastante abordado, por meio do conceito de produção sustentável. O objetivo Geral desta pesquisa é avaliar a logística reversa e o seu potencial competitivo e sustentável nas organizações. A pesquisa será na abordagem qualitativa, os procedimentos técnicos utilizados será do tipo pesquisa bibliográfica, com a finalidade de recolher e compilar informações para análise das diversas posições acerca do problema da pesquisa, levará em consideração as características que garantirão competitividade e sustentabilidade às empresas nos eixos econômicos, social e ambiental por meio dos seus vários objetivos empresariais. Em síntese, analisando a acentuada preocupação de preservação e sobrevivência do planeta nas últimas décadas, a logística reversa passou a ser um instrumento estratégico para desenvolvimento empresarial e mecanismo de diferenciação da imagem corporativa.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Competitividade. Reaproveitamento. Meio Ambiente.

I. INTRODUÇÃO

O mundo vive sob pressão, a globalização coloca em pauta os desastres ambientais, o destino do planeta, o aquecimento global, assim como, o provável esgotamento de insumos importantes para as indústrias.

Estas perspectivas acendeu o alerta para uma maior conscientização de preservação vinda de todas as áreas se caso, não se tome providências para controlar a poluição e todos os impactos negativos ambientais, a vida no planeta poderá se tornar inviável [1].

No que se refere a perspectiva ambiental origem para preocupações com relação ao desenvolvimento mundial e os recursos necessários para a sobrevivência, as corporações aparentemente estão mais interessadas em uma gestão empresarial sustentável, visando a atual conscientização ecológica sobre tudo suprir a essa nova demanda consciente, respondendo as pressões legais sociais e ambientais para amenizar a degradação causada ao meio ambiente e assim, promover desenvolvimento gradual para o negócio.

Analisando as exigências atuais de preservação ambiental, a logística reversa e suas influências servirá para diminuir os problemas com relação aos impactos ambientais, por meio do gerenciamento adequado do volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados após o ciclo de vida útil dos produtos.

Desse modo, há necessidade que se criem estratégias para que ocorra equilíbrio entre os processos produtivos e os recursos naturais, que possam favorecer um desenvolvimento econômico de padrões sustentáveis.

Quando as organizações decidem adotar em sua gestão estratégica um sistema de logística reversa buscam criar de forma estratégica, canais reversos de responsabilidade pelo ciclo de vida dos seus produtos.

Diante do exposto surgiu a seguinte problemática. Como a logística reversa poderá ser um fator de competitividade e sustentabilidade nas empresas?

A justificativa acerca do estudo considera a importância da ferramenta logística reversa nas empresas, que adotam uma gestão ambiental competente e responsável pelos efeitos causados por seus produtos e serviços no meio ambiente, utilizam desse mecanismo para elaborar estratégias, atuando para reduzir impactos ambientais, levando em consideração a gestão ambiental e potencializando-se para alcançar ganhos de competitividade e sustentabilidade nas organizações.

O objetivo Geral desta pesquisa é avaliar a logística reversa e o seu potencial competitivo e sustentável nas organizações. E os seguintes objetivos específicos são: explicar como funcionam os fluxos diretos e reversos; verificar a influência do ciclo de vida dos produtos na prática reversa; identificar a eficiência dos canais reversos no alcance dos objetivos empresariais e ambientais; averiguar os impactos da logística reversa para estabelecer ganhos competitividade.

Contudo, existe nos últimos anos uma maior conscientização dos executivos de empresas no que se diz respeito ao valor ético empresarial como diferencial competitivo.

Empresas mais responsáveis estão buscando tomar ações que reduzam os impactos causados por seus produtos e processos ao meio ambiente.

II. METODOLOGIA

Na expectativa de encontrar respostas para a problemática da pesquisa será aplicada a abordagem qualitativa.

Atendendo ao critério de classificação da pesquisa indicado por [2], os procedimentos técnicos utilizados para o desenvolvimento do tema, constitui do tipo bibliográfica, elaborada a partir do levantamento de obras, pesquisas e trabalhos anteriormente realizados sobre o tema, analisadas e publicadas, por meio de livros, artigos científicos, dissertações, páginas de web sites dentre outras, com o propósito de recolher e

compilar informações prévias para aquisição de diversos conhecimentos acerca do problema da pesquisa.

III. LOGÍSTICA REVERSA FATOR DE COMPETITIVIDADE E SUSTENTABILIDADE NAS EMPRESAS

III.1. LOGÍSTICA REVERSA DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO

No cenário atual, muito se discute sobre os impactos ao meio ambiente, a questão desenvolvimento sustentável tornou-se uma preocupação mundial, as mídias anunciam constantemente as mudanças sofridas no planeta que impactam na sobrevivência e no progresso.

Supondo que, para reduzir os problemas causados ao meio ambiente, o lixo descartado inadequadamente na natureza, um dia já foi um produto. Por isso, para reduzir a poluição ambiental à logística reversa tratam do retorno dos materiais ao ciclo dos negócios, devido a crescente preocupação ecológica e com leis ambientais mais rígidas, as empresas estão se pautando da logística reversa como mecanismo para se tornarem mais competitivas e sustentáveis.

Para [3] define a logística reversa como sendo uma área que precisa ser devidamente administrada para que esta, possa agregar valor de diversas formas. Podemos observar a seguir: É a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-vendas e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa dentre outros.

Constata-se que a logística reversa, precisa ser bem conduzida para que os produtos de pós-venda e pós-consumo retornem por meio de seus canais reversos de distribuição para que estes adicionem valor, seja, por caráter ambiental, cooperativo, legal entre outras razões.

De acordo com [4] apresentam uma definição transdisciplinar que explica a logística reversa como uma cadeia de beneficiamento que deverá minimizar os impactos negativos maximizando os impactos positivos, conseqüente: É o processo de recuperação dos resíduos de pós-venda ou pós-consumo, pela coleta, pré-tratamento, beneficiamento e distribuição, de forma a ou retorná-los a cadeia produtiva, ou dar-lhes destinação final adequada. Deve focar a minimização dos rejeitos e dos impactos negativos e a maximização dos impactos positivos, sejam ambientais, sociais e econômicos.

Entende-se que, a cadeia reversa recupera os resíduos de produtos após serem consumidos ou vendidos do tratamento a destinação final, com a finalidade de maximizar os impactos positivos, beneficiando a cadeia produtiva e o ambiente externo organizacional.

III.2. CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIRETOS E REVERSOS

De acordo com [3] os canais de distribuição diretos, ou somente canais de distribuição como são comumente conhecidos, são formados por diversas etapas pelas quais bens e serviços são produzidos e comercializados, até chegar nos consumidores finais, seja uma empresa ou uma pessoa física.

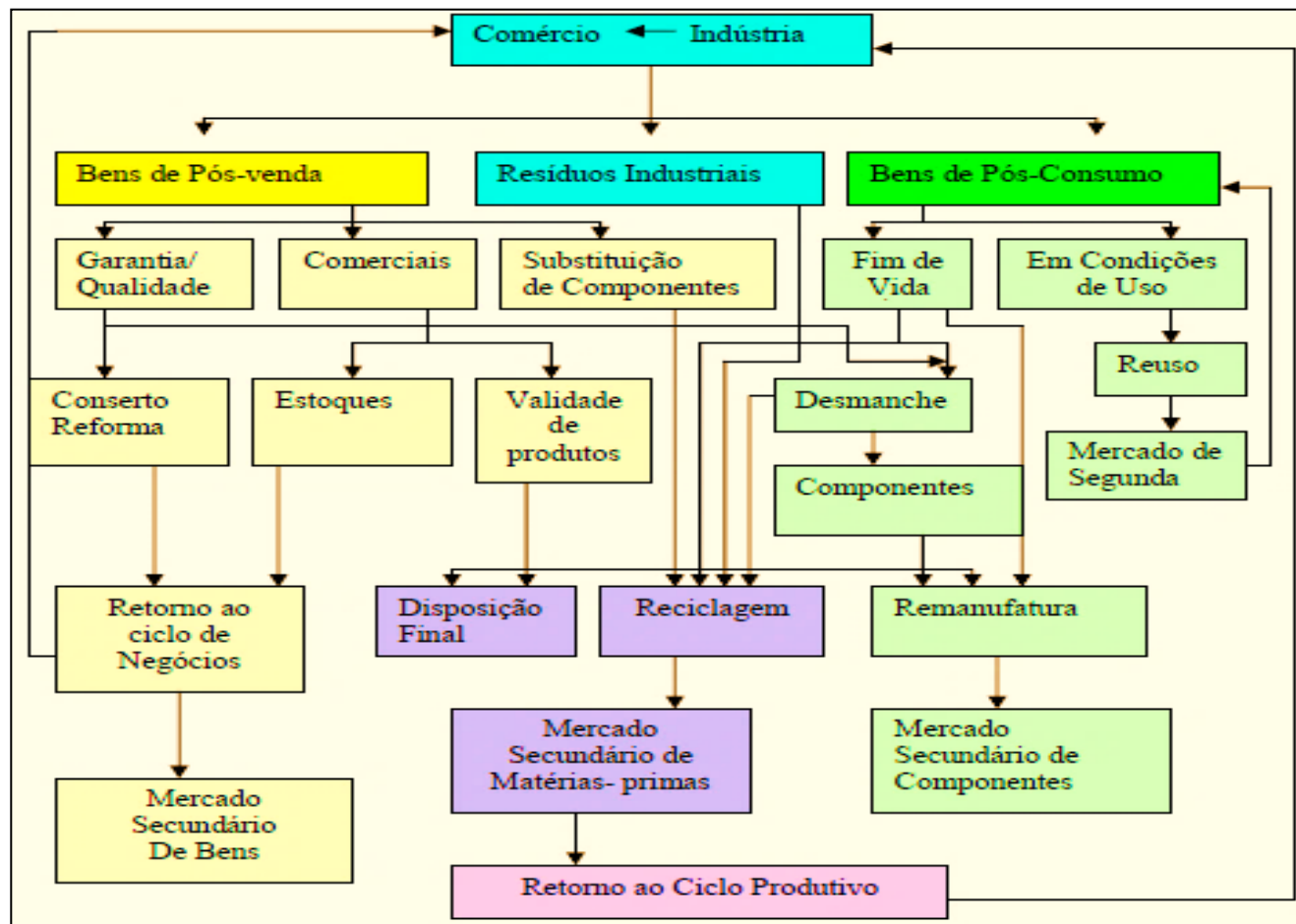


Figura 1- Foco de atuação da Logística Reversa.

Fonte: Leite (2009, 9. 20).

Segundo [3] a logística pós-venda: são produtos que retornam ao ciclo produtivo por defeitos de fabricação ou funcionamento; diversos motivos comerciais; *recall*, ou seja, término de validade ou problemas observados após a venda; substituições de componentes para manutenções ou consertos.

Assim, a logística pós-consumo: são produtos que retornam dependendo das condições de uso para o reuso; ou serem recuperados, reaproveitados em outros processos; ou até mesmo quando chegam ao fim do seu ciclo de vida útil recebem uma disposição final adequada.

Simplificando, o termo logística reversa no âmbito empresarial, pode-se afirmar, que é uma ferramenta importante ao se tratar do gerenciamento adequado que reincorporam os resíduos ao ciclo produtivo, por meio de reciclagem, reutilização, reuso, técnicas de manutenção e consertos, retorno, e destinação final adequada inclusos em seus canais reversos de pós-venda e pós-consumo beneficiando a revalorização dos bens produzidos na cadeia produtiva.

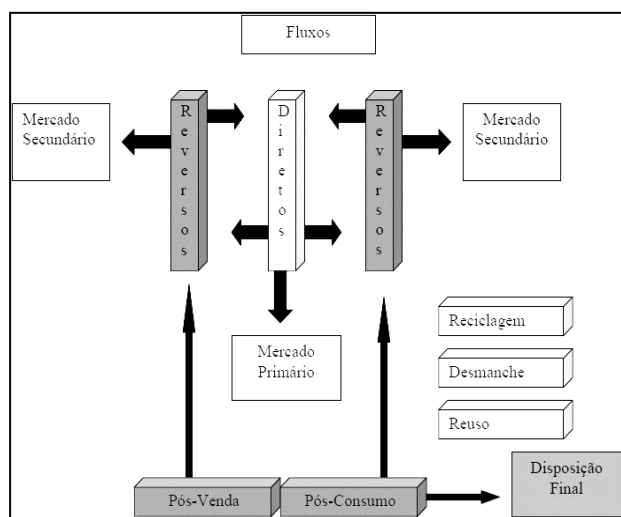


Figura 2: Canais de distribuição diretos e reversos.
Fonte: Leite (2009, p.7).

Verifica-se que, os canais de distribuição são meios para entregar bens e serviços produzidos e comercializados aos consumidores finais. Esses canais escoam de acordo com o fluxo correspondente direto ou reverso.

Para melhor compreensão da logística reversa, [5] destaca os seguintes tipos de fluxos de operações logísticas como sendo o fluxo direto e o fluxo reverso, nestes escoam informações, materiais e produtos. Assim, o fluxo direto segue desde a origem um curso de escoamento contínuo para entregar ao cliente ou em um local; o fluxo reverso são as atividades que retornam do consumidor final ou de qualquer outro membro da cadeia, por fim de vida útil ou problemas específicos no desenvolvimento de um produto acabado.

Portanto, as organizações que administram a cadeia de suprimentos e gerenciam o fluxo reverso em seus diferentes processos, orientam o curso de seus produtos desde a criação, distribuição, entrega ao cliente e devolução para que estes retornem a cadeia produtiva.

“Esse fluxo reverso precisa ser gerenciado para obtenção de ganho sustentável expressivo nos negócios” [6].

Faz-se necessário controlar as operações, planejar detalhadamente cada atividade para que os canais de distribuição reversos funcionem efetivamente, seja por competitividade cumprimento legal, preservação ambiental, aproveitamento econômico ou melhoria de imagem perante o mercado.

III.3. RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL E SUSTENTABILIDADE

O conceito *triple bottomline* na conscientização ecológica, segundo [7], enfatiza sobre a importância de avaliar os efeitos das decisões de negócios sobre três áreas fundamentais: meio ambiente (planeta), social (pessoas) e econômica (lucro),

para a empresa ser sustentável deve considerar os impactos de suas atividades desenvolvidas relacionando os três elementos base para o avanço, responsabilidade ética empresarial que contribui com o bem-estar e o futuro da sociedade.

Conforme as três áreas apresentadas no conceito *triple bottomline* a sustentabilidade econômica combina a preservação do meio ambiente com o retorno financeiro, as organizações em defesa de seus próprios interesses.

Utilizam a sustentabilidade como oportunidade econômica de reputação ética, a sociedade e seus vínculos desenvolve-se por meio de seus direitos e suas leis, em busca de condições mais dignas como, por exemplo: melhor qualidade de vida, emprego, renda, atitudes ética entre outros.

Segundo [8], as dimensões da sustentabilidade são: sustentabilidade social: apoia-se no premissa da igualdade na distribuição de renda e de bens; igualdade de direitos a dignidade humana e no fundamento dos laços sociais; sustentabilidade ambiental: premissa da preservação do planeta e dos recursos naturais; sustentabilidade econômica: avaliada apartir da sustentabilidade social e ambiental, auxiliando as empresas a obterem lucro com responsabilidade.

Sobretudo, analisando as três dimensões da sustentabilidade é possível observar que só ocorre sustentabilidade econômica se houver sustentabilidade social e ambiental, pois, a mesma deve está empregada às três vertentes, ou seja, o meio ambiente precisa ser preservado para que a sociedade possa viver e se desenvolver.

Logo, seguindo os seus preceitos, as empresas para se desenvolver economicamente dependem do meio ambiente e os seus recursos, assim como da sociedade e sua existência.

De acordo com [9], o desenvolvimento sustentável, traduz-se frequentemente com o auxílio de métodos como a reciclagem, o reuso, a recuperação e o gerenciamento dos resíduos.

Para facilitar a utilização desses métodos, as empresas empregam ao seu funcionamento canais de distribuição reversos que se reincorporam bens de pós-venda ou pós-consumo ao ciclo produtivo.

A sustentabilidade tem como fundamento, conduzir a inovação na concepção de produtos e na fabricação por meio de novas matérias primas e processos mais limpos, ao uso e destinação final dos materiais de forma que, ocorra o reaproveitamento e não agressão ao meio ambiente e conseguente a vida no planeta [10].

