



Cuadernos de Investigación

**ARTÍCULOS DE PROYECTO DE GRADO
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES
DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE
SE GRADUARON EN EL 2009**

INGENIERÍA MECÁNICA

ISSN 1692-0694. Medellín. Agosto de 2010. Documento 83-082010

La Universidad EAFIT aspira a ser reconocida nacional e internacionalmente por sus logros académicos e investigativos.

Para ello desarrolla la capacidad intelectual de sus alumnos y profesores en todos los programas académicos, con la investigación como soporte básico.

-De la visión institucional-

Edición

Dirección de Investigación y Docencia
Universidad EAFIT
Medellín, Colombia

Director

Félix Londoño González

Los contenidos de este documento son responsabilidad de los autores.

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.

Serie Cuadernos de Investigación

Carrera 49 7 sur 50

Teléfono (574) 261 95 40

www.eafit.edu.co/investigacion

Tabla de Contenido

	Pág.
RESUMEN. ABSTRACT. AUTOR	7
INTRODUCCIÓN	9
DISEÑO Y CONTROL DE UN PÉNDULO FURUTA PARA SU UTILIZACIÓN EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD EAFIT	11
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO DE CORTE EN RELIEVE	18
REPUJADORA AUTOMÁTICA DE LÁMINA EN TORNO (SPINNING PROCESS).....	25
DISEÑO DE UNA TAPA DE DESCARGA PARA UN MOLINO DE BOLAS EN LA EMPRESA SENCO COLOMBIANA S.A.	32
FUNDAMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LOS MOLINOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA CON LA APLICACIÓN DEL EQUIPO VIBROTIP	37
DISEÑO Y PROTOTIPO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA PLANTA LITOGRAFICA DE TRONEX BATTERY COMPANY S.A.....	46
SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUTURO DE LOS INDICADORES CM Y COSTOS DE MANTENIMIENTO EN UN CASO INDUSTRIAL	56
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CUATRO TIEMPOS DE RENAULT TWINGO.....	66
REDISEÑO DE LOS COMPONENTES PLÁSTICOS DEL INTERRUPTOR ROTATIVO I-315, PARA SUSTITUIR EL PROCESO ACTUAL DE TERMOPRENSADO DE BAKELITA POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS DE INGENIERÍA	74
MANUAL DE UTILIZACIÓN DE TRANSDUCTORES Y SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA EXPERIMENTAL.....	83

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICO-MECÁNICOS, PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES TERRESTRES QUE OPERAN CON MOTORES TIPO DIESEL	93
MODELO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PMO (PLANNED MAINTENANCE OPTIMIZATION)	99
METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN AUTÓNOMA EN UNA COMPAÑÍA FLEXOGRÁFICA.....	108
UN ACERCAMIENTO A LAS MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS	117
PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA DE PIEZAS EN LA ZONA DE REPROCESO DE UNA ENSAMBLADORA DE MOTOCICLETAS.....	127
DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA TÉCNICA DIELESS EN LA MANUFACTURA DE PIEZAS EMBUTIDAS.....	134
ESTUDIO PROSPECTIVO TECNOLÓGICO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS PARA AUTOMÓVILES.....	141
INSPECCIÓN Y DEFORMACIÓN EN LÁMINA METÁLICA	149
ESTUDIO DE PREVIABILIDAD DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL CULTIVO DE JATROPHA QUE SE UTILIZA PARA LA EXTRACCIÓN DE SU ACEITE VEGETAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL	154
ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL REEMPLAZO DE UN HORNO DE CURADO DE CONVECCIÓN FORZADA POR UN HORNO DE CURADO INFRARROJO EN UN TREN DE PINTURA ELECTROSTÁTICA.....	162
REDISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN UNA LÍNEA DE TRANSPORTE DE BOTELLAS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS	170
COSTEO DE HERRAMIENTAS PARA CENTROS DE SERVICIO TÉCNICO AUTORIZADOS POR LA ENSAMBLADORA AKT MOTOS	177
DISEÑO DE UN MODELO DE MÁQUINA DE EMPAQUE SECUNDARIO	181
DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ALGUNOS COMPONENTES DE AUTOMÓVILES	189
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CABLE SINFÍN PARA TRANSPORTE DE MADERA EN EL BOSQUE	199

MANTENIMIENTO Y COSTOS DE GESTIÓN EN UN SECTOR EMPRESARIAL EN EL VALLE DE ABURRÁ	205
MEJORAMIENTO PROCESOS PRODUCTIVOS EN PLANTA DE ENSAMBLE CBU QINGQI	215
DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO Y MAQUINARIA PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE	219
CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA PLANTA PORTÁTIL PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL HIDRATADO	226
SISTEMAS DE INGENIERÍA BASADOS EN CONOCIMIENTO (KBES) COMO SOPORTE PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS	233
IMPLEMENTACIÓN DE COMPUTACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO Y PROGRAMACIÓN PARALELA EN CÓDIGOS COMPUTACIONALES.....	243
DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE MATERIALES EN ENGRANAJES CÓNICOS ESPIRALES E HIPOIDALES	253
ANÁLISIS RCM DE LA INYECTORA REED H29 PERTENECIENTE A LA EMPRESA INDUSTRIAS ESTRA S.A. MEDELLÍN.....	260
ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA VERTICAL ET-02	265
ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN HOTEL CAMPESTRE.....	272
ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIO DE LIMPIEZA DE EQUIPOS MÓVILES (ESCALERAS ELÉCTRICAS, ANDENES Y RAMPAS MÓVILES) EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN.....	277
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE DE UN LAVADERO AUTOMATIZADO DE AUTOMÓVILES.....	286
DOCUMENTACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SAP/R3 EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO.....	291
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA RENOVACIÓN DE TECNOLOGÍA EN HORNOS DE CURADO DE PINTURA ELECTROESTÁTICA EN LA INDUSTRIA DE ELEVADORES	294
ESTUDIO Y PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UN TALLER MONOMARCA PARA MOTOS	302

ESTABLECIMIENTO DE UNA OPORTUNIDAD DE NEGOCIO A PARTIR DE LOS CONOCIMIENTOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS DE INGENIERÍA QUE SE GENERAN DESDE EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEMI DE LA UNIVERSIDAD EAFIT.....	307
IMPLEMENTACIÓN DE 5'S EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	314
ESTRUCTURA AUTOPORTANTE PARA ASCENSORES DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA PARA LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.....	322

RESUMEN

Este documento presenta la relación de los artículos de los proyectos de grado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad EAFIT en el año 2009. La información de cada artículo, contiene el área de énfasis (Diseño de Sistemas Técnicos, Mantenimiento Industrial, Gestión de Proyectos y Plásticos), el asesor principal del trabajo de grado, el sector beneficiado, el resumen en español y en inglés con las palabras claves en los dos idiomas y los resultados del trabajo de grado.

La originalidad y pertinencia de los artículos, los convierten en un material bibliográfico valioso para la ingeniería y en especial para la ingeniería mecánica. Cada uno de los artículos representa un punto de vista particular en la nueva práctica de la ingeniería mecánica en Colombia y en el mundo.

ABSTRACT

This document presents the articles of the final year undergraduate of the Department of Mechanical Engineering at EAFIT University in 2009. Each article contains information about the area of interest (Design of Technical Systems, Industrial Maintenance, Projects Management and Plastics), the main adviser, institution who benefited from the project and the Spanish and English summary with key words in English and Spanish. Some of the articles are included in their full length version.

The originality and the pertinence of the articles convert them into a bibliographical valuable material for the engineering and especially for the mechanical engineering community. Each one of articles represents a particular view into a new practice of the mechanical engineering in Colombia and the world.

AUTOR

Información recopilada por el coordinador de Proyectos de Grado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad EAFIT.

Introducción

En este cuaderno, el lector encontrara los artículos generados a partir de los trabajos de grado de la carrera de Ingeniería Mecánica, que demuestran el compromiso de la comunidad universitaria Eafitense en la búsqueda de la excelencia académica, para el logro de propósitos científicos y servicio para la sociedad.

Los trabajos de grado son una actividad universitaria que estimula y fortalece la investigación en las diferentes áreas de énfasis de la carrera de ingeniería mecánica. Por esta razón, sus resultados se reflejan en innovaciones e invenciones tecnológicas, creación de microempresas, metodologías que elevan la disponibilidad de los equipos del sector industrial y otros aspectos decisivos en la mejora de la calidad de vida del hombre en la sociedad y el reconocimiento de la carrera en el ámbito nacional e internacional.

La aplicación del conocimiento de las áreas de Diseño de Sistemas Técnicos, Mantenimiento Industrial, Gestión de Proyectos y Plásticos, por parte de los egresados de la carrera de Ingeniería Mecánica, han beneficiado al medio industrial nacional e internacional en empresas tan importantes como lo son: Senco Colombiana S.A., Familia Sancela S.A, Tronex Battery Company S.A., Iprocom S.A., Empresa Muma Manufacturas Muñoz S.A., Cervecería Unión S.A, Bavaria Sab Miller, Ensambladora AKT Motos, Jinancol S.A, Industrias Estra S.A Medellín, Coservicios S.A. y Compañía Productora de Salsas S.A.entre otras no menos importantes.

El proyecto **“Diseño y control de un péndulo furuta para implementarlo en las aulas de clase de la Universidad EAFIT”** del ingeniero Ricardo Toro Santa María, con un importante desarrollo fue candidatizado como uno de los mejores proyectos de grado del año 2009.

El proyecto de grado, al ser el primer ejercicio de ingeniería que realizan los estudiantes, los proyecta y contextualiza hacia el ejercicio laboral, máxime cuando estos proyectos, se relacionan con problemas de las empresas.

Por último, la clave para obtener “calidad” en los trabajos de grado, es que además de la obligatoriedad de aplicar de manera integral los conocimientos y habilidades adquiridos durante su formación, cuenta con el apoyo de las diferentes dependencias de la universidad.

Un especial agradecimiento a las diferentes personas que sirvieron como asesores principales y evaluadores de los proyectos de grado, al personal Centro de Laboratorios y Grupos de Investigación de la carrera de Ingeniería Mecánica.

GERMAN RENÉ BETANCUR GIRALDO
Coordinador de Proyecto de Grado

DISEÑO Y CONTROL DE UN PÉNDULO FURUTA PARA SU UTILIZACIÓN EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD EAFIT

RICARDO TORO SANTAMARÍA

rtorosan@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

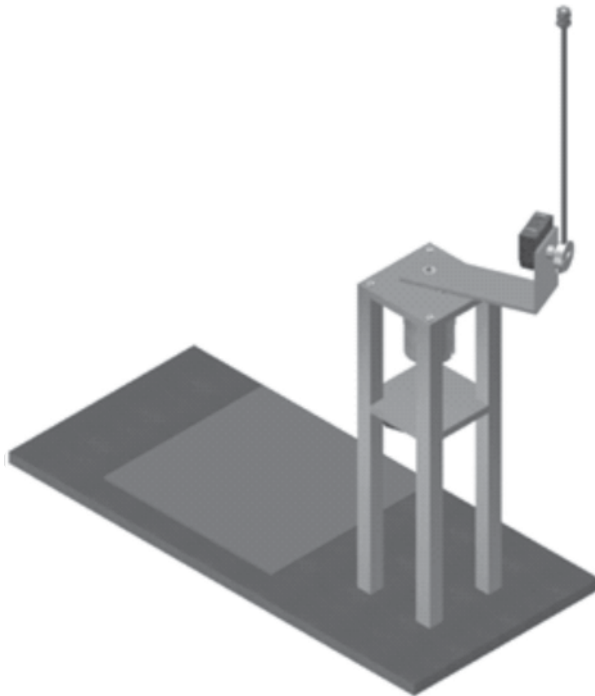
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

El siguiente artículo expone el proceso que se llevó a cabo para el diseño y control de un péndulo invertido Furuta. Para ello se tuvo en cuenta restricciones técnicas según requerimientos de diseño, con el fin de implementar el péndulo invertido en los algunos cursos de la Universidad Eafit.

ABSTRACT

The following article exposes the process that was conducted to design and control an inverted pendulum Furuta. To achieve the goal it was necessary to take into account technical constraints as design requirements in order to implement the inverted pendulum in some courses at Eafit University.

PALABRAS CLAVE

Péndulo invertido Furuta, modelo matemático, simulación, control LQR, swing up, control de retroalimentación de estados.

KEY WORDS

Inverted pendulum Furuta, mathematical model, simulation, LQR control, swing up, state feedback control.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de personas en el mundo han jugado a sostener en las palmas de las manos una escoba invertida. La idea del juego es no dejar que la escoba se caiga, por tanto se debe estar pendiente para actuar rápidamente ante cualquier inclinación de la escoba. En el momento que observa que se esté cayendo para un lado o para otro, el jugador mueve rápidamente su mano para tratar de estabilizar la escoba y esperar a que ésta

permanezca lo más quieta posible en la posición vertical invertida. Este juego, es lo que se conoce en la teoría de control moderno como un péndulo invertido.

Un péndulo invertido no es más que una barra (la escoba en el caso del juego), la cual permanece en posición vertical, siendo su punto de apoyo el extremo inferior. Su estabilidad está dada gracias a una acción de control, que el caso del juego de la escoba, es el movimiento de la mano (J.Arakil, 2005).

DEFINICIÓN DE UN PÉNDULO INVERTIDO FURUTA

El péndulo Furuta es un péndulo invertido que utiliza una barra horizontal que gira alrededor de un eje con el fin de intervenir otra barra vertical o péndulo. Mediante la dirección y potencia del giro se puede estabilizar en posición vertical invertida dicho péndulo gracias a la acción de la barra horizontal giratoria.

El péndulo invertido Furuta fue inventado por K. Furuta en el Tokyo Institute of Technology. El proyecto tenía como nombre el TITech Pendulum. En 1992, Furuta propuso un control robusto (swing - up) usando un subespacio proyectado desde todo el espacio de estados. El controlador usa un método de control llamado "bang-bang" pseudo-state feedback (FURUTA,1992) (IWASHIRO, 1996).

MODELO FÍSICO

Un péndulo invertido Furuta es un mecanismo físico muy simple. Consta de una barra vertical que se llama péndulo, una barra horizontal que se denomina brazo, un actuador (en este caso es un motor), y un sistema de control que incluye un sistema sensórico y un controlador que se encarga de tomar las decisiones (La Figura 1

muestra el esquema del sistema). Para poner todo en un mecanismo común se plantearon unas restricciones que se describen a continuación:

- Se tiene un capital de dinero reducido. La idea del proyecto es minimizar el costo y tratar de usar adecuadamente los recursos para así aminorar los gastos, ya que el proyecto busca que la universidad lo replique para usos académicos.
- El sistema debe ser pequeño y de fácil movilidad. Esto garantiza que el proyecto pueda llegar fácilmente a las diferentes aulas de clase y que su uso no sea limitado.
- El modelo físico debe evitar vibraciones producidas por el mismo sistema. Esto con el fin de no introducir perturbaciones innecesarias al sistema.
- Todos los componentes del péndulo invertido Furuta deben estar a la vista. Esto permite al docente y a los estudiantes una rápida comprensión global del sistema.

La parte mecánica del péndulo invertido Furuta se divide en 2:

- 1) La parte estructural, la cual se encarga de darle firmeza y rigidez al sistema mecánico. Un buen diseño garantiza una reducción máxima de las vibraciones, logrando que el sistema no introduzca perturbaciones internas.
- 2) La parte móvil, la cual consta del mecanismo en sí (actuadores y barras).

La estructura que soporta el mecanismo se puede observar en la Figura 2 (izquierda). Está compuesta por una base metálica (acero), unas columnas de aluminio de perfil cuadrado y unas placas de aluminio horizontales que soportan el motor y uno de los elementos electrónicos.

FIGURA 1
Esquema péndulo invertido Furuta

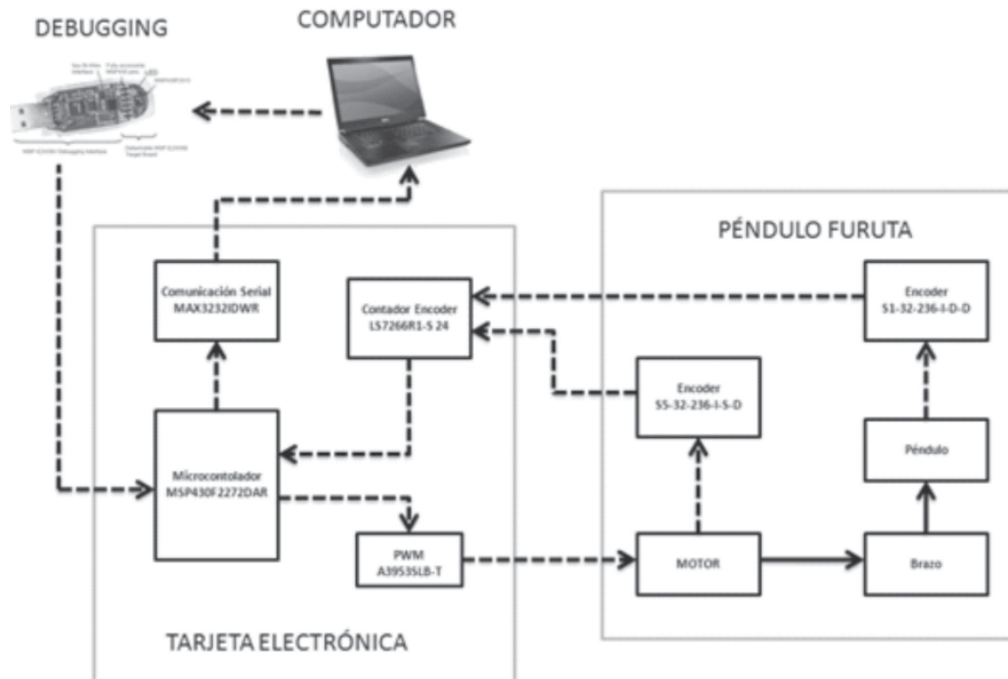
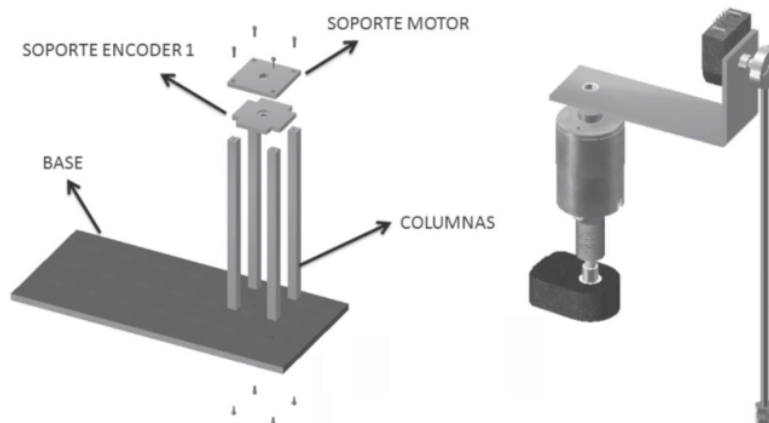
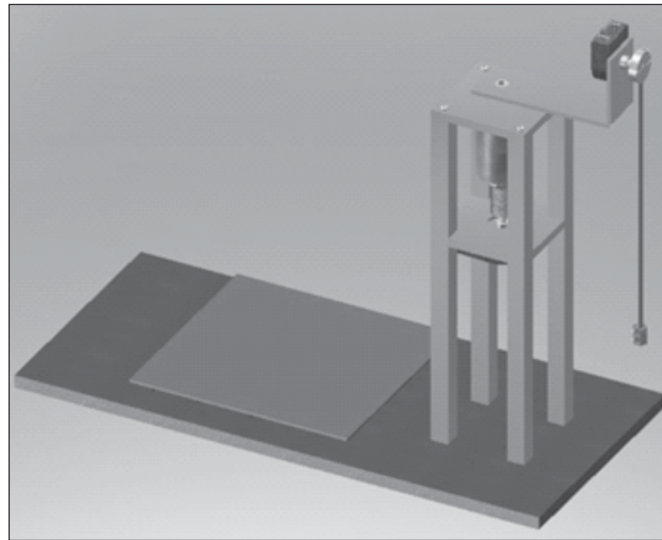


FIGURA 2
Componentes mecánicos del péndulo invertido Furuta



El mecanismo del péndulo invertido Furuta se puede observar en la Figura 2 (derecha). Está compuesto por un motor, 2 barras, 2 codificadores y accesorios de unión. Se utilizó aluminio para las barras con el fin de reducir el peso. Finalmente el péndulo completo se puede apreciar en la Figura 3.

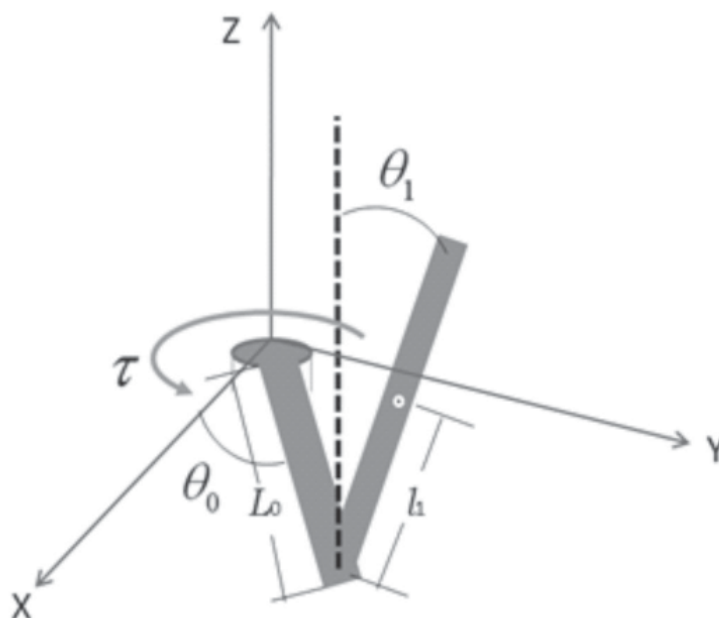
FIGURA 3
Ensamble completo del péndulo invertido Furuta



MODELO MATEMÁTICO

El modelo matemático parte del siguiente diagrama:

FIGURA 4
Representación esquemática del Péndulo Furuta



Dónde:

J_0 : Inercia rotacional del brazo, L_0 :

Longitud total del brazo, θ_0 : Ángulo de rotación del brazo, m_1 : Masa del péndulo, l_1 : Distancia al centro de gravedad del péndulo, J_1 : Inercia rotacional del péndulo, θ_1 : Ángulo de rotación del péndulo, τ : Torque aplicado al brazo.

Suposiciones:

No hay fricción entre las partes. La barra 1 y el péndulo son cuerpos rígidos.

Para hallar el modelo matemático se utilizó el método de Lagrange. Éste empieza definiendo un grupo de coordenadas generalizadas $q_0 = \theta_0$ y $q_1 = \theta_1$, para representar un sistema de n grados de libertad. A continuación, se halló la energía cinética K y la energía potencial P en términos de las coordenadas generalizadas.

Una vez las energías cinética y potencial fueron determinadas, las ecuaciones del Lagrangiano $L=(q_0, \dots, q_n, \dot{q}_0, \dots, \dot{q}_n)$ se definieron como la diferencia

entre la energía cinética y potencial del sistema ($L=K-P$). Luego se aplicó la siguiente definición de Lagrange (BLOCK, 2008):

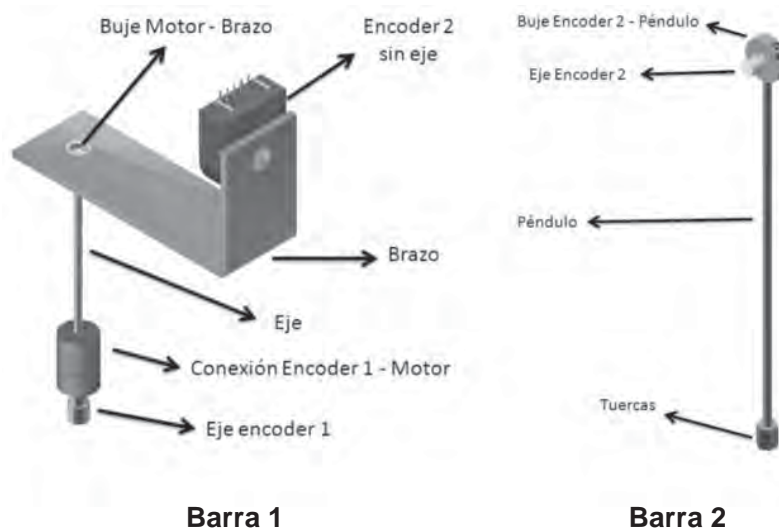
$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_j} = F_j$$

Para una mejor apreciación y para conceptos de manejo matemático, fue conveniente representar las ecuaciones halladas en forma matricial. Luego se hallaron las ecuaciones de estado de la planta para finalmente realizar una linealización del sistema.

PARÁMETROS DEL SISTEMA

Antes de hallar los parámetros necesarios del sistema, se diferenciaron claramente los componentes de la barra 1 (giratoria) y la barra 2 (péndulo). La Figura 5 permite reconocer fácilmente dichos componentes. Para hallar los parámetros se utilizaron 2 métodos: 1) Forma manual. 2) Vía CAD. La idea era poder comparar dichos métodos y observar que tan confiables eran los cálculos manuales calculados. Con los parámetros ya calculados se prosiguió con el diseño del controlador.

FIGURA 5
Componentes de la barra 1 y 2 del péndulo invertido Furuta



CONTROL DE RETROALIMENTACIÓN DE ESTADOS

Antes de diseñar el control se verificó que el sistema fuera inestable. Esto se realizó obteniendo los polos del sistema a partir de las ecuaciones de estado de la planta. Seguidamente se comprobó la controlabilidad del péndulo invertido Furuta (un sistema lineal, se dice que es controlable si para cada estado inicial $x(t_0)$ y cada estado final $x(t_f)$, existe una acción de control $t \rightarrow u(t)$ que lleve el sistema desde $x(t_0)$ en el tiempo t_0 hasta $x(t_f)$ en el tiempo t_f (SPONG, 2006)).

Dado el sistema de estados lineal hallado, la ley de control de retroalimentación de estados es una entrada u de la forma (SPONG, 2006):

$$u(t) = -K^T x + r$$

dónde K son ganancias constantes que deben ser determinadas y r es una referencia de entrada. Por tanto se hallaron las ganancias K utilizando el método LQR. Los pasos para encontrar los valores de dichas ganancias se definen a continuación:

- Encontrar los valores de A y B del sistema.
- Definir las matrices Q y R , teniendo en cuenta sus propiedades.
- Utilizar la función $[K, S, E] = \text{lqr}(A, B, Q, R)$ de Matlab, la cual resuelve la ecuación de Riccati (S), halla los valores de K y muestra la ubicación de los nuevos polos encontrados (E). (MATLAB®, 2009).

CONTROL SWING UP

El controlador que se diseñó en la sección anterior, supone que el péndulo se encuentra en una región muy cercana a su cero. Por tanto, el péndulo tiene que llegar desde la posición de equilibrio inferior, hasta una región muy cercana a su cero. Para ello, el péndulo se puede llevar manualmente hasta un punto dentro de una región predefinida y dejar

que el controlador tome el control del péndulo y lo estabilice en posición vertical invertida.

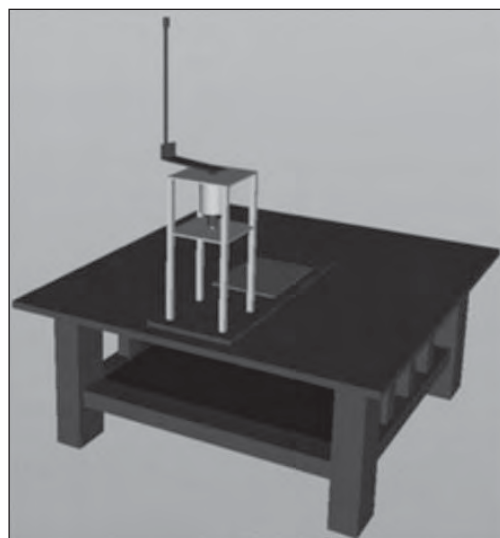
Sin embargo, en la actualidad existen controles que pueden ser diseñados para que el péndulo llegue al rango predefinido, partiendo desde una posición de equilibrio natural (péndulo abajo). La técnica más común utilizada para estos casos se llama control swing up, el cual se basa en la energía total del sistema (ÅSTRÖM, 1996). Para el péndulo invertido Furuta, se implementó un control swing up con el fin no intervenir físicamente el sistema.

SIMULACIÓN PÉNDULO INVERTIDO FURUTA

La simulación del péndulo invertido Furuta se divide en tres: simulación en 3D, modelo matemático de la planta y diseño del controlador.

La simulación en 3D tiene como objetivo permitir al usuario tener una visión mucho más aproximada a la realidad. Para obtener el modelo en 3D, se utilizó la herramienta de Simulink "Virtual Reality". En Figura 6 se puede observar el modelo creado para la simulación.

FIGURA 6
Modelo creado para la simulación



El modelo de la planta se simuló de dos formas: linealizado y no linealizado. La idea era observar las diferencias entre ambos modelos y ver que tan significativo es el efecto sobre la simulación cuando se realiza una linealización. Finalmente se implementaron los controles diseñados y se verificó que la teoría aplicada funcionaba correctamente.

CONCLUSIONES

Gracias a la buena identificación de los parámetros, el buen modelamiento del sistema y a la herramienta de simulación, Simulink, se pudo saber de antemano el comportamiento que tendría la planta real antes de implementar los controladores diseñados en dicho sistema. Esto permite un buen desempeño de los controladores y disminuye los costos en tiempos de pruebas en el sistema real, ya que permite ensayar diferentes controles dentro de la simulación y poder plantear diferentes alternativas antes de una prueba real. Por tanto, la simulación obtenida será de gran ayuda para los cursos de control y modelamiento de sistemas de la Universidad Eafit, ya que podrá tener en ella una plataforma de pruebas.

Las ecuaciones planteadas para la identificación de los parámetros son muy confiables, ya que se pudo obtener resultados muy aproximados a los logrados por el software CAD. Esto ayuda significativamente al buen diseño del controlador para estabilizar el péndulo en posición vertical invertida.

Se pudo observar que linealizar un sistema como el péndulo invertido Furuta cerca de un valor apropiado ($\theta_1 \approx 0$), no afecta significativamente los resultados y por el contrario puede ser una herramienta muy útil para el diseño del controlador. Linealizar el sistema simplifica de forma significativa el modelo de la planta, lo cual se convierte en un ahorro a la hora de una simulación en software como Simulink.

Finalmente, se puede concluir que para la construcción e implementación de un péndulo invertido Furuta no se requieren grandes cantidades de dinero. No se necesita de un procesador muy potente, lo cual se traduce en minimización de costos y optimización del código. El péndulo invertido Furuta construido en el presente proyecto de grado es uno de los únicos en el mundo que utilizan un microcontrolador en vez de un microprocesador.

BIBLIOGRAFÍA

K. FURUTA, M. YAMAKITA, and S. KOBAYASHI. Swing - up control of inverted pendulum using pseudo tate feedback. *Journal of Systems and Control Engineering*, 206(6):263-269, 1992.

M. IWASHIRO, K FURUTA, and K.J. ASTROM. Energy based control of pendulum. In *Proceedings of the 1996 IEEE International Conf. on Control Applications*. Pages 715-720, 1996.

J. ARACIL, F. GORDILLO. El Péndulo invertido: Un desafío para el control no lineal. *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*. Pages 8-19, Vol 2, Num 2, España, Abril 2005, ISSN: 1697-7912.

Mark W. SPONG, Seth HUTCHINSON, M. VIDYASAGAR. *Robot Modeling and Control*, pages 220-235, 248 - 250, USA, 2006, ISBN: 0-471-64990-2.

Dan BLOCK, *Memorias de clase ECE 486 Final Project Fall 2008*, University of Illinois, Urbana Champaign, USA, 2008.

K. J. ÅSTRÖM and K. FURUTA. *Swinging up a Pendulum by Energy Control*. In Paper presented at IFAC 13th World Congress, San Francisco, California, 1996.

MATLAB@,2009. *MATLAB - Función LQR* - Tomado de la página web <http://www.mathworks.com/> consultada el 15 de febrero del 2009, 2009.

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO DE CORTE EN RELIEVE

PABLO TORO ÁLVAREZ

ptoroalv@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

MARCOS MARTÍNEZ ACEVEDO

mmarti16@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

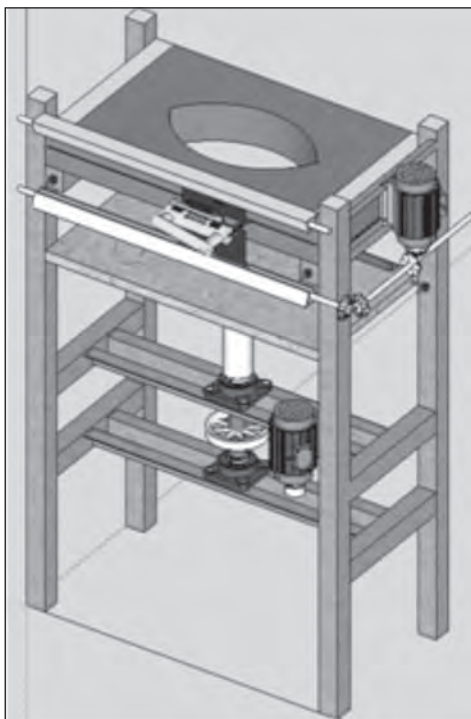
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO

SECTOR BENEFICIADO

POLÍMEROS (ESPUMA DE POLIURETANO)



RESUMEN

Este proyecto consiste en la automatización de una maquina, la cual era operada manualmente para la elaboración de una gama de productos en poliuretano, de una mediana empresa del sector. El producto consiste en un bloque de poliuretano, el cual tiene un corte en relieve (cóncavo) con una forma prediseñada en el molde. El proceso incluye un rediseño completo de la máquina, además de la construcción física y funcional del diseño seleccionado.

Debido a la creciente demanda del mercado hacia este producto, se sintió la necesidad de intervenir la máquina que fabrica el mismo, con el fin de aumentar la productividad en esta línea. Sin embargo, esta no es la única razón por la que se decidió automatizar el proceso, pues también se busca garantizar homogeneidad y calidad en el producto, simplicidad en su operación, y estandarización de la información de la maquina, mediante planos de partes, guías de operación y recomendaciones de mantenimiento resultantes del proceso de diseño.

ABSTRACT

This Project consists in the automatization of a machine, which was manually operated for the realization of a variety of products made of polyurethane, from a medium company. The product consists in a polyurethane block, which has a relief cut (concave) whit a shape given by a die. The process includes a complete redesign of the machine, including the physical and functional construction of the selected design.

Because of the growing demand of this product in the industry, surged the necessity to modify the machine, looking to increase the productivity. However, this is not the only reason for automatizing the process, since also is a matter the homogeneity

and quality of the product, the simplicity in its operation, and standardization of the information of the machine, with parts drawings, operation guides and maintenance recommendations derived from the design process.

PALABRAS CLAVE

Diseño, automatización, espuma, poliuretano, corte, cóncavo, compresión.

KEY WORDS

Design, automatization, foam, polyurethane, cut, concave, compression.

INTRODUCCIÓN

Desde la formación de la empresa, el proceso de corte en relieve de este producto era realizado con una máquina operada manualmente. Como consecuencia el operario se desgastaba físicamente con más facilidad, además de no permitirle realizar trabajos adicionales a este durante su operación, afectando considerablemente la productividad de la empresa. Por el hecho de que era fabricado manualmente el producto, no se garantizaba homogeneidad entre una unidad y otra.

La automatización de dicha máquina, busca entonces que la operación de los procesos de compresión y corte de la poliuretano, que se han rediseñado mecánicamente, sean limitados a un panel de control con pulsadores, logrando así grandes ahorros de tiempo y desgaste físico del operario.

METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología de diseño utilizada corresponde a un "híbrido", o una mezcla de todas las metodologías vistas a través de la carrera en los cursos de "Diseño Conceptual" y "Diseño Metódico", sin embargo esta se centra en el Modelo de "Diseño Total" de Pugh, el cual se ilustra a continuación.

FIGURA 1
Metodología de diseño



Esta parte de un conocimiento del mercado, para el caso del presente proyecto, entrevistas a los directamente relacionados y estado del arte de la maquinaria, luego se especifica el producto, mediante los requerimientos encontrados en dicho estudio, con el fin de pasar a la materialización y dimensionamiento de la idea de diseño.

ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DEL PRODUCTO (PDS)

Con la información recopilada en el estudio del mercado, se elabora una lista de especificaciones relacionadas al producto, las cuales serán relacionadas las unas con las otras, así como evaluadas de acuerdo a su importancia o peso en el diseño.

Una vez realizado el PDS, no ilustrado en este artículo por efectos de síntesis de la información, se llega a las siguientes interpretaciones o necesidades del usuario final (Operario) y cliente (Gerencia):

- CONFIABILIDAD
- ERGONOMÍA
- FUNCIONALIDAD
- BAJO COSTO
- TAMAÑO
- PESO

Estas necesidades pasan a ser relacionadas con el fin de encontrar cuales agregan valor al diseño y cuáles no, mediante el QFD (Quality Function Development). Una directa interpretación del QFD se puede definir gráficamente de la siguiente manera.

FIGURA 2
Diseño óptimo



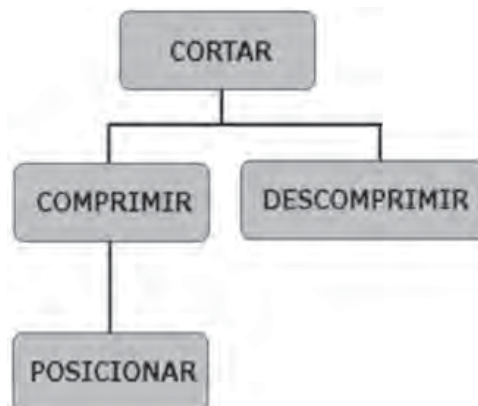
DESARROLLO DE LAS FUNCIONES

Inicialmente se definen las funciones (principales y secundarias), lo que resulta fácil, ya que el principio de funcionamiento de la maquina es el mismo, de la función principal se deriva el árbol defunciones.

FIGURA 3. Función principal

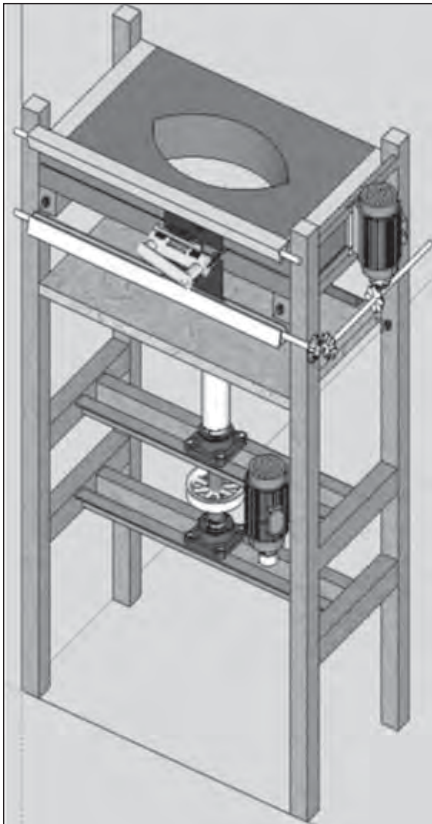


FIGURA 4. Árbol de funciones



Estas funciones son descompuestas a través de portadores físicos, o posibles ejecutores de la misma plasmados en una matriz morfológica. Evaluando diferentes alternativas de solución al diseño mediante las combinaciones que permite hacer la anterior matriz, y realizando una evaluación cuantitativa por portadores de estas, se llega a una alternativa de diseño preliminar, o boceto.

FIGURA 5
Alternativa de diseño seleccionada



DISEÑO MECÁNICO

En esta etapa convergieron fundamentos de las ramas de la ingeniería pertenecientes a Mecanismos, Control y Diseño de Máquinas, para contribuir al dimensionamiento de las partes resultantes de la propuesta de diseño seleccionada.

El aporte de los mecanismos, fue el de determinar qué tipo de mecanismo sería el responsable, tanto de la compresión, como del corte. Para ambos casos se escogió el mecanismo tornillo - tuerca, que en este caso se constituyen como tornillos de potencia.

El control de procesos, arrojó información importante acerca del orden lógico de las funciones, con sus respectivos actuadores y sensores. Los sensores en esta máquina son microswitches de final de carrera (4 en total), y los actuadores son los dos motores de ambos tornillos de potencia, y la caladora, que finalmente fue escogida como herramienta de corte. A continuación se muestra un diagrama de MEF (Máquinas de Estado Finito).

Por último, el diseño de máquinas se centró en los dos tornillos de potencia, los cuales fueron considerados como ejes para su cálculo. En dicho cálculo se acudió a la teoría de esfuerzos por fatiga, ya que el comportamiento de ambos ejes es totalmente alternante, es decir, en un giro completo el eje pasa por estados de tensión y de compresión.

FIGURA 6
Diagrama MEF

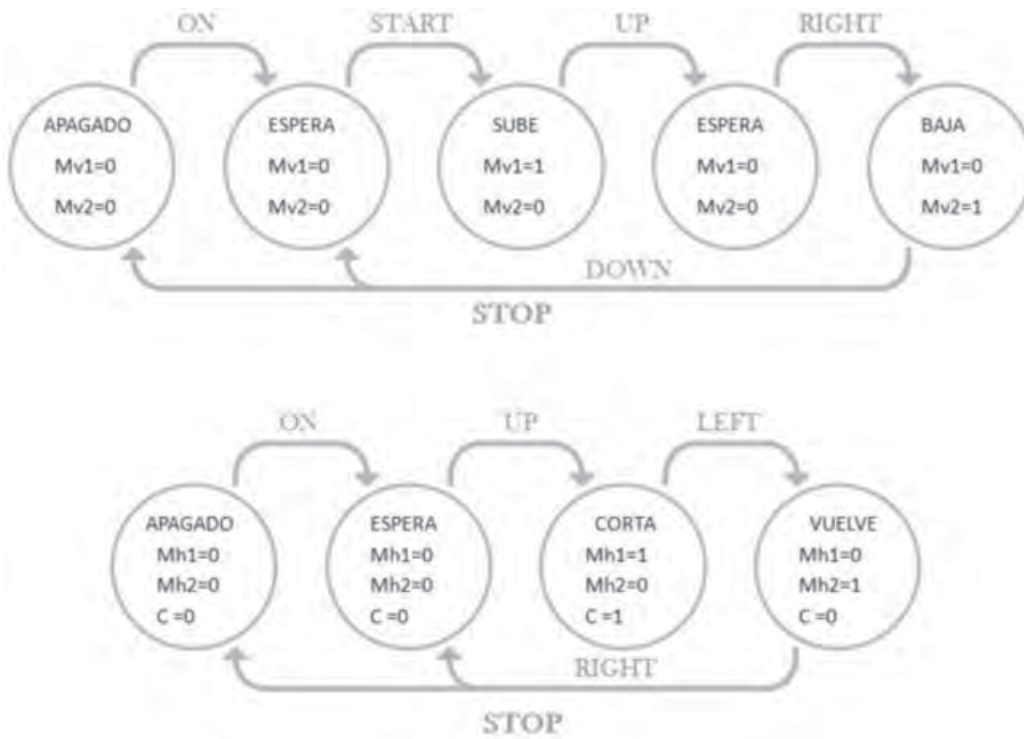
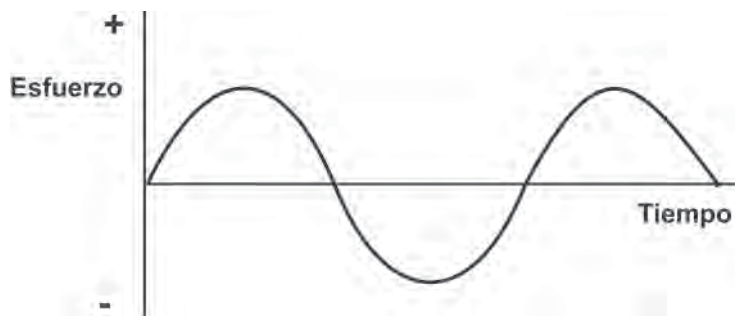


FIGURA 7
Gráfica de esfuerzos totalmente alternantes



$$S_e = C_{\text{carga}} C_{\text{tamaño}} C_{\text{superficial}} C_{\text{temperatura}} C_{\text{confiabilidad}} * S_e'$$

$$d = \left\{ \left[\frac{32N_f}{\Pi} \left(K_f \frac{M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fm} \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

CONCLUSIONES

Las metodologías de diseño adoptadas, que son más orientadas para productos de consumo del mercado, constituyen un importante apoyo para guiarnos con orden lógico, desde la identificación de las necesidades (PDS), hasta la concepción final de diseño viable y detallado. De esta manera, se comienza de muchas ideas, que con el avance del proyecto se filtran cada vez más, se materializan en propuestas de diseño, hasta seleccionar una de estas propuestas.

Es en esta etapa del proyecto en la cual el diseño metódico se complementa con el diseño mecánico, el cual se encarga de materializar y dimensionar la propuesta formal de diseño inicial. El diseño mecánico se vale de las teorías de fallas y esfuerzos, para calcular las medidas de cada una de las partes vitales de la máquina, considerando cierto factor de seguridad, que garantice la confiabilidad de la misma. El control automático es una rama con una aplicación fundamenta en el proyecto, pues junto con el funcionamiento mecánico, permite la operación independiente de la máquina, con importantes resultados para la productividad de la empresa.

Cabe recalcar que ambos procesos de diseño van de la mano, y constituyen un lazo retroalimentado, en el cual se intercambia información, en caso de presentarse la necesidad de replantear el diseño en alguna de sus fases.

Concluida la fase de diseño del proyecto, se procedió a la construcción física y funcional del diseño final resultante. Incluso en esta fase de construcción, también puede existir retroalimentación con el diseño. El prototipo construido fue satisfactorio, totalmente funcional, y cumplía con los objetivos para la cual fue diseñada, siendo el más importante de ellos el impacto a la productividad. Se pasó de una velocidad de operación de 45 seg/unidad en la máquina manual, a una de 30 seg/unidad en la máquina automática.

Finalmente, se concluye que la automatización de la máquina, era una tarea que la empresa requería desde hace algún tiempo debido al crecimiento de la misma, y el proyecto de grado se constituyó en una oportunidad inmejorable para intervenir la maquinaria, y presentar resultados concretos en términos de tiempo y dinero, que comprobaran la viabilidad de su construcción, y la recuperación de la inversión a corto plazo.

BIBLIOGRAFÍA

Chironis, N. P., & Sclater, N. (1996). *Mechanisms & Mechanical Devices Sourcebook*. New York, NY, Estados Unidos: ISBN 0-07-011356-4.

Chyan Fong Machinery Works Co., L. (Febrero de 1999). Home. Recuperado el Marzo 26 de 2009, de <http://www.foammachine.com.tw/idx.htm>.

Demand Foam Cutting. (2008). Foam Cutting Machines. Recuperado el 26 de Marzo de 2009, de <http://www.demandfoamcutting.com/index.html>.

East Field Machinery Ind. Lmt. (2005). Home Page. Recuperado el 22 de Marzo de 2009, de <http://www.foammachine-home.com/index.htm>.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. (1999). Historia del Poliuretano. Recuperado el 21 de Noviembre de 2007, de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pu/historia.htm>.

Espumas Plásticas S.A. (2003). Productos. Recuperado el 12 de Abril de 2009, de <http://www.espumasplasticas.com.co/modules.php?name=News&file=article&sid=5>.

Google Inc. (2008). Google Patent Search. Recuperado el 7 de Marzo de 2009, de <http://www.google.com/patents>.

Jiménez, M. (25 de Diciembre de 2005). Automatización Industrial. Recuperado en Septiembre de 2007, de <http://www.monografias.com/trabajos6/auti/auti.shtml>.

Norton, R. L. (1999). *Diseño de Máquinas*. México D.F, México.

NTN. (1996). Rodamientos de Bolas y Rodillos.

Pontificia Universidad Católica de Chile. (1998). Selección de cojinetes de rodamiento. Recuperado el 8 de Octubre de 2007, de <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/roda/index.html>.

Shigley, J. E. (2002). Diseño en Ingeniería Mecánica (Sexta Edición). (M. G. Hill, Ed.) México D.F., México: ISBN 970-10-3646-8.

Villena, A. (Enero de 2009). Materiales y sus Materiales. Recuperado el 9 de febrero de 2009, de angelovillena.files.wordpress.com/2009/04/materiales_y_sus_propiedades.doc.

Wikimedia Foundation Inc. (Septiembre de 2007). Wikipedia. Recuperado el 22 de Noviembre de 2007, de http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_de_Poliuretano.

Wikipedia Inc. (2008). Microswitch. Recuperado el 11 de Abril de 2009, de <http://en.wikipedia.org/wiki/microswitch>.

Wikipedia Inc. (2005). Relé (Definición y funcionamiento). Recuperado el 15 de Abril de 2009, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>.

ICONTEC (2008), Normas Colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, Sexta actualización – Santa fe de Bogotá D.C., NTC 1486.

PAHL, G. & BEITZ, W. (2007) – Engineering Design A Systematic Approach – Editorial Springer, Tercera edición. Londres, Inglaterra.

REPUJADORA AUTOMÁTICA DE LÁMINA EN TORNO (SPINNING PROCESS)

JUAN DAVID RENDÓN VÉLEZ

jrendo17@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

JAIME EDUARDO PALACIO GONZÁLEZ

jpalaci8@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREAS DE ÉNFASIS

DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

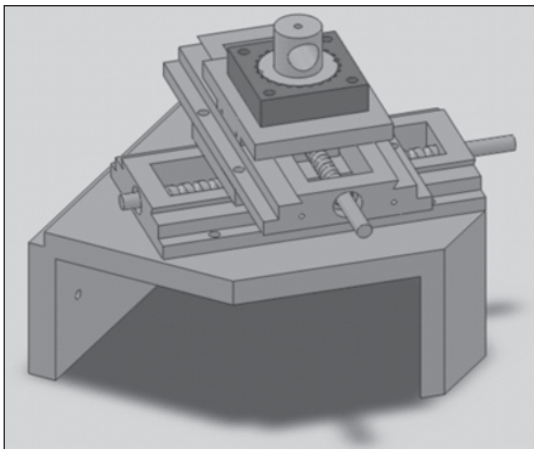
GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR

GABRIEL JAIME PÁRAMO BERMÚDEZ

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

El proceso de repujado de lámina en torno consiste en la deformación, normalmente en frío, de una lámina metálica, acoplándola a un molde para copiar la forma de este, por medio de una combinación de rotación y fuerza. Diferentes herramientas se utilizan de acuerdo a la necesidad del proceso. Este proyecto pretende la construcción de un sistema de movimiento en dos ejes coordenados, el cual se ensambla a un torno existente, para generar el movimiento de la herramienta de repujado.

ABSTRACT

The metal spinning process is a method of forming sheet metal, usually done in cold temperatures, where the sheet metal is attached to a mould copying its form, through a combination of rotation and force. Different tools are used according to the process requirements. This project intends to create a system of movement in two axes, which is assembled to an existing lathe, to generate the movement of the spinning tool.

PALABRAS CLAVE

Repujado en torno, Sistema de movimiento, Herramientas de rodillos, Herramientas gubias, Lubricante, Molde, Código G.

KEY WORDS

Spinning process, Motion system, Roller tools, Gouges Tools, Lubricant, Mold, G code.

INTRODUCCIÓN

El proceso de repujado de lámina en torno, normalmente es conocido en el medio industrial colombiano, como un proceso que se realiza de forma artesanal para la fabricación de formas de revolución como acoples de lámparas, ollas, copas, vasos, moldes para helados, entre otras.

Son pocas las empresas que trabajan con la tecnología de control numérico computarizado y es por este motivo que se ve la necesidad de búsqueda de procesos manufactureros automáticos, los cuales garanticen calidad, uniformidad en resultados y alta producción.

FIGURA 1
Diferentes formas de revolución realizadas con repujado



Este proyecto pretende la construcción de un dispositivo mecánico, adaptado a un torno existente, para la generación del proceso automático de repujado de lámina en torno.

PROCESO DE REPUJADO

El repujado es un proceso de deformación de lámina metálica sin fisuras, en cilindros huecos, conos, hemisferios u otras formas circulares, mediante una combinación de fuerza y rotación. En la base de las técnicas utilizadas, las aplicaciones y los resultados obtenidos, el proceso se puede dividir en dos categorías, Repujado manual y Repujado automático.

El repujado manual no implica ningún adelgazamiento apreciable de la lámina metálica. La operación se realiza con el uso de un torno, y consiste en presionar una herramienta contra una lámina circular metálica que gira sobre el cabezal del molde, obligando a la lámina a copiar la determinada forma de este. Varios dispositivos

mecánicos se utilizan para aumentar la fuerza que se puede aplicar sobre la lámina. La mayoría de los procesos de repujado se realiza sobre la lámina en frío, solo en ciertas ocasiones el metal es calentado con 2 objetivos, aumentar la ductilidad de metales duros o con secciones gruesas y disminuir el esfuerzo de trabajo sobre los metales para tener un mejor adelgazamiento en el repujado.

El repujado automático también es conocido como repujado por cizalladura, ya que en este método la lámina de metal se adelgaza intencionalmente por altas fuerzas de cizalladura tales como 3,5 MN. El repujado automático tiene dos grandes aplicaciones: el repujado de tubo y el repujado de cono.

Prácticamente todos los metales dúctiles pueden ser procesados por el repujado automático. Láminas tan grandes como 6 metros de diámetro y 25 mm de espesor se pueden repujar sin la aplicación de calor externo. Cuando el material

se calienta por una fuente externa se pueden llegar a repujar hasta 140 mm de espesor. Las formas cónicas y las formas curvilíneas son las más comúnmente producidas a partir de preformas en el repujado automático.