Entende-se que, a Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social, que proporciona ao setor empresarial seguir ações sustentáveis em seus procedimentos produtivos ao consumo. Envolve técnicas de restauração, possibilitando a coleta, o retorno à cadeia produtiva

e destinação ambientalmente adequada sem comprometer a vida e a qualidade ambiental.

O conceito Logística reversa, ampara-se precisamente na sustentabilidade ecológica e econômica. De acordo com as possibilidades, as organizações podem gerar lucros e riquezas ao mesmo tempo adotando práticas sustentáveis que lhe tragam benefícios proveitosos com a preservação do meio ambiente para as gerações futuras, o que permite proporcionar sustentabilidade social respeitando a comunidade local envolvida, gerando emprego e renda [8].

Compreende-se que, os empreendimentos de negócios que são capazes de manter em seu desenvolvimento econômico, estratégias de decisões com dimensões sociais e ambientais compatíveis com a preservação ambiental, permitem o desenvolvimento e a sobrevivência das futuras gerações.

III.4. ESTRATÉGIA DE NEGÓCIOS NA CADEIA DE SUPRIMENTO REVERSA

Observa-se que, a logística reversa é a parte do que se conhece como gestão da cadeia de suprimento um ciclo fechado que vem ganhando importância como uma estratégia de negócio ambiental, lucrativa e sustentável [11].

Preocupando-se com a implementação, controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matéria-prima, gradativamente, as empresas se modernizam para adequação a novos nichos de mercado e garantir produtividade, qualidade de serviços e produtos oferecidos a clientes.

A perspectiva estratégica de logística reversa no macro ambiente e empresarial é formado pela sociedade e comunidades locais, governos e ambiente concorrencial, levando em consideração as características que venha garantir competitividade e sustentabilidade nos eixos econômicos e ambientais. Na busca de recuperação de valor financeiro; legislações; prestação de serviços aos clientes e mitigação dos riscos [3].

Enfatizando, o gerenciamento do volume de resíduos e rejeitos gerados após a vida útil dos produtos, exigem estratégias para que ocorra equilíbrio entre os processos produtivos e os recursos que possam favorecer um desenvolvimento econômico sem comprometer a vida e o sucesso empresarial.

Marketing Verde está diretamente ligado à sustentabilidade, as organizações estão utilizando cada vez mais essa nova vertente como estratégia em seus negócios, possibilitando à divulgação de ações sustentáveis. Além do cumprimento da legislação ambiental, a exposição do foco nas necessidades e desejos de seus clientes e na conscientização da preservação do meio [12].

Averigua-se que, uma empresa ao ser sustentável, ela deve ter indicadores que demonstre esta alternativa aos clientes, caso contrário ela perderá credibilidade no mercado porque

envolve toda uma campanha voltada para a ética e sustentabilidade.

III.5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E A LOGÍSTICA REVERSA

Conforme [8], a avaliação do ciclo de vida é conhecida pelo termo berço à cova, berço nascimento extração dos insumos, cova destino final dos resíduos.

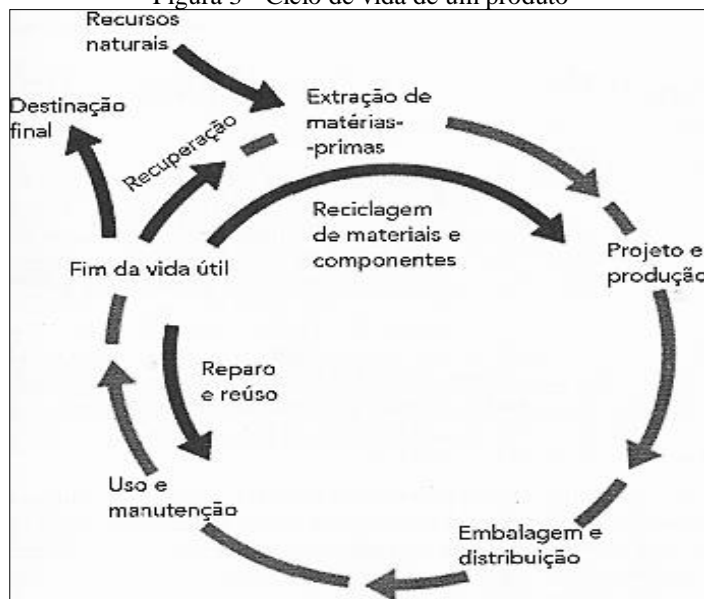
O conceito refere-se a tudo que for produzido se não reusado ou reciclado deverá ser incinerado ou disposto em aterro, ou seja, a cova é destinação ambiental adequada, este ciclo difere do mercadológico nascimento do produto, crescimento da demanda, maturidade e declínio.

Em sumula, o ciclo de vida do produto, representa sua história que vai desde a obtenção dos recursos indispensáveis, extração da matéria, todas as etapas de operacionalização ao uso, o seu pós-consumo de retorno ao ciclo produtivo até a destinação final, caso não venha ser mais utilizado ele terá seu destino próprio, contribuindo com o meio ambiente.

Ao considerar esses resíduos muitas vezes nocivos à saúde, podem ser revalorizados economicamente, surge um novo conceito berço a berço que ambientalmente é mais eficiente, neste, os resíduos são reinseridos a novos produtos, processos e negócios, totalmente reutilizados para reduzir o descarte no meio ambiente.

Esse novo conceito, propõe o consumo e o desenvolvimento contínuo, portanto, a logística reversa se aplica totalmente ao modelo berço a berço” [8].

Figura 3 - Ciclo de vida de um produto



Fonte: UNEP, (2009).

Avaliando o ciclo de vida, surge um método fundamental usado pelas empresas fabricantes para analisar quais

impactos seus produtos irão causar ao meio ambiente desde a seleção dos insumos a destinação final.

As constantes transformações como competição das indústrias, lançamento de produtos diferenciados, inovações tecnológicas, designs diversos e novas funcionalidades são fatores que contribuem para encurtar o tempo de vida útil de um produto.

Na medida em que as empresas elaboram diversos modelos de produtos para satisfazer diferentes clientes, o aumento do consumo reduziu o ciclo de vida dos produtos, sendo substituídos com maior frequência, devido sua pouca utilização, são logo descartados e quando despejados em local inadequado degradam o meio ambiente.

“Com a preocupação ambiental em preservar o meio ambiente, existe uma clara tendência de que a legislação ambiental caminhe no sentido de tornar as empresas cada vez mais responsáveis pelo ciclo de vida de seus produtos” [6].

III.6. SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA, POTENCIAL COMPETITIVO

De acordo com [3], “a logística reversa traz vantagens competitivas, a questão da preservação ambiental contribui para o marketing sócio ambiental, construção de uma imagem corporativa de responsabilidade ética empresarial”.

As empresas estão se modernizando e buscando investir em projetos de logística reversa que visam melhorar as condições de reaproveitamento, criam parcerias com outras instituições para incentivar a reciclagem e reuso, investindo em programas educacionais de conscientização social para solucionar problemas ambientais e legais, atuam para obter em sólidos ganhos econômicos e uma imagem diferenciada.

Em síntese, as ações que envolvem a sustentabilidade ambiental nas cadeias produtivas colaboram para melhorar a estrutura e a organização dos canais reversos. Formando redes de distribuição reversa que agregam valor aos produtos e serviços, gerando novas oportunidades de negócios e lucro, essa nova cultura ambientalista tem o poder de conquistar o mercado consumidor.

A operacionalização da logística reversa para [8], representa uma vantagem competitiva. A empresa ao empregar sua conduta ética e práticas ambientais sérias, além de estruturação, terá reconhecimento no mercado consumidor. Sua imagem poderá ser extremamente valorizada, a competitividade deixa muitas empresas no mesmo nível de igualdade no que se refere a preço e qualidade de produtos e serviços.

Em súmula, a logística reversa surge como um elemento diferenciador entre os concorrentes, capaz de intensificar o aumento da satisfação do cliente e da rentabilidade da empresa ao mesmo tempo.

Portanto, [8] considera que uma empresa poderá ter sua imagem comprometida, quando decidir divulgar, que possui práticas de logística e gestão ambiental, porém falsas e incipientes, praticando na verdade “*greenwashing*” ou “lavagem verde” uma analogia a lavagem de dinheiro, demonstram assim, a falta de ética, desrespeitando o mercado consumidor e a sociedade. Pois, são penalizadas com a desvalorização de sua imagem corporativa.

Diante do exposto, pode-se compreender que as empresas ao decidirem ter um posicionamento ambiental, deverão tomar decisões sérias e legítimas, levam deste modo anos para construir uma reputação consistente perante o mercado consumidor e podem perder toda a credibilidade conquistada, assim como, perdem seus investimentos e competitividade.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Respondendo a problemática dos resultados pesquisados, a Logística Reversa é uma maneira de fazer negócios partindo do princípio da sustentabilidade.

Por mais que possa parecer para as empresas que vai gerar custo ou mais despesa e quando na verdade ela é o lucro sustentável, onde futuramente alcançará o mesmo patamar ou ter mais lucro.

A empresa tem a responsabilidade de estabelecer com todas as partes envolvida, uma relação ética transparente e um planejamento estratégico de atender às expectativas de todas e não só dos acionistas.

Os benefícios gerados por essa conduta, nada mais é que a lucratividade, a boa imagem corporativa, a credibilidade quando lidam com a questão de resíduos, energia e uma série de questões que hoje impactam brutalmente no custo de operação.

O sucesso vem a médio e longo prazo, o acesso ao capital são prósperas, a imagem é mais positiva gerando ambiente mais favorável ao seu crescimento, hoje é um jeito de fazer negócio pensando na sua perenidade.

Por isso a responsabilidade ambiental para as organizações não impede seu crescimento econômico, muito pelo contrário é ela a responsável pelo sucesso das organizações no cenário atual.

V AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), ao PPGEP do Instituto de Tecnologia Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPA) e a Universidade Estácio de Sá pelo apoio financeiro a pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS

[1] VIEIRA, H. F. **Gestão de Estoques e Operações Industriais**. 1. ed. Curitiba, PR: IESDE Brasil S.A, 2009, 316 p.

[2] VERGARA, S. C. **Tipos de pesquisa em administração**. Cadernos EBAP - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, n.52, jun. 1990.

[3] LEITE, P. R. **Logística Reversa Meio Ambiente e Competitividade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009, 240 p.

[4] COSTA, L.; MENDONÇA, F. M.; SOUZA, R. G. **O que é Logística Reversa**: logística reversa uma definição transdisciplinar. In: SOUZA, R. G.; VALLE, R. **Logística Reversa Processo a Processo**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014, Cap. 2, p. 18-33.

[5] FERNANDES, K. S. **Logística**: fundamentos e processos. 1. ed. Curitiba, PR: IESDE Brasil S.A, 2012, 160 p.

[6] NOGUEIRA, A. S. **Logística Empresarial** - Uma visão local com pensamento globalizado. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012, 206 p.

[7] CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, 332 p.

[8] GUARNIERI, P. **Logística Reversa em Busca do Equilíbrio Econômico e Ambiental**. 1. ed. Recife: Clube de Autores, 2011, 307 p.

[9] MENDONÇA, F. M.; PONTES, A. T.; SOUZA, R. G. **Logística Reversa, Meio Ambiente e Sociedade**. In: SOUZA, R. G.; VALLE, R. **Logística Reversa Processo a Processo**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014, Cap. 1, p. 05-17.

[10] SALGADO, T. T. **Logística**: práticas, técnicas e processos de melhorias. 1. ed. São Paulo: Senac Editoras, 2013, 165 p.

[11] GRANT, D. B. **Gestão de Logística e Cadeia de Suprimentos**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2013, 362 p.

[12] BAROTO, A. **Gestão Ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. 2008. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/negócios/marketing-verde-uma-estrategia-demarketing-utilizando-praticas-ambientais/62727/>. Acesso em: 15 nov. 2015.



Proposal for Improved External Parking Layout of the Organization

Andréa de Oliveira Teixeira¹, Lecilda Oliveira Batista¹, Sabrina Albuquerque de Oliveira¹, Jandecy Cabral Leite²

^{1,2}Centro Universitário do Norte – UNINORTE. Av. Joaquim Nabuco, 1469, Centro Manaus-Amazonas-Brasil. CEP: 69005-290.
Fone: +55 (92) 3212-5000. (andrea_o_teixeira@hotmail.com, lecilda@hotmail.com, sabri10_albq@hotmail.com, jandecycabral@hotmail.com)

ABSTRACT

In a dynamic competitive environment, parking is of paramount importance to ensure customer convenience, comfort and safety which enables the organization's success in a long-term business relationship. In this perspective, this article aims to show the study to improve and optimize the *layout* of the parking lot outside the company JB Scaffolding. The research methodology is characterized as descriptive, data collection on the situation of the organization under study with a quantitative approach type. Were used as instruments of research structured questionnaire with open and closed questions, direct observation, document analysis and photographic record. The results show that parking is critical to retaining customers and ensure competitiveness in the market providing consumers part to increased demand organization and demand for their services and consequently greater efficiency and reliability.

Keywords: Improved parking, *layout* and optimization, J.B Andaimés.

Proposta de Melhoria no *Layout* do Estacionamento Externo da Organização

RESUMO

Em um ambiente dinâmico de competitividade, o estacionamento é de suma importância para garantir ao cliente comodidade, conforto e segurança o qual possibilita o sucesso da organização em um relacionamento comercial em longo prazo. Nesta perspectiva, esse artigo objetiva mostrar o estudo de melhoria e otimização do *layout* externo do estacionamento da empresa J.B Andaimés. A metodologia da pesquisa caracteriza-se como descritiva, do tipo levantamento de dados da situação da organização em estudo com abordagem quantitativa. Utilizou-se como instrumentos de pesquisa questionários estruturados com perguntas abertas e fechadas, observação direta, análise documental e registro fotográfico. Os resultados mostram que o estacionamento é peça fundamental para reter clientes e garantir competitividade no mercado consumidor proporcionando a organização aumento de demanda e procura pelos serviços prestados e consequentemente maiores rentabilidade e confiabilidade.

Palavras Chaves: Melhoria do estacionamento, *layout* e otimização, J.B Andaimés.

I. INTRODUÇÃO

A concorrência e o aumento da carência de produtos e serviços no âmbito da edificação civil tem tornado complexo a manutenção do movimento econômico da corporação. Nesse sentido a necessidade de consumo faz com que o automóvel se tornasse o produto símbolo do sistema produtivo [1]. Seguindo essa linha de entendimento a agrupamento de empregos, tarefas comerciais e serviços aumentam e a taxa de urbanização acelera, ou seja, a cidade se desenvolve [2].

No atual cenário, a disponibilidade do estacionamento por parte das instituições vem sendo cada vez mais uma exigência do mercado consumidor para que seja incluída na política

empresarial melhoria e otimização do *layout* externo do estacionamento como instrumento de bem-estar e segurança.

O objetivo desta pesquisa é mostrar como a falta de um estacionamento pode ocasionar riscos para a organização. Desse modo, quando a pergunta é: qual a afinidade entre a expectativa dos clientes pelos serviços prestados e o que a lealdade (concorrência) pode ocasionar? Ressaltam que esta relação não tem a mesma dimensão, e quanto maior a satisfação, maior a manutenção (lealdade) de clientes e, quanto maior o ambiente de competição, maior a necessidade de se alcançar índices superiores de satisfação do cliente [3]. Ou seja, subentende-se que lealdade está associada com a competitividade do ramo de negócio com a aprovação dos stakeholders.

O *layout* do estacionamento é de suma importância para a empresa, pois retém clientes e garante competitividade no mercado consumidor.

A JB Andaimos há 20 anos atua no mercado com locação de andaimes e tubulações na extensão de edificação civil. E nos últimos anos, esse setor alavancou significativamente na capital e no Estado do Amazonas, conforme o acréscimo de edificações de prédios, centros comerciais, indústrias, etc, o que eleva a procura por esses produtos e serviços e conseqüentemente, estacionar tornou-se um problema para os clientes. No trânsito está implícita uma disputa pelo espaço: pedestres, mercantes e condutores pleiteiam espaços ao longo da via. O comerciante almeja o máximo de acessibilidade para seu negócio e isto requer estacionamento adequado [4]. O número de veículo em circulação está aumentando rapidamente, e isso pode ser comparado ao aumento da população, aumento do poder aquisitivo e o crescimento da atividade comercial [5].

Devido à problemática relacionada à alocação de veículos, levantou-se a questão: Como melhorar o *layout* do estacionamento externo da organização? Com o intuito de responder esse quesito, foi proposta a melhoria no *layout* do estacionamento da empresa, o qual deverá contribuir para o desempenho da instituição como um todo.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 LAYOUT

Layout ou arranjo físico é a disposição da área destinada aos elementos fixos ou de difícil movimentação que arrumam um espaço físico arquitetado ou ajustado para abrigar, de modo pertinente, as diversas tarefas humanas. Dessa forma, *layout* corresponde ao arranjo dos diversos postos de trabalho nos espaços existentes na organização, envolvendo, além da preocupação de melhor adaptar as pessoas ao ambiente de trabalho, segundo a natureza da atividade desempenhada, a arrumação dos móveis, máquinas, equipamentos e matérias-primas [6]. Para ressaltar essa teoria, o *layout* pode ser definido como um esboço da organização administrado de modo a adequar cada área ao local mais apropriado e com a finalidade de racionalizar recursos, processos, movimentação de pessoas e para aperfeiçoar as condições de trabalho dos funcionários [7].

II.2. TIPOS DE LAYOUT

Há diversos modelos de *layout* no ambiente organizacional, contudo, [8] cita quatro tipos de arranjo físico: arranjo posicional ou fixo funcional ou processo, linear ou produtos e celular:

- *Layout posicional ou fixo* é à disposição de instrumentos e equipamentos subordinados a serviços com difícil locomoção, porém o mesmo fica parado e a circulação fica por conta de quem vai manuseá-lo. Assim sendo, fixo, em que as pessoas, com suas

máquinas e equipamentos, se locomovem entre os diversos locais de trabalho, mas o produto fica parado [9].

- *Layout por processo ou funcional* é a arrumação do espaço onde as máquinas ficam ajuntadas conforme a atividade a ser desempenhadas. Seguindo essa mesma lógica de pensamento [6] afirma que as máquinas são agrupadas de acordo com a natureza da operação que é executada.

- *Layout linear ou produto* são os meios produtivos convertedores situados linearmente, conforme a melhor condição dos elementos, os quais estão sendo transformado. *Layout* de produto caracteriza-se pela entrada de matéria-prima em uma das extremidades da linha de produção e pela saída do produto acabado em outro extremo [9].

- *Layout de estacionamento* é a arrumação da área externa de modo a aplicar da melhor forma aceitável o espaço destinado à acomodação de veículos. Assim o melhor *layout* de estacionamento depende, principalmente, das características da área disponível, da facilidade de circulação, do tipo de estacionamento (curta ou longa duração) e do tipo de via [11].

II.3. ETAPAS DE UM PROJETO DE LAYOUT

As fases de um desenho de *layout* são critérios uniformizados para ponderar uma determinada dificuldade. A norma adotada envolve: levantamento de dados, análise do levantamento, plano da solução do problema, crítica do plano, implementação e controle dos resultados.

Nessa dinâmica, na primeira fase, o pesquisador tem a obrigação de se empenhar a conhecer a natureza da empresa em estudo e escolher quais técnicas utilizar; após os dados colhidos será realizado um julgamento minucioso dessas informações; assim de posse de todo esse aparato começa-se a traçar a decisão do problema; diante da proposta elaborada e analisada criteriosamente, o pesquisador faz uma demonstração da atual proposta do novo *layout* a seu cliente para futura implementação; depois de feito os ajustes com o cliente e aprovado faz-se a implantação do projeto e logo em seguida, o pesquisador por um período curto de tempo, faz o acompanhamento para averiguar se a solução proposta está de concordância com o esquematizado. Para analisar uma disposição física de uma organização se faz necessário um levantamento do estado atual, para que se possa chegar aos objetivos desejados. O desenvolvimento do estudo de arranjo físico, o analista de sistemas, organização e métodos pode seguir as seguintes etapas [9]:

- *Levantamento*: fase em que o analista ou o grupo responsável pelo estudo do *layout* deve familiarizar-se com o plano de organização e os principais procedimentos adotados;

- *Crítica do levantamento*: fase em que o grupo responsável pelo projeto de *layout* deve examinar os principais problemas para a execução dos fins visados, dando especial atenção as diferenças existentes entre o que está prescrito na documentação normativa

da empresa e as técnicas e procedimentos de trabalho realmente encontrados na prática;

- *Planejamento da solução:* é imprescindível, nesta fase, que os processos e métodos de trabalho, de início, sejam racionalizados e a intervenção planejada da forma mais eficaz possível, sendo esta uma responsabilidade da própria equipe que projeta o novo *layout*, partindo-se do pressuposto principal de que a cúpula da organização aprovou o desenvolvimento do projeto;
- *Crítica do planejamento:* fase em que encontradas as soluções julgadas, estas deverão ser objetos de negociações com os usuários do novo *layout*;
- *Implantação:* após escolha e aprovação dos usuários, deve ser planejada a implantação da saída que melhor atenda os interesses da organização;
- *Controle dos resultados:* pequeno período em que a equipe deve acompanhar a mudança, a fim de verificar se a solução foi a melhor ou se ainda há necessidade de pequenas adaptações.

III MATERIAIS E MÉTODOS

É o conjunto de todos os meios e procedimentos empregados para a coleta de dados referente a um tema proposto. O método, enquanto processo lógico e técnico, efetivamente conduz a um resultado que pode ser considerado dentro dos parâmetros do científico, mas toda a pesquisa envolve pressupostos epistemológicos, teóricos e éticos, dependendo do objeto a ser pesquisado, pode-se utilizar a pesquisa experimental, bibliográfica e documental ou uma combinação entre elas e outros recursos metodológicos [12].

O método utilizado no levantamento de dados foi constituído por pesquisas bibliográficas, de campo e documental sendo elaborada em três etapas, aplicada aos três níveis hierárquicos: Na primeira fase utilizou-se como fontes: livros, artigos e sites especializados; na segunda fase foram aplicadas as seguintes ferramentas: entrevistas, registros fotográficos, questionários estruturados com perguntas abertas e fechadas e check-list de observação direta e na terceira fase foram disponibilizados informações para a coleta documental e confirmação de dados.

Após os dados coletados, estes foram analisados de maneira sistemática, tais como: seleção, codificação e tabulação. Na seleção foi concretizado um julgamento detalhado de todo material coletado e submetido a uma análise crítica a fim de averiguar possíveis falhas ou erros, os quais pudessem depreciar o resultado da pesquisa. Na codificação os dados foram separados e distribuídos de acordo com sua categoria e transformados em qualitativos e quantitativos. Na tabulação os dados foram comprovados em gráficos, quadros e tabelas para melhor abrangência das informações apresentadas. Os métodos de procedimentos constituem etapas mais concretas da investigação, com a finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos

fenômenos menos abstratos. Implicam uma atitude real em semelhança ao acontecimento e estão restringidas a um comando privado [13].

A metodologia de investigação utilizada foi descritiva, do tipo classificação de dados da situação da organização em estudo com enfoque quantitativo. O estudo em questão levantou informações sobre um lugar apropriado para o estacionamento, movimentação de veículos tanto dos funcionários quanto dos clientes, o qual venha consentir as perspectivas de todos os envolvidos. Foi também atingida uma análise literária para obter o fundamento teórico e assim dissertar sobre o contexto em questão, citando autores, os quais relatam informações que auxiliam a dirigir a compreensão da dificuldade da melhor forma aceitável, com a finalidade de adquirir a solução mais adequada, a qual atenda às necessidades da organização.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa J.B. ANDAIMES – Locadora de equipamentos para Construção Civil Ltda. – ME, caracteriza-se por uma organização LTDA e familiar. Possui um galpão com uma área medindo 5.000m², onde funciona o estoque dos equipamentos e a sua manutenção, com competência de atender a demanda dos seus clientes, pois a empresa fornece equipamentos para as principais obras de Manaus nos últimos anos. A J.B Andaimes iniciou suas atividades comerciais em 1993, foi registrada na JUCEA em dezembro de 2001, tendo 20 anos no mercado de aluguel de equipamentos para a construção civil. Com relação aos produtos, os quais são bens tangíveis oferecidos ao mercado para obtenção de renda à empresa. Um produto é qualquer oferta que possa satisfazer a uma necessidade ou a um desejo [14].

A figura 1 mostra os produtos da empresa J.B Andaimes os quais são: Andaimes Fachadeiros, Tubular (Mecanfix), Tubo Equipado, Multidirecional Mecanflex e Escoras Metálicas Mecanor e Torre Modular, fabricados pela MECAN.



Figura 1– Produtos da Empresa J.B Andaimes (AM).
Fonte: Autores, (2016).

Com relação ao serviço é um bem intangível que compreende atividades, benefícios ou geração de satisfação oferecido na venda e que resultam não na propriedade de algo. Definem serviços como qualquer ato ou desempenho, essencialmente intangível, que uma parte pode oferecer à outra e que não resulta na propriedade de nada [15]. Resultando em um produto que não se pode ver ou tocar, mas que pode ser executado de acordo com as exigências de seus clientes, priorizando a qualidade de como está sendo realizado.

No entanto, o serviço da J.B Andaimes é a locação de andaimes que a empresa oferece para aluguel em canteiro de obras ou em lugares diversos.

Os serviços são atividades econômicas oferecidas por uma parte à outra, considerando frequentemente desempenhos com base em período de tempo para provocar resultados desejados nos próprios usuários, em objetos ou em outros bens pelos quais os compradores são responsáveis [16].

A empresa tem em seu quadro ativo 39 colaboradores, os quais são enquadrados de acordo com a CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas, distribuindo em vários cargos na organização. Com relação ao quadro funcional, consiste em dividir o trabalho de maneira que cada homem, desde o assistente até o superintendente, tenha de executar a menor variedade possível de funções. Sempre que possível, o trabalho de cada homem devesse limitar-se a exceção de uma única função [17].

A figura 2 mostra que a organização tem uma maior abundância de empregados do sexo masculino, o equivalente a 74,36 % da quantidade total, uma vez que a empresa em assunto trabalha com locação de andaimes para outras empresas do ramo de construção civil, tendo em vista que os homens possuem maior força física o que contribui para manuseio e alcance das metas.

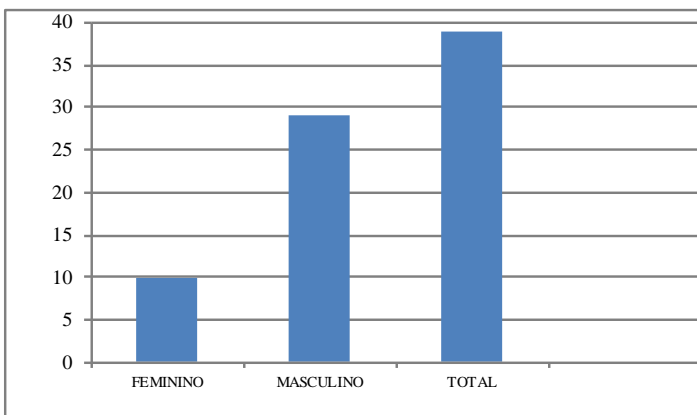


Figura 2- Distribuição dos colaboradores de acordo com o sexo. Fonte: Autores, (2016).

Dessa forma, sugere-se que a organização mantenha essa porcentagem para que possa cumprir sempre suas metas e atender seus clientes de acordo com as especializações dos mesmos.

A figura 3 mostra que a J.B Andaimes é composta em sua maioria de colaboradores de nível operacional, pois há um número maior de colaboradores na área de produção, indicando facilidade e agilidade no procedimento produtivo da organização, nos outros setores há um número menor de colaboradores, porém com pessoas capacitadas e especializadas dando um bom direcionamento ao processo. [...] Além de uma estrutura de funções especializada, a organização precisa também de uma estrutura hierárquica para dirigir as operações dos níveis que lhe estão subordinados [22].

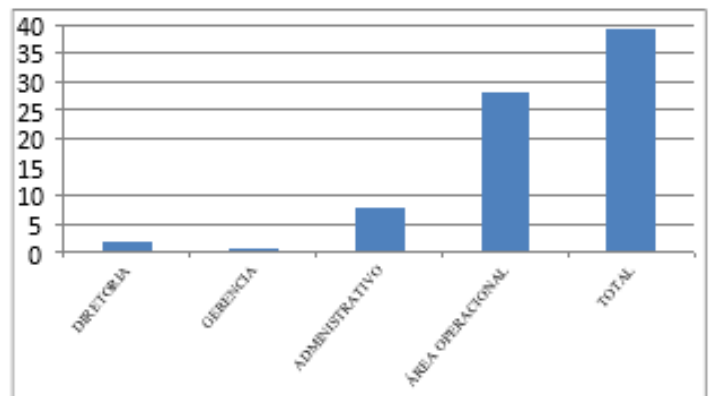


Figura 3 – Distribuição dos colaboradores de acordo com o nível hierárquico.

Fonte: Autores, (2016).

Percebe-se ainda que existam poucos gerentes para demanda de nível operacional, o que pode estar afetando negativamente o grau de controle de ações do quadro de colaboradores da organização.

IV.1. GRÁFICO DAS ÁREAS CRÍTICAS - GRÁFICO RADAR

O gráfico-radar tem como finalidade demonstrar as áreas críticas de uma organização de maneira integrada e global. O Gráfico-radar é uma forma clara e pictórica de representar o resultado da análise de cada uma das dez áreas mencionadas, [...] construído de forma circular, espalhando-se de forma radial, as dez áreas mencionadas [18].

A partir do embasamento teórico, é de suma importância que toda a empresa faça seu autodiagnostico para identificar problemas, os quais interferem no progresso da instituição. Conforme pesquisa concretizada através de questionários e análise de processos e informações fornecidas pela organização foi possível identificar vários problemas almejando alcançar soluções. A figura 4 mostra como as características estão divididas em três categorias: pontos fortes, pontos a melhorar e pontos fracos.

De acordo com o gráfico da figura 4, o atributo Meio Físico, pois está localizado na Zona 5 e indica uma grande deficiência da empresa. Utiliza-se de prédio residencial, porém

diversos problemas persistem em sua estrutura física por não ser apropriada a área empresarial, tais como: instalação de rede elétrica, encanação de água, banheiros para clientes e estacionamento. Devido a sua estrutura física o estacionamento é pequeno e não atende a demanda dos veículos nem tampouco oferece conforto, segurança e confiabilidade aos usuários e demais interessados pelos serviços prestados pela organização, deixando a todos propensos a criminalidade.

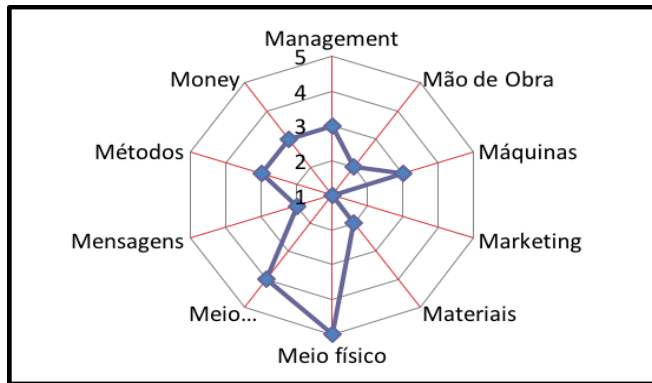


Figura 4 - Gráfico de áreas críticas (Gráfico Radar).
Fonte: Autores, (2016).

Com base nas informações coletadas durante a pesquisa alcançada foi detectada a necessidade de fazer diversas modificações do meio físico, especificadamente na área do estacionamento. Comparando os dados coletados e diante da necessidade percebida foi sugerida a ideia de um novo arranjo físico para amenizar a problemática em questão.

IV.2 PROPOSTA DO NOVO ARRANJO FÍSICO DO ESTACIONAMENTO

A figura 5 mostra o novo *layout*, do estacionamento que contém uma guarita, iluminação placas indicativas e sinalização o que viabiliza a todos os interessados maior confiabilidade e segurança.