FIGURA 2
Configuración repujado manual

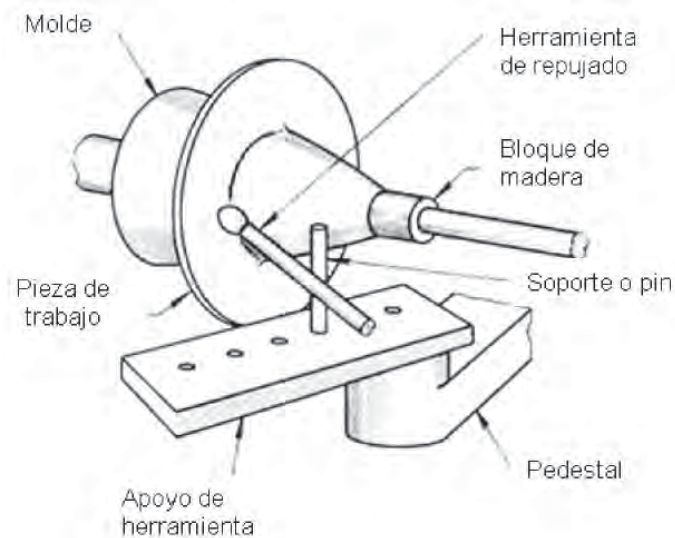
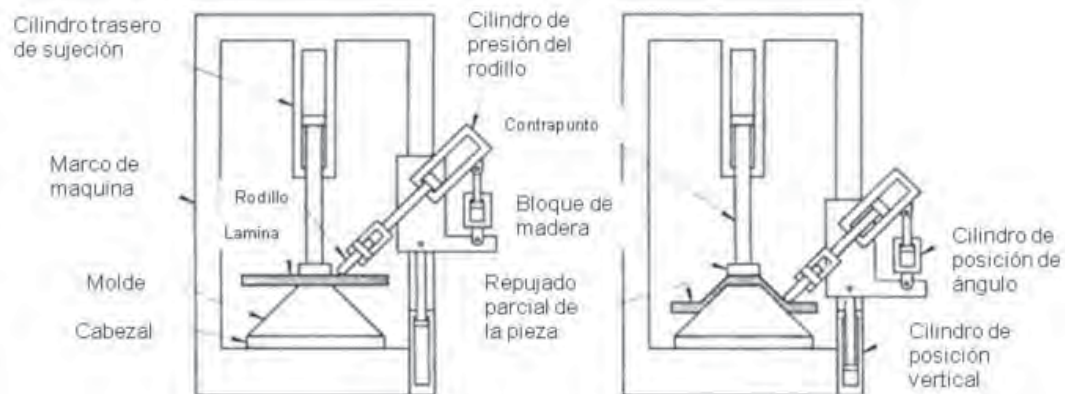


FIGURA 3
Configuración para repujado automático



HERRAMIENTAS, MOLDES Y LUBRICANTES

Los moldes son normalmente hechos en madera. Ocasionalmente se utilizan refuerzos de acero en los extremos y en los pequeños radios y curvaturas para facilitar el mantenimiento y garantizar dimensiones durante el repujado en serie de

piezas. Para piezas pequeñas generalmente se utilizan moldes macizos en acero, los cuales deben estar estática y dinámicamente balanceados.

Existen dos tipos de herramientas para repujado, gubias y rodillos. Las gubias son generalmente realizadas forjando el acero de bajo carbono o

aceros aleados para herramientas, llevando la herramienta a su forma deseada y realizándole luego tratamiento térmico para alcanzar una dureza aproximada de 60 HRC. Las herramientas de rodillos, llamadas herramientas de anillo, generalmente son de acero endurecido o de bronce aluminio.

Los lubricantes se deben utilizar en todas las etapas de repujado, independientemente de la composición del material de trabajo, la forma de trabajo, o el tipo de herramientas utilizadas. La propiedad más importante que debe poseer un lubricante utilizado para repujado, es su capacidad de adherirse a la lámina pese a su rotación. El proceso de repujado generalmente utiliza un fluido que sirve tanto para refrigerar como para lubricar, esto debido a la gran cantidad de calor que se genera por la alta fricción. El fluido base más comúnmente utilizado es el agua, generalmente, una solución coloidal de zinc en pasta de litio o pasta de disulfuro de molibdeno se mezclan con agua para que funcione como lubricante.

INGENIERÍA DEL PROCESO

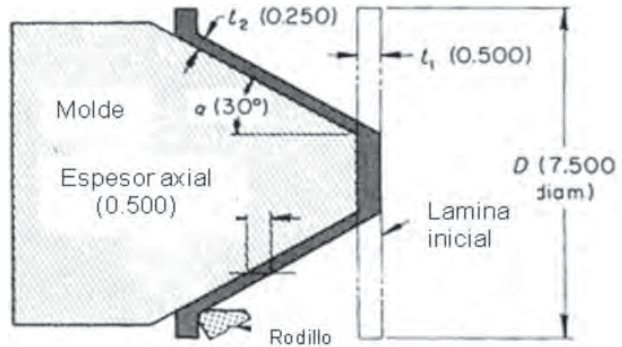
La deformación de la lámina metálica en repujado se conos es tal que se rige por la ley del seno, que establece que el espesor de la pared de la lámina antes de deformación, t_1 , y el espesor de la pieza terminada, t_2 , se relacionan de la siguiente manera:

$$t_2 = t_1(\sin \alpha)$$

Donde t_1 es el espesor de la lámina en estado inicial, t_2 es el espesor de la pieza repujada y α es la mitad del ángulo de vértice del cono. De acuerdo con esto, el espesor axial de la lámina es igual al espesor inicial.

FIGURA 4

Relaciones de repujado automático en conos



PROCESO DE DISEÑO

El proceso de diseño parte por la experiencia vivida a través del proceso de repujado manual, donde se conocen herramientas, maquinas, moldes y ciertos parámetros experimentales de proceso. Esta experiencia se traslada a la Universidad EAFIT, donde se realiza el proceso, haciendo acoples al torno de trabajo dispuesto para este fin; se observo que el torno es perfecto para pequeñas piezas, para redondeos exteriores y además el motor que posee tiene la suficiente potencia para llevar a cabo el proceso.

Luego de la experiencia vivida, se procede con el proceso de diseño de un sistema de movimiento en un plano para posicionamiento de la herramienta de repujado. El diseño empieza con una bancada de torno existente, la cual posee el sistema de potencia y el contrapunto.

Se trabaja metodológicamente con herramientas de diseño, donde primero se definen las especificaciones de diseño, para luego hablar de funciones y sus relaciones a través de flujos. Se definen portadores y se hacen diseños preliminares para pasar a la modelación del sistema en un software CAD.

FIGURA 5
Bancada de trabajo

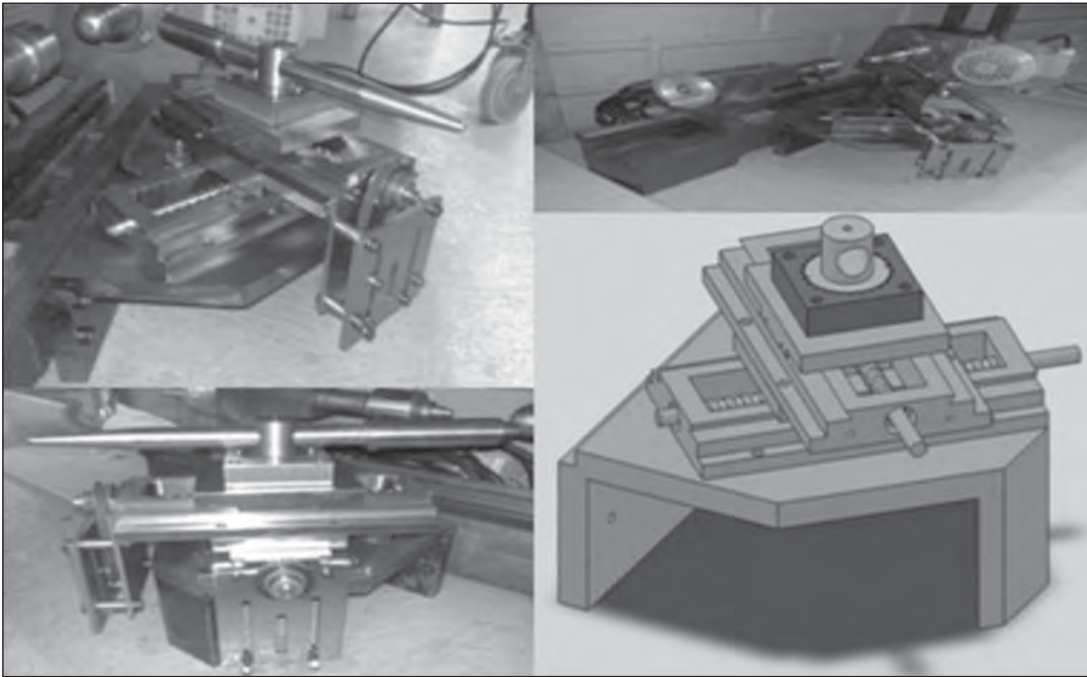


FIGURA 6
Especificaciones de diseño de producto

NECESIDAD		Interpretación técnica	Métrica	Unidad	Valor
Deseo	Demanda				
	Desplazamiento en un plano	Permite realizar movimientos lineales en el eje X y Y de un plano	Distancia	mm	> 110
		Area de movimiento en el plano XY	Area	mm ²	12100
	Que el sistema repuje	El sistema ejerce una presión sobre la lamina de trabajo para su deformación	Presión	MPa	> 150
	Que sea liviano	El artefacto es liviano	Peso (masa)	Kg	< 25
	Que no se dañe	Posee una vida útil prolongada	Vida útil	Años	10
	Que no sea costoso	Que no sobrepase de \$500.000	Costo final	Pesos	500.000
	Que sea fácil de limpiar	Fácil mantenimiento diario	Tiempo de mantenimiento diario	min	10
	Que el sistema sea eficiente	Alta eficiencia en la transmisión de potencia	Perdidas	%	10
Sin ruido		La emisión de ruido debe ser baja	Intensidad sonora	Decibeles	30
Que el proceso sea rápido		Eficiencia en el procesamiento	Tiempo de proceso	min	5
Que sea fácil de usar		Facilidad de uso	Tiempo necesario para aprender su uso	min	10
Que no genere defectos		Maquina precisa	Distancia	mm	< 0.25

Definidas todas las fases del proceso de diseño, se realiza la modelación y posteriormente la construcción del sistema, obteniendo los siguientes resultados.

FIGURA 7
Modelación y construcción del sistema



CONCLUSIONES

En la actualidad la mayoría de las industrias colombianas que trabajan con el tema del repujado, generalmente se basan en la experiencia de los empleados para definir los parámetros de proceso.

Es indispensable tener en cuenta, a la hora de la construcción de un sistema de movimiento en un plano los siguientes aspectos: precisión, acabado superficial y facilidades para el ensamble.

Es importante que en el entorno industrial colombiano se adopten procesos automáticos, que impulsen la estandarización y mayor control de las variables, en aras de la calidad del producto.

RECOMENDACIONES

Realizar la siguiente fase del proyecto la cual consiste en la generación de las trayectorias mediante código G, para los diferentes tipos de moldes que se vayan a repujar.

Realizar pruebas experimentales para definir y obtener parámetros estándares del proceso para los diferentes tipos de moldes y así facilitar la preparación para llevar a cabo un proceso exitoso.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society For Metals. 2001. METALS HANDBOOK. [ed.] Joseph R. Davis. Desk Edition. Ohio: ASM International, 2001. Vol. 14. ISBN/ISSN 0-87170-654-7.
- Bauccio, Michael. 1994. ASM Engineered Materials Reference Book. Materials Park: ASM International, 1994. ISBN 0871705028 9780871705020.
- Bosch-Rexroth. 2005. Catalogo productos Bosch Rexroth. [En línea] Bosch Rexroth, Mayo de 2005. [Citado el: 21 de Octubre de 2009.] http://www.boschrexroth.com/business_units/brl/sys/auswahlhilfe_en/index.jsp?oid=14816.
- DeGarmo, E. Paul, Black, J. Temple y Kohser, Ronald A. 1997. MATERIALS AND PROCESSES IN MANUFACTURING. Eighth Edition. s.l.: Prentice Hall, 1997. ISBN 0-02-328621-0.
- Groover, Mikell P. 2007. FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA. . Tercera Edición. Mexico D.F.: Mc Graw Hill, 2007. ISBN-13: 978-970-10-6240-1.
- Industrial Pipe and Steel. 2006. Catalogo prazi. [En línea] 2006. [Citado el: 12 de Noviembre de 2009.] <http://www.ipstool.com/Catalog/0246.pdf>.
- Kalpakjian, Serope y Schmid, Steven R. 2008. MANUFACTURA, INGENIERIA Y TECNOLOGIA. Quinta Edición. Mexico: Pearson Educación, 2008. ISBN: 978-970-26-1026-7.
- Keling Technology, Inc. Keling Technology. KL23H276-28-4B. [En línea] [Citado el: 13 de Octubre de 2009.] <http://www.kelinginc.net/KL23H276-28-4B.pdf>.
- Maytool. 2009. Spinning files. Rollers. [En línea] 2009. [Citado el: 17 de Septiembre de 2009.] http://www.maytool.com/spinning_files/Spinning20Tool-400.jpg.
- Mott, Robert L. 1995. Diseño de elementos de máquina. México: Prentice Hall, 1995. ISBN/ISSN 970-26-0812-0.
- Norton, Robert L. 1999. Diseño de Máquinas. México: Prentice Hall, 1999. ISBN 970-17-0257-3.
- Notas de clase, Diseño metódico, Método de evaluación de alternativas. Bravo, Santiago. 2009. Medellín: s.n., 2009.
- Ospina, Carolina. 2006. El Torno. [En línea] Monografías, 23 de Marzo de 2006. [Citado el: 18 de Agosto de 2009.] <http://www.monografias.com/trabajos35/torno/torno.shtml>.
- Palmexico, Grupo. 2008. Aceros Palmexico. Especificaciones Aceros. [En línea] Mayo de 2008. [Citado el: 12 de Noviembre de 2009.] <http://www.acerospalmexico.com.mx/w1.htm>.
- SKF. Catálogo interactivo SKF. [En línea] SKF México. [Citado el: 17 de Septiembre de 2009.] <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?action=PPP&lang=es&imperial=false&windowName=null&perfid=101002&prodid=1010021800>.
- Toledo Metal Spinning Company. 2009. Metal Spinning. [En línea] BusinessOL, 2009. [Citado el 26 de Agosto de 2009]. <http://www.toledometal spinning.com/services/spinning/>.
- Zapata, Guillermo. 2009. Repujado manual de coquillas. Universidad EAFIT, Medellín: 2009.

DISEÑO DE UNA TAPA DE DESCARGA PARA UN MOLINO DE BOLAS EN LA EMPRESA SENCO COLOMBIANA S.A.

JUAN CAMILO LOAIZA CADAVID

Jloaiza2@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

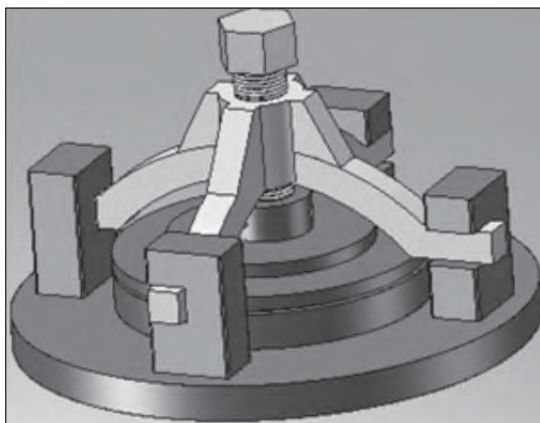
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO

SECTOR BENEFICIADO

INDUSTRIA CERÁMICA



RESUMEN

En este artículo se ilustran los diferentes pasos que se deben tener en cuenta para el desarrollo del diseño de la tapa de descarga de un molino de bolas, basado en la regularidad de las fallas indicadas en el plan de mantenimiento que se hace en la empresa Senco Colombiana S.A. dedicada a la fabricación de cerámica sanitaria.

ABSTRACT

This article illustrates the different steps to be taken to design of the discharge cover a ball mill, based on the regularity of the damage identified in the maintenance plan is done in the company Senco Colombiana S.A. engaged in the manufacture of sanitary ceramics.

PALABRAS CLAVE

Barbotina, mantenimiento, Molino de bolas, correa, cerámica, caucho natural, alúmina, esmalte, arcilla.

KEY WORKS

Barbotina, maintenance, ball mill, belt, ceramic, natural rubber, alumina, enamel, clay.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto de grado nace con la idea de hacer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Senco Colombiana S.A. El cual arrojó resultados muy interesantes con respecto al sistema de descarga de los molinos de bolas. El cual tiene constantes averías con un ciclo regular en el tiempo.

Un molino de bolas es una máquina encargada de triturar materiales de alta dureza con la finalidad de reducir el tamaño de sus partículas por medio de un proceso de abrasión e impacto.

Los molinos de bolas aunque poco conocidos son muy comunes en las empresas que fabrican talcos, implementados en productos como la crema dental, en las empresas cementeras son empleados para triturar roca y producir cemento, y en las empresas de porcelana sanitaria se emplean para producir esmaltes que permiten dar el acabado final en la porcelana.

DISEÑO DEL PROTOTIPO

El objetivo principal está enfocado en el diseño estructural de una tapa para un molino de bolas que preste la función de carga y descarga de materia prima con la finalidad de reducir los tiempos de falla reportados en el plan de mantenimiento.

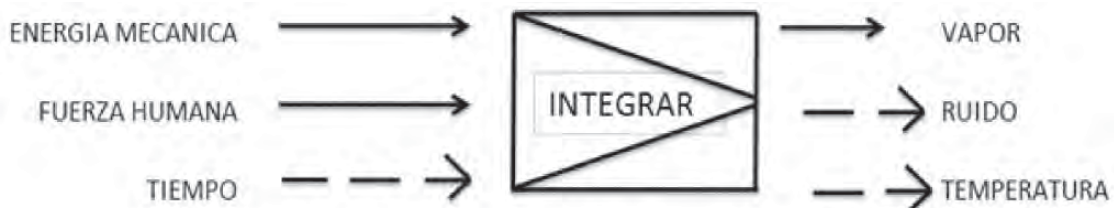
CONDICIONES DE OPERACIÓN

La tapa de descarga está diseñada para trabajar a una presión interna del molino de 250 PSI la cual nunca se alcanzan debido a su fabricación, ya que el molino no es totalmente hermético, se diseñó para ser operada manualmente y no es necesario tener elementos muy sofisticados pues el sistema es accionado como máximo una vez en cada turno de trabajo. Las condiciones de operación de la tapa no son las mejores pues hay una gran humedad que corroe el chasis de las máquinas.

DISEÑO CONCEPTUAL

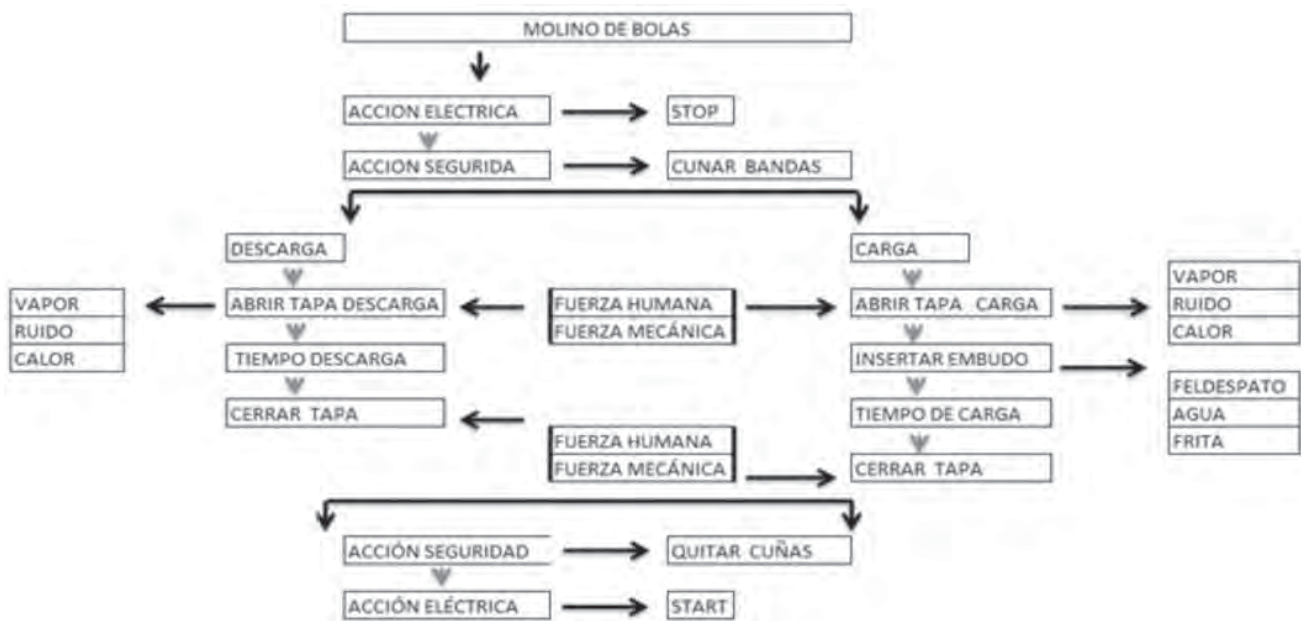
En primer lugar se tomo en cuenta una estructura de caja negra que mostrará la funcionalidad de la tapa del molino de bolas.

FIGURA 1
Caja negra



El desarrollo de la función principal mostrada a continuación en la estructura funcional que da a entender cómo se desempeñara la nueva tapa dentro de las exigencias del molino de bolas.

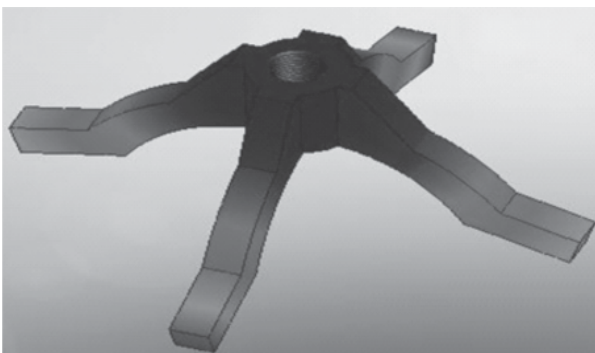
FIGURA 2
Estructura funcional



CONFIGURACIÓN FINAL DEL PROTOTIPO

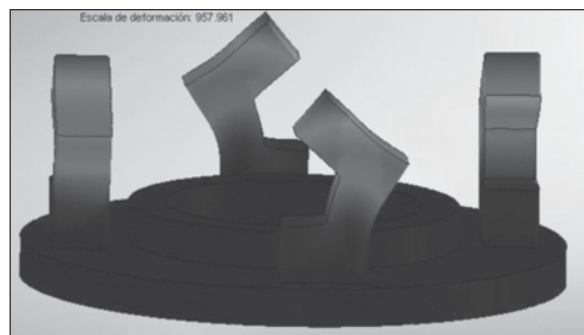
El prototipo final es obtenido luego de tener una configuración óptima procedente del análisis de caja morfológica se procedió a elegir los materiales del diseño con la finalidad de entregar un objeto resistente al trabajo que realizara constantemente dentro de la línea de producción.

FIGURA 3
Araña



En la figura 3 se puede observa un elemento que se fabricaria en acero 1020 el cual tendria un tratamiento térmico para endurecer la superficie y sus roscas.

FIGURA 4
Tapa de carga



En la figura 4 se observa la segunda pieza importante del diseño que asumira la carga ejercida por la presion interna, que es de 1770 lb, el material que se escogió para este elemento es lámina A36 sin tratamiento termico.

FIGURA 5
Tornillo

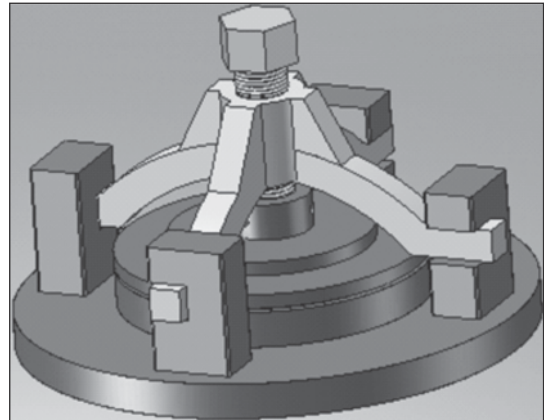


En la imagen se enseña el tornillo que tiene la función de ejercer presión constante con la finalidad de no dejar escapar el contenido interior del molino, esta es la pieza menos costosa del diseño por esto se decide hacer el tornillo en acero 1020 sin tratamiento térmico con la finalidad de tenerlo como elemento de desgaste.

PROTOTIPO FINAL TAPA DESCARGA DE UN MOLINO DE BOLAS

La conclusión del diseño arroja un elemento que se integra a la estructura del molino de bolas con la finalidad de hacer la carga y la descarga por la misma tapa y generar mayor agilidad en el proceso de producción debido a la confiabilidad que generara el nuevo diseño.

FIGURA 6
Ensamble tapa molino de bolas



CONCLUSIONES

El diseño del sistema de tapas para el cargue y descargue del molino de bolas concluyó en un elemento estructural diseñado para aguantar el trabajo pesado y el ambiente fuerte que se maneja en planta.

La geometría de las piezas diseñadas aunque son complejas se pueden fabricar fácilmente en máquinas de corte por hilo, pantógrafo, o láser según sea el acabado que el cliente final requiera.

El proceso de diseño que se realizó en los elementos que componen la estructura fue satisfactorio ya que concluyó de manera eficaz en piezas ajustadas a las cargas requeridas.

El área de producción tendrá grandes beneficios con el nuevo sistema de carga y descarga de los molinos de bolas ya que los tiempos muertos en los molinos de bolas disminuirán.

BIBLIOGRAFÍA

Askeland, D. R. (2004 pag 626). Ciencia e ingeniería de los materiales. In D. R. Askeland, Ciencia e ingeniería de los materiales (p. 1005). Mexico: Thomson. ISBN 970-686-361-3.

Bedford. (1996 pag 488). Estática mecánica para ingeniería. Mexico: Addison Wesley. ISBN 968-444-398-6.

Cruz, E. B. (2005 pag 24, enero 01). Sergeomin. Retrieved 03 12, 2009, from sergeomin: Flanagan, G. T. (1990). Marine boilers. In G. T. Flanagan, Marine boilers (p. 128). Butterworth-Heinemann. ISBN 0 7506 1821 3.

Gere, J. M. (2002). Mecánica de materiales. Mexico: Thomson

Güeto, J. M. (2005 pag 244). Tecnología de los materiales cerámicos. In J. M. Güeto, Tecnología de los materiales cerámicos (p. 349). España: Díaz de Santos. ISBN 84-7978-722-8.

Mott, R. L. Diseño de elementos de máquinas. In R. L. Mott, Tipos de transmisiones por bandas (p. 268_872). Mexico: Pearson. ISBN 970 26 0812 0.

Robert L Mott, V. G. (2006). Diseño de elementos de máquinas. Mexico: Pearson Educación. ISBN 970 26 0812 0.

Rodríguez, A. (2003). Artefactos diseño conceptual. In Artefactos diseño conceptual. Medellín: Leticia Bernal V. ISBN 958-8173-31.

SKF Group. (2005, 01 01). SKF. Retrieved 07 4, 2009, from http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=en&newlink=1_6_1.

Solimar. (2007, enero 01). SolimarPneumatics. Retrieved 03 8, 2009, from SolimarPneumatics: <http://www.solimarpneumatics.com/transportation-products.html>.

Xieta. (2005, enero 01). Xieta International S.L. Retrieved enero 10, 2009, from Xieta International S.L.: http://www.xieta.com/esp/bolas_esp.htm.

Rexon Canadian Premium Gold. (2004, 01 01). Manual técnico Rexon. Retrieved 08 05, 2009, from Rexon: www.rexon.com.br.

Prodelca, S. I. (2004, agosto 20). Protecciones del caucho. Retrieved abril 10, 2009, from Protecciones del caucho: <http://www.apamys.com/>.

NORD. (2004, par 25, agosto 19). Nord. Retrieved 03 10, 2009, from Nord: www2.nord.com/cms/media/documents/bw/B2000_ES_2308.pdf.

Kanappco. (2002, 04 02). www.kanappco.com. Retrieved 07 09, 2009, from <http://www.suresealinc.com/>.

Metso. (2008 pag 3, enero 01). Metsopaper. Retrieved 03 10, 2009, from <http://www.metsopaper.com/>.

Cepsa lubricantes SA. (2006, 11 1). CEPSA. Retrieved 7 3, 2009, from http://www.cepsa.com/productos/doc/productos/ht_mobilux_ep_2.pdf.

Commercial Metal Forming. (2007, 01 01). CMForming. Retrieved 09 15, 2009, from <http://www.cmforming.com/>.

Concauchos S.A. (2009). Propiedades del caucho natural. Medellín: Concauchos S.A.

FUNDAMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LOS MOLINOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA CON LA APLICACIÓN DEL EQUIPO VIBROTIP

JULIO ARISTIZABAL MARÍN

jarist10@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

CARLOS GÓMEZ BETANCUR

cgomez1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

JAIRO ORTIZ RAMÍREZ

SECTOR BENEFICIADO

FAMILIA SANCELA S.A



RESUMEN

Las condiciones de estado son las variables que se deben monitorear en todos los sistemas técnicos de una industria. En este caso específico el proceso de la industria papelera será la materia de estudio.

El mantenimiento predictivo es la estrategia indicada para lograr que dichos elementos o máquinas se puedan aprovechar en su máxima expresión, y poder lograr una productividad satisfactoria. Ayudados por la supervisión y seguimiento de los síntomas que presentan cada elemento de una máquina, ya que con estos se puede llegar a la prevención y corrección de las fallas, si éstas se detectan oportunamente.

Hoy es más fácil y eficiente realizar el monitoreo de condiciones en las máquinas de la industria y poder analizar las variables de condición como lo son las vibraciones, el estado de los rodamientos, la cavitación, la temperatura y las RPM utilizando nuevas equipos como lo es el VIBROTIP, que es una herramienta de fabricación Alemana útil para realizar todas las mediciones mencionadas anteriormente como único instrumento de la gestión preventiva.

ABSTRACT

The state conditions are the variables that must be controlled in every technical system of an industry. In this specific case, the paper industry will be the study object.

The predictive maintenance is the right strategy to make possible to take the most advantage of these elements or machines, and then to achieve a satisfactory productivity, supported by the supervision and following of the symptoms that each element of a machine presents, because with these it is possible to make it to the failures prevention and correction, if detected on time.

Nowadays it's easier and more efficient to do the conditions monitoring in the industry's machines, and be able to analyze the conditions variables, like vibrations, bearings condition, cavitation, temperature and rpm's, using new systems like VIBROTIP, which is a German technology tool, useful when taking all of the mentioned measurements, as the only instrument of the preventive management.

PALABRAS CLAVE

Mantenimiento predictivo, monitoreo de condición, vibrotip, puntos de medición, síntomas, rutas y frecuencias.

KEY WORDS

Predictive maintenance, condition monitoring, vibrotip, measurement points, symptoms, routes and frequencies.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones de estado son las variables que determinan en una máquina, o en un componente mecánico, si se encuentra en correcto funcionamiento, sin necesidad de detener el sistema productivo, permitiendo reducir los costos por detenciones de equipos para realizar sus respectivos controles. El seguimiento de los síntomas busca extender al máximo la vida útil de los componentes de una máquina, como lo son:

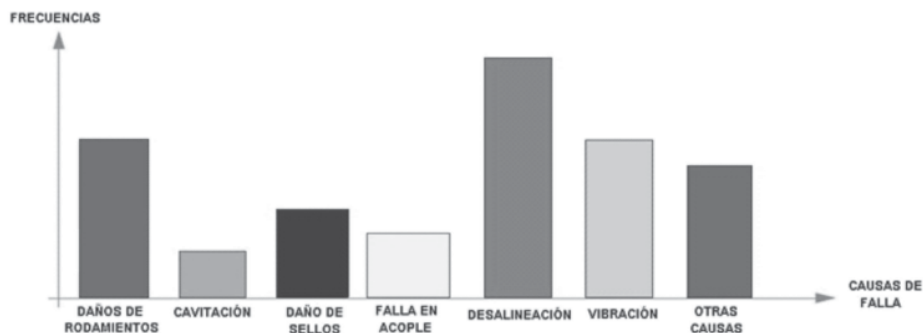
- Rodamientos y chumaceras.
- Rodillos.
- Poleas y bandas.
- Engranajes.
- Cadenas de transmisión.
- Reductores.
- Acoples.
- Impulsores.
- Volutas.

Una función importante es evitar los mantenimientos correctivos, para convertirlos en mantenimientos planeados, donde se define un grupo grande de máquinas o de equipos para intervenirlos conjuntamente y así evitar paradas innecesarias en el futuro, aprovechando el tiempo, para reducir al máximo el costo del mantenimiento.

FALLAS MÁS COMUNES EN LA PRODUCCIÓN DE PAPEL TISSUE

El monitoreo de condiciones permite reducir al máximo las fallas imprevistas en los molinos de la industria papelera, para incrementar la disponibilidad y reducir la mantenibilidad, generando a la compañía un ahorro de costos en el mantenimiento, paradas innecesarias o imprevistas, mano de obra, entre otras. Con la implementación del VIBROTIP se pretende reducir las fallas más frecuentes y comunes en dicha industria.

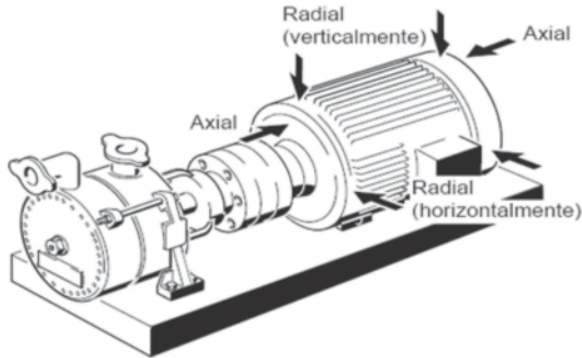
FIGURA 1. Fallas comunes en la producción de papel



PUNTOS DE MEDICIÓN

Las máquinas deben tener varios puntos de medición para poder obtener un monitoreo completo y un análisis efectivo, para el caso de las vibraciones y el estado de rodamientos es recomendable hacer varias mediciones, tanto radiales como axiales. Para las radiales se acostumbra hacer una medición radial vertical a 90° y la otra radial horizontal y por lo menos una axial en el extremo de la máquina a evaluar.

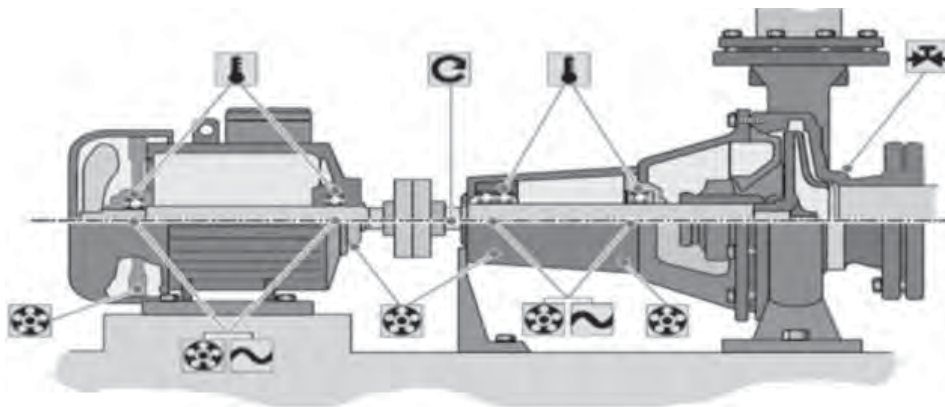
FIGURA 2
Puntos de medición



Los puntos deben ser seleccionados con criterio técnico, para lograr buenas mediciones, pero resulta muy importante, asegurarse de que las mediciones futuras se hagan en el mismo punto siempre; para este propósito es muy importante señalar los puntos definidos previamente, ya que las mediciones de las vibraciones pueden variar considerablemente si se mueve el punto de medición.

En un mismo punto se pueden medir diferentes variables de condición, para poder monitorear más efectivamente, y poder descartar problemas por otro tipo de causa. Las variables de condición de estado a monitorear son las descritas previamente, con la herramienta de medición VIBROTIP. Para mayor claridad la siguiente figura mostrara las distribuciones de las mediciones.

FIGURA 3
Distribución de mediciones



MÁQUINAS CRÍTICAS

Las máquinas críticas del proceso papelerero son indispensables para realizar los diferentes productos, estas máquinas se pueden clasificar con un criterio específico, porque si en algún momento falla dicha máquina, afecta la producción directamente. Otra forma de clasificación de máquinas críticas es también por el impacto en el entorno, ya que una avería puede producir una consecuencia catastrófica al ambiente o al recurso humano. Algunas máquinas críticas del proceso de producción de papel se presentan en la siguiente figura.

IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE CONDICIÓN DE ESTADO

La implementación y medición de condición de estado requiere del trabajo simultáneo entre la parte práctica Vibrotip y el manejo del software OMNITREND. Vibrotip es la herramienta de medición multivariable que maneja adicionalmente sensores para la captación de datos de medición. OMNITREND es el programa incluido en el equipo para el análisis de tendencias.

Para la captación de datos de medición en Vibrotip es necesaria la implementación de los diferentes

sensores; para el caso de Familia Sancela S.A. se utiliza tres elementos diferentes útiles para sus necesidades. La comprensión y fácil uso de los sensores inteligentes VIBCODE, acelerómetro magnético y tornillos especiales permite aplicar esta tecnología rápidamente en la maquinaria.

De los tres sensores el VIBCODE es el sensor de medición de reconocimiento inteligente de los equipos, un avance para la tecnología aplicada al mantenimiento. Su implementación es basado en normas y situaciones específicas de las máquinas de producción papelerera, el uso del VIBCODE y de los otros sensores permite al departamento de mantenimiento tener las máquinas más importantes bajo registros y análisis constantes.

El programa OMNITREND viene incluido con el equipo Vibrotip, este software permite crear una base de datos de todos los equipos a medir, sus ubicaciones y las variables; además de la creación de rutas de medición descargables a Vibrotip y sus resultados se regresan a OMNITREND para su análisis. Los métodos gráficos que ofrece OMNITREND permiten tomar decisiones, plantear tendencias y soluciones para el futuro de la máquinas, evitando pérdidas de tiempo y costos por lucro cesante.

FIGURA 4
Máquinas críticas y puntos de medición

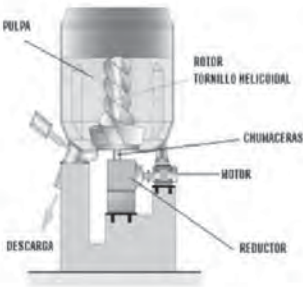
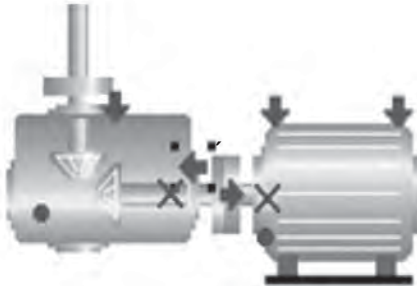
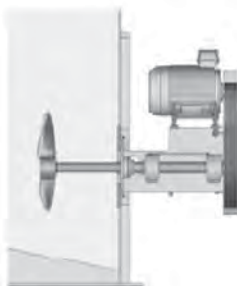
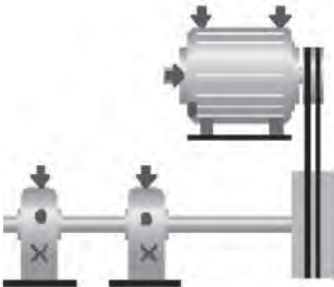
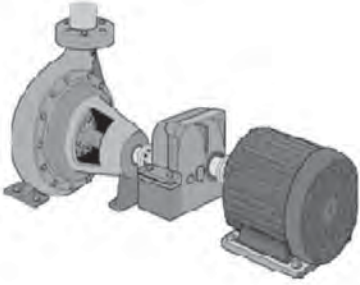
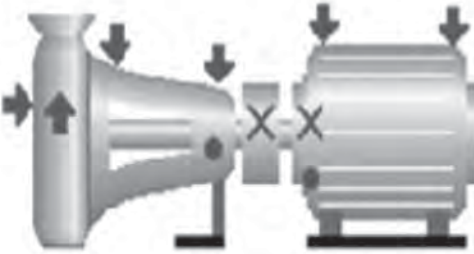
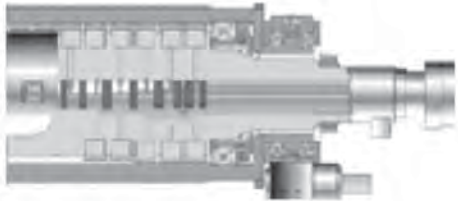

Máquina	Puntos de medición propuestos
<p style="text-align: center;">PULPER</p> 	
<p style="text-align: center;">AGITADOR</p> 	
<p style="text-align: center;">BOMBA DE PULPA</p> 	
<p style="text-align: center;">RODILLO DE SUCCIÓN</p> 	

FIGURA 5
Sensor

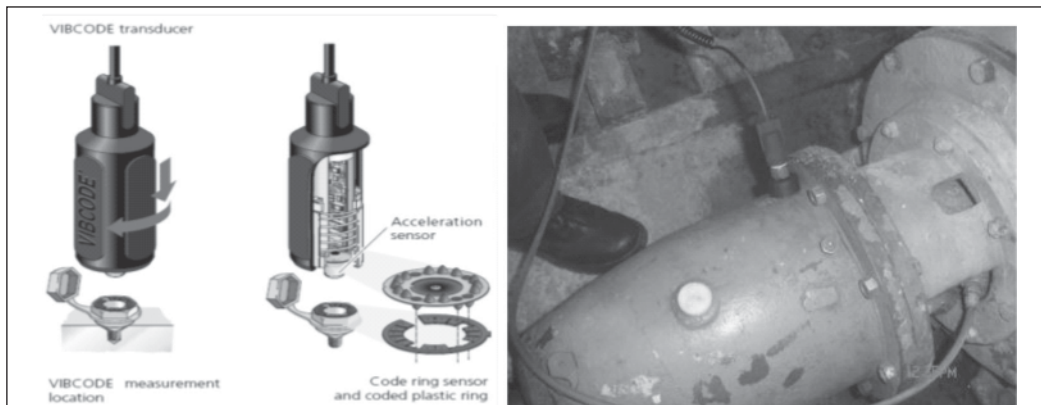
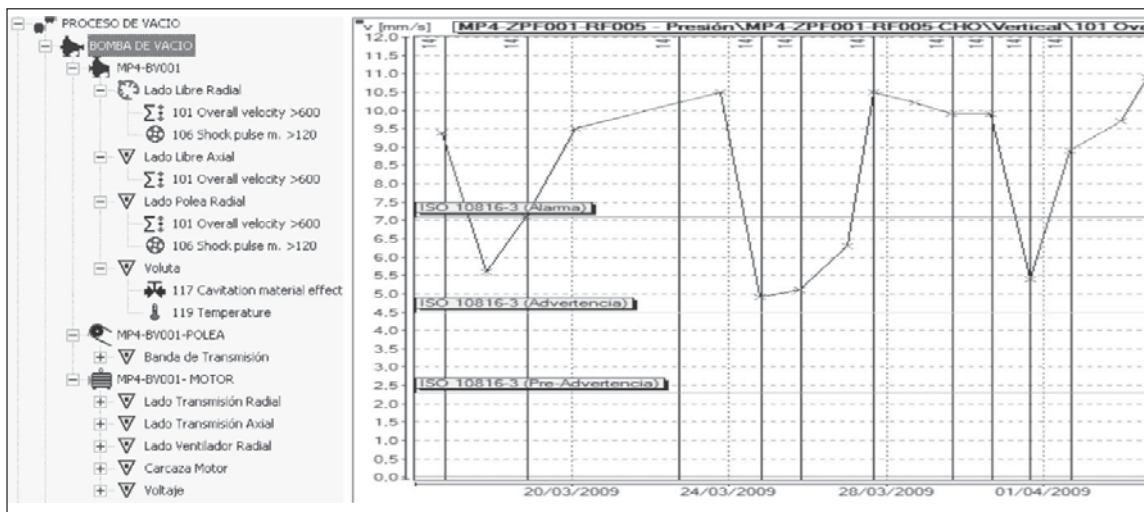


FIGURA 6
Software OMNITREND



MATRIZ DE RUTAS Y FRECUENCIAS

El trabajo de aplicar sistemas tecnológicos al mantenimiento requiere ser complementado con otros elementos, para tener un manejo de los equipos y una cultura de mantenimiento predictivo fácilmente aceptada por todos.

El caso de Familia Sancela S.A. y la implementación del equipo VIBROTIP se complementa con el uso de una macro programada en Visual Basic; que permite obtener rápidamente los elementos que

componen una ruta de medición y las frecuencias de estas rutas.

El programa permite visualizar las rutas diarias que debe enfrentar los mecánicos y dar prioridad a las más urgentes, además de crear frecuencias según las necesidades del personal planificador de mantenimiento.

Ahora el departamento de mantenimiento molinos de la planta Medellín de Familia Sancela S.A. cuanta con la gestión estructural del mantenimiento

predictivo, usando elementos de análisis no destructivos como el Vibrotip, además tiene el software OMNITREND que les permite el análisis de los resultados obtenidos en sus mediciones, la creación de rutas para trabajos de rutinas, entre otras herramientas. Y finalmente cuentan con el programa de Excel para mantenimiento, que les permite planificar e ingresar las rutas para control y constante verificación del cumplimiento.

FIGURA 7
Cronograma y rutas



CONCLUSIONES

El comienzo del proyecto se basó en la fundamentación de los conceptos de las variables de condición de estado, como vibraciones, estado de rodamientos, cavitación y temperatura y así analizar las máquinas involucradas en la industria papelera para luego instalar e implementar una prueba piloto en un pequeño grupo de bombas de pulpa, sorteando posibles problemas en las futuras instalaciones del resto de equipos.

La gestión de mantenimiento predictivo es costosa y más cuando se decide adquirir una herramienta especializada en el monitoreo de condiciones. Por ello debe analizarse la opción de tercerizar este servicio.

En la aplicación de mantenimiento predictivo resulta necesario dividir los equipos en subsistemas, clasificando las variables de condición de estado

para de esta forma mediante de un software consignar la información.

En los primeros meses de implementación, el análisis de las vibraciones y del estado de rodamientos arroja resultados muy confiables que permitieron adelantarse a las fallas y pérdidas de calidad en el producto, por excesivas vibraciones en los rodillos de presión de la máquina de papel, por otro lado en las bombas permitió identificar la defectuosa lubricación de los rodamientos, los cuales se detectaron antes de la falla.

Las mediciones de las condiciones de estado permiten informar al departamento de producción que existe una falla en algún equipo, y de esta forma se proyecte la producción futura y la parada programada para intervenir la máquina.

Al definir correctamente las alarmas y advertencias que otorga el software experto, evita que se

cambien elementos de una máquina, que puede no haber llegado al punto de falla o de mal funcionamiento de esta forma se reduce los inventarios de repuestos.

Los datos del software sirven para detectar cavitación en bombas centrifugas, permitiendo analizar si hay necesidad de cambiar la bomba o puede permitirse su funcionamiento durante un tiempo más, apoyando la gestión de activos.

El monitoreo de condiciones permite convertir el mantenimiento correctivo, en mantenimiento planeado, ya que si se analiza cada equipo concienzudamente, estos no van a fallar repentinamente, permitiendo adelantarse a las fallas futuras.

Los reportes son una herramienta de tipo gerencial muy útiles a la hora de ver las consecuencias de las fallas en las máquinas críticas y las frecuencias de las mismas, para, programar los equipos en stand-by.

El control de condiciones de la maquinaria permite observar la proximidad de la falla, y poder incrementar el mantenimiento programado, dejando así al mantenimiento correctivo para casos aislados, aumentando la disponibilidad de las máquinas y disminuyendo su mantenibilidad.

El mantenimiento predictivo obtenido mediante el equipo y su software es el punto de partida para implementar el RCM.

Tener en cuenta las ubicaciones de las mediciones. Para el estado de rodamientos es de vital importancia, medir su condición en la zona de carga del mismo, para tener resultados óptimos.

Las propuestas hechas se basan a partir del estudio y asesoría en puntos de medición y de los

síntomas presentados en cada punto de medición. Lo anterior hace parte del conocimiento que conlleva a la formación académica e investigación pertinente de los estudiantes que realizan este proyecto.

La finalidad del análisis de vibraciones es encontrar un aviso con suficiente tiempo para poder analizar causas y forma de resolver el problema ocasionando el paro mínimo de la máquina.

La esencia del estudio de vibraciones es realizar un análisis de las mismas, donde el análisis consta de dos etapas adquisición e interpretación de datos, para determinar las condiciones mecánicas del equipo y detectar posibles fallas específicas.

La vibración se toma generalmente en rodamientos de la máquina o puntos donde sea más probable una falla por acoplamiento, equilibrio, puntos donde se transmitan las fuerzas vibratorias.

La medición de los impulsos de choque permite detectar rápidamente las vibraciones a altas frecuencias, que son características de los defectos en los rodamientos o engranajes.

Las aplicaciones del software OMNITREND se deben seguir explorando, ya que se cuenta con muchos elementos aun desconocidos que pueden beneficiar los resultados de la compañía.

La matriz de Excel debe seguir en constante desarrollo con las rutas y frecuencias que requiere el departamento de mantenimiento, para ser una herramienta de uso actual y a futuro.

La constante capacitación en términos de resultados y análisis de las variables de condición así como el uso de las nuevas tecnologías como el Vibrotip permiten tener un mantenimiento predictivo actualizado y en capacidad enfrentar nuevos retos.

BIBLIOGRAFÍA

BENTLY, Donald y Otro. Fundamentals of rotating machinery diagnostics Usa, Nevada: Editorial Bently. 2002. 725p. ISBN: 0971408106.

BIANCHI, Alejandro y Otro. Diagnóstico de Fallas Mediante el Análisis de Vibraciones. Buenos Aires: Nueva Librería. 2006. ISBN: 9781104383. 107p

FERTIS, Demeter. Mechanical and Structural Vibrations. New York. Wiley. 1995. 804p. ISBN: 0471106003.

HOLIK, hebert. Hand Book of Paper and Pulp, USA. 2006 524p. ISBN: 3- 527-30997-7.

KELLY, Antony y HARRIS, M. Gestion del mantenimiento industrial. Madrid - España: Fundacion REPSOL, 1998. 218P. ISBN 849235060.

ORTIZ, Jairo. Acciones predictivas: Tipos de Corrosión. (5-26, Septiembre: Medellin, Antioquia). Notas de clase. Universidad Eafit, 2008-02. p.48-53.

PRUFTECHNIK, Vibrotip. Catalogo de aplicaciones del Vibrotip. Ismaning - Alemania s.n, 2008.

RAO, B.K.N. Handbook of condition monitoring. Oxford – Reino Unido: Kidlington Elsevier Science, 1996. 603p. ISBN 1856172341.

THOMSON, William. Teoría de Vibraciones - Aplicaciones. México: Prentice Hall, 1982. 491p. ISBN: 9688800996.

A-MAQ@,2005. Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico. [en línea] febrero 2005 [citado el: 21 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.a-maq.com/tutoriales.html>.

AZIMADLI@, 2009. Análisis y selección de datos de vibración mecánica. [en línea] enero 2009 2005 [citado el: 24 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.azimadli.com>.

GUEMISA@,1986. Análisis de vibraciones e interpretación de datos. [En línea] febrero de 2002. [Citado el: 24 de marzo de 2009] disponible en: <http://www.guemisa.com>.

KADANT@2009. Máquinas de la industria papelera. [En línea] 2009. [Citado el: 4 marzo de 2009] Disponible en: <http://www.kadantjohnson.com>.

DISEÑO Y PROTOTIPO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA PLANTA LITOGRAFICA DE TRONEX BATTERY COMPANY S.A

SANTIAGO OSPINA GÓMEZ

sospin10@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ANDRÉS JIMÉNEZ AGUDELO

ajimen11@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

SANTIAGO VILLEGAS LÓPEZ

SECTOR BENEFICIADO

TRONEX BATTERY COMPANY S.A.



RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es crear un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la planta litográfica de Tronex Battery Company S.A. Además, se estudia el historial de las máquinas con el fin de determinar su fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Finalmente, se explica el proceso litográfico.

ABSTRACT

The main goal of this project is to make a preventive and predictive maintenance plan for the lithography plant of Tronex Battery Company S.A. It also studies the background of the machines in order to determine their reliability, maintainability and availability. Finally, it explains the lithographic process.

PALABRAS CLAVE

Mantenimiento preventivo, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad.

KEY WORDS

Preventive maintenance, reliability, maintainability, availability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias han creado la necesidad de incrementar la productividad y la calidad en cualquier sistema o proceso. Por estos motivos el mantenimiento juega un papel muy importante a la hora de cumplir dichos objetivos, lo cual crea la necesidad de llevar registros, mediciones y evaluaciones de los índices básicos de la gestión de mantenimiento, los cuales se conocen como CMD - CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD (Mora, 2006, 55).

El objetivo del mantenimiento es alcanzar con el mínimo costo, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y equipos productivos, con el fin

de obtener la máxima disponibilidad, aportando la mayor productividad y calidad del producto y la máxima seguridad de funcionamiento. Para optimizar este objetivo se debe conseguir que los factores de costo, tiempo de servicio y seguridad de funcionamiento sean posibles de medir, permitiendo efectuar su análisis para llegar a determinar nuevas acciones (Rey, 1996, 61).

Con la implementación de estrategias adecuadas de mantenimiento, se busca alargar la vida útil de los equipos y disminuir los fallos repentinos que puedan aumentar los tiempos de paros programados en el mantenimiento rutinario o normal. Reduciendo estos fallos repentinos se puede reducir los gastos en mantenimiento a la vez que se aumenta la productividad, para lograr estos resultados se usan tácticas de mantenimiento que se centran en la confiabilidad, tácticas como la Proactiva, conformada por (TPM más RCM más Reactiva y otras), que sirve para crear estrategias, basadas en la medición internacional de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD), enfocando sus acciones en FMECA. y en el Análisis de Causa Raíz de los Fallos (RCFA.), que sirven como soporte para dar prioridad a los trabajos de mantenimiento. Esto complementado por el RPN.