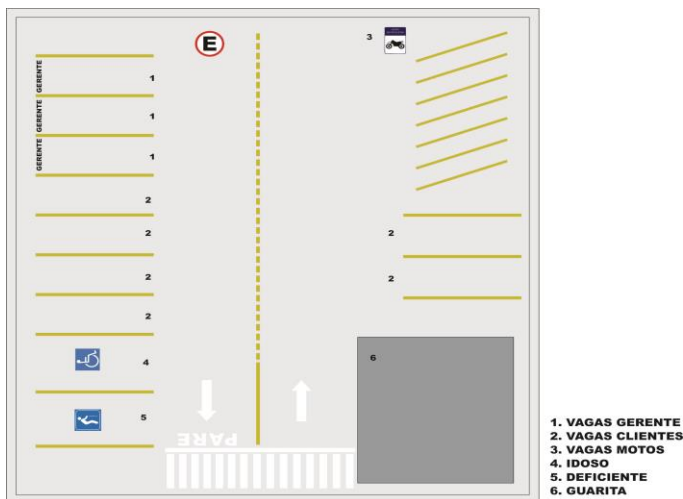


Figura 5 - Proposta do layout do estacionamento da organização.
Fonte: Autores, (2016).

A guarita é utilizada para resguardar o patrimônio da empresa assim como também a integridade física dos stakeholders. Porém para que isso ocorra é importante que esta esteja bem alocada em lugar apropriado com visibilidade da entrada. O tamanho da guarita obedece a número de pessoas que irão trabalhar permitindo a movimentação do profissional com tranquilidade de maneira que facilite o desempenho da tarefa do porteiro.

A iluminação é outro aspecto a ser avaliado no estudo do lugar. A luminosidade adequada cria um ambiente agradável e estimulante, propicia melhores ocasiões de interesses, contentamento e bem estar dos funcionários e clientes. A iluminação é a utilização racional dos índices de luminosidade nos ambientes de trabalho evita doenças visuais, diminui a fadiga ocular, aumenta a eficiência operacional e diminui o número de acidentes de trabalho [19].

Tem-se a iluminação natural, que é obtida da luz solar e a luminosidade sofisticada, conseguida por meio de energia elétrica. Uma boa iluminação ajuda o guarda a observar a circulação de veículos e de pessoas que usam o estacionamento da firma.

É importante destacar que, a sinalização além de garantir segurança, serve de aviso, orientação, informação e regulação da velocidade aos condutores dos veículos, pois uma via ou estacionamento sem identificação gera sinais de perigo aos pedestres e clientes.

Faz-se necessário que a sinalização do estacionamento da organização esteja visível ao condutor do veículo ou do pedestre no período diurno e noturno de maneira a orientá-lo durante o seu percurso evitando conflito no estacionamento.

No novo layout proposto contém faixas e placas indicativas a vagas destinadas a deficiente e idoso assim como também a vagas destinadas à gerência, motociclistas, clientes e funcionários. Os fluxos de tráfego em uma via, direcionando a circulação de veículos. Regulamentam as áreas de pavimento não utilizáveis. Devem ser na cor branca quando direcionam fluxos de mesmo sentido e na proteção de estacionamento e na cor amarela quando direcionam fluxos de sentidos opostos [20].

A sinalização sugerida tem o objetivo de organizar o estacionamento provendo informações de forma nítida e objetiva para que o seu utente encontre ligeiramente o que espera. Buscando a melhoria no estacionamento, recomenda-se a implantação do novo *layout* proposto, o qual tem a finalidade de trazer benefícios para a empresa, tais como: segurança, organização do espaço, credibilidade, confiabilidade, motivação dos colaboradores e clientes; diminuirá o risco de assalto aos automóveis e as pessoas, acidentes de trânsito, evitando transtorno à clientela e demais interessado; aumentará a busca pelos serviços oferecidos e a imagem da organização junto aos clientes e a sociedade em geral ficarão cada vez melhor.

V. CONCLUSÕES

A pesquisa objetivou propor melhorias no *layout* do estacionamento da empresa J.B Andaimes no segmento de locação de andaimes no ramo da construção civil na cidade de Manaus.

Para obter este objetivo, foi realizado um diagnóstico da situação atual da empresa e após os dados coletados pôde-se constatar pelo meio da análise das informações, uma deficiência no meio físico, mas especificadamente na área do estacionamento. Como toda organização necessita aumentar sua receita e manter-se competitiva junto aos seus concorrentes e buscar soluções rápidas para as necessidades de seus clientes, a proposta do novo *layout* do estacionamento traz a todos os interessados, espaço adequado para a acomodação de veículos, conforto, bem-estar, segurança, confiança e acima de tudo redução ao risco no tange a integridade física do público alvo assim como também da sociedade.

VI .AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE) e a empresa J.B Andaimes pelo apoio a realização desta pesquisa.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CLEPS, G.D.G. **Estratégias de reprodução do capital e as novas especialidades urbanas:** o comércio de autosserviço em Uberlândia. 2005. Tese de Doutorado, UNESP, Rio claro, 2005.

[2] CASTELLS, M. **A Questão Urbana.** – 3. Ed. Rio de Janeiro: Paz e terra S/A, 2006.

[3] BATESON, J.E.G. HOFFMAN, K.D. **Marketing de Serviços.** Porto Alegre: Bookmam, 2011.

[4] VASCONCELOS, E. A. **A cidade, o transporte e o trânsito.** São Paulo: Prolivros, 2005.

[5] CRUZ, M. M. L. **Avaliação dos Impactos de Restrições ao trânsito de veículos.** 2006. Dissertação de Mestrado – Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

[7] CASTRO, Naiara Cardoso Silva. **Reestruturação do layout da área comercial da Empresa Maria Aparecida Cardoso Silva.** TCC - Fundação Pedro Leopoldo – MG, 2013.

[8] SLACK, N. et al. **Administração da Produção** – São Paulo: Atlas, 2009.

[9] OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial.** -20. Ed. – São Paulo: Atlas, 2011.

[10] DIAS, Marcos Aurélio P. **Administração de materiais:** uma abordagem logística. – 5. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

[11] MENDES, Flávia Bruno. Dissertação de Mestrado – **Praças de estacionamento com estratégia para melhoria no trânsito de**

áreas centrais. Universidade federal de Uberlândia – Uberlândia, 2010.

[12] CURY, Antônio. **Organização e Métodos:** uma visão holística. – 8°. ed. – São Paulo: atlas, 2012.

[13] ROCHA, Luís Oswaldo Leal da. **Organização & Métodos:** Uma abordagem prática. 6° ed.- São Paulo: Atlas, 1987.

[14] DENATRAN. **Código Nacional de Trânsito.** Departamento Nacional de Trânsito, Distrito Federal, 15 out. 2010. Disponível em: <www.denatran.gov.br/publicações/download/ctb.pdf>. Acessado em: 16 Abril. 2014.

[15] KOTLER, Philip. KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing:** análise, planejamento, implementação e controle – Tradução Ailton Bomfim Brandão - 5°. ed. -9°. reimpr. - São Paulo: Atlas, 2011.

[16] LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. **Serviços:** Marketing e Gestão. São Paulo: Saraiva 2001.

[17] CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração:** uma visão abrangente da moderna administração das organizações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

[18] COSTA, Eliezer Arantes da. **Gestão Estratégica:** da empresa que temos para empresa que queremos. – 2°. ed.– São Paulo: Saraiva, 2007.

[19] MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica.** 7. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

[20] KOTLER, Philip. KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing.** 14°. ed. – São Paulo: Pearson Education, 2012.

Review on Methods of test gear transmissions

Jorge L. Moya Rodríguez¹, Guillermo Abreu Ruano², Rafael Goytisolo Espinosa³, Maida Bárbara Reyes Rodríguez⁴

¹ ITEGAM. Brasil. Email: jorgemoyar@gmail.com

² Electroquímica de Sagua la Grande. Cuba. Email: guilleabreuruano@gmail.com

³ Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” de Cienfuegos Email: ragoyti@ucf.edu.cu

⁴ Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Email: maidab@uclv.edu.cu

ABSTRACT

The test beds for gear transmissions tests, enable the simulation of real contact conditions, generated on the gear teeth mesh and its behaviour evaluation, under established conditions, reliably fixed and monitored, such as: speed, torque, lubricant temperature, and others. These tests are used for lubrication analysis, wear and major destructive phenomena with negative influence on the gears life. This paper present the design of two test rigs for spur gears assessment, focusing the Contact Fatigue Strength and bending tests, which are the two main design criteria applying to the gears transmissions. These machines allow the behavior evaluation about such phenomena of different materials types, lubricants, additives, geometry modification, and other issues affecting the gears performance. It also establishes a test procedure, and just provides all planes for the machine manufacture and test specimens.

Keywords: Gears, Failure prediction, Gear test, Contact fatigue, Bending fatigue.

Review sobre Métodos de Ensayo de transmisiones por engranajes

RESUMEN

Los bancos de prueba para el ensayo de transmisiones por engranajes, permiten simular las condiciones del contacto real que se genera entre los dientes de estos elementos, para evaluar su comportamiento ante determinadas variables que pueden ser establecidas y controladas, por ejemplo: velocidad de rotación, carga aplicada, temperatura del lubricante, entre otras. Estos ensayos son utilizados para el estudio de la lubricación, el desgaste y los principales fenómenos destructivos que inciden negativamente sobre la vida útil de los engranajes. En este trabajo se presenta el diseño de dos bancos de prueba destinados a la evaluación de engranajes cilíndricos de dientes rectos, concebidos para realizar ensayos de resistencia a la fatiga por contacto y por flexión, que son precisamente los dos principales criterios de diseño aplicados a las transmisiones por engranajes. Mediante el uso de estas máquinas es posible evaluar el comportamiento ante estos fenómenos, de diferentes tipos de materiales, lubricantes, aditivos, cambios de geometría, y otras cuestiones que inciden en el desempeño de los engranajes. Se establece además una metodología para la conducción de los ensayos, y se adjuntan todos los planos necesarios, para la construcción de las máquinas y los especímenes de ensayo.

Palabras clave: Engranajes, Predicción de fallas, Ensayo de engranajes, Fatiga por contacto, Fatiga por flexión.

I. INTRODUCCIÓN

Las fallas inesperadas en los elementos de máquinas, durante su explotación, pueden desencadenar en situaciones catastróficas, tales como la pérdida de equipos, o lo que resulta peor aún, de la vida de seres humanos. Los engranajes son componentes mecánicos utilizados en las transmisiones de potencia y frecuentemente son responsables de averías que

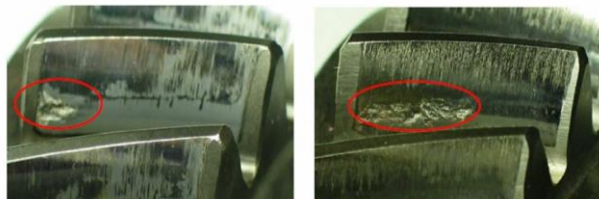
colapsan el normal funcionamiento de estos sistemas. Por esta razón, el análisis y predicción de las fallas en engranajes, ha recibido una considerable atención y se han creado alrededor del mundo, varios centros e instituciones dedicados a su estudio, con el objetivo de prevenirlas y evitar, con un alto grado de confianza, los efectos indeseados que de ellas se derivan.

Los engranajes son utilizados para transmitir fuerza y movimiento, en una amplia variedad de aplicaciones, donde suelen desempeñar su trabajo, sometidos a la más diversa gama de condiciones y regímenes de explotación, en ocasiones

bastante severos, por lo que resulta de gran utilidad poder contar con bancos de ensayo, que permitan prever el comportamiento esperado de estos elementos, ante diferentes circunstancias.

Estas instalaciones posibilitan la realización de ensayos acelerados de vida a la fatiga y permiten:

- Evaluar la capacidad de carga portante de engranajes y lubricantes, ante diferentes modos de fallas.
- Explorar e investigar los límites de durabilidad o resistencia, de engranajes sometidos a tensiones de contacto y tensiones de flexión, con diferentes combinaciones de materiales y tratamientos térmicos.
- Investigar la influencia que provocan sobre los fenómenos de fallas, aspectos tales como: tipo y viscosidad del lubricante, aditivos, correcciones en la geometría del diente, entre otros.
- Determinar la eficiencia en transmisiones por engranajes con diferentes geometrías o perfiles del diente.
- Elaborar bases de datos, que sirvan de soporte al desarrollo de programas, para optimizar los procesos de diseño, análisis y elaboración de engranajes.
- Perfeccionar el diseño de materiales y la vida de componentes, mediante un mejor conocimiento de los mecanismos de fatiga.
- Mejorar la seguridad, fiabilidad y vida útil de las transmisiones por engranajes.
- Reducir el peso y el nivel de vibraciones y de ruido, en los sistemas de transmisiones.
- Evaluar el comportamiento del apareamiento entre dos engranajes obtenidos mediante diferentes procesos de elaboración y/o con diferentes tratamientos superficiales.



(a)

(b)

Figura 1 - Condiciones de picadura para engranajes con idénticas características y geometrías, excepto el método de elaboración (a) Rectificado (b) Sin rectificar [1].

Contar con bancos de ensayo para engranajes, permite además, la evaluación de determinados lubricantes, desarrollados por nuestra industria nacional, o de nuevos aditivos para estos, lo cual sería muy difícil y costoso de lograr en condiciones reales de explotación, pues pocas veces se dispone de las facilidades necesarias “in situ”, para realizar, mediciones de torque, velocidad, vibraciones, espesor de la película y temperatura del lubricante. También resulta posible, validar experimentalmente, los resultados obtenidos de manera teórica, a través de cálculos

matemáticos o mediante la aplicación de métodos de elementos finitos.

Se puede afirmar, que las instalaciones para la realización de ensayos, desempeñan un rol muy importante dentro del ciclo de desarrollo de cualquier producto, pero en el caso concreto de las transmisiones por engranajes, resultan indispensables para poder estudiar y predecir las posibles fallas que atentan contra el normal desempeño de estos sistemas, lo cual tributa a una mayor longevidad y fiabilidad durante la explotación de este tipo de transmisiones.

II FALLAS MÁS COMUNES EN LOS ENGRANAJES

Una valoración completa y precisa de cualquier falla en engranajes, requiere un conocimiento previo de los modos básicos de fallas propios de estos elementos, sus causas y posibles soluciones. Con el objetivo de profundizar al respecto, se consultaron varios artículos [2-7] dedicados a este tema. Generalmente, las fallas principales de los dientes en engranajes, tienen un carácter de fatiga, como consecuencia de la acción periódica de la carga, dada la entrada sucesiva del diente en ciclos de trabajo y vacío. El deterioro de los dientes se manifiesta con aumento del nivel de ruido y sobrecalentamiento de la transmisión [8].

Existen múltiples factores que pueden incidir en el desencadenamiento de fallas en los sistemas de transmisión por engranajes, los cuales resultan necesario conocer, para poder controlar sus efectos negativos sobre estos fenómenos (Figura 2).

La norma ANSI/AGMA 1010-E95 [9] agrupa los principales modos de fallas en engranajes, en siete clases generales: Desgaste, Agarramiento, Deformación plástica, Fatiga por contacto, Agrietamiento, Rotura y Fatiga por flexión.

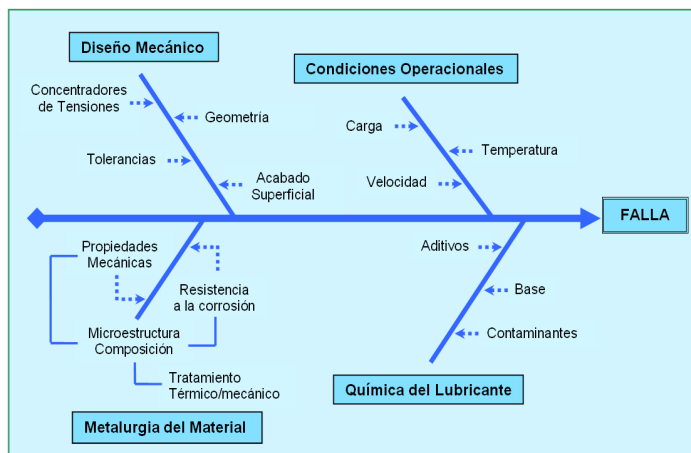


Figura 2–Factores que inciden sobre las fallas en engranajes [10].

Las fallas casi nunca ocurren como un hecho aislado. Dos modos, o más, pueden ocurrir simultáneamente o en sucesión, y el modo de falla probable puede ser diferente al de la causa inicial [2].

Los dos modos de fallas más frecuentes en las transmisiones por engranajes y a cuya resistencia suelen ser verificados según los principales criterios de diseño, establecidos, incluso en las normas ISO 6336 [11][12], son la fatiga por contacto y la fatiga por flexión.

II. 1. FALLAS DE FATIGA POR CONTACTO.

La falla de fatiga por contacto a picadura de las superficies útiles de los dientes es la causa principal que inutiliza las transmisiones por engranaje que trabajan con abundante lubricación.

La fatiga superficial puede ser advertida por la remoción de metal y la formación de cavidades. Estas pueden ser pequeñas (0,38÷0,76 mm) o grandes (2÷5 mm) y pueden crecer o quedarse del mismo tamaño [2].

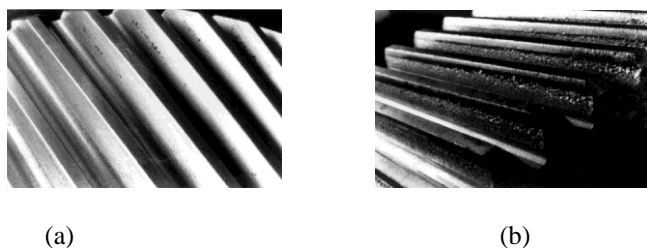


Figura 3 - Picadura: a) Inicial, b) Progresiva [9].

La picadura de la superficie de los dientes de acero empieza en los pies de los mismos, cerca de la línea polar. Se distingue la picadura inicial o limitada (Figura 3a) y la progresiva (Figura 3b). Si la dureza de las superficies de los dientes es $HB < 350$, entonces después de la fase inicial de funcionamiento de los dientes esta escoriación puede cesar. Si la dureza de la superficie de los dientes es $HB > 350$ la picadura limitada pasa, con frecuencia, a progresiva [8].

En las transmisiones abiertas, donde la lubricación es limitada, la picadura se observa muy raramente, pues la capa superficial, en la cual se producen las grietas iniciales, se desgasta antes de que tenga lugar el proceso de rotura por fatiga [8].

Cuanto más dura y fina sea la superficie útil de los dientes tanto mayor carga podrán soportar, sin que se produzca picadura [8].

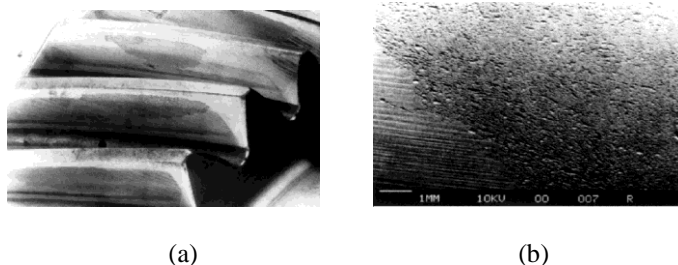


Figura 4 – Micropicadura, a.)Vista normal b.)Vista Ampliada [9].

La Micropicadura es un tipo de fatiga de contacto que aparece como un esmerilado a mancha gris bajo condiciones de una capa fina (Figura 4 a). Cuando es visto bajo aumento (Figura 4 b), la superficie se muestra como un área de muy finos micro agujeros de alrededor de $2,5 \mu\text{m}$ de profundidad [2].

La resistencia a la picadura se puede elevar, mejorando las propiedades mecánicas de la superficie del diente, aumentando los radios de curvatura de los perfiles de los mismos en la zona de contacto y eligiendo correctamente el lubricante.

II.2. FALLAS DE FATIGA POR FLEXIÓN

La Falla de fatiga por flexión, consiste en una fractura total del diente (Figura 5), o de una parte considerable de este, motivada por la acción de tensiones cíclicas que exceden el límite de resistencia del material [2].

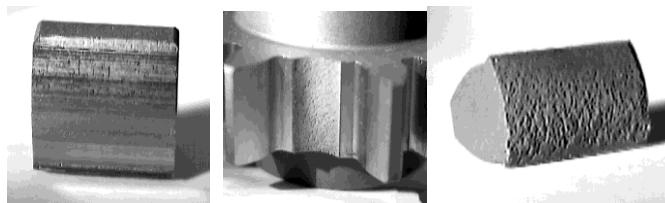


Figura 5 - Falla por rotura de un diente de engranaje [13].

La rotura por Flexión comienza con una grieta en la sección de la raíz y progresa hasta que el diente a parte de este, se rompe. Concentradores de tensión, tales como escalones o entalladuras en la raíz del diente, inclusiones no metálicas, pequeñas grietas provocadas por el tratamiento térmico, desgarraduras o huellas dejadas por las herramientas de corte, pueden condicionar la aparición de esta falla [2].

La resistencia de los dientes a la rotura se puede elevar, haciendo más firme la base del diente y disminuyendo la concentración de tensiones en torno a esta base, mediante el aumento de la curva de transición, un acabado minucioso de la superficie, la elevación de la rigidez de la transmisión, de la exactitud de fabricación y de las propiedades mecánicas del material de las ruedas.

III. MÁQUINAS PARA EVALUAR EL CONTACTO EN TRANSMISIONES POR ENGRANAJES

Atendiendo a los especímenes de ensayo utilizados, estas máquinas pueden ser clasificadas como tipo engranaje o tipo simulación, ya sean engranajes o elementos con una geometría básica simple, los que se someten a prueba, respectivamente [14].

III.1. MÁQUINAS DE ENSAYO TIPO SIMULACIÓN

Uno de los métodos más racionales para el estudio de la lubricación, el desgaste, y las formas de destrucción de los contactos metálicos lubricados altamente cargados, consiste en la simulación del contacto real empleando máquinas especialmente construidas para este fin [15].

Precisamente todas las instalaciones experimentales para estos estudios se basaron en la simulación del contacto de las transmisiones dentadas. Los primeros trabajos experimentales en la lubricación de los engranajes, estaban encaminados, fundamentalmente, hacia la determinación de su influencia en las transmisiones, sin entrar a analizar los aspectos relacionados con los fenómenos locales de las superficies lubricadas; algunos de estos trabajos se señalan en las referencias [16-18].

Al surgir la teoría de Martín [19] sobre la lubricación hidrodinámica en los engranajes y su desarrollo posterior sobre la base de los conceptos elasto-hidrodinámicos, se realizaron una serie de trabajos experimentales para dar respuestas a la contradicción existente entre la alta eficiencia observada en las transmisiones por engranajes y el pequeño espesor de la película lubricante que predecía dicha teoría.

En el año 1940, Beek, Givens y Smith [20] utilizaron la máquina de cuatro bolas (Figura 6) para la investigación de las propiedades de capa límite de lubricante. En 1949, Mckee, Swindells, White y Wayne [21] diseñaron una máquina de simulación, que denominaron SAE, formada por dos cilindros en contacto rotados a diferentes velocidades bajo carga, provocando condiciones de deslizamiento-rodadura típicas de los engranajes, para medir el desgaste de los rodillos.

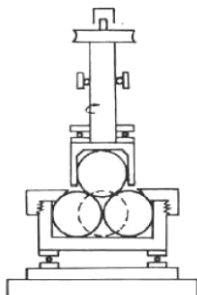


Figura 6 - Máquina de cuatro bolas [20].

Para el estudio de los contactos puntuales, Lane [22] en 1951 y Talian [23] en 1964, utilizaron la máquina de dos bolas cuyo principio aparece representado esquemáticamente en la Figura 7.

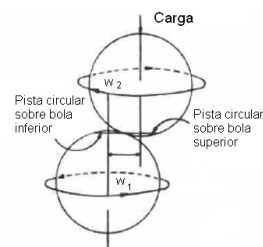


Figura 7 - Máquina de Lane y Talian [22].

Crook [24], en el año 1957, construyó la máquina de cuatro discos que se muestra en la Figura 8.

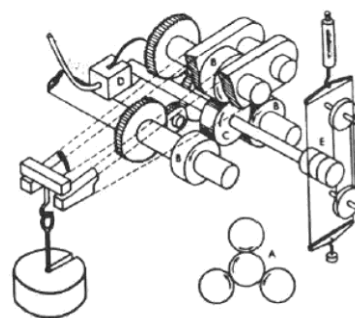


Figura 8 - Máquina de Crook [24].

Con el propósito de resolver las desventajas de la máquina de dos bolas, o sea, la elaboración de las esferas, Smith [25] en 1959 construyó la máquina de dos discos con ejes cruzados mostrada en la Figura 9.

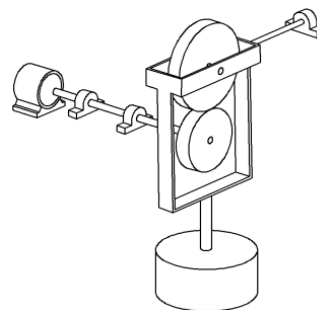


Figura 9 - Máquina de Smith [25].

En la Figura 10 se muestra la máquina de cilindros cruzados, la cual tiene el mismo propósito que la de dos discos, pero además permite evaluar el comportamiento del contacto, a todo lo largo de la superficie de ambos cilindros.

La opinión general de la industria apunta hacia la tendencia del empleo de máquinas de ensayo tipo engranajes, pues la correlación con el comportamiento real en servicio, ha sido mejor utilizando engranajes como especímenes de ensayo [14].

Los especímenes de ensayo pueden ser engranajes reales cuya forma, dimensiones y material pueden estar normalizados para la evaluación de lubricantes, pero pueden ser alterados para evaluar específicamente determinados requerimientos de servicio que se deseen.

Un modo aparentemente simple de diseñar tales máquinas consiste en colocar los engranajes de ensayo entre un motor y un freno como se muestra en la Figura 15.

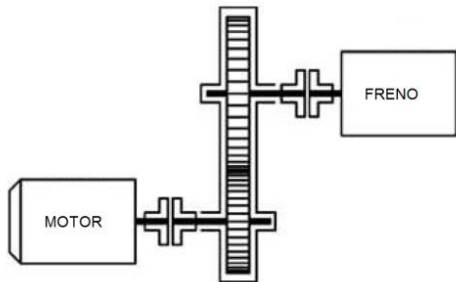


Figura 15 - Máquina para el ensayo de engranajes con lazo de potencia abierto [14].

Sin embargo la implementación de tales diseños resulta limitada debido a las siguientes desventajas:

- ❖ El motor debe suministrar toda la potencia necesaria para garantizar la carga de ensayo a la cual se desean probar los engranajes.
- ❖ Alto costo de instalación y alto consumo de energía.

Un modo más eficiente para aplicar carga sobre engranajes de ensayo consiste en la propia inclusión de estos dentro de un lazo o circuito cerrado de transmisión de potencia, el cual puede ser eléctrico o mecánico [14], como se muestra en la Figura 16.

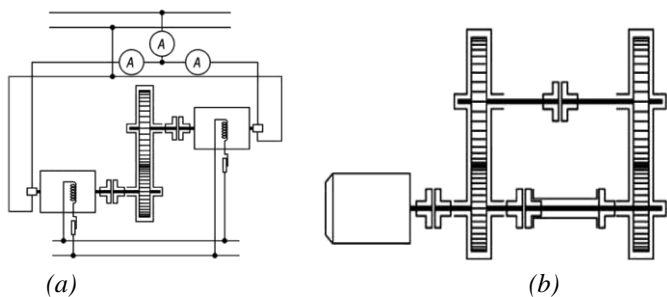


Figura 16 - Máquina para el ensayo de engranajes con lazo de potencia cerrado, a) Eléctrico, b) Mecánico [14].

En el primer caso un motor eléctrico acciona el eje de entrada de la caja de engranajes sometidos a ensayo, el eje de salida es acoplado a un generador que retroalimenta energéticamente al sistema, sin embargo el gran tamaño, tanto del motor como del generador, constituyen su principal limitación, ya que estos deben ser seleccionados en concordancia

con la potencia de ensayo máxima requerida, la cual es generalmente más alta que la nominal. En el segundo caso, los ejes de entrada y salida de dos cajas de engranaje que tienen exactamente la misma relación de transmisión son conectadas unas a otras mediante ejes intermedios, conformando un lazo cerrado. Un dispositivo para la aplicación de torque puede ser incluido en dicho lazo y el sistema se hace girar utilizando un motor externo. En condiciones estables este solo debe suministrar las pérdidas de energía total del sistema y por consiguiente este rango de potencia es mucho más bajo que la potencia que realmente carga los engranajes.

Las ventajas de este tipo de máquinas de ensayo son:

- ❖ Significativa reducción del costo de instalación, ya que no se requieren ni freno ni generador y el motor de accionamiento está seleccionado en concordancia con las pérdidas de potencia total del sistema.
- ❖ El consumo de energía es mucho menor que en los sistemas anteriores.
- ❖ Permite la determinación de la eficiencia del sistema de engranajes.

La configuración de máquina anteriormente descrita se conoce como de potencia circulante, y su principio de funcionamiento se denomina en inglés como Four-Square.

III.2.1 SISTEMAS DE POTENCIA CIRCULANTE O FOUR SQUARE

Los sistemas de potencia circulante o Four-Square son una configuración mecánica, utilizada básicamente en el ensayo a fatiga de componentes [29].

Con el objetivo de explicar en qué consiste este principio se le denominará cadena de torsión, a la unión de dos elementos: un transmisor de torque (engranaje ó polea) y un generador de torque (motor ó actuador hidráulico). Esta unión se materializa mediante un elemento intermedio, que se encarga de transmitir el momento torsor desde el elemento generador hasta el transmisor. En la Figura 17 a se muestra una cadena esquematizada y pueden identificarse los elementos constituyentes.

Las dos cadenas se unen por sus respectivos transmisores de torque (Figura 17 b). El esquema del Four-Square se completa añadiendo dos transmisores de torque (con la misma relación de transmisión que los ya existentes), (Figura 18).

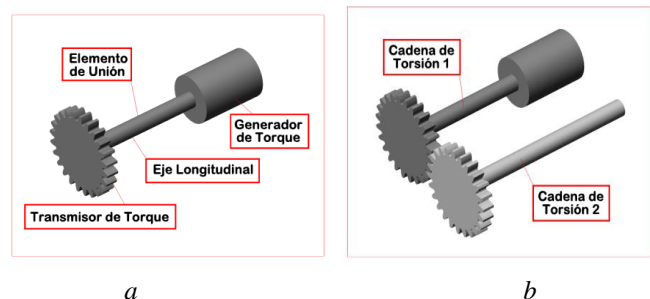


Figura 17 – a) Elementos componentes de la cadena de torsión, b) Cadenas de torsión unidas.

Los elementos ensayados tienen en común que durante su servicio, trabajan sometidos a momentos torsores, mientras giran a una determinada velocidad angular. Los especímenes ensayados pueden ser los definidos como transmisores de torque, o formar parte de lo que se ha llamado elemento de unión. Un ejemplo del primer tipo es el ensayo de engranajes a fatiga. En este caso, las dos cadenas se someten al momento recirculante entre elementos.

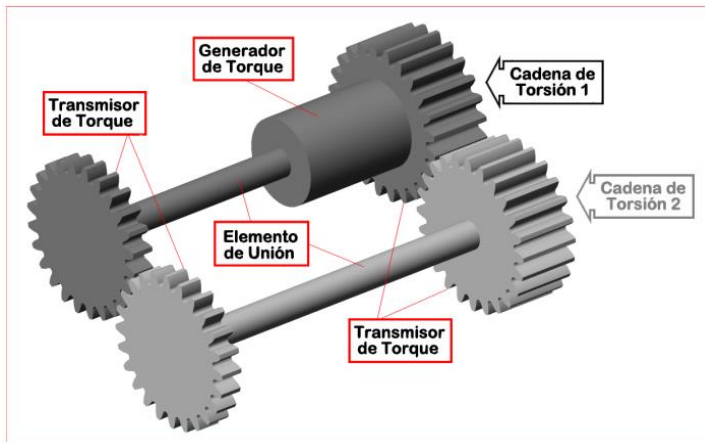


Figura 18 - Esquema general del mecanismo de potencia circulante.

III.2.2 DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA GENERAR TORQUE EN LAS MÁQUINAS DE ENSAYO

De acuerdo con el modo mediante el cual se aplica el torque de carga, las máquinas de ensayo para engranajes de potencia circulante pueden ser clasificadas en sistemas mecánicos e hidráulicos [14].

III.2.2.1 SISTEMAS MECÁNICOS PARA LA APLICACIÓN DE TORQUE

El acoplamiento de embrague para la aplicación del torque en máquinas como las del tipo FZG, resulta simple y fiable, sin embargo, tiene la desventaja que el torque aplicado no puede ser controlado durante el ensayo. Para variar el torque de ensayo durante su realización sin tener que interrumpirlo, para poder simular con precisión las condiciones de carga reales, es necesaria la utilización de un dispositivo adicional. Tales dispositivos emplean frecuentemente trenes de engranajes planetarios, Lanahan [30], Klinger [31], Langenbeck [32] and Basedow [33] presentaron sistemas de este tipo.