DEFINICIONES

- C M D: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.
- RAM: Reliability, Availability and Maintainability.
- Confiabilidad: es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo.
- Mantenibilidad: Es la probabilidad de que un elemento, máquina, o dispositivo pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal, después de una falla.
- Disponibilidad: Es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el

momento en que sea requerido, después del comienzo de su operación.

- TPM: Total Productive Maintenance. Mantenimiento Productivo Total.
- RCM: Reliability Centered Maintenance.
- MCC: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
- FMECA: Análisis de los modos, los efectos, las causas y criticidades de las fallas.
- RPN: Número de Riesgo Prioritario.
- VALRAMON 5: Programa para el cálculo de indicadores CMD. Este programa viene incluido en el libro "Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios" por Alberto Mora Gutiérrez.
- MLDT: Mean Logistics Down Times. Tiempo medio de los tiempos logísticos, causados por demoras.

PROCESO LITOGRAFICO OFF-SET

La impresión offset es el método de impresión que se maneja en la empresa Tronex Battery Company S.A., este proceso es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel, o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica compuesta generalmente de una aleación de aluminio. La plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto, el resto de la plancha se moja con agua para que repela la tinta; la imagen o el texto se trasfiere por presión a una mantilla de caucho, para pasarla, finalmente, al papel por presión. La prensa se denomina offset porque el diseño se transfiere de la plancha de impresión al rodillo de goma citado, antes de producir la impresión sobre el papel.

CONFIABILIDAD

La confiabilidad es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Se dice que un equipo es

100% confiable cuando éste no presenta fallas, si la frecuencia de ocurrencia de las fallas es muy baja se puede afirmar que la confiabilidad es alta, pero si la frecuencia de ocurrencia de las fallas es muy alta se puede afirmar que el equipo es poco confiable. Siempre un equipo por bueno o por bien diseñado que sea presenta fallas. (BAZOVSKY, 2004, 54).

MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad es la capacidad que tiene un elemento, máquina o dispositivo, para regresar a su estado de funcionamiento normal después de haber presentado una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción (MORA,2006,76).

DISPONIBILIDAD

La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo de mantenimiento preventivo (En algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como disponibilidad (MORA, 2006,59).

CÁLCULO Y RESULTADO DE INDICADORES DE CMD

El cálculo de los indicadores CMD se realiza con el programa VALRAMOR 5 utilizando los métodos de estimación, las diferentes distribuciones y pruebas de bondad de ajuste, buscando cuál de ellas se acomoda mejor a los datos, con el fin de obtener un resultado más preciso del indicador.

Para calcular la disponibilidad se utilizar la teoría y cálculo de la disponibilidad alcanzada, ya que

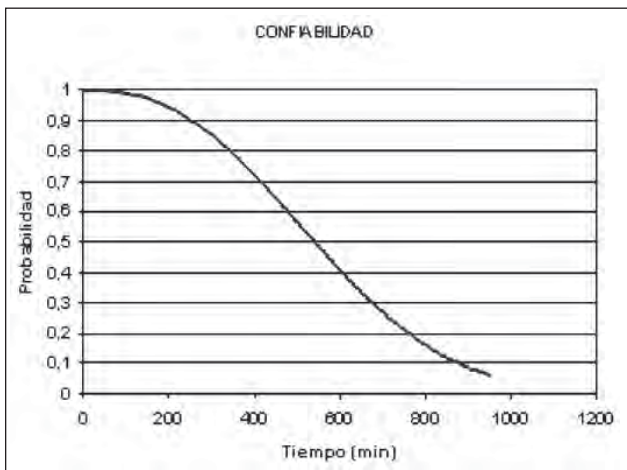
es apto para cualquier tiempo bajo condiciones de operación específicas y en un entorno en donde no se considera ningún retraso logístico o administrativo, pero que involucra los tiempos imputables a las actividades planeadas de mantenimiento.

Al realizar el cálculo de la disponibilidad se asumen varias consideraciones, como: que el MTTR tiende en el tiempo a ser igual al MDT, que el MTBF es mucho mayor que MTTR, que le MLDT tiende a cero en el tiempo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS IMPRESORA ROLAND PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE ENERO Y JUNIO DEL 2007

La curva de confiabilidad muestra que la probabilidad de que la impresora Roland opere sin que se presente ninguna falla por debajo de 542.88 minutos de funcionamiento es aproximadamente del 50% lo que corresponde al tiempo medio entre mantenimientos correctivos.

FIGURA 1
Curva de Confiabilidad

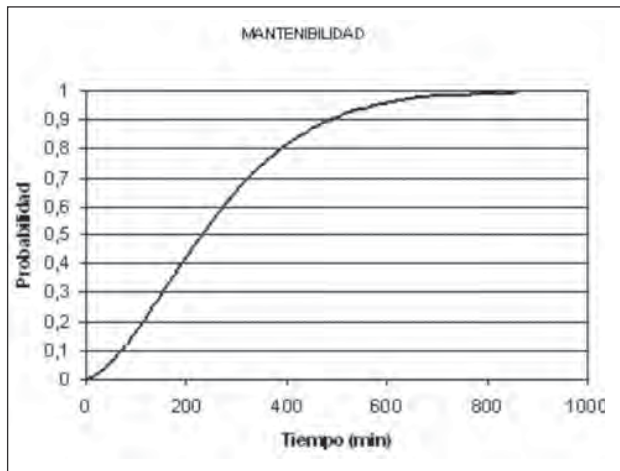


VALRAMOR 5 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos correctivos efectuados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los

mantenimientos se hayan terminado antes de 153.92 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado antes de 192.40 minutos y una probabilidad del 20% de que los mantenimientos correctivos se demoran más de 389 minutos.

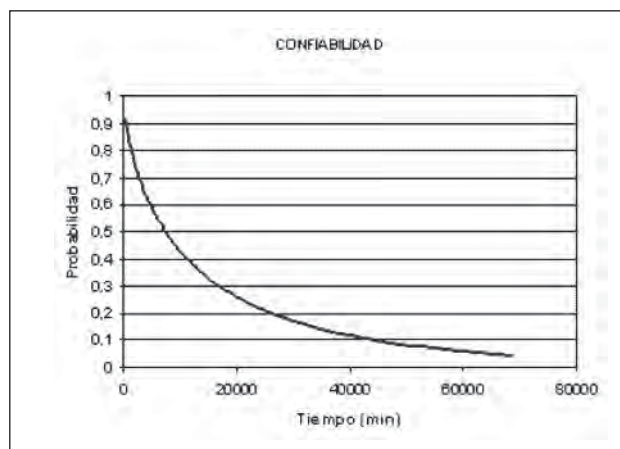
FIGURA 2
Curva de Mantenibilidad (correctivos)



VALRAMOR 5 ®

La probabilidad de que los mantenimientos programados se realicen antes de 7888.72 minutos es del 50%.

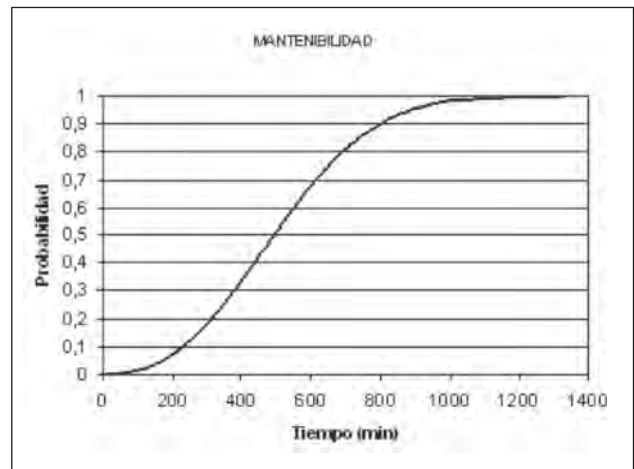
FIGURA 3
Probabilidad de Ocurrencia de Mantenimientos Programados



VALRAMOR 5 ®

La curva muestra la tendencia de los mantenimientos programados. Se observa que hay una probabilidad del 30% de que los mantenimientos programados se hayan realizado antes de 383.75 minutos, una probabilidad del 40% de que el mantenimiento se haya terminado antes de 436.67 minutos y una probabilidad de que el 20% de los mantenimientos programados se hayan terminado después de 694.7 minutos.

FIGURA 4
Curva de Mantenibilidad (Programados)



VALRAMOR 5 ®

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en la revisión periódica de ciertos aspectos, tanto de hardware como de software. Estos influyen en el desempeño fiable del sistema, en la integridad de los datos almacenados y en un intercambio de información correcto, a la máxima velocidad posible dentro de la configuración óptima del sistema. Además el mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo, este tipo de mantenimiento nos ayuda en reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran (WIKIPEDIA@2009).

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros, para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué periodo de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para así poder planificar todas tareas proactivas con tiempo suficiente para que esa avería nunca tenga consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos (Mora, 2007, 264).

SOLUCIONES APLICABLES

En la actualidad en la planta litográfica sólo se realizan intervenciones correctivas y algunas tareas preventivas, estas tareas preventivas son sólo cuando el mecánico encargado ve la necesidad de intervenir la máquina o cuando esta falla y es por esto que se realiza un diseño del plan de mantenimiento.

Con el crecimiento que la planta litográfica está teniendo en la actualidad vemos que un buen plan de mantenimiento será de muy buena ayuda para aumentar los indicadores de mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad.

Con base en el estudio realizado en la planta litográfica se crea un plan de mantenimiento preventivo y predictivo con el fin de mejorar el desempeño de la producción, además se optimizan tiempos y recursos debido a que ya se tiene una tarea previamente establecida.

La continuidad en el seguimiento de las máquinas es indispensable para el departamento de

mantenimiento para medir el desempeño y la eficacia de las tareas definidas.

Podemos concluir que la empresa Tronex Battery Company S.A. en su desarrollo como empresa ha demostrado que es una empresa competente capaz de incurrir en los diferentes mercados tanto nacionales como internacionales de manera estable y con una buena rentabilidad, lo que le permite ser ambiciosa y tener proyecciones a futuro en las cuales desarrolle proyectos que le sirvan para continuar con su crecimiento como empresa.

CONCLUSIONES

Después de haber estudiado el proceso offset dentro del campo de la impresión, se puede concluir que este presenta más ventajas que otros métodos, algunas de estas ventajas son la economía, que es de fácil preparación y facilita la impresión.

La impresión offset presenta también claras ventajas en calidad de resultados, dado que este proceso es capaz de transferir las imágenes y textos en superficies con rugosidades ó texturas irregulares por ser el caucho un material flexible.

La figura 5 presenta un resumen con las disponibilidades obtenidas para la maquinaria utilizada en la planta litográfica para los periodos comprendidos entre enero de 2007 hasta diciembre de 2008.

De acuerdo a la tabla se puede ver que la disponibilidad alcanzada para la impresora Roland en el primer semestre de 2007 en comparación con la del último semestre de 2008 aumento en un 4.9%, lo cual indica que durante este periodo se llevaron a cabo más y mejores tareas de mantenimientos programados, por tal motivo los tiempos entre fallas y la disponibilidad aumentaron.

FIGURA 5
Disponibilidad Obtenida

SEMESTRE	Máquina	MTBM	M	A_A
ENE - JUN 07	Roland	501,069	56,4984	0,899
	Planeta II	519,935	37,943	0,932
	Guillotina Seypa 115	543,620	9,549	0,983
	Troqueladora	511,040	32,335	0,941
JUL - DIC 07	Roland	519,000	39,739	0,929
	Planeta II	540,260	14,011	0,975
	Guillotina Seypa 115	541,500	7,191	0,987
	Troqueladora	527,010	31,110	0,944
ENE - JUN 08	Roland	501,560	62,264	0,890
	Planeta II	515,684	39,600	0,928
	Guillotina Seypa 115	552,330	8,373	0,985
	Troqueladora	516,522	43,391	0,923

Para la impresora Planeta II se observa que la disponibilidad alcanzada en el primer semestre del 2007 es mayor que la del segundo semestre de 2008 en un 10%, lo cual indica que se deben de llevar a cabo más y mejores tareas de mantenimientos programados que aumente los tiempos entre fallas y la disponibilidad.

En la Guillotina Seypa 115 se observa que la disponibilidad alcanzada tiene una tendencia similar o constante para los periodos de 2007 y 2008, lo cual afirma que las técnicas implementadas por el departamento de mantenimiento para esta máquina son eficientes, el objetivo para esta máquina es documentar las tareas que se realizan actualmente y complementarlas para así poder mantener esta disponibilidad en el tiempo.

La máquina Troqueladora según la tabla 13 presenta una disponibilidad alcanzada que permanece constante durante el 2007 y 2008, esta disponibilidad se ve que no cambia debido a que la máquina no tiene una carga de trabajo constante, lo cual nos indica que el personal de mantenimiento tiene suficiente tiempo disponible

para realizarle las tareas correctivas que se vayan presentando. Las tablas presentadas en las figuras 6, 7, 8 y 9 que se presentan a continuación, son una recopilación de los datos obtenidos, para así comparar los resultados presentados por cada una de las máquinas.

Según la figura anterior se puede observar que la confiabilidad y mantenibilidad para los mantenimientos correctivos tiende a ser similar durante los 4 periodos, debido a que las fallas correctivas han sido constantes durante estos periodos.

La confiabilidad para los mantenimientos programados durante el periodo evaluado muestra tiempos muy altos entre mantenimientos, lo que significa que las tareas programadas se realizan con poca frecuencia y no son tareas establecidas para el personal de mantenimiento, sólo se hacen cuando la persona encargada de la máquina lo vea necesario.

En cuanto a la mantenibilidad de los mantenimientos programados, se puede observar que el

tiempo para que la máquina regrese nuevamente a su estado normal de operación después de la avería, aumento en el último periodo.

FIGURA 6
Confiabilidad y mantenibilidad Vs Tiempo para la Impresora Roland

ROLAND				
CONFIABILIDAD (Correctivos)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	542.88	574.48	535.76	569.4
MANTENIBILIDAD (Correctivos)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	192.4	202.17	290.2	191.59
CONFIABILIDAD (Programados)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	7882.2	8380	9509	10210.64
MANTENIBILIDAD (programados)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	436.67	317.9	420	510.78

FIGURA 7
Confiabilidad y mantenibilidad Vs Tiempo para la Impresora Planeta II

PLANETA II				
CONFIABILIDAD (Correctivos)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	555	574.4	575	526.95
MANTENIBILIDAD (Correctivos)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	179	377.8	174	270.35
CONFIABILIDAD (Programados)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	-	-	7443.7	4095.7
MANTENIBILIDAD (programados)				
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	-	-	404.03	270.37

Según la figura 7 se puede observar que la confiabilidad para mantenimientos correctivos es similar durante los 4 periodos a diferencia de la mantenibilidad para mantenimientos correctivos que solo se presenta similar en el primer semestre de cada año.

Para el caso de los mantenimientos programados se observa que en el año 2007 solo tuvo intervenciones correctivas y para 2008 las intervenciones programadas no fueron frecuentes.

FIGURA 8
Confiabilidad y mantenibilidad Vs Tiempo para la Guillotina Seypa 115

	GUILLOTINA SEYPA 115			
	CONFIABILIDAD (Correctivos)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	566.31	570.86	593.45	586.05
	MANTENIBILIDAD (Correctivos)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	114.29	236.94	184.56	269.27
	CONFIABILIDAD (Programados)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	-	16200	-	16568
	MANTENIBILIDAD (Programados)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	-	153.2	-	150.6

En la Guillotina Seypa 115 la confiabilidad para los mantenimientos correctivos presenta tiempos similares durante los cuatro periodos, con respecto a la mantenibilidad para el último periodo del 2008 aumento con respecto a los demás periodos.

En los mantenimientos programados se observa que en los primeros periodos de cada año sólo se realizaron intervenciones correctivas, y en los segundos semestres las tareas programadas realizadas no fueron frecuentes.

FIGURA 9
Confiabilidad y mantenibilidad Vs Tiempo para la Troqueladora

	TROQUELADORA			
	CONFIABILIDAD (Correctivos)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	587.42	560.26	572.03	634.72
	MANTENIBILIDAD (Correctivos)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	210.91	117.44	247.45	229.5
	CONFIABILIDAD (Programados)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 50%	11483.46	-	7086	17941.72
	MANTENIBILIDAD (Programados)			
Periodo	Ene-Jun 2007	Jun-Dic 2007	Ene-Jun 2008	Jun-Dic 2008
Tiempo (Minutos) en el 40%	277.17	-	274.95	643.15

En la figura 9 que es la información resumen de la Troqueladora, para los mantenimientos correctivos se observa que los tiempos son similares y la duración de estas intervenciones son relativamente bajas.

Con respecto a los mantenimientos programados vemos que en el segundo semestre del 2007 no se le realizaron intervenciones, pero para los demás semestres el tiempo entre cada intervención fue bastante significativo.

Los resultados obtenidos anteriormente sirven para realizar un plan de mantenimiento que pueda mejorar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad presentada por las máquinas y mantenerla a lo largo del tiempo, este plan de mantenimiento será útil debido al continuo crecimiento que la empresa presenta en la actualidad en la prestación del servicio de litografía.

El cumplimiento de los mantenimientos preventivos se deben llevar a cabo basados en las frecuencias determinada en este proyecto y no basándose en los tiempos que proponen las personas que no están encargadas de las máquinas o de los mantenimientos.

Es también indispensable que para la mantenibilidad de las máquinas se busque que las tareas de mantenimiento preventivas se lleven a cabo en el menor tiempo posible y de manera optima, para así aprovechar de forma más eficientemente el personal de mantenimiento y reducir el tiempo de los mantenimientos programados.

A medida que esto se aplique de forma correcta y efectiva se obtendrá una mayor disponibilidad por parte del personal de mantenimiento, disponibilidad que se ve reflejada en tiempo que puede servir para utilizarlo en otras actividades.

El mantenimiento que se le realiza a las máquinas es una inversión que se ve reflejada a mediano y largo plazo, son productivas y generan ganancia ya que estas se retribuyen con ventajas como la mejora en la producción, en ahorros económicos y genera un mejor y más seguro ambiente laboral.

Al implementado un buen plan de mantenimiento, se obtiene una reducción en los accidentes causados por los desperfectos que puedan presentar las máquinas durante su funcionamiento.

El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto, sino que el trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones las máquinas y las herramientas. Ya que esto genera una mayor responsabilidad por parte del trabajador y ayuda con la prevención de accidentes.

Una buena implementación de un mantenimiento preventivo reduce los mantenimientos correctivo, lo que se ve representado en una reducción de los costos de producción y un aumento de la disponibilidad, permitiendo planificar los trabajos del área de mantenimiento, así como una previsión de los cambios de partes lo que facilita la disponibilidad de las mismas y genera un ahorro de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

BAZOVSKY, Igor. - Reliability Theory and Practice - Edit. Dover Publication Incorporated - New York, NY, USA -2004 - ISBN: 0486438678.

DOUNCE, Enrique Villanueva - La Productividad en el mantenimiento industrial - Compañía Editorial Continental, SA de CV. Segunda Edición - México, DF - México - 1998 - ISBN: 968-26-1089-3.

GNEDENKO, Boris Vladimirovich - USHAKOV, Igor A. (Traductor) - Probabilistic Reability Engineering - Editorial John Wiley and Sons, inc. - New Cork - USA - 1995. - ISBN 0471305022.

KNEZEVIC, Jezdimir. - Mantenibilidad - Editorial ISDEFE - Madrid -España - 1996 - ISBN: 84-89338-6.

LONDOÑO GARCIA, Julio Cesar. – ISAZA MEJIA, Mauricio. “Diseño de un sistema de control de calidad para impresión offset basado en densitometría.” – Medellín – Colombia – 1998. Trabajo De Grado (Ingeniería de Producción). - Universidad EAFIT.

MORA, Luís Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios, Enfoque sistemático Kantiano, Medellín, Colombia: Editorial AMG. 2006. ISBN 958-338218-3.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto - Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios. – Marzo del 2007 – Medellín – Colombia - Segunda edición – Editorial AMG - ISBN: 958-33-8218-3

MORA, Luis Alberto; TORO, Juan Carlos y CESPEDES, Pedro Alejandro – Gestión de Mantenimiento de Quinta Generación – II Congreso Bolivariano de Ingeniería Mecánica, II COMBI Ecuador 23 al 26 de julio – 2001.

O’CONNOR, Patrick D.T - Practical Reliability Engineering - New York, NY, - USA - Jhon Wiley and Sons, Inc. – 1989.

REY SACRISTÁN, Francisco. Hacia la excelencia en mantenimiento, Madrid, España: Editorial DGP HOSHIN .S.L. 1996. ISBN: 8495428180.

ROJAS, Jaime. Introducción a la Confiabilidad: Bogotá-Colombia: Universidad de los Andes, 1975.

VALLEJO JARAMILLO, Juan Santiago. Desarrollo, validación, contraste y pronóstico del cálculo CMD. Medellín, 2004. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de Mantenimiento.

ELLMAN@2006. Comparación entre “Mejoras Tradicionales” y “Modernas” Estrategias de Mantenimiento - Disponible en Internet en: http://www.servic.cl/congreso_2001/presentaciones/e.ellmann.doc - Chile - 2001

INTERNAL@2006. Índices de Mantenimiento - Disponible en Internet en: <http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/cap/cursos/LT-ind2.pdf> - Colombia - 2006.

MANTENIMIENTOMUNDIAL@2006. Definición Mantenimiento no planeado – Disponible en Internet en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/her/tip.asp>

MAGNUSSON@2006. Definición Seis Sigma – Disponible en Internet en: <http://www.seissigma.com> – 2006.

MONOGRAFIA@2009. Definición Mantenimiento Planeado – Disponible en Internet en: <http://www.monografias.com/trabajos55/planeacion-y-control/planeacion-y-control3.shtml>.

RAE@2006. Tomado de la página Web de la real academia de la lengua española – Disponible en Internet en: <http://www.rea.es/> – 2006.

WIKIPEDIA@2009. Definición de Mantenibilidad – Disponible en Internet en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenibilidad> - 2008.

WIKIPEDIA@2009. Litografía – Disponible en Internet es: <http://es.wikipedia.org/wiki/Litograf%C3%ADa>.

WIKIPEDIA@2009. Mantenimiento preventivo – Disponible en Internet en: http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_preventivo.

WIKIPEDIA@2009. Método litográfico, Características y Ventajas del proceso Off Set – Disponible en Internet en: http://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_Offset.

SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUTURO DE LOS INDICADORES CM Y COSTOS DE MANTENIMIENTO EN UN CASO INDUSTRIAL

SARA RENGIFO ÁLVAREZ

srengifo@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ANA MARÍA VALENCIA ARANGO

avalen26@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

JUAN SANTIAGO VALLEJO JARAMILLO

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

El artículo describe la implementación de los indicadores de gestión, indicadores de costos y la simulación de estos en el campo de mantenimiento. Los datos se siguen una serie de pasos, para llegar a una etapa final donde se entregan los resultados en un pronóstico de los datos.

Como puente para el desarrollo del artículo, se incluye una investigación de indicadores CMD, distribuciones y se complementa con el tema de simulación, Para finalmente analizar y sacar conclusiones.

ABSTRACT

The article shows the implementation of management indicators, costs indicators and simulation of these in the maintenance field. The items follow the steps, to reach a final stage where the results are given in a forecast of the data to meet the overall objective which is to estimate the future behavior of CM parameters by simulating historical indicators.

PALABRAS CLAVE

Simulación, indicadores CMD, costos en mantenimiento, mantenibilidad, confiabilidad, distribución continua, variable aleatoria, teoría de colas.

As a bridge for the development of the article, including an investigation of CMD indicators, distributions and is complemented by the full simulation. Finally, realize and get conclusions.

KEY WORDS

Simulation, management indicators CMD, maintenance costs, maintainability, reability, continuous distribution, random variable, queuing theory.

INTRODUCCIÓN

El artículo sirve al sector industrial y al grupo de investigación GEMI de la Universidad EAFIT. El desarrollo del proyecto consta del conocimiento teórico acerca de la simulación en mantenimiento y los conceptos fundamentales de los indicadores CMD, por medio de referencias bibliográficas, libros, internet, entre otros, para proporcionar conceptos necesarios y construir las bases sobre las cuales se despliega el proyecto.

El desarrollo de la implementación de los indicadores de gestión, indicadores de costos y la simulación de estos en el campo de mantenimiento, favorece en alto grado al grupo de investigación en la línea de Ingeniería de mantenimiento en fabricas - Tero tecnología, mas puntualmente para el proyecto “Monitoreo y Confrontación Valores Parámetros CMD Futuros Clásico versus Series Temporales” (Vallejo, 2008).

INDICADORES DE MANTENIMIENTO RELACIONADOS CON LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN Y PARADA DE LOS EQUIPOS

La validación de los indicadores elegidos para la simulación de estos en casos industriales, se realiza mediante modelos de distribución. Para el cumplimiento de estos objetivos, se toma como apoyo el uso de las técnicas de mantenimiento, mediante distribuciones como de WEIBULL, NORMAL, EXPONENCIAL y LOGNORMAL. A continuación se muestran los tres indicadores de mantenimiento:

- **Confiability:** Probabilidad que un equipo no falle. Se determina a partir del tiempo entre fallas.
- **Mantenibilidad:** Probabilidad que un equipo sea restituido a un estado de funcionamiento normal luego de la aparición de la falla. Se determina a partir del tiempo para reparar.

- **Disponibilidad:** Probabilidad que indica que parte del tiempo el equipo esta dispuesto para ser utilizado. Contiene tres tipos de disponibilidades alcanzada, inherente y operacional.

DISTRIBUCIONES

Un sistema de distribución estadístico permite integrar los indicadores de gestión con otros indicadores de mantenimiento, para brindar una información adecuada acerca del manejo de los equipos.

Las distribuciones se representan de diferentes maneras, en general mediante las funciones de supervivencia, acumulada, de densidad de fallas y la función de tasa de fallas o de riesgo. A continuación se muestran las distribuciones:

- **Distribución normal:** es una distribución continua que se presenta cuando la vida útil de los componentes se ve afectada desde un comienzo por el desgaste, sirve para describir los fenómenos de envejecimiento de los equipos.
- **Lognormal:** Es una distribución de variable aleatoria con un logaritmo normalmente distribuido, representa la evolución de la tasa de fallas correspondiente a la parte infantil de la bañera. Concentra las fallas cuando la distribución lognormal se aproxima a la distribución normal (se aproximan cuando la desviación estándar es menor que 0.2).
- **Exponencial:** No tiene memoria, lo cual implica que la probabilidad que el elemento falle en determinado momento, no depende del funcionamiento, debido a que no existe envejecimiento ni mayor probabilidad de fallas al principio o al final.
- **Weibull:** Se acomoda a las tres etapas de la curva de Davis. Tiene tres parámetros gama (posición), eta (escala o vida útil) y beta (pendiente, forma— $B < 1$ mortalidad infantil, Cercanos a 1 vida útil, $B > 1$ envejecimiento).