El más simple de estos, consiste en un tren de engranajes planetarios simple, el cual es mostrado esquemáticamente en la Figura 19.

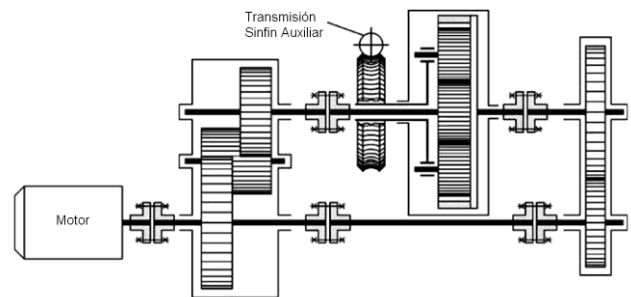


Figura 19 – Sistema planetario simple utilizado para imponer el torque de ensayo [30].

El torque es aplicado al cargador planetario mediante una transmisión sinfin auxiliar durante el ensayo, operada manualmente o controlada numéricamente mediante un servo motor. El torque de ensayo resulta de la diferencia en la dirección de rotación y la relación entre el engranaje sol y el anillo dentado interior.

En la Figura 20 se muestra un desarrollo adicional que emplea un tren de engranajes planetarios doble sin anillos dentados interiores. Los números de dientes de los engranajes son seleccionados de tal modo que para un ángulo de rotación dado del cargador planetario, los engranajes sol rotan en la misma dirección pero a diferentes ángulos, aplicando de este modo el torque de ensayo. Su principal desventaja es que no pueden ser usados, para determinar pérdidas de potencia en cajas de engranajes.

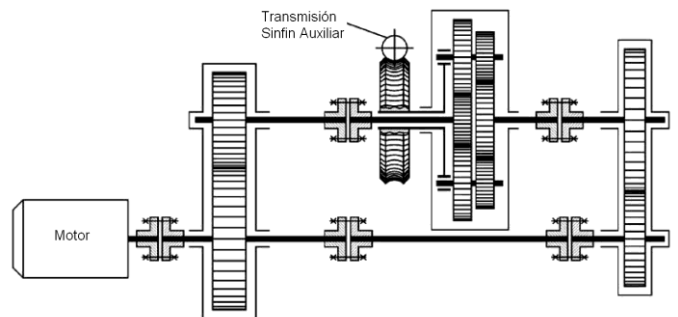


Figura 20 – Sistema planetario doble sin anillo dentado interior, utilizado para establecer el torque en el sistema de ensayo [31].

Para superar esta desventaja Gruscka y Herrmann [34] propusieron incluir en el lazo de potencia otro sistema planetario doble idéntico (Figura 21).

En esta configuración, ambas cajas de engranajes de ensayo pueden ser idénticas, sin embargo, la potencia fluye a través de los trenes de engranajes planetarios y causa pérdidas adicionales haciendo por lo tanto más difícil de obtener las pérdidas de potencia de una sola caja de engranaje de ensayo.

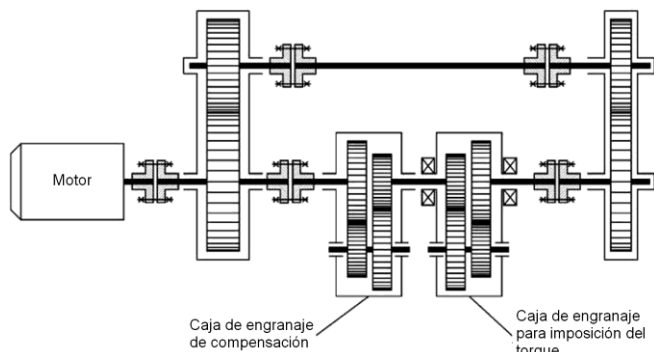


Figura 21 – Dos trenes de engranajes planetarios idénticos sin anillos dentados interiores para imponer el torque y compensar la velocidad rotacional respectivamente [34].

En lugar de utilizar trenes de engranajes planetarios, Musser [35] y Schröder [36] presentaron otro dispositivo que utiliza una transmisión harmónica (Figura 22).

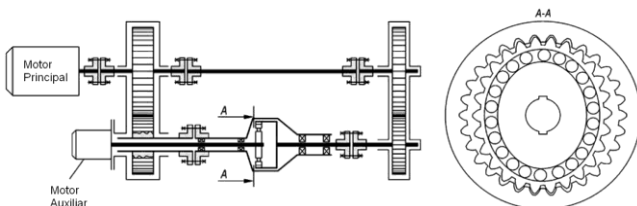


Figura 22 – Transmisión harmónica utilizada para imponer torque de ensayo [35].

El torque de ensayo se obtiene a partir de la diferencia en los ángulos de rotación del anillo dentado exterior del rodamiento y el engranaje interior. Una desventaja de este sistema estriba en que las pérdidas de potencia del motor auxiliar son generalmente desconocidas y perjudica el nivel de precisión en la determinación de la eficiencia de una caja de engranaje sometida a ensayo.

Una variante de este diseño, basada en el mismo principio, fue presentada por Brüggemann [37], la cual emplea una transmisión cicloidal (Figura 23), de esta manera se extiende significativamente los valores máximos del torque de ensayo.

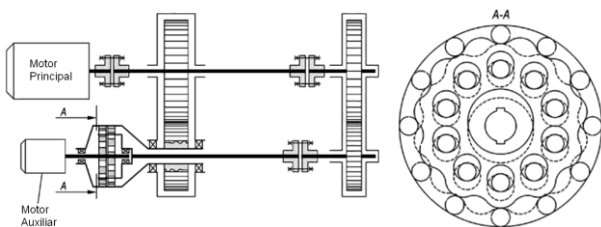


Figura 23 – Transmisión cicloidal utilizada para imponer torque de ensayo [37].

Otro interesante modo de aplicar carga, consiste en incluir dentro del lazo de potencia, un par de engranajes adicional que genere el torque de ensayo cuando este es movido en dirección transversal, como se muestra en la Figura 24, Harald [38] y Yano

[39] presentaron aparatos basados en este concepto, los que poseen como ventaja principal, que permiten rápidas variaciones del torque de ensayo.

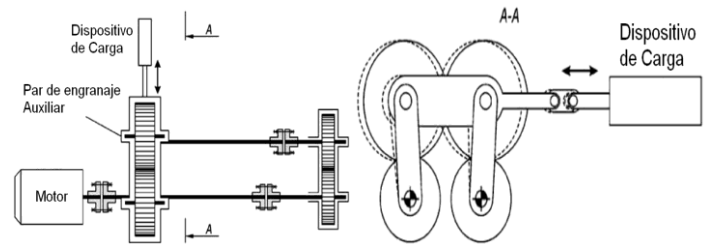


Figura 24 – Aplicación del torque de ensayo mediante colocación de un par de engranajes auxiliares en dirección transversal [38].

Otra alternativa fue introducida por Bader [40] y consiste en una máquina conformada por dos cajas de engranajes conectadas por dos árboles con junta universal (Figura 25), una de las cajas de engranajes se rota sobre un eje paralelo al árbol de la transmisión, aplicando de esta manera el torque de ensayo.

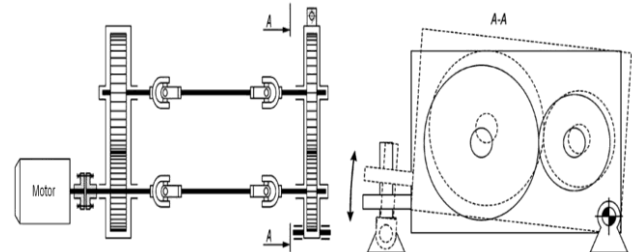


Figura 25 – Aplicación del torque mediante rotación de la caja de engranajes completa [40].

III.2.2.2 SISTEMAS HIDRÁULICOS PARA LA APLICACIÓN DEL TORQUE

Varios diseñadores reemplazaron el simple acoplamiento de carga de los sistemas mecánicos, por un torque hidráulico aplicando dispositivos para ajustar el torque de ensayo mediante el control de la presión hidráulica.

Uno de los primeros intentos de diseño de tales dispositivos fue presentado por Collins [41] (Figura 26), cuenta con un árbol intermedio incluido dentro del lazo de potencia, el cual está provisto en ambos extremos de un estriado helicoidal que tiene direcciones opuestas y se encuentra montado sobre rodamientos dentro de una caja que fue diseñada para operar como un pistón hidráulico bi-direccional.

Aplicando presión en uno de los compartimentos, se aplica una carga axial sobre el árbol intermedio y el torque de ensayo se genera gracias a los estriados helicoidales, como la fricción en los flancos de los dientes del árbol ranurado helicoidal es proporcional al torque aplicado, se introduce una dificultad para controlar el torque solo mediante la presión, se hace necesario montar un medidor de torque, para determinar su magnitud real, con precisión.

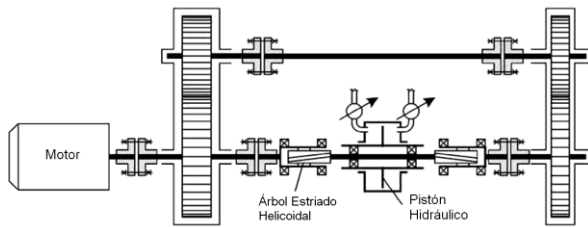


Figura 26 – Árbol estriado helicoidal montado en el interior de un pistón hidráulico [41].

Basado en el mismo principio de operación, Hennings [42] diseñó un acoplamiento generador de torque, consistente en un tambor y un disco provisto de un engranaje helicoidal, el cual es empujado por un pistón hidráulico, como se muestra en la Figura 27. Sin embargo, este diseño tiene las mismas desventajas que el anterior.

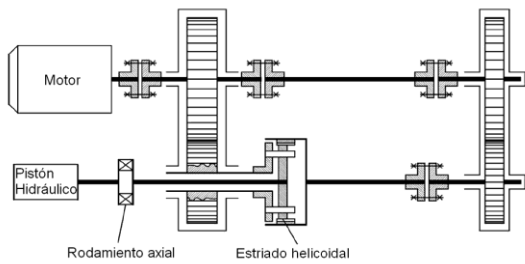


Figura 27 – Aplicador de torque con estriado helicoidal, controlado hidráulicamente [42].

En otra variante para aplicar torque de ensayo mediante la utilización de cilindros hidráulicos, Schneider [43] propuso montar un cilindro con un extremo conectado a una brida ensamblada sobre el árbol del engranaje. Mientras el otro extremo se conecta mediante un pasador colocado en el propio engranaje, como se muestra en la Figura 28. En este diseño el torque de ensayo ya no es afectado por la fricción.

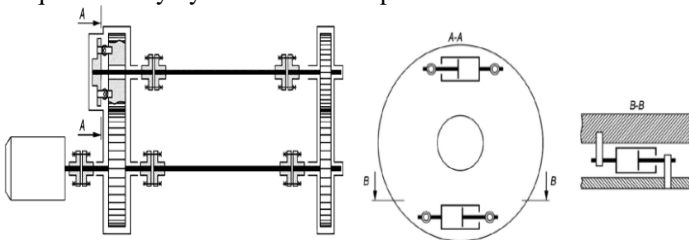


Figura 28 – Cilindros hidráulicos ubicados circunferencialmente para aplicar el torque [43].

En otro dispositivo para la aplicación de torque Shipley [44] introdujo un tambor y un rotor provisto con aletas radiales formando cámaras de presión (Figura 29), el torque de ensayo es generado mediante la presión de aceite en las cámaras. Un diseño apropiado minimiza la fricción y el torque de ensayo puede ser controlado de manera precisa mediante la presión. Este concepto ha sido probado de manera satisfactoria. Se encuentra comercialmente disponible para torques de hasta 8000 Nm.

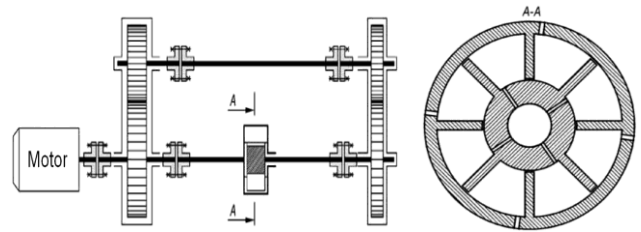


Figura 29 – Cilindro hidráulico rotatorio utilizado para aplicar torque de ensayo [44].

Kugler [45], en una variante más compacta, diseñó un cilindro rotatorio hidráulico, construido en el interior de uno de los engranajes fijos (Figura 30).

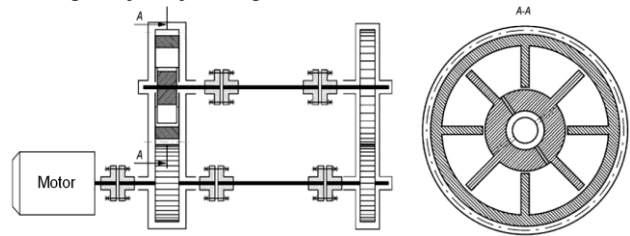


Figura 30 – Cilindro hidráulico rotatorio diseñado dentro del propio cubo del engranaje [45].

Un novedoso sistema para aplicar torque ha sido propuesto recientemente por Mihailidis [14, 46], cuyo componente principal es un tren de engranajes planetarios diseñado originalmente por Wolfram [47], la Figura 31 muestra el concepto sobre el que se sustenta este sistema, el cual posee una elevada relación de transmisión, que permite aplicar elevados torques de ensayo, empleando motores de pequeño tamaño. El motor auxiliar opera solamente mientras se aplica o varía el torque de ensayo. El tren de engranaje planetario completo, incluyendo el motor fuera de operación, rota como un bloque. Por consiguiente, este sistema puede ser utilizado para obtener la eficiencia en cajas de engranajes mediante la simple medición del torque aplicado por el motor principal, toda vez que no ocurren pérdidas de potencia en el sistema de aplicación de torque, el cual opera como un árbol rígido.

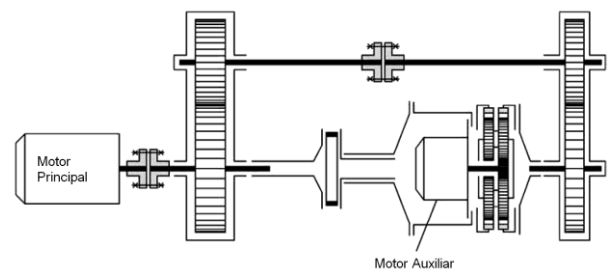


Figura 31 – Sistema de aplicación de torque propuesto recientemente por Mihailidis [14].

Una limitación de este sistema es que no permite realizar cambios de carga rápidos, que resultan necesarios para simular operaciones bajo fuertes choques.

III.2.3 MÁQUINAS PARA EL ENSAYO DE ENGRANAJES A LA FATIGA SUPERFICIAL

En la norma AGMA 925-A03 [48] de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes, conocida por sus siglas en inglés AGMA, se hace referencia a las principales máquinas utilizadas para el ensayo de engranajes: NASA, FZG, Ryder e IAE, coincidiendo con los resultados obtenidos en las búsquedas realizadas sobre el tema, pues son precisamente estas las más citadas, en las publicaciones referentes a trabajos investigativos realizados con engranajes. Sus principales características y aspectos de mayor interés, se exponen a continuación.

III.2.3.1 MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE ENGRANAJES NASA

Esta máquina (Figura 32) ha sido desarrollada por el Centro de Investigación sobre Engranajes de la Administración Nacional para la Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos (NASA), por sus siglas en inglés.

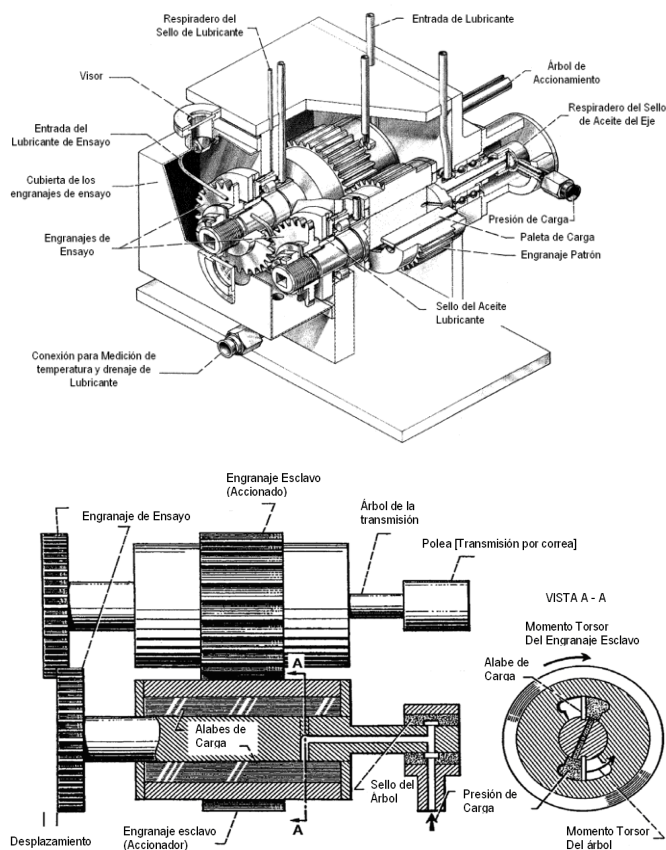


Figura 32 - Máquina para ensayo de engranajes NASA [49].

Su funcionamiento se basa en el principio de potencia circulante, puede ser puesta a girar sin carga mediante un sistema motriz, dotado de un motor eléctrico y una transmisión por correa, que le permite alcanzar una frecuencia de rotación de hasta 10000 rpm, para una velocidad circunferencial de 46,5 m/s, el sistema hidráulico puede alcanzar una presión máxima de $690 \times 10^4 \text{ N/m}^2$, permitiendo establecer una capacidad de carga

máxima de 6672 N y obtener tensiones de contacto cercanas a los 2 GPa sobre la superficie del diente del engranaje sometido a ensayo [49].

Un sistema hidráulico es el encargado de proveer la presión de trabajo sobre la paleta de carga, localizada en el interior de uno de los engranajes patrones, lo cual genera un momento torsor que se recircula a través de los elementos de la transmisión y permite alcanzar el nivel de tensión requerida para el ensayo, sobre los dientes del engranaje, mediante ajuste de la presión hidráulica.

Los engranajes son probados con un desplazamiento de las caras que permite alcanzar la tensión de contacto deseada, a costa de un menor torque, posibilitando además realizar 4 pruebas por cada par de engranajes [49].

III.2.3.2 MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE ENGRANAJES FZG

Esta es una de las máquinas de ensayo de engranajes (Figura 33) más utilizadas, con más de 500 unidades en explotación alrededor del mundo en el año 2008, fue desarrollada por la Universidad Técnica de Munich, Alemania, para su centro de investigación sobre engranajes, conocido por sus siglas en alemán FZG (Forschungsstelle für Zahn-räder und Getriebebau) [50], que dan nombre a la máquina.

Cuenta con dos cajas de engranajes, en una se encuentra montado el par de engranajes fijos de la máquina, y en la otra los de ensayo, ambos pares con la misma relación de transmisión. El árbol más lento posee un elemento intermedio para la medición del torque. El eje rápido está conectado mediante un acoplamiento embricado, que permite a ambos extremos rotar uno con respecto al otro, a través de este acoplamiento se aplica el torque de ensayo mediante una palanca y un contrapeso, cuya activación se ejecuta a través de un pasador de bloqueo que impide el movimiento relativo entre las bridas, transmitiendo así el torque aplicado [51].

Esta máquina de ensayo es muy utilizada para determinar la capacidad de carga por desgaste de aceites lubricantes y grasas, y la influencia de estos, sobre el coeficiente de fricción, la eficiencia, y la formación de micro-picadura y picadura.

Establece una presión de contacto máxima entre los dientes de 2 GPa, alcanza unos 530 Nm de torque y una velocidad de rotación de 2250 rpm [48]. Un control de nivel de vibración permite la detección de astillado u otros daños severos.

Los laboratorios de tribología frecuentemente utilizan estas máquinas para ensayar materiales también, utilizando para ello el mismo tipo de lubricante, lo cual ofrece resultados que dependen únicamente de las características del propio engranaje, cuando son producidos con diferente material o modo de elaboración [13]. También resultan ampliamente utilizadas para determinar la capacidad de carga al agarramiento [52-56] y el

comportamiento respecto al desgaste [57] de aceites y grasas, así como la influencia de estos sobre el coeficiente de fricción y la eficiencia [58, 59] y sobre la formación de micro-picadura [60] y picadura [61, 62], el mismo concepto de diseño ha sido utilizado en máquinas para el ensayo de engranajes hipoides [63] y helicoidales cruzados [64].

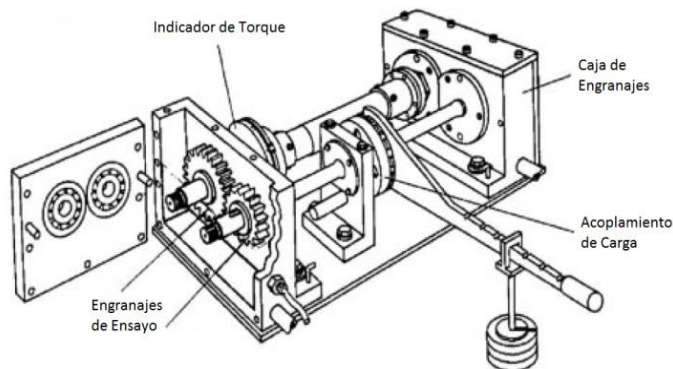
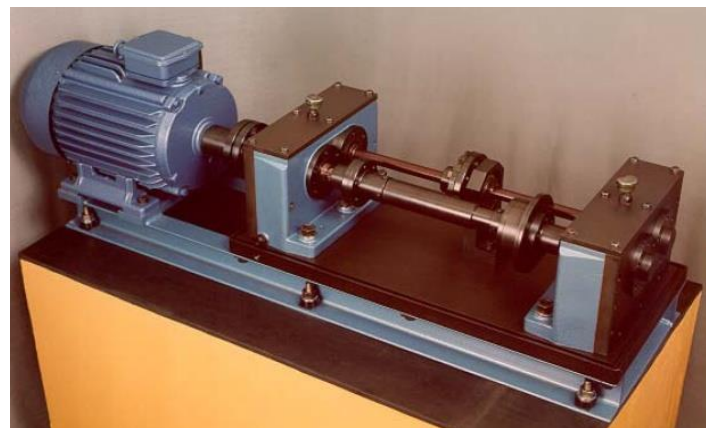


Figura 33 – Vista general y esquema de la máquina de ensayo FZG [65].

La máquina FZG tiene limitaciones tales como el bajo límite superior de tensiones de contacto en el diente engranado (2000 MPa), y los intervalos excesivamente amplios en el cambio de las cargas aplicadas, lo cual disminuye el nivel de precisión.

III.2.3.3 MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE ENGRANAJES IAE

Esta máquina de fabricación inglesa, es del tipo de potencia circulante, los engranajes de ensayo son del tipo cilíndrico de dientes rectos [66]. Las cargas son aplicadas por medio de un brazo-palanca, su velocidad oscila entre 4000 y 6000 rpm y el torque entre 20 y 407 Nm [48], lo cual genera una carga máxima sobre los engranajes de ensayo que permite alcanzar una alta presión específica en la zona de contacto de hasta 35 600 kgf/cm², permitiendo evaluar lubricantes para transmisiones universales e hipoides con aditivos de extrema presión muy activos [67].

Algunos autores [68, 69] refieren las notables ventajas que posee esta máquina para evaluar las propiedades anti-agarramiento de lubricantes para transmisiones.

III.2.3.4 Máquina para el ensayo de engranajes Ryder

Se utiliza para evaluar la capacidad de carga y propiedades anti-agarramiento de lubricantes para la aviación, de ahí su elevada velocidad de operación de hasta 10000 rpm y un rango de torque de 0 a 270 Nm [48].

Está compuesta por una sola caja de engranajes con dos árboles conectados por dos pares de engranajes cilíndricos, los cuales tienen exactamente la misma relación de transmisión y forman un lazo de potencia cerrado (Figura 34). En la configuración original los engranajes estrechos eran rectos mientras los anchos eran helicoidales. La característica principal de esta instalación es la aplicación de carga a los engranajes de ensayo, mediante movimiento axial de un engranaje helicoidal relativo al otro, debido a la acción de una presión de aceite conocida, sobre el pistón ubicado en el interior del cubo de uno de los engranajes helicoidales [66]. Partiendo del ángulo de la hélice y el área de la cámara presurizada, es posible calcular la carga tangencial. La máquina de ensayo Ryder ha sido ampliamente adoptada y aun está siendo utilizada en ensayos de lubricantes y engranajes especialmente en los Estados Unidos [70]. Esta permite variar de manera efectiva el torque de ensayo durante la operación mediante el control de la presión hidráulica, pero no es posible determinar la eficiencia de un solo par de engranajes ni pueden ser probadas cajas de engranajes completas [14].

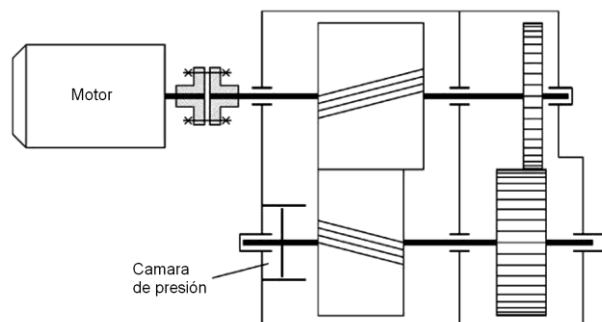


Figura 34 – Máquina para ensayo de engranajes Ryder [71].

III.2.4 MÁQUINAS PARA EL ENSAYO DE ENGRANAJES A LA FATIGA POR FLEXIÓN

La rotura del diente es la forma más catastrófica de falla en engranajes, por lo que una parte considerable de los programas de ensayo de engranajes están dedicados a obtener suficiente información para minimizar su ocurrencia en servicio [72].

Existen dos grupos principales de máquinas destinadas a la realización de ensayos en engranajes a la fatiga por flexión, las ya conocidas de potencia circulante o tipo Back-to-Back y las de tipo Pulsador, las primeras son rotatorias y ya han sido analizadas con anterioridad, aunque más adelante se detallan algunas peculiaridades que caracterizan su uso en los ensayos de engranaje a la fatiga por flexión y las segundas son estáticas y se utilizan para realizar ensayos sobre diente único.

III.2.4.1 MÁQUINAS TIPO PULSADOR

Este tipo de ensayo es utilizado para general datos de fatiga por flexión en cantidades estadísticamente significativas, a un costo económico comparativamente bajo. Los dientes son ensayados cada uno de manera independiente, aplicando la carga de ensayo sobre un punto fijo del único diente sometido a prueba [72].

El ensayo es generalmente realizado en una máquina electro-hidráulica universal, servo-controlada, donde el engranaje es rígidamente soportado sobre un eje, colocado en un aditamento especialmente diseñado, de manera que un diente pueda ser sometido a la carga de ensayo, mientras otro soporta la reacción [73].

En la Figura 35 se muestra una configuración típica de este tipo de instalación, diseñada para engranajes cilíndricos de dientes rectos, con varios dientes removidos para facilitar el acceso a los dientes de ensayo y de reacción. La carga se aplica a través de un vástago que entra en contacto con el punto más alto del diente sometido a ensayo. La reacción es soportada a través de otro vástago en contacto con el diente de reacción, en su punto más bajo. La capacidad de carga típica para ensayos a la fatiga en estos equipos oscila entre 45 y 90 kN [72].

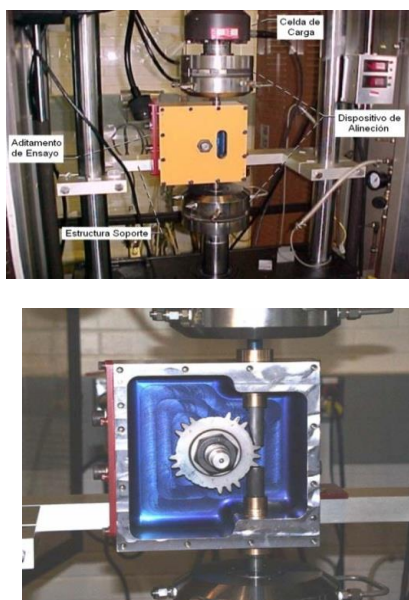


Figura 35 –Máquina de ensayo a la fatiga por flexión sobre diente único [74].

A pesar de que en el ensayo sobre diente único, no se reproducen las condiciones reales de engranaje, existen varias razones [75] que hacen apropiado a este tipo de ensayo, para evaluar el comportamiento de los engranajes a la fatiga por flexión:

- Elimina la implicación que sobre el ensayo pudieran tener ciertas variables de la máquina, tales como desgaste de los árboles, rodamientos y otras partes de las máquinas rotatorias, que frecuentemente tienden a confundir los resultados de la prueba, en este ensayo el diente sometido a prueba recibe la carga directamente.
- Elimina las posibles influencias que las variables del engranaje pudieran provocar. El efecto de las desviaciones en la línea de paso, el huelgo entre dientes y los errores del perfil de involuta, son eliminados debido a que el contacto ocurre siempre en la misma posición.
- Pueden ser utilizadas varios tipos de máquinas estándar de ensayo a la fatiga.
- El ensayo puede ser ejecutado continuamente hasta que la máquina sea automáticamente detenida cuando ocurra la falla del diente.
- Permite la medición de las tensiones por flexión en la raíz del diente en pleno proceso de operación, si los dientes del engranaje son suficientemente grandes.
- Elimina fallas indeseadas al no existir movimiento relativo contra el diente sometido a ensayo, por lo que solo pueden ocurrir fallas por fatiga a la flexión, esto posibilita la generación de datos por concepto de este tipo de falla, a ciclos comparativamente altos, sin riesgo de perder los ensayos debido a otras fallas.

III.2.4.2 MÁQUINAS DE POTENCIA CIRCULANTE

Este tipo de máquina (Figura 36), también es utilizada para evaluar el comportamiento de engranajes a la fatiga por flexión, montados en parejas y sometidos a una carga previamente establecida, se hacen girar engranados entre sí, a velocidades preferiblemente inferiores a las 1000 rpm para detener la máquina y evitar que se dañe, cuando ocurra la falla. Como en esta configuración los engranajes trabajan en rotación, el reto principal estriba en diseñar ensayos, donde no ocurran modos de fallas indeseados (picadura, agarramiento), lo cual requiere controlar las características constructivas de los engranajes y la propia metodología de ensayo, debiendo atenuarse los elementos que propicien la aparición de fallas no deseadas, antes de que se cumpla el número de ciclos requeridos. Esta constituye la principal desventaja que poseen estas máquinas, aunque los resultados alcanzados son más precisos que los obtenidos en los ensayos sobre diente único, especialmente si se eliminan o minimiza la influencia de otros modos de fallas sobre el ensayo [72].

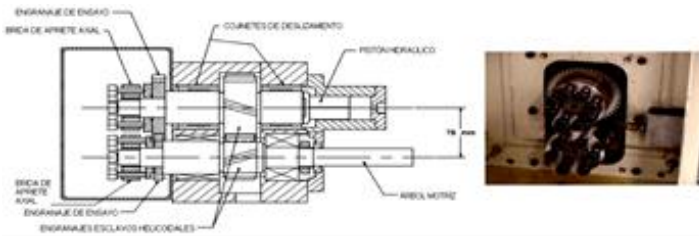


Figura 36 – Máquina de potencia circulante para el ensayo a la fatiga por flexión [76].

IV MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS Y EXPERIMENTACIÓN, EN EL ANÁLISIS DE FALLAS

En los últimos tiempos las transmisiones por engranaje acaparan la atención de muchos estudiosos y técnicos y como resultado de este interés han aparecido novedosos métodos de cálculo de esfuerzos en los dientes resueltos con la aplicación de modernas técnicas de análisis que han requerido de un intenso empleo de la computación y los procesamientos matemáticos. Dentro de estos procesamientos se destaca el Método de los Elementos Finitos (MEF), muy utilizado para el análisis de la resistencia en los dientes de los engranajes. El MEF en la actualidad se ha convertido en una herramienta potente y muy fiable y es frecuentemente utilizado como referencia para el análisis numérico, analítico y experimental de los resultados [77-79].