INDICADORES DE COSTOS EN MANTENIMIENTO RELACIONADOS CON LOS TIEMPOS DE DURACIÓN DE LA PARADA Y LOS EQUIPOS

Para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta la clasificación de los costos del mantenimiento en costos directos e indirectos, se investigan diferentes indicadores pero específicamente el que fue utilizado en los cálculos de simulación fue el indicador de costos de una hora de mantenimiento.

- CMFT: Costos de mantenimiento por facturación: sirve para conocer en qué medida se reducen los costos de mantenimiento.
- CpCT: Mantenimientos preventivos por mantenimientos totales: muestra el grado de

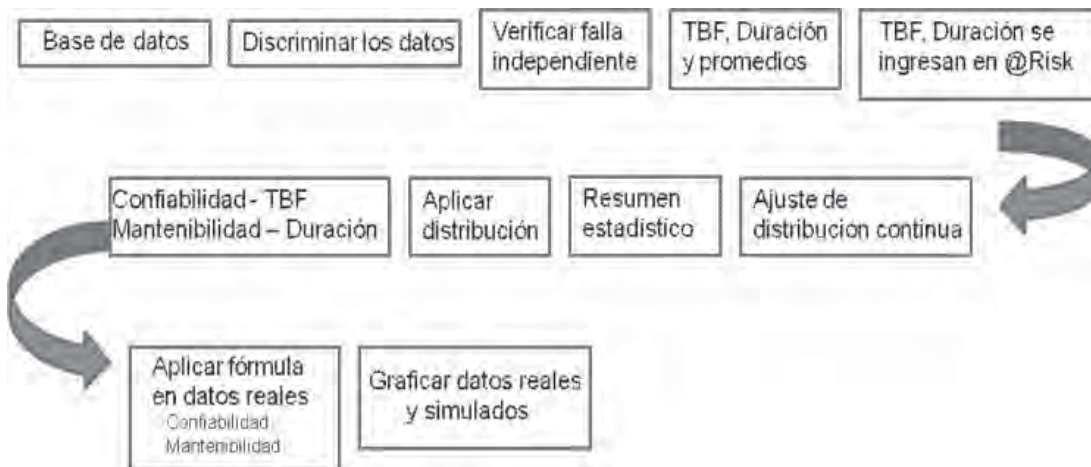
utilización de preventivos frente al mantenimiento total.

- CMRP: Mantenimiento con relación a la producción: muestra la influencia que tiene el mantenimiento en el costo final del producto.
- CHMN: Costo de una hora de mantenimiento: relaciona el costo de mano de obra de mantenimiento y las horas hombre invertidas en órdenes de servicio.

METODOLOGÍA

A continuación se observan una serie de actividades que se tuvieron en cuenta para determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

FIGURA 1
Metodología para determinar confiabilidad y mantenibilidad



Pasos desarrollados para cumplir la etapa de simulación que se le aplica a los datos analizados:

- Se tienen quince equipos y cada uno genera un UT (Up time).
- Cuál de los eventos va a presentarse primero (tiempo entre fallas, inspección o mantenimiento mayor).
- Se determina el tiempo entre mantenimiento MTBM.

- Se registra la parada del evento.
- Toda parada trae consigo un costo.
- Este ciclo se repite mientras el tiempo acumulado sea menor a 10 años (87600 horas).

FIGURA 2
Pasos para realizar el proceso de simulación



RESULTADOS OBTENIDOS

El ajuste automático de los datos para distribución continua es lo que se busca realizar. Cada distribución se caracteriza por unos parámetros, los cuales sirven de base para la etapa de simulación. Mediante una prueba de ajuste, en este caso se emplea Chi-cuadrado, se someten los datos a un análisis, del cual se obtiene el resumen estadístico. De dicho resumen se extraen los parámetros y la

distribución que mejor se acomoda a cada serie de datos y se tabula para efectos de visualización (Ver figuras 3 y 4).

Ambas gráficas muestran que el comportamiento de la serie de datos dado a través del proceso de simulación asemeja a la serie de datos reales, es decir, las dos series describen una trayectoria similar.

FIGURA 3
Tiempo entre fallas

Tiempo entre fallas					
Sistema	Distribución	Parametro 1	Parametro 2	Parametro 3	Riesgo
Equipo 1	InvGauss	1268,3	856,45		-81,496
Equipo 2	InvGauss	61577	303,01		-42,98
Equipo 3	Expon	2469,7			-123,48
Equipo 4	InvGauss	989,28	1293,29		-99,035
Equipo 5	InvGauss	707,85	701,7		-104,61
Equipo 6	Expon	2472,9			-99,647
Equipo 7	InvGauss	753,79	443,95		-43,193
Equipo 8	InvGauss	2880,3	5577,5		-623,51
Equipo 9	InvGauss	1240,5	982,51		-94,774
Equipo 10	Gamma	0,76406	296,68		0,51861
Equipo 11	Erlang-Gamn	1	436,8		
Equipo 12	Expon	1523,7	-31,152		
Equipo 13	BetaGeneral	0,5795	3,0271	3927,7	
Equipo 14	InvGauss	649,9	697,6		-66,266
Equipo 15	Expon	2550,3	172,77		
Equipo 16	Normal	4380	500		
Equipo 17	Normal	43800			

FIGURA 4
Duración de la parada

Duración de la parada				
Sistema	Distribución	Parametro 1	Parametro 2	Riesgo
Equipo 1	Gauss Inversa	19,543	0,56475	0,43437
Equipo 2	InvGauss	10,043	0,5177	0,42498
Equipo 3	InvGauss	39,403	0,88829	0,09976
Equipo 4	InvGauss	49,785	1,3028	0,070255
Equipo 5	InvGauss	15,896	0,7079	0,34347
Equipo 6	Gamma	0,21219	53,671	0,98472
Equipo 7	InvGauss	22,466	1,1522	0,066481
Equipo 8	InvGauss	3,7252	0,37576	0,69642
Equipo 9	InvGauss	4,9361	0,95637	0,033999
Equipo 10	InvGauss	10,543	1,3491	-0,11387
Equipo 11	InvGauss	11,17	1,1642	-0,04294
Equipo 12	InvGauss	34,158	0,40981	0,41259
Equipo 13	InvGauss	48,999	0,90446	-0,11367
Equipo 14	InvGauss	43,595	1,5709	-0,15513
Equipo 15	InvGauss	30,219	1,1719	0,0014911
Equipo 16	Normal	10	2	
Equipo 17	Normal	168	48	

FIGURA 5
Ejemplo de confiabilidad de datos reales y simulados del equipo 11

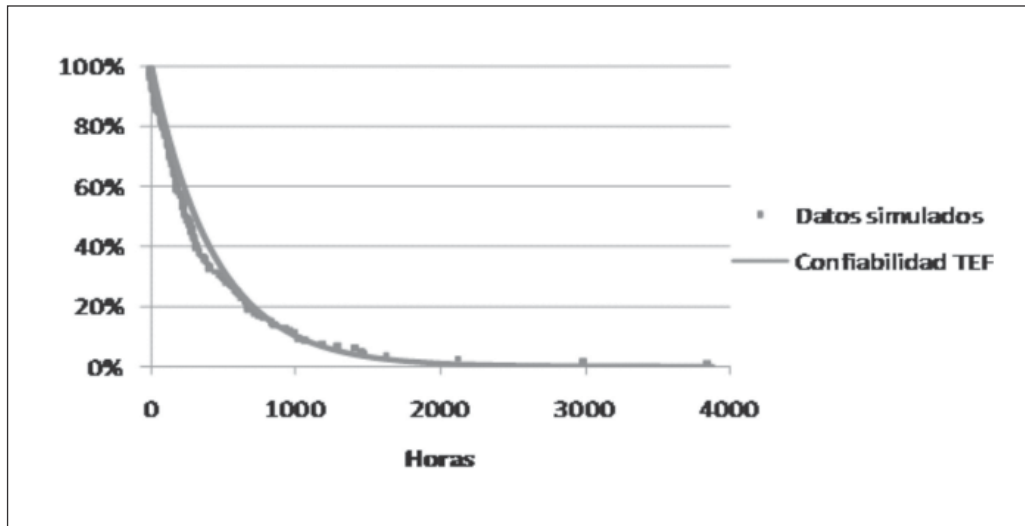
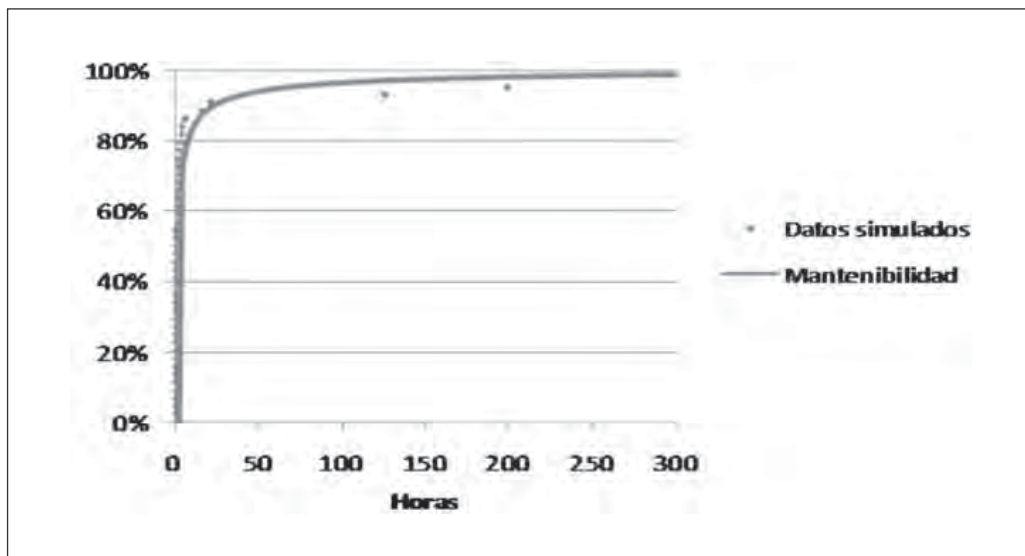


FIGURA 6
Ejemplo de mantenibilidad de datos reales y simulados del equipo 1



En las siguientes tablas se observa una relación entre los valores de los promedios reales y simulados, donde se hace notoria la poca diferencia entre un valor y otro dentro del mismo equipo. Lo que deja ver que el conjunto de datos obtenidos por medio de la simulación, son efectivos a la hora de asemejar los datos reales.

FIGURA 7
Valores promedios de datos reales y simulados de tiempo entre fallas

Tiempo entre Fallas		
EQUIPO	PROMEDIO REAL	PROMEDIO SIMULACIÓN
1	1130,39	1080,71
2	1534,29	1394,64
3	2352,08	2270,34
4	845,15	920,28
5	603,24	651,93
6	2496,93	2313,94
7	710,60	708,61
8	2256,76	2372,87
9	1145,72	1116,47
10	226,17	233,86
11	436,80	427,18
12	1541,70	1518,44
13	628,00	603,58
14	576,43	674,92
15	2712,89	3020,65
16	5564,88	4348,10
17	40103,35	39501,47

FIGURA 8
Valores promedios de datos reales y simulados de duración de parada

DURACIÓN		
EQUIPO	PROMEDIO REAL	PROMEDIO SIMULACIÓN
1	19,98	13,95
2	10,47	6,67
3	39,50	46,70
4	49,86	37,63
5	16,40	15,20
6	11,83	10,98
7	22,53	28,00
8	4,59	5,15
9	4,97	5,36
10	10,43	9,52
11	11,13	10,04
12	34,57	33,69
13	48,89	40,43
14	43,44	44,63
15	30,22	29,36
16	15,21	10,19
17	190,59	208,34

Aunque el comportamiento de los costos puede verse afectado por diversos factores, en la siguiente gráfica (la cual representa el comportamiento de los mantenimientos preventivos), se observa que el comportamiento del costo año a año se mantiene en una posición relativamente constante respecto a los altibajos de cada año. Mientras que la gráfica que representa los costos de mantenimiento correctivo muestra un comportamiento impredecible, el cual se ve reflejado en la inconstancia de cada año y además, se observa una tendencia ascendente.

FIGURA 9
Costos de mantenimiento correctivo

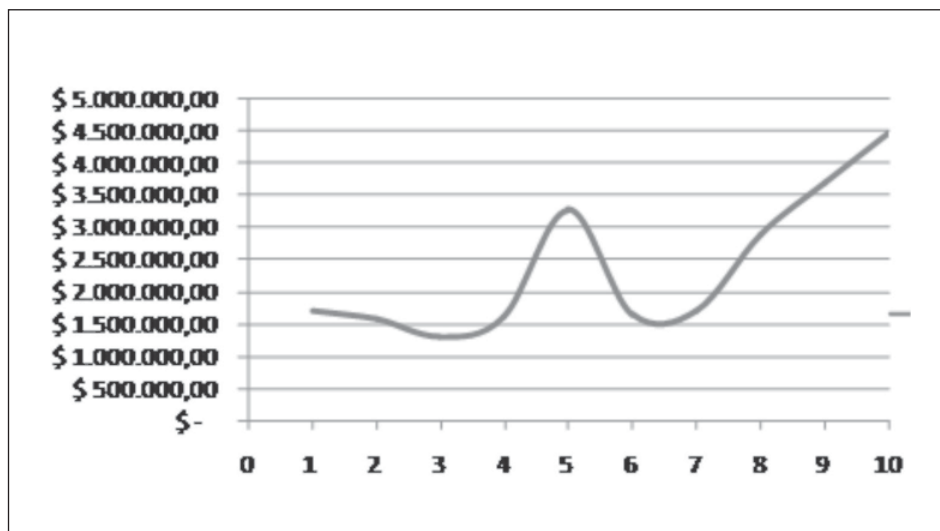
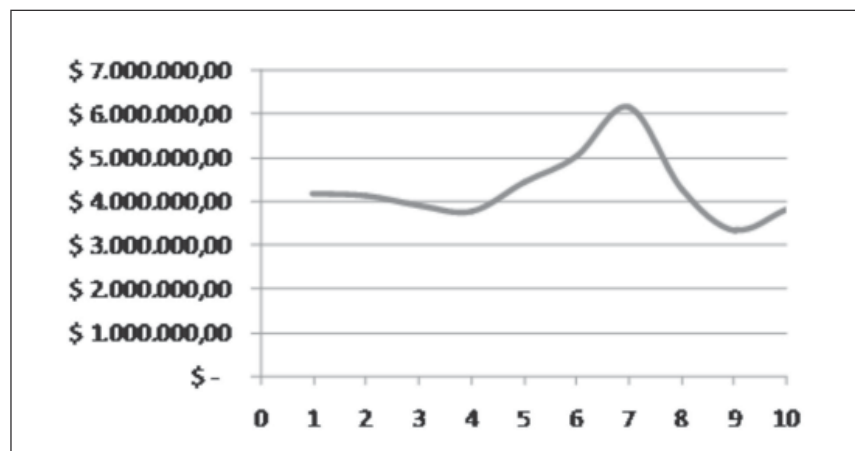


FIGURA 10
Costos de mantenimiento preventivo



CONCLUSIONES

Entre las prioridades que debe tener en cuenta una buena gestión de mantenimiento, es incluir los costos generados en cada parada (sea por mantenimiento correctivo o preventivo). Es así como se logra optimizar la disponibilidad de los equipos, se logra hacer un balance entre el mantenimiento y su correspondiente lucro cesante, se evitan accidentes y se prolonga la vida útil de los sistemas y sus equipos, entre otros.

El análisis de datos permite visualizar los posibles percances de un problema, en los que se realiza la validación de los tiempos entre falla, la duración de la parada y los costos de mantenimiento, para poder tomar decisiones acertadas.

Las distribuciones permiten estudiar a través de un registro de fallas, como éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso.

Se observa que las distribuciones continuas toman cualquier valor y no un número determinado como ocurre en las distribuciones discretas.

Las fallas imprevistas en los equipos son difíciles de controlar, esto hace que el mantenimiento correctivo presente un pico que representa un acumulado de fallas en diferentes equipos, lo que hace que se vea reflejado en un incremento en los costos.

Al observar la probabilidad de terminar la acción de mantenimiento antes de 2 horas, se encuentra que el equipo 8 es el que presenta una mayor mantenibilidad, con el 78%, mientras que el equipo que presenta un valor de mantenibilidad más bajo, es el equipo 14 con el 37%.

El análisis de la confiabilidad de cada uno de los equipos con el mismo lapso de tiempo de

operación, deja a la vista que el equipo con mayor probabilidad de funcionamiento sin presentar falla es el equipo 8, con una confiabilidad del 99,9%. El equipo menos confiable es el 13, que presenta un 0% de confiabilidad para un lapso de tiempo de 1000 horas.

BIBLIOGRAFÍA

Arcila Restrepo, Santiago y Vélez Muñoz, Sebastián. 2007. Aplicación de un sistema de costeo en el mantenimiento de una planta manufacturera local. Medellín: EAFIT, 2007.

García Dunna, Eduardo. 2006. Simulación y análisis de sistemas con Promodel. México: Pearson Educación, 2006. ISBN: 970-26-0773-6.

Hartmann, Edward H. 1992. Mantenimiento productivo total: Como instalar con éxito el TPM en una planta no japonesa. Pennsylvania: International TPM institute, Inc, 1992. ISBN: 1-882258-01-0.

Holguín Duarte, Juan Carlos. 2006. Noria. Noria. [En línea] 5-9 de Junio de 2006. [Citado el: 10 de Febrero de 2009.] <http://www.noria.com/sp/rwla/conferencias/mem/Duarte-paper.pdf>.

Leemis, Lawrence M. 1995. Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods. New Jersey : Prentice Hall, 1995. ISBN 0-13-720517-1.

Mora G., Alberto. 2007. Curso MIL, Mantenimiento Integral logístico. Medellín: s.n., 2007.

Mora Gutiérrez, Alberto. 2008. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: Enfoque sistémico Kantiano. Medellín : AMG, 2008. ISBN 958-33-8218-3.

Sacristán, Francisco Rey. 2001. Mantenimiento total de la producción: TPM proceso de implantación

y desarrollo. Madrid: Fundacion Confemetal Editorial, 2001. ISBN: 84-95428-49-0.

Tavares, Lourival Augusto, y otros. 2007. Gestion Estrategica en Activos de Mantenimiento. [ed.] Marco Alcantara. Venezuela: GERENPLANIF C.A., 2007.

Vallejo Jaramillo, Juan Santiago. 2004. DESARROLLO, VALIDACIÓN, CONTRASTE Y PRONÓSTICO DEL CÁLCULO CMD. Medellín: s.n., 2004.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CUATRO TIEMPOS DE RENAULT TWINGO

DANIEL HOYOS ARANGO

dhoyosar@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

LEIMER MARTINEZ PINTO

lmarti12@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR PRINCIPAL

ADALBERTO GABRIEL DÍAZ

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT

RESUMEN

El banco de pruebas del motor de combustión interna de twingo se desarrollo para que la Universidad contara con un objeto de estudio para la investigación. Este trae grandes beneficios a la hora de realizar prácticas, y se para un laboratorio, para estudiantes, profesores, investigadores y porque no, para algunas empresas. El fin del banco de pruebas es adaptarle a éste un equipo de Gas Natural en el cual se puedan realizar pruebas de funcionamiento, comportamiento y para analizar diversos factores tales como la pérdida de potencia que implica el funcionamiento del motor con el Gas y qué se puede rediseñar al sistema de admisión y combustión para mejorar la eficiencia del motor.

Las decisiones que se pueden tomar acerca de las modificaciones necesarias para mejorar este sistema de combustión debe estar basado en datos reales recolectados directamente desde el motor por medio de unos sensores, estos serán recolectados por el sistema de adquisición de datos y será entregados al software Lab View el cual los interpreta y de acuerdo a la información requerida, los graficará. Ya basados en hechos reales se pueden tomar las acciones necesarias para incrementar la eficiencia de la combustión y obtener un mejor rendimiento del motor entre otros.

ABSTRACT

The test bench of the internal combustion engine of twingo was developed in order that the University could have an object for study and investigation. This one brings benefits at the moment of laboratory practices, for students, teachers, investigators, and why not, for some companies. The purpose of the test bench is to adapt it with Natural Gas in which could be realized tests of functioning behavior and to analyze such diverse factors as the loss of



power that implies the functioning of the engine with the Gas and what can be re-designed to the system of admission and combustion to improve the efficiency of the engine.

The decisions for the modifications to improve this system must be based on real information gathered directly from the engine by the sensors, these will be taken by the information acquisition system and will be delivered to the software Lab View which will interpret them and in agreement to the needed information, it will analyze it. Already based on true information the necessary actions can be taken to increase the efficiency of the combustion and to obtain a better performance of the engine.

PALABRAS CLAVE

Tps, Map, Sensor de Oxígeno, Ecu, Rpm.

KEY WORDS

Tps, Map, Sensor de Oxígeno, Ecu, Rpm.

INTRODUCCIÓN

Con base en un banco de pruebas de un motor de combustión interna full inyección de cuatro tiempos de motor Twingo que posee la Universidad EAFIT, se realiza el diseño de un sistema de adquisición de datos que sirve para observar el comportamiento de las señales que emiten los sensores que este motor posee y la posibilidad de instalar sensores adicionales para tener un monitoreo casi total del comportamiento de este.

El banco de pruebas del motor de combustión interna de twingo se desarrollo para que la Universidad contara con un objeto de estudio para la investigación. Este trae grandes beneficios a la hora de realizar prácticas, ya sea para un laboratorio, para estudiantes, profesores, investigadores y porque no, para algunas empresas.

El fin del banco de pruebas es adaptarle a éste un equipo de Gas Natural en el cual se puedan realizar pruebas de funcionamiento, comportamiento y para analizar diversos factores tales como la pérdida de potencia que implica el funcionamiento del motor con el Gas y qué se puede rediseñar al sistema de admisión y combustión para mejorar la eficiencia del motor.

TÉCNICAS DE MONITOREO INTERACTIVO EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Existen pocos métodos de monitoreo interactivo en los motores de combustión interna. El primero y el más conocido es por medio de un scanner que se le conecta al carro y brinda algunas lecturas y unos códigos de error, la otra técnica un poco menos ortodoxa pero no menos útil es por medio de un multímetro y un analizador de gases de combustión.

Con la introducción del scanner al mundo automotriz, se puede hablar e interrogar al computador del carro sobre cualquier sistema o sensor incorporado al vehículo. El scanner permite tener la información de los códigos de falla actuales y los guardados en la memoria. El procedimiento de acceso a la información y la forma en que la información es mostrada en la pantalla del Scanner es un estándar para todos los carros, de tal manera que la información y acceso de datos a la información será igual para todos. Al momento de conectar el scanner al carro, éste permitirá hacer un borrado de códigos, mostrar en la pantalla los valores de operación de varios sensores tales como el MAP (Manifold Absolut Presion), sensor de posición de cigüeñal, sensor de temperatura del refrigerante, MAF (Mass Air Flow) y el sensor de oxígeno o sonda lambda.

Los códigos de error son guardados en la memoria de la computadora y pueden ser analizados por medio de un manual donde especifica el

significado de cada código, con esta información, se procede a hacer los ajustes necesarios al motor (LOTRO, Nicolás y GARCIA, Sebastián).

La otra técnica que habla del análisis del motor por medio de un multímetro y un analizador de gases de escape es mucho más manual y requiere de un mayor conocimiento por parte de la persona que va a hacer el trabajo. Consiste en hacer un análisis de los gases producto de la combustión del motor y observar los resultados, analizar las cantidades de contaminantes y compararlos con los estándares de cada carro para determinar cuál de ellos está por encima o por debajo de los valores normales. De acuerdo a éste análisis se procede a evaluar que parte de la inyección electrónica o del motor no está funcionando correctamente y para este fin se utiliza el multímetro, con este se chequea la señal de entrada y de salida de los sensores, continuidad en los circuitos, voltajes, corrientes y resistencias para determinar cuál componente se encuentra defectuoso y reemplazarlo si es el caso.

DESCRIPCIÓN DE LOS SENSORES DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Sensor de temperatura del refrigerante: Sensor tipo Termistor, determina la temperatura del refrigerante del motor, para establecer la temperatura del motor, corregir y ajustar la cantidad de combustible suministrada a la mezcla, y corregir el tiempo de encendido (ASOPARTES).

Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS): Sensor de tipo potenciómetro, determina la posición de la mariposa del acelerador.

FIGURA 1

Sensor de temperatura del refrigerante



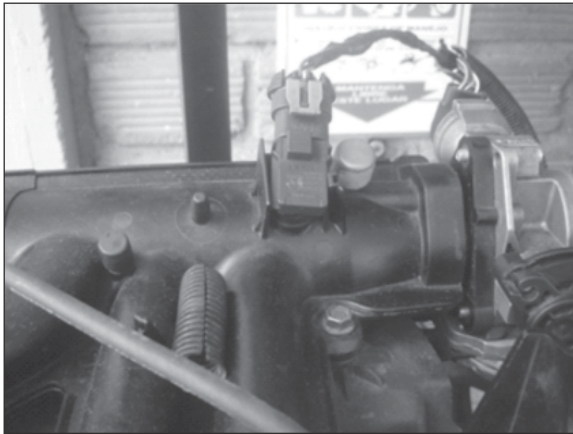
FIGURA 2

Sensor de posición de la mariposa del acelerador



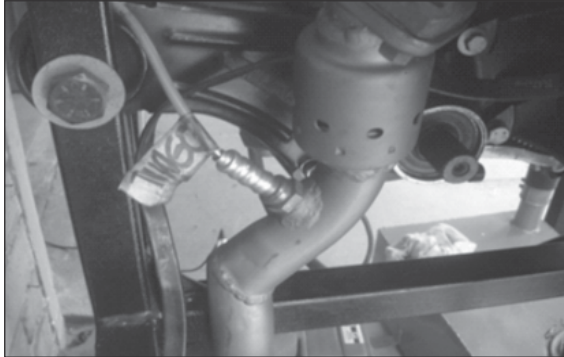
Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP): Reporta la carga del motor a la computadora, que usa la información para ajustar el avance de la chispa y el enriquecimiento de la mezcla aire combustible (ASOPARTES).

FIGURA 3
Sensor de presión absoluta múltiple



Sensor de oxígeno o sonda lambda: Determina el contenido de Oxígeno de los gases de escape.

FIGURA 4
Sensor de oxígeno o sonda lambda



Sensor de posición del cigüeñal: Este sensor monitorea la posición del cigüeñal, y envía la señal al modulo de encendido indicando el momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido o PMS (punto muerto superior) (ASOPARTES).

FIGURA 5
Sensor de posición del cigüeñal

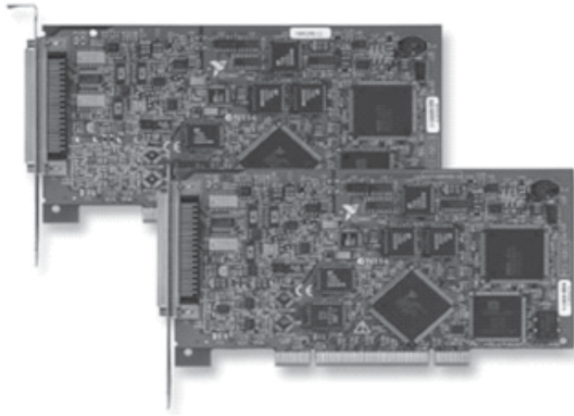


DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El proceso de diseño del sistema de adquisición de datos empezó con la búsqueda de una tarjeta de adquisición de datos que sirva como interface o más bien es la que ayuda a interpretar las señales análogas que nos brindaba el motor y enviarlas al computador para que éste por medio del programa Lab View las leyera. Dado que ésta tarjeta tiene un elevado costo y no es fácil de conseguir, La Universidad EAFIT nos prestó una tarjeta PCI 6013 de la National Instruments para poder desarrollar nuestro proyecto.

Tarjeta de adquisición de datos PCI 6013: Esta tarjeta de adquisición de datos es desarrollada por la National Instruments, tiene 16 canales de lectura, con una velocidad de muestreo de 200 Kilo bites/segundo, cabe anotar que la tarjeta multiplexa los canales para poder hacer el muestreo de cada uno de ellos posee una resolución de 16 bits con un rango de voltaje admisible de -10 a 10 Voltios, sus dimensiones son de 16,2 X 9,2 centímetros.

FIGURA 6
Tarjeta de adquisición de datos PCI 6013



ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES

Para este fin se usó un multímetro y de un osciloscopio para poder evaluar las señales y definir los parámetros que se tendrían en cuenta para la programación en LabView. Los sensores a evaluar son: Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS), Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP), Sensor de oxígeno ó sonda lambda, Sensor de temperatura del aceite, Sensor de temperatura del agua o líquido refrigerante, Señal para los inyectores, Revoluciones por minuto del motor.

Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS): La señal que envía este sensor tiene un rango de 0,1 a 5 voltios (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0,1 V) indica que la mariposa se encuentra totalmente cerrada y que el motor esta en ralentí, y el valor máximo (5 V) indica que la mariposa está en su punto de apertura máximo, es decir a 90 grados.

Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP): La señal que envía este sensor tiene un rango de 0,1 a 5 voltios (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0,1 V) indica que la cámara o el múltiple de admisión se encuentra igualado

a la presión atmosférica, y el valor máximo (5 V) indica que la cámara tiene una presión de -11 psi, lo que quiere decir que el motor está en ralentí.

Sensor de oxígeno ó sonda lambda: La señal que envía este sensor tiene un rango de 0 a 1 voltio (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0 V) indica que la mezcla es pobre de combustible, y el valor máximo (1 V) indica que la mezcla es rica, es decir que tiene mucho combustible y poco oxígeno. Este sensor tiene una velocidad muy alta de muestreo y constantemente muestra las variaciones que tienen los gases de escape del motor.

Sensor de temperatura del aceite: La señal que envía este sensor tiene un rango de 0 a 5 voltios (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0 V) indica que la temperatura del aceite es de -40 grados centígrados y la temperatura máxima (5 V) indica que el aceite está a 170 grados centígrados.

Sensor de temperatura del agua o líquido refrigerante: Para la adquisición de esta señal, se utilizó una termocupla de Níquel Cromo, a medida que la temperatura aumenta o disminuye se genera un mili voltaje, como la tarjeta de adquisición de datos no recibe señales en mili voltios, se utilizó un amplificador de instrumentación para poder llevar esta señal al rango necesario para la tarjeta de adquisición de datos, es decir de 0 a 5 Voltios, donde 5 Voltios indica que la temperatura es de 270 grados centígrados y 0 Voltios indica que la temperatura es de 0 grados centígrados.

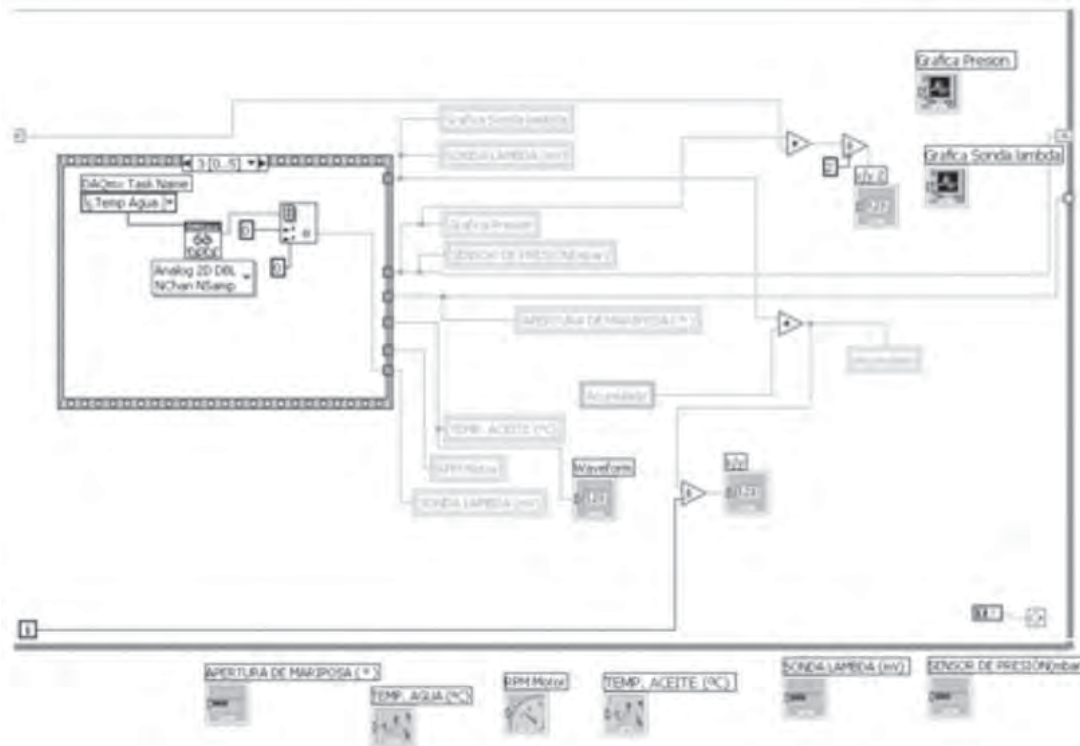
Señal para los inyectores: Esta es una señal digital cuadrada cuya amplitud es de 0 a 14 Voltios, para poderla entrar a la tarjeta de adquisición de datos se redujo este rango de voltaje por medio de una resistencia y de un trimmer o potenciómetro de precisión, esta señal indica la orden que le envía la computadora a los inyectores para que se abran y permitan el paso del combustible.

Revoluciones por minuto del motor: Esta señal se obtiene por medio del sensor inductivo de reluctancia variable que se encuentra encima de la cremallera de la volante del motor, esta es una señal alterna en la que varía la frecuencia, como la tarjeta de adquisición de datos no reconoce señales de frecuencia, se usó un convertor de frecuencia a voltaje para poder obtener las lecturas necesarias.

REALIZACIÓN DEL PROGRAMA EN LabView

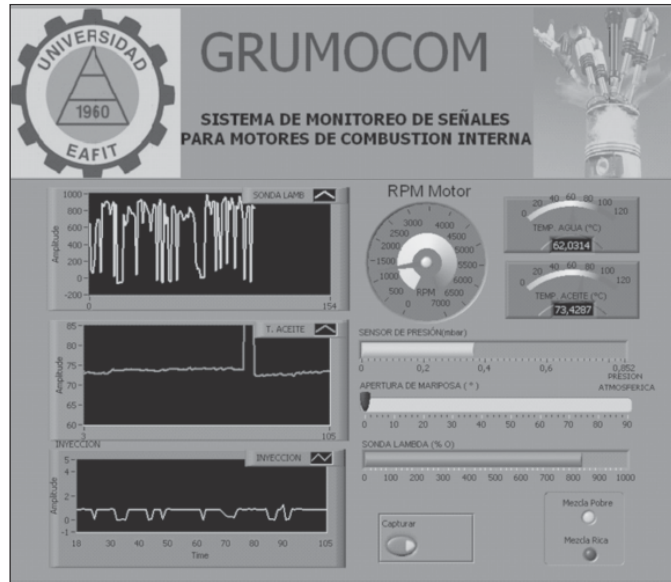
El programa fue hecho con un lector de canales al cual se le asignan tareas, que en este caso eran las de recoger las señales que estaban entrando a la tarjeta de adquisición de datos, es decir que para cada señal que entra a la tarjeta el programa tiene una tarea. Cuando las señales están siendo leídas por el programa, se indexan como un arreglo matricial de 1 x n para poder ser graficadas o ilustradas por medio de indicadores. Este programa deja abierta la posibilidad de hacer un control para el motor de combustión interna.

FIGURA 7
Programa en LabView



El panel de lectura consta del nombre del grupo de investigación GRUPOCOM, cuenta también con el logo de la Universidad EAFIT y con los indicadores de cada una de las señales del motor con sus rangos adecuados y con una paleta de colores indicando los límites de las lecturas.

FIGURA 8
Panel de lectura



CONCLUSIONES

Se pudieron apreciar las señales generadas por los sensores del motor de combustión interna de Renault Twingo por medio del software Lab View para hacer un análisis del comportamiento del motor.

Se logró identificar las técnicas de monitoreo interactivo en los motores de combustión interna que hacen que el motor tenga un mejor funcionamiento y mejore su rendimiento.

Se obtuvo el diseño del sistema de adquisición de datos propuesto y con el cual se va a poder tener un elemento de investigación y de estudio por parte de la universidad EAFIT.

Pudimos obtener la descripción de la sensoria presente en el motor para poder desarrollar el sistema de adquisición de datos y obtener unas lecturas apropiadas y unas cifras reales.

BIBLIOGRAFÍA

ASOPARTES, Asociación del sector automotor y sus partes (Bogotá - Colombia). Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I ,2003. [Citado en abril de 2009].

Dani Meganeboy, Mecánica Virtual, Curso de mecánica virtual [online], [Citado en abril de 2009], disponible desde internet en <<http://mecanicavirtual.iespana.es/curso-bomba-inyector6.htm>>.

Herminia Contreras Oliva, blog de automóviles Gpeuropa.net [online], Valencia (Valencia), España, [Citado en abril de 2009], disponible desde internet en <<http://www.gpeuropa.net/2008/12/09/renault-estrena-el-ano-con-el-renault-twingo-dci-85-pidetelo-para-reyes/>>.

LOTERO, Nicolás y GARCIA, Sebastián. Diseño y construcción de un banco de pruebas para un

motor de combustión interna de cuatro tiempos de Renault Twingo. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Medellín: Universidad EAFIT. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica, 2008.

VIERA, Iremis, Sistemas de Adquisición de Datos [online]. Profesora de la Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, de la Provincia de Pinar del Rio (Cuba). [Citado en septiembre de 2008]. Disponible desde internet en <<http://www.monografias.com/trabajos17/sistemas-adquisicion-dato/sistema-adquisicion-dato.shtml>>.

REDISEÑO DE LOS COMPONENTES PLÁSTICOS DEL INTERRUPTOR ROTATIVO I-315, PARA SUSTITUIR EL PROCESO ACTUAL DE TERMOPRENSADO DE BAKELITA POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS DE INGENIERÍA

JUAN CARLOS ZULETA ACEVEDO

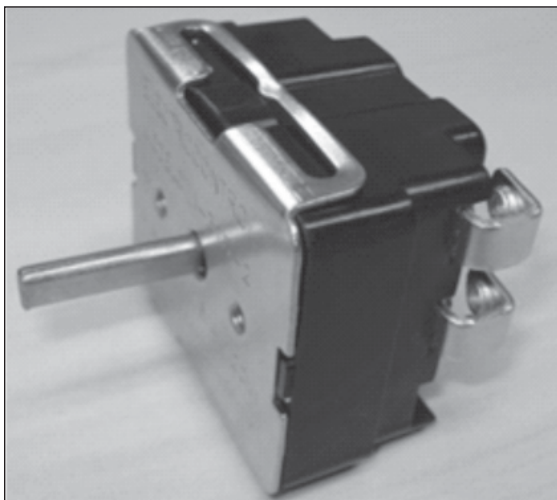
jzuletaa@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS
DISEÑO DE SISTEMAS MECÁNICOS

ASESOR
ROBERTO RAVE SERNA

SECTOR BENEFICIADO
IPROCOS S.A.



RESUMEN

Un interruptor rotativo es un componente utilizado en las cocinas eléctricas; le permite al usuario variar la intensidad de calor entregada por las resistencias eléctricas de acuerdo a la posición en que se encuentre: Alto – Medio – Bajo – Apagado. Esto lo logra conmutando un conjunto de contactos eléctricos que se encuentran en su interior, a medida que el usuario hace girar la perilla. Desde hace varios años, algunos de los componentes de este interruptor se han venido fabricando en Bakelita (resina fenólica termoestable), por medio de un proceso denominado termoprensado.

El objetivo de este trabajo fue sustituir el termoprensado de Bakelita por la inyección de Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio, logrando disminuir los tiempos de ciclo de producción; se obtuvieron ahorros energéticos al utilizar un proceso que consume menos energía como la inyección; se optimizó el consumo de materia prima al trabajar con un material reciclable (minimizando el nivel de desperdicios) y finalmente, se impactó el costo del producto final fabricado con la nueva materia prima.

ABSTRACT

The amount of heat transferred by an electric kitchen appliance can be regulated by the user through the manipulation of a rotatory switch, which controls the electric current delivered to the resistances. Typically, rotatory switches have 4 positions: High – Medium – Low – Off. Some components of the switch are made of Bakelite (a phenolic thermoset polymer) by a process called thermopressing, which demands a large amount of energy and its productivity is very low.

The main objective of this work was substituting the bakelite components of the rotatory switch and the thermopressing process by polyamide 6,6 filled with 30% glass fiber parts processed by

injection molding. Lower energy consumption was achieved by using the injection molding process. Furthermore, raw materials consumption was optimized by using a recyclable material. Finally, the cost of the product was reduced.

PALABRAS CLAVE

Interruptor rotativo, Bakelita, Plástico termoestable, Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio, Termoplástico, Termoprensado, Inyección.

KEY WORDS

Rotatory switch, Bakelite, Thermoset polymer, Polyamide 6,6 filled with 30% glass fiber, Thermoplastic polymer, Thermopressing process, Injection molding process.

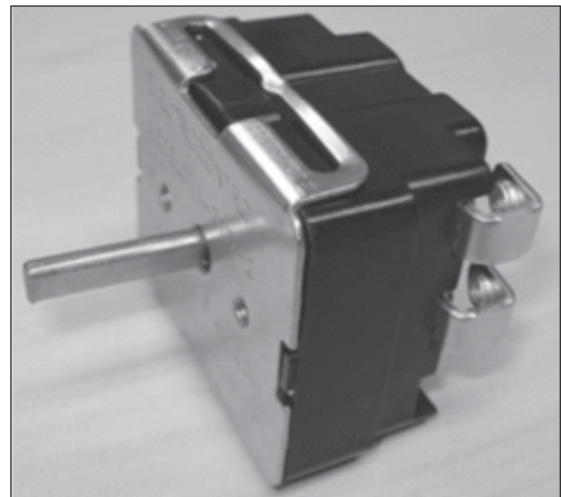
INTRODUCCIÓN

IPROCOS S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de componentes plásticos para la industria de los electrodomésticos. Uno de los productos que se fabrican en IPROCOS es el Interruptor rotativo I-315. Es un componente utilizado en las cocinas eléctricas y le permite al usuario variar la intensidad de calor entregada por las resistencias eléctricas de acuerdo a la posición en que se encuentre: Alto – Medio – Bajo – Apagado. Esto lo logra conmutando un conjunto de contactos eléctricos que se encuentran en su interior, a medida que el usuario hace girar la perilla.

Actualmente, IPROCOS fabrica en bakelita algunos componentes del interruptor, por medio del proceso de termoprensado. Sin embargo, en el seguimiento que se le ha venido haciendo a este proceso, hay factores que han sido determinantes para comenzar a realizar el estudio de migración del proceso de termoprensado y la sustitución del material. Estos factores son:

- Alto consumo energético.
- Bajos tiempos de ciclo y su consiguiente baja productividad.
- Altos desperdicios de material y sus correspondientes problemas ambientales por la no reciclabilidad de la Bakelita.
- Altos costos de mantenimiento de maquinaria y moldes.
- Problemas ambientales adicionales generados por los tratamientos electrolíticos de algunos componentes metálicos del interruptor.

FIGURA 1
Interruptor I-315 actual



El alcance de este proyecto es impactar directamente el costo del producto final, interviniendo el diseño actual de los componentes fabricados en bakelita y el proceso mediante el cual se producen. Igualmente, es importante obtener mejoras efectivas en productividad, disminuyendo los consumos energéticos, los tiempos de ciclo y el nivel de desperdicios, buscando un material sustituto que tenga buen desempeño en la aplicación de acuerdo a sus propiedades.

Se entregará un prototipo evaluado bajo las normas estándares establecidas para este tipo de componentes como lo son las normas NTC-2183 (Seguridad de aparatos electrodomésticos y aparatos eléctricos similares. Parte 1: Requisitos generales) y NTC-1337 (Interruptores para instalaciones eléctricas fijas domésticas y similares. Requisitos generales).

DESARROLLO

El proyecto comenzó a desarrollarse realizando un estudio del estado actual del proceso de termoprensado de bakelita con el objetivo de tener un punto de referencia para comparar los resultados obtenidos al final de la investigación. Los factores analizados fueron:

- Estructura de materiales: cantidad de materia prima para la fabricación de una unidad.
- Estándares de producción: tiempo unitario que toma producir una unidad de cada componente.
- Desperdicios producidos por unidad fabricada: como se mencionó anteriormente, la bakelita es un plástico termoestable, y los sobrantes de proceso no pueden ser utilizados de nuevo porque ya se ha dado el fenómeno químico de entrecruzamiento entre las moléculas constitutivas.

Las estructuras de materiales de los componentes a intervenir son las presentadas en la siguiente figura.

FIGURA 2
Estructura de materiales de los componentes actuales a intervenir

Componente	Materia prima	Cantidad	Unidad
CAJA	Bakelita	53,0	g
	Bujes en fleje hierro cal. 24 x 20	3,9	g
LEVA	Bakelita	17,0	g
	Eje hierro media luna 60mm	10,7	g
TAPA	Fleje hierro 70mm cal.20	30	g

Es importante aclarar por qué se decidió intervenir también la tapa, sabiendo que está fabricada de hierro y no de bakelita, ya que inicialmente se había planteado en el título y en los objetivos de este trabajo que solamente se iban a rediseñar los componentes fabricados en bakelita. Hay muchas razones por las cuales últimamente las partes metálicas se han venido migrando a materiales plásticos. Dentro de estas razones, las que impulsaron este rediseño fueron:

- Eliminación de operaciones secundarias: una vez la tapa es troquelada, debe ser roscada (para fijarla mediante tornillos al electrodoméstico) y posteriormente sometida a recubrimientos galvánicos para protegerla de la corrosión. Como es bien sabido, los recubrimientos electrolíticos están en la mira de las entidades de protección ambiental dada la cantidad de aguas residuales que manejan este tipo de procesos.
- Obtener más flexibilidad en los diseños.
- Reciclabilidad: el plástico, en este caso la poliamida reforzada, permite ser remolido y se puede volver a inyectar, minimizando el nivel de desperdicios.
- Disminución de costos de fabricación: este tema se verá más adelante.

Los tiempos de producción de cada uno de los componentes analizados se pueden observar en la siguiente figura.

FIGURA 3
Estándares de producción unitarios de los componentes actuales a intervenir

Componente	Tiempo de ciclo (min)	Cavidades molde (Tapas troqueladas por golpe)	Tiempo unitario de fabricación (s)
CAJA	3,6	12,0	18,0
LEVA	4,4	16,0	16,5
TAPA (Producto troquelado)	0,064	1	3,9

De acuerdo a la toma de datos, los desperdicios en el proceso de termoprensado son los presentados en la siguiente figura.

FIGURA 4
Desperdicios producidos por unidad fabricada

	Caja	%	Leva	%	Tapa*	%
Materia prima requerida (g/unidad)	53	100%	17,0	100%	30	100%
Materia prima final (g/unidad)	38	72%	6,4	38%	22,8	76%
Excedente (g/unidad)	15	28%	10,6	62%	7,2	24%
Excedentes mensuales (kg)	280		424		288	
Total excedentes (kg)	704				288	
Precio MP (\$/kg)	3.800				1.350	
Costo total excedentes por MP (\$)			388.800			
Costo total excedentes mensuales (\$)	3.064.000					

* Los excedentes de la caja y la leva corresponden a desperdicios de bakelita, mientras que los excedentes de la tapa corresponden a desperdicios de fleje de hierro.

También se midió el consumo de energía de las máquinas termoprensas únicamente en la etapa de calentamiento (consumo energético no productivo). Las resistencias eléctricas de las máquinas se deben encender 4 horas antes de comenzar un turno de producción; esto quiere decir que las máquinas se programan para que se enciendan automáticamente a las 2am para que ya estén calientes y a la temperatura óptima cuando los operarios ingresen a trabajar a las 6am. En la siguiente figura, se valoriza el consumo energético y se lleva a costo mensual, con un valor promedio de \$228/KWH:

FIGURA 5
Consumo energético de las máquinas termoprensas en la etapa de calentamiento

# Termoprensa	1	2	3
Potencia Resistencias (KWH)	16	16	32
Cantidad de resistencias	4	4	4
Consumo diario durante 4h de calentamiento (KWH)	64	64	128
Consumo diario durante 4h de calentamiento (\$)	14.592	14.592	29.184
Costo mensual del calentamiento (\$)	379.392	379.392	758.784
COSTO TOTAL MENSUAL DE CALENTAMIENTO	1.517.568		

Es sorprendente el nivel de desperdicios que se maneja en el proceso de termoprensado; actualmente, para fabricar una caja I-315 se requieren 53 gramos de bakelita, de los cuales se pierden 15 gramos, que corresponden al 15% de la materia prima utilizada. En la fabricación de la leva, el nivel de desperdicios es mucho mayor, necesitando 17 gramos de bakelita, para terminar pesando 6,4 gramos, lo cual implica que se pierden 10,6 gramos de bakelita por leva fabricada, lo que corresponde a una pérdida del 62% de la materia prima. Como se puede observar, se deben llevar al costo mensual \$3.064.000 y \$1.517.568 correspondientes a los desperdicios generados en el proceso de termoprensado y al calentamiento de la maquinaria, respectivamente (lo cual suma \$4.581.568 en total); estos datos confirman que el proceso es altamente improductivo, demandante de energía y poco amigable con el medio ambiente.

Una vez analizado el estado del proceso de prensado de bakelita, se procedió a realizar el estudio de selección de un material sustituto de la bakelita para esta aplicación. Las propiedades que se tuvieron en cuenta para la selección fueron:

- Propiedades reológicas: Contracción.
- Propiedades térmicas: Punto de fusión, Temperatura de ablandamiento (HDT), Resistencia a la llama (inflamabilidad) y Resistencia al hilo incandescente.
- Propiedades eléctricas: Rigidez dieléctrica.
- Propiedades mecánicas: Resistencia al impacto y Módulo de elasticidad.
- Otras características: Precio/kg de material.

La selección de materiales se realizó considerando aquellos que tuvieran una resistencia dieléctrica superior a 20 KV/mm y una temperatura de deflexión (HDT) superior a 200°C, utilizando los filtros de www.matweb.com (Material Property Data. Visitado el 10 de agosto de 2009). Los materiales que superaron este filtro fueron:

- PA 6,6: Poliamida 6,6 sin refuerzo.

- PBT: Polibutil tereftalato sin refuerzo.
- PA 6,6 + 30%FV: Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio.
- PBT + 30%FV: Polibutil tereftalato reforzado al 30% con fibra de vidrio.

Como resultado del procedimiento de ponderación de propiedades, el material que se seleccionó como remplazo de la bakelita fue la Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio. El reto al seleccionar este material, cuyo costo por kilogramo

es 3 veces superior al de la bakelita, consistió en rediseñar y optimizar de tal forma los componentes fabricados en bakelita y mejorar las condiciones y parámetros de procesamiento, que el costo total de producción del interruptor terminado fuera inferior al costo actual de dicho producto.

Una vez se diseñaron y fabricaron los moldes, se procedió a realizar las pruebas en una inyectora Arburg de 70 toneladas de fuerza de cierre. Los resultados de producción fueron los presentados en la siguiente figura.

FIGURA 6
Nueva estructura de materiales de los componentes inyectados en PA 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio

Componente	Materia prima	Cantidad	Unidad
CAJA	PA 6,6 + 30%FV	16,0	g
LEVA	PA 6,6 + 30%FV	6,6	g
TAPA	PA 6,6 + 30%FV	6,4	g

FIGURA 7
Estándares de producción unitarios de los componentes inyectados en PA 6,6 reforzado al 30% con fibra de vidrio

Componente	Ciclo (min)	Cavidades*	Tiempo unitario de fabricación (s)
CAJA	0,37	2,0	11,0
TAPA			11,0
LEVA	0,45	1,0	27,0

La caja y la tapa se inyectan en un solo molde y por esto es que aparecen 2 cavidades y el tiempo de ciclo es el mismo para ambos productos. Por su parte, la leva se inyecta en un molde de una sola cavidad.

Como se puede observar en los resultados obtenidos, las diferencias entre el proceso de termopresado e inyección son muy grandes, siendo este último el que tiene mayores ventajas en lo que se refiere a productividad, consumo de energía y nivel de desperdicios.

El costo primo unitario de fabricación se comportaría de la siguiente manera para los componentes inyectados.

FIGURA 8

Costo primo unitario de fabricación para moldes de 4 cavidades de cada componente

Costo Primo*	Caja			Leva			Tapa		
	Actual	Rediseñada	Diferencia (%)	Actual	Rediseñada	Diferencia (%)	Actual	Rediseñada	Diferencia (%)
Materia Prima	234	189	-19%	122	78	-36%	81	76	-6%
Mano de Obra	75	6	-92%	86	8	-91%	15	6	-60%
Energía	57	10	-82%	34	12	-65%	2	10	400%
TOTAL	366	205	-44%	242	98	-60%	98	92	-6%

*Los valores están en pesos colombianos (\$).

Como se puede apreciar, el costo primo de cada uno de los componentes se reduciría en los porcentajes indicados anteriormente, utilizando una materia prima 3 veces más costosa que la bakelita, pero en un proceso de manufactura mucho más productivo, eficiente y amigable con el medio ambiente. El comparativo en costos de ambos interruptores se puede observar a continuación. Gráficamente, se puede apreciar a continuación esta reducción de costos lograda.