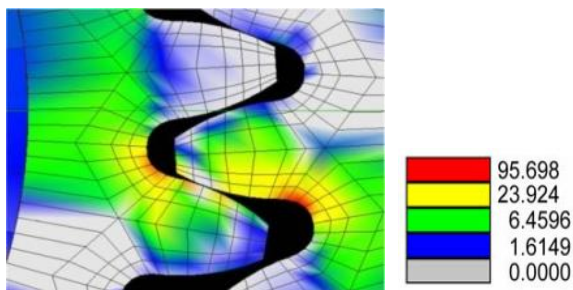
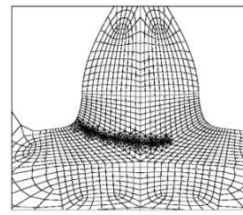
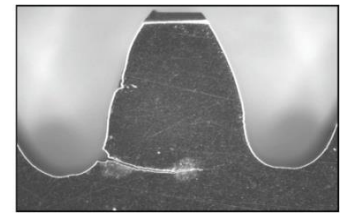


Figura 37 - Resultado de Análisis mediante el Método de Elementos Finitos mostrando la distribución de tensiones generadas entre dos engranajes [74].

Cuando se requieren efectuar determinaciones de estados complejos de tensión y deformación de componentes, el cálculo mediante simulación por ordenador desempeña un papel de gran importancia, debido fundamentalmente al ahorro económico (no se tiene que realizar un montaje físico ni utilizar componentes reales de los sujetos a estudiar), y al ahorro de tiempo. Lo dicho, parece situar a este método como único camino a la hora de plantear un ensayo.



(a)



(b)

Figura 38 - (a) Trayectoria de la grieta simulada mediante MEF. (b) Propagación de la trayectoria de la grieta durante un ensayo [80].

Sin embargo no resulta así, la gran complejidad que se deriva de un fenómeno multifactorial como la fatiga, hacen que sea necesario recurrir a la experimentación para evaluar los aspectos que se escapan a las capacidades del cálculo. Por tanto, al estimar la vida a fatiga de un componente o conjunto de componentes, cálculo y experimentación son herramientas que lejos de ser sustitutiva una de la otra, deben ser complementarias en torno a un objetivo común [81].

A pesar del impresionante progreso hecho en los últimos años, relativos al análisis y simulación, la experimentación resulta aún esencial.

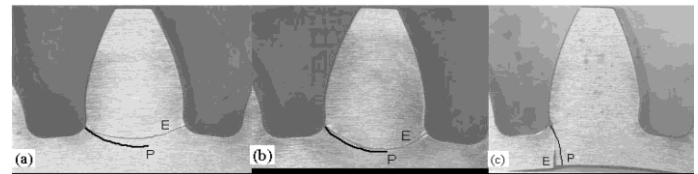


Figura 39 - Comparación de la predicción de propagación de la grieta [P] con los resultados experimentales [E] [82].

V. CONCLUSIONES

1. Los dos principales modos de fallas a los que se requiere comprobar una transmisión por engranajes, lo constituyen, las fallas a la fatiga por contacto superficial, y a la fatiga por flexión.

2. Las máquinas de ensayo del tipo engranaje, poseen una tendencia de empleo más favorable que las del tipo simulación, pues la correlación con el comportamiento real en servicio, ha sido mejor utilizando engranajes como especímenes de ensayo.

3. Existen varios dispositivos para aplicar el torque en las máquinas de ensayo de engranajes, resultando los sistemas hidráulicos, los que permiten una explotación más flexible y un mejor control y automatización del proceso.

4. Se requieren desarrollar dos máquinas para la verificación de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos de dientes rectos, que permitan evaluar el comportamiento de estos elementos en relación con los dos criterios de diseño más difundidos y que sirven de base a diversas normas de comprobación para este tipo de engranajes, una máquina estaría destinada para realizar ensayos de resistencia a la fatiga por contacto y la otra para ensayos de resistencia a la fatiga por flexión.

5. La máquina a diseñar para la realización de ensayos a la fatiga por contacto, se recomienda sea del tipo engranaje, bajo el principio de potencia circulante, con sistema de cilindro rotatorio hidráulico para la aplicación del torque, construido en el interior de uno de los engranajes patrones, seleccionando como referencia para su diseño, la máquina desarrollada por el Centro de Investigación sobre Engranajes de la NASA, la cual además de poseer las múltiples ventajas que sobre este tipo de máquinas ya han sido relacionadas con anterioridad, poseen un notable aval refrendado por numerosas publicaciones que refieren sobre su exitoso uso durante un largo periodo de tiempo, en múltiples investigaciones relacionadas con engranajes.

6. Para los ensayos a la fatiga por flexión, se propone implementar un sistema del tipo pulsador, utilizando una máquina estándar para ensayos de fatiga por tracción-compresión, esta configuración posee un grupo de características ya citadas, que la hacen muy apropiada para estos ensayos, además de aportar una gran simplificación desde el punto de vista constructivo, pues solo se requiere desarrollar un aditamento especial para soportar el engranaje y garantizar la adecuada aplicación de la carga.

7. A pesar de los grandes progresos logrados en los últimos años en el análisis de engranajes mediante el método de elementos finitos, la experimentación continua desempeñando aun, un importante papel en este campo y sirve de complemento y validación, a los métodos computacionales y de procesamiento matemático.

VI. BIBLIOGRAFIA

[1] Chen, Y., Yamamoto, A.; Omori, K. Improvement of Contact Fatigue Strength of Gears by Tooth surface Modification Processing, in 12th IFToMM World Congress. 2007: Besançon (France). p. 6.

[2] DeLange, G., Failure Analysis for Gearing. 2009. p. 12.

[3] Fernandes, P.J.L., Tooth Bending Fatigue Failures in Gears. 1996. p. 7.

[4] Fernandes, P.J.L., McDuling, C. Surface Contact Fatigue Failures in Gears. 1997, Pergamon. p. 9.

[5] Glodez, S., Winter, H.; Stüwe, H. P. A Fracture Mechanics Model for the Wear of Gear Flanks by Pitting 1997, Elsevier. p. 7.

[6] Loutridis, S., A local energy density methodology for monitoring the evolution of gear faults. 2004, Elsevier: Thessaloniki, Greece. p. 7.

[7] Rexnor, Failure Analysis Gears-Shafts-Bearings-Seals. 1978, Rexnor Industries. p. 20.

[8] Dobrovolsky, V., Elementos de Máquinas. 1976, Moscú: Editorial MIR.

[9]ANSI/AGMA 1010-E95 Appearance of gear teeth-terminology of wear and failure. 2005. p. 48.

[10]Rivas, D. La Lubricación en la Gestión de Mantenimiento. 2008. 66.

[11]ISO 6336-2 Calculation of Load Capacity of Spur and Helical Gears, Part 2: Calculation of Surface Durability (Pitting). 2008.

[12] ISO 6336-3 Calculation of Load Capacity of Spur and Helical Gears, Part 3: Calculation of Tooth Bending Strength. 2008.

[13] Magalhaes, L., Seabra, J. Teeth Surface Failures in Austempered Ductile Iron (ADI) Gears. 2003, Universidad do Porto: Portugal.

[14] Mihailidis, A., Nerantzis, I. A New System for Testing Gears Under Variable Torque and Speed. 2009, Bentham Science Publishers Ltd.: Thessaloniki, Greece. p. 14.

[15]Moya, J.L., Goytisol, R. A.; Hernández, A. E.; Machado, A. S. Simulación del Contacto en Transmisiones por Engranajes, in 8vo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. 2007: Cusco.

[16] Friction in to the gearing. Rev. of the ASME, 1888. 8 y 9.

[17] Efficiency of gear drives. Rev. Trans. of the ASME, 1918. 40: p. 107.

[18]Kenerson, W.H., Investigacion of efficiency of wor gearing for automoviles. Trans. of the ASME, 1912. 34: p. 919.

[19]Martin, H.M., The lubrication of gear teeth. Rev. Engineering, 1916. 102: p. 119.

[20] BeeK, O.W., Givens, I.; Smith, A. E. The mechanism of boundary lubrication. Rev Proc. Roy Soc, 1940: p. 9.

- [21] Mc Kee, S.A., Swindells, J. F.; White H. S.; Wayne, M. Gear Lubricant testing. *Rev. Mech. Eng.*, 1949. 71: p. 67.
- [22] Lane, T.B., Scuffing temperature of boundary lubricant films. *Rev. Brit. Journal of App. Phys.*, 1951. 2: p. 35.
- [23] Talliam, T.E., Lubricant film, rolling contact of rough surfaces. *Rev. Trans. of the ASME*, 1964. 7(2): p. 109.
- [24] Crook, A.W., Simulated gear- tooth contacts: some experiments upon their lubrication and sub- surfaces deformation. *Rev.Proc. Inst. Mech.Eng.*, 1957. 171: p. 187.
- [25] Smith, F.W., Lubricant behaviour in concentrated contact systems the castor oil Steel system. *Rev. Wear*, 1959. 2: p. 250.
- [26] Sibley, L.B., Orcutt, F.K. Elastohydrodynamics Lubrication of rolling contact surfaces. *Rev Trans. of the ASME*, 1961. 4: p. 234.
- [27] Dawson, D., Lonfield, M. D. The lubrication of rolls finite with: An investigation of oil-film characteristics, in *Rev. Instn. Mech. Eng.* 1964.
- [28] Archard, J.F., Kirk, M.T. Lubrication at point contacts. *Rev. Proc. Roy. Soc.*, 1961. 261: p. 532.
- [29] Oliver Fernández, D., Diseño de un banco de ensayo para árboles articulados. 2007.
- [30] Lanahan, J.H., US3112643. 1963.
- [31] Klinger, F., Prüfstände für Getriebe. Wellen, Kupplungen: *Antriebstechnik*, in 11. 1972. p. 332-336.
- [32] Langenbeck, K., Getriebepfstände für Forschung und Entwicklung, in 115, *VDI-Z*, Editor. 1971. p. 115-121.
- [33] Basedow, G., Prüfstände mit verspannten Getrieben. *Antriebstechnik*, 22, Editor. 1983. p. 32-38.
- [34] Gruschka, B., Herrmann, B. DE3100848. 1982.
- [35] Musser, C.W., US2929266. 1960.
- [36] Schröder, G., Hüser, H.; Krug, H. DE4325403. 1995.
- [37] Brüggemann, D., Hüser, H.; Fischer, W. G. DE10119148. 2002.
- [38] Harald, A., Löhr, H. DE2908860. 1980.
- [39] Yano, M., Yoshihara, Y. US5113704. 1992.
- [40] Bader, A., DE102006014237. 2006.
- [41] Collins, L.J., US2371607. 1945.
- [42] Hennings, G., Ein Zahnradverspannungsprüfstand mit einstellbarem Belastungsprogramm. *Maschinenbautechnik*, (5), Editor. 1970. p. 259-262.
- [43] Schneider, H., Bartsch, K.; Schucht, K. DD249392. 1987.
- [44] Shipley, E.E., US2935869. 1960.
- [45] Kugler, A., Roth, A. DE3424923. 1986.
- [46] Mihailidis, A., GR20090100039. 2009.
- [47] Wolfrom, U., Der Wirkungsgrad von Planetengetrieben. *Werkstatttechnik*. 1912. p. 615-617.
- [48] AGMA 925-A03 Effect of Lubrication on Gear Surface Distress. 2005. p. 58.
- [49] Townsend, D.P., Chevalier, J. L.; Zaretsky, E. V. Pitting fatigue characteristics of AISI M-50 and super nitralloy spur gears. 1973, NASA: Washington, D. C. p. 24.
- [50] Winter, H., Zahnraduntersuchungen im Verspannungsprüfstand. *Das Industrieblatt*. 1955. p. 433-437.
- [51] Hoehn, B.R., Oster, P.; Tobie, T.; Michaelis, K. *Test Methods for Gear Lubricants*. 2008.
- [52] DIN 51354: Standard test method for lubricants using the FZG gear test-rig. 1990.
- [53] CEC L-07-A-95: Load-carrying capacity for transmission lubricants. 1990.
- [54] IP 334: Determination of load-carrying capacity of lubricants-FZG gear machine method. 1993.
- [55] ASTM D5182: Standard test method for evaluating the scuffing load capacity of oils (FZG visual method). 1997.
- [56] ISO 14635: FZG test method A/8.3/90 for relative scuffing loadcarrying capacity of oils. 2000.
- [57] ASTM D4998: Standard test method for evaluating the wear characteristics of tractor hydraulic fluids. 1995.
- [58] GFC T 014 T 85. Ecotrans method - Assessment of the ability of lubricants to reduce friction losses in transmission. 1985.
- [59] FVA 345/1: Standard test method for determining the lubricant's effect on friction coefficients using the FZG gear-test rig. 2002.
- [60] FVA 54/I-IV: Standard test method for determining the lubricant's effect on the formation of micro-pitting - Test method GF-C/8.3/90. 1993.

- [61] FVA 2/IV: Standard test method for determining the lubricant's effect on the life cycle of pitting in load stage test: PT-C/9/90, PTC/ 10/90. 1997.
- [62] FVA 371: Load collective test: PT-C/LLS/90, PT-C/HLS/90 development of a praxis relevant pitting test. 2006.
- [63]Langenbeck, K., Die Verschleiß- und Fressgrenzlast der Hypoidgetriebe., in VDI-Z. 1967. p. 213-225.
- [64]Langenbeck, K., Schraubenträger zur Leistungsübertragung, VDI-Z, Editor. 1969. p. 257-260.
- [65]Podgornik, B., Vizintin, J. Sliding and Pitting Wear Resistance of Plasma and Pulse Plasma Nitrided Steel. 2001, 2001 IoM Communications Ltd.
- [66] Morris, J., Goldsworthy, J.; Scott, J.; Sauter, C. Development of a Gear and Spline Lubricant Tester. 1954, Western Gear Work: Ohio. p. 91.
- [67]IP 166/65: Load-carrying capacity for oils. IAE gear machine. 1965.
- [68]Zaskal'ko, P.P., Kuznetsov, E. G.; Krysin, V. D.; Chechetkin, V. V. Evaluation of antiscuff properties of transmission oils in IAE tester by qualification test procedure. Khimiya i Tekhnologiya Topliv i Masel, 1976(7): p. 54-57.
- [69] Zaskal'ko, P.P., Krysin, V. D.; Zabelin, A. V. Evaluation of Load-Carrying Capacity of Oils in IAE Gear Machine with Smaller Oil. Volume. 1983, Plenum Publishing Corporation.
- [70] ASTM D1947-83: Standard test method for load carrying capacity of petroleum oils and synthetic fluid gear lubricants. 1983.
- [71] Ryder, E.A., A gear and lubricant tester - Measures tooth strength or surface effects, A. Bull, Editor. 1947. p. 69-73.
- [72]McPherson, D.R., Rao, S. B. Experimental Characterization of Bending Fatigue Strength in Gear Tooth, in Geartechnology. 2003. p. 8.
- [73] Krantz, T., Tufts, B. Pitting and Bending Fatigue Evaluations of a New Case-Carburized Gear Steel. 2007, NASA: Cleveland. p. 14.
- [74] Handschuh, R.F., Krantz, T. L. Investigation of Low-Cycle Bending Fatigue of AISI 9310 Steel Spur Gears. 2007, NASA: Ohio. p. 14.
- [75] Wulpi, D.J., Shot Peened Gears as Evaluated by Single Tooth Fatigue Test. 1956.
- [76] Nigarura, S., Parameswaran, R.; Trasorras, J. R. Bending Fatigue of Surface Densified Gears: Effect of Root Densification Depth and Tooth Loading Mode on Fatigue Life. 2006. p. 14.
- [77] Litvin, F.L., Chen, J.S.; Lu, J. Application of Finite Elements Method for Determination of Load Share, Real Contact Ratio, Precision of Motion, and Stress Analysis. Journal of Mechanical Design, 1996. 118: p. 561-567.
- [78]Muthukumar, R., Rhagavan, M. R. Estimation of Gear Tooth Deflection by the Finite Elements Method. Mechanism & Machine Theory, 1987. 22: p. 177-181.
- [79] Wilcox, L., Coleman, W. Application of Finite Elements to the Analysis of Gear Tooth Stresses. ASME Journal of Engineering for Industry, 1973. 95: p. 1139-1148.
- [80] Li, C.J., Choi, S. Spur Gear Root Fatigue Crack Prognosis via Crack Diagnosis and Fracture Mechanics. 1998. p. 10.
- [81] Wei, Z., Stresses and Deformations in Involute Spur Gears by Finite Element Method. 2004.
- [82] Mosher, M., Huff, E. M., Modelling of Vibration Measurements for Gear Fault and Damage Detection on Aircraft. 2004.