FIGURA 9

Comparativo de costos primos entre el Interruptor termoprensado en bakelita vs. el interruptor inyectado en Poliamida 6,6 + 30% de fibra de vidrio

Costo Interruptor actual	Costo Interruptor rediseñado	Diferencia (\$)	Diferencia (%)
2.011	1.681	-330	-16%

FIGURA 10

Comparativo de costos primos entre ambos interruptores

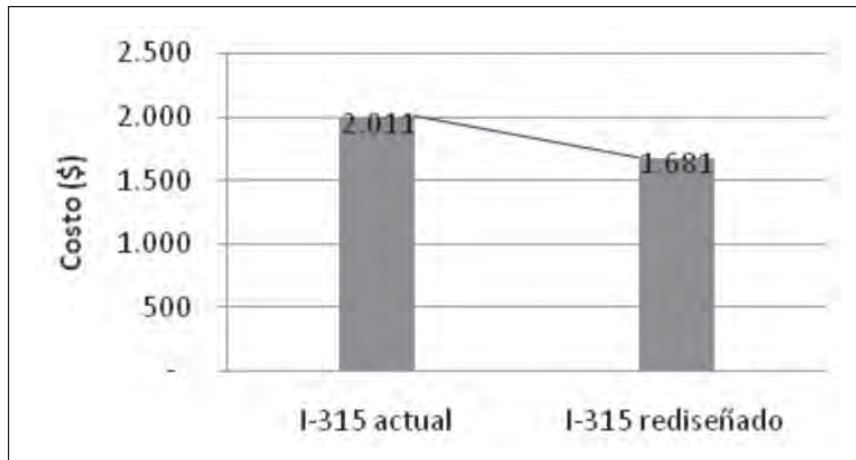
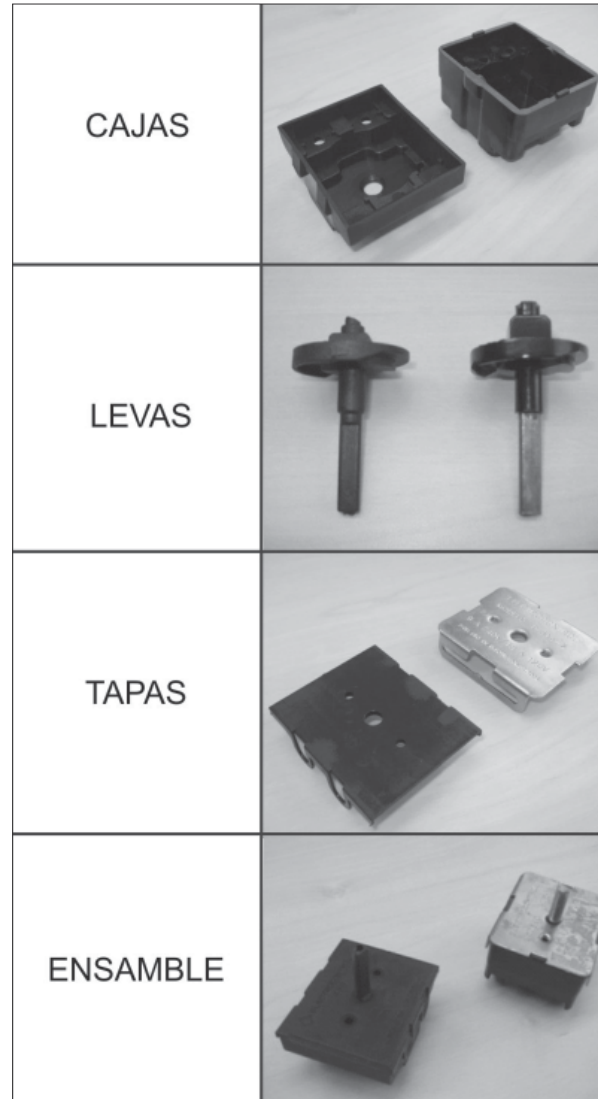


FIGURA 11
Imágenes comparativas de los componentes actuales (derecha) y
los componentes rediseñados (izquierda)



CONCLUSIONES

De acuerdo a las estructuras de producto y los estándares de producción, el proceso de prensado de bakelita es intensivo en consumo de energía y mano de obra debido a sus bajos tiempos de ciclo (altos costos de operación y baja eficiencia). Además, la generación de excedentes

no recuperables como lo son los de la bakelita, hace que este proceso esté siendo desplazado por tecnologías de producción más limpias y materiales recuperables.

Debido a los avances tecnológicos y al surgimiento de nuevos materiales de ingeniería, es posible obtener materiales con propiedades especiales

para cada aplicación. En este caso, se buscó un material que tuviera buena resistencia a la temperatura, alta rigidez dieléctrica y elevada resistencia mecánica, siendo la Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio la que mejor combinó las propiedades tenidas en cuenta para la selección. El reto al seleccionar este material, cuyo costo por kilogramo es 3 veces superior al de la bakelita, consistió en rediseñar y optimizar de tal forma los componentes fabricados en bakelita y mejorar las condiciones y parámetros de procesamiento, que los costos directos de producción del interruptor terminado fueran inferiores al costo actual de dicho producto fabricado por termoprensado de bakelita.

Al utilizar un material termoplástico de ingeniería como la poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio, todos los posibles excedentes generados en el proceso de fabricación se pueden remoler y volver a procesar, reduciendo a niveles mínimos los desperdicios. Esto contribuye a tener un proceso menos contaminante y más amigable con el medio ambiente.

El proyecto demostró que el proceso de inyección reduce los tiempos de ciclo unitarios, lo cual se traduce en la reducción de costos de energía y de mano de obra asignados al producto (disminución de costos directos de fabricación).

Con los cambios en el material y el proceso, los costos directos de fabricación del interruptor rediseñado se redujeron en 16% con respecto al interruptor fabricado por termoprensado de bakelita. Con esto se demuestra que no siempre al utilizar una materia prima más cara se incurre en aumento de costos del producto, ya que en la fabricación también intervienen otros factores como la mano de obra, los tiempos de ciclo, los consumos de energía y el nivel de desperdicios que se esté manejando.

Se realizó una preserie de 200 unidades y se sometieron a las pruebas que exigen las normas NTC-2183 y NTC-1337, las cuales cumplió satisfactoriamente. Con esto se concluye que el producto se puede utilizar electrodomésticos.

BIBLIOGRAFÍA

POTSCH, G. & MICHAELI, W. Injection Molding: An Introduction. Munich. Editorial Hanser/Gardner. 1995.

ASKELAND, D. The science and engineering of materials. 4th Edition. Editorial Thomson. USA. 2006.

MALLOY, R. Plastic part design for injection molding. Munich. Editorial Hanser/Gardner. 1994.

DOMININGHAUS, H. Plastics for Engineers. Barcelona. Editorial Hanser. 1993.

ULRICH, K & EPPINGER, S. Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario. Tercera edición. 2004. ISBN: 970-10-4793-1.

OTTO, K, & WOOD, K. Product Design. Techniques in reverse engineering and new product development. 2001. ISBN: 0-13-021271-7.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. Seguridad de aparatos electrodomésticos y aparatos eléctricos similares. Parte 1: Requisitos generales. NTC-2183. Bogotá D.C. 27/04/2005.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. Interruptores para instalaciones eléctricas fijas domésticas y similares. Requisitos generales. Bogotá D.C. NTC-1337. 28/04/2004.

MANUAL DE UTILIZACIÓN DE TRANSDUCTORES Y SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA EXPERIMENTAL

JAVIER HERNÁN SÁNCHEZ PULGARÍN

javierh.sanchez@gmail.com

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT

RESUMEN

La utilización de transductores, tanto en investigación como en la industria, es cada vez más común. El interés de conocer, entender y modelar el comportamiento en estructuras, desgaste de elementos, medición de niveles de ruido y vibraciones, entre otras muchas variables, hace que cada día se desarrollen más herramientas que puedan ayudar a alcanzar estos propósitos.

El laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit, cuenta con una múltiple variedad de transductores, los cuales usan para realizar trabajos en el sector industrial y para la enseñanza de los principios de medición y funcionamiento al estudiantado. El propósito del proyecto es presentar una herramienta de fácil accesibilidad a toda esta comunidad, logrando así extender el conocimiento, que al momento se encuentra concentrado en muy pocas personas, y permitiendo que cualquier usuario sea capaz de identificar los transductores según su principio de funcionamiento, conocer sus características técnicas, conocer la variable de medición para la que fueron diseñados y que sistemas de adquisición de datos (DAQ – Data Acquisition) y amplificadores de señal deben ser usados en conjunto para lograr una toma de datos.

Se presenta entonces la información del montaje e introducción al software de adquisición de datos en forma conjunta, por medio de imágenes esquemáticas, donde el usuario puede observar los elementos necesarios y la correcta disposición en su conexión, esperando alcanzar de esta forma transmitir de una manera sencilla el conocimiento de la forma de utilización de todos estos dispositivos.



ABSTRACT

The transducers utilization, both investigation and the industry, is more and more common. The interest to know, to understand and modeling the structural behavior, elements debilitation, noise levels measuring and vibrations, among others variables makes day by day the development of tools that can help to reach all these purposes.

The Eafit University's Experimental Mechanics lab counts with a great variety of transducers which they use to do industrial works and to teach the working and measuring principles to the students. The project purpose is to show an easy approachable tool to all these community achieving in that way to spread the knowledge which is focused on a few people, allowing in that way any user to be capable to identify the transducers according their workings principle, to know their technical features, to know their measuring variable they were design to and which data acquisition systems (DAQ) and signal amplifiers have to be used on the whole to achieve a data acquisition.

Montage information and the introduction of data acquisition software is presented then in joint through schematic pictures where the user can see the necessary elements and the right order in its connection hoping to reach in this way to transmit in an easy manner the knowledge of the way of utilization of all these devices.

PALABRAS CLAVE

Transductor, sensor, sistema de adquisición de datos (DAQ), inductivo, capacitivo, piezoeléctrico, resistivo.

KEY WORDS

Transducer, sensor, data acquisition system (DAQ), inductive, capacitive, piezoelectric, resistive.

INTRODUCCIÓN

El análisis de variables físicas siempre ha sido parte integral de la ingeniería con el propósito de estudiar lo que ocurre en aplicaciones reales y saber que tanto la teoría difiere de la realidad. Hoy en día esto es posible, gracias a las herramientas informáticas, y por ello es posible predecir fallas, monitorear equipos y saber cuándo intervenir en mantenimiento diferentes dispositivos y maquinas.

El saber el comportamiento de los elementos, bajo ciertas condiciones de funcionamiento, es una necesidad hoy en día para que el proceso de creación e inventiva siga evolucionando a través del tiempo como lo ha hecho en los últimos años. Debido a esto el propósito de la Mecánica Experimental, es estudiar cómo se comportan estas variables en la realidad, ayudándose de sensores y sistemas de adquisición de datos, para obtener así gráficas de comportamiento y procesarlas, logrando de esta manera que la ingeniería mejore y evolucione.

El proyecto pretende crear un manual de utilización de los sensores y equipos de adquisición de datos del laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit, con la idea de que cualquier estudiante o persona que tenga necesidad de hacer uso de estos equipos, pueda hacerlo de una manera sencilla y práctica, introduciéndolo así a la generación de ideas en el ambiente práctico de la mecánica experimental.

DESCRIPCIÓN DE TRANSDUCTORES

En esta sección se busca crear cierta afinidad con las clases de transductores existentes en el laboratorio de Mecánica Experimental de la universidad Eafit. Los transductores allí existentes sirven para la medida de diferentes variables, entre ellas están: Aceleración, desplazamiento, desplazamiento angular, presión, posición, deformación, fuerza de impacto.

Aunque se podría considerar como un juego de palabras, es importante diferenciar términos como transductor y sensor. Un transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía a otra y un sensor convierte un parámetro físico a una salida eléctrica. La diferencia entre uno y otro es básicamente que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir o controlar y el transductor obtiene información de entornos físicos y químicos y a partir de esta información obtiene señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía, por lo que la señal medida resulta debilitada.

FIGURA 1
Algunos tipos básicos de transductores y su clasificación

Transductores sensibles a deformación y desplazamiento	Transductores sensibles a temperatura
Resistivos	Termocuplas
Capacitivos	Termo-resistores
Inductivos	Sensores de radiación
Piezoeléctricos	

Transductores resistivos

La variación en la resistencia de distintos dispositivos se utiliza, por mencionar algunos ejemplos, para convertir temperatura y desplazamiento mecánico, en señales de naturaleza eléctrica. La resistencia de distintos elementos se ve afectada por la temperatura, material, forma geométrica y otras variables. Los tipos más comunes de sensores resistivos los constituyen los potenciómetros (que miden desplazamientos mecánicos), galgas extensométricas y termo-resistencias.

Transductores inductivos

Los sensores inductivos aprovechan el hecho de que la distorsión en una bobina, ya sea por estiramiento o compresión, alterará su inductancia. La inductancia de una bobina depende de su geometría, de la permeabilidad magnética del medio y del número de espiras que la conforman; no obstante, el cambio en la inductancia es muy pequeño y no es muy utilizado. Los sensores inductivos usan un núcleo variable para generar cambios en la inductancia.

Transductores capacitivos

Los transductores capacitivos se emplean para detectar desplazamiento mecánico por el movimiento de una o ambas placas del condensador, produciendo entonces un cambio en la separación o en el área efectiva.

Los condensadores son dispositivos que acumulan energía, están compuestos por dos placas metálicas separadas por un material llamado dieléctrico que puede ser líquido, sólido, gaseoso o un vacío. Si se pone un voltaje a través de las placas del capacitor, éste generará un campo magnético entre ellas. Al variar la distancia entre la separación de las placas se puede modificar las propiedades de capacitancia; así la sensibilidad se incrementa cuando la separación entre las placas se acorta.

Transductores piezoeléctricos

Los transductores piezoeléctricos son dispositivos de alta impedancia, debido a esto, solo pueden suministrar corrientes muy pequeñas. Si la temperatura es elevada demasiado hasta alcanzar el

punto curie, estos materiales pueden perder sus propiedades.

El efecto piezoeléctrico, hace referencia a algunos materiales que son capaces de generar un potencial eléctrico en respuesta a una deformación mecánica. El material sufre un reordenamiento de las cargas internas, tanto positivas como negativas, y por ende producen un potencial eléctrico. Para medir este potencial generado se usan dos electrodos, su magnitud es proporcional a la deformación y depende en gran medida de la dirección en la que se aplique la deformación.

TRANSDUCTORES DE ACELERACIÓN

El transductor de aceleración es uno de los transductores más versátiles, siendo el más común el piezoeléctrico por compresión. Su principio se basa en la compresión de un retículo cristalino piezoeléctrico dando como resultado una carga eléctrica proporcional a la fuerza aplicada. Se puede considerar a este acelerómetro como el transductor estándar para la medición de vibraciones en máquinas.

Se utiliza en instrumentación, para detectar defectos en máquinas rotativas, prediciendo por ejemplo el mal estado de un rodamiento o cojinete antes de que se provoque la avería. En bombas impulsoras de líquidos detectan los fenómenos de cavitación que pulsan a unas frecuencias características.

Acelerómetro B12 de HBM: Este tipo de transductores son de carácter inductivo y son normalmente usados para medir vibraciones y aceleraciones de impacto, tanto como aceleraciones constantes. El rango de frecuencia de trabajo oscila entre 0 Hz y la mitad de la frecuencia

característica. Entre más baja sea la frecuencia característica, mas alta la sensibilidad debido a la naturaleza del sistema; así, la versatilidad de aplicación es una característica inherente.

El transductor B12/200 tiene una aceleración nominal de 200 m/s² y debido a su excelente estabilidad del cero absoluto, es particularmente adecuado para mediciones de aceleración constante y lentos cambios de aceleración. El valor más pequeño de aceleración que puede ser detectado es 0.02 m/s² (cuando se usa un amplificador adecuado).

SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y AMPLIFICADORES DE SEÑAL

En el laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad EAFIT, se encuentran diferentes dispositivos que se emplean para la adquisición y procesamiento, en algunos, de datos de variables de ingeniería. De acuerdo a la variable que se desee medir, se puede combinar el sensor y el dispositivo adecuado para cada aplicación.

Sistema de adquisición y procesamiento de datos NI SCXI-1000: El DAQ SCXI-1000 es un chasis robusto de poco ruido que puede recibir hasta 4 módulos SCXI. Este chasis alimenta módulos SCXI así como soporta toda la temporización, disparo y enrutado de señal entre su digitalizador y los módulos SCXI. Para sistemas más grandes o expansiones futuras, también se puede conectar hasta ocho chasis SCXI-1000 con un solo digitalizador de la Serie E para aplicaciones con alta cuenta de canales. El SCXI-1000 ofrece siete diferentes opciones de potencia para igualar la potencia en el país de uso y se puede reconfigurar para usarse en otros países.

FIGURA 2
Datos técnicos acelerómetro B12 de HBM

Datos Técnicos	Unidades	B12/200	B12/500
Calidad medida		Aceleración constante y variante, vibraciones	
Frecuencia característica	Hz	200	500
Rango de frecuencia de funcionamiento	Hz	0...100	0...250
Factor de humedad D en la temperatura de referencia.		0.6 ±0.1	
Aceleración nominal	m/s ²	±200	±1000
Sensibilidad	mV/V	±80	±80
Tolerancia a la sensibilidad	mV/V	8	
Sensibilidad nominal	mV/V	80	80
Lapso de la señal nominal de salida	mV/V	160	160
Efecto térmico por 10K en el rango nominal de temperatura	%	0.2	
En la señal cero, referido a la sensibilidad nominal	%	±0.25	±0.25
Desviación lineal	%	±2	
Sensibilidad lateral	%	±3	
Voltaje nominal de excitación (rms)	V	2.5±5%	
Rango de operación del voltaje de excitación	V	1.....6	
Frecuencia portadora	KHz	5	
Resistencia de entrada a la temperatura de referencia		ca. 40	
Inductancia de entrada a la temperatura de referencia	mH	ca. 10	
Temperatura de referencia	°C	23	
Rango nominal de temperatura	°C	-10.....60	
Rango de temperatura de operación	°C	-10.....60	
Rango de temperatura de almacenamiento	°C	-10.....60	

FIGURA 3
Acelerómetro B12/200 de HBM



FIGURA 4
NI SCXI-1000



FIGURA 5
Especificaciones SCXI-1000 de National Instruments

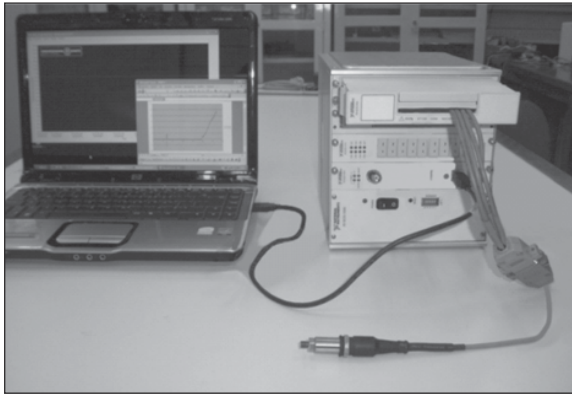
Datos Técnicos	Unidades	SCXI-1000
Fuente de alimentación	Corriente alterna	
Número de ranuras		4
Potencia total disponible	W	28
Rango de entrada de frecuencia	Hz	47.....73
Alimentación de voltaje	V+	18.5.....25
Corriente AC Máx. para 100 VAC	A	0.5
Corriente AC Máx. para 120 VAC	A	0.6
Corriente AC Máx. para 220 VAC	A	0.25
Corriente AC Máx. para 240 VAC	A	0.25
Temperatura de operación	°C	0.....50

ESQUEMAS DE CONEXIONES Y PUESTA A PUNTO DEL SOFTWARE PARA INICIAR MEDICIONES

La presente sección muestra la manera adecuada de realizar las conexiones entre los transductores y los sistemas de adquisición de datos (DAQ –

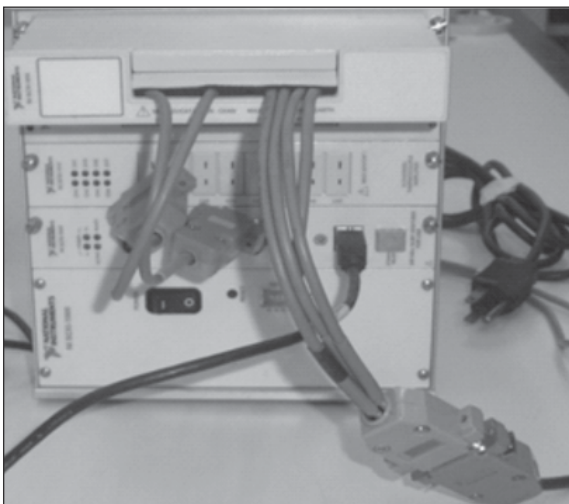
Data Acquisition), para la toma de valores de las diferentes variables que pueden ser medidas. Además de mostrar los montajes, también se encuentra una breve guía para iniciar el software que sirve de interfaz entre el DAQ y el computador, en el cual posteriormente quedarán almacenados los datos.

FIGURA 6
Montaje general sensor uniaxial
HBM B12 y SCXI



Montaje general. Se pueden apreciar los siguientes elementos: A- Ordenador.
 B- Conexión a puerto USB.
 C- Cable con conector DB15 tipo "macho", del sensor.
 D- Acelerómetro uniaxial HBM B12.
 E- DAQ SCXI.

FIGURA 7
Conexión posterior en SCXI, acelerómetro
B12 de HBM



Se aprecia en la imagen:
 F- Conexión salida USB del DAQ SCXI.
 G- Conexión para corriente alterna de 110V.
 H- Conector DB15 (color verde, macho y hembra).
 El sistema de adquisición de datos (DAQ)

NI SCXI – 1000, posee dos tarjetas de procesamiento de datos:

- SCXI-1314: Para acelerómetros Kistler (Conector amarillo), Giroscopio (Conector amarillo), Galgas (Conector verde).
- SCXI-1315: Para sensores de desplazamiento (Conector rojo), Acelerómetro HBM (Conector verde).

Con la interfaz Sigma inicializada, ir al menú Medición y seleccionar la opción Vibraciones Mecánicas, donde se despliega un submenú para seleccionar la marca del sensor a utilizar.

En el submenú, seleccionar en este caso la opción HBM B12. Inmediatamente se selecciona la marca del sensor, comienza la adquisición de datos. Una vez se culmina la adquisición, se da clic en aceptar y el gráfico de la representación de los valores medidos, pasa de la ventana de captura a la interfaz principal de Sigma. Si se desea guardar los datos, se da clic en el menú Archivo y se selecciona Guardar como.

FIGURA 8
Menú inicial del software Sigma

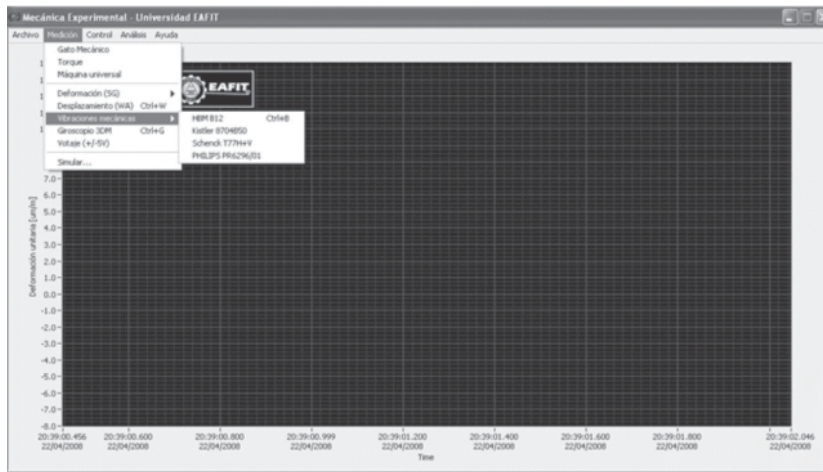
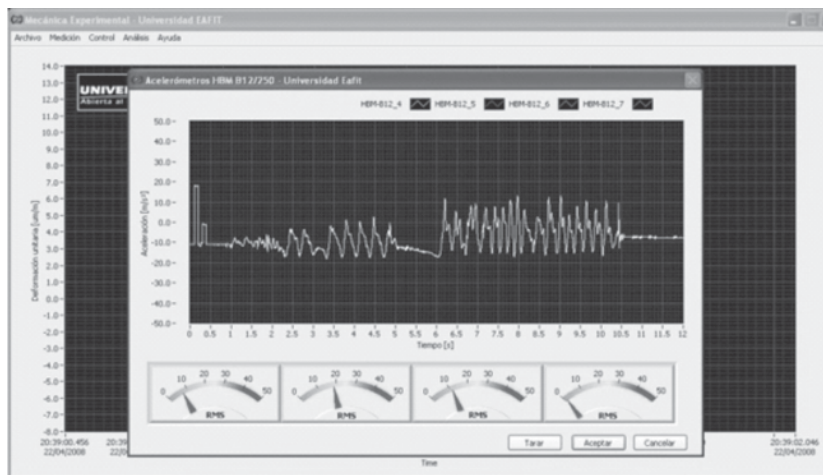
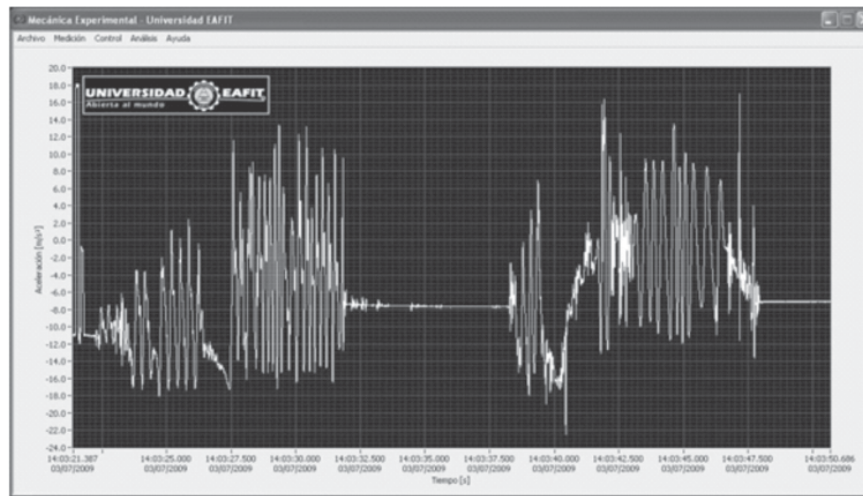


FIGURA 9
Ventana de medición para acelerómetros



Ventana en la que se adquieren los datos en tiempo real.

FIGURA 10
Interfaz del software Sigma con gráfica de datos



CONCLUSIONES

El trabajo permitió conocer los equipos en existencia del laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad EAFIT y así mismo lograr tener una idea de lo que hacen y para que se utilizan.

También permitió conocer, que la mayoría de sensores, por recomendaciones del fabricante, son libres de mantenimiento, no queriendo decir esto, que sean irrompibles. El usuario que decida hacer un montaje, debe ser consciente que el mínimo cuidado que se debe tener con los equipos, es evitar golpearlos, salvo sea un dispositivo para tal fin, como lo es el martillo de medición para presiones dinámicas, con su correcto modo de empleo.

Con este proyecto, fue posible conocer las especificaciones técnicas de los equipos aquí descritos y lograr diferenciar así que aunque existen múltiples sensores, de gran variedad, que midan una misma variable, su diferenciación se encuentra en el grado de sensibilidad de dichos dispositivos y es deber del usuario hacer una correcta selección

al momento de usarlos, de acuerdo a la aplicación para la que son requeridos.

El trabajo permitió definir un procedimiento organizado para la utilización de los equipos, de tal manera que la persona interesada en realizar un montaje de los dispositivos aquí descritos, sepa con facilidad que elementos se requieren, como es su denominación técnica y de qué manera y con cuales equipos deben de ser conectados.

El proyecto permitió introducir al manejo de nuevos equipos, como los nodos inalámbricos de adquisición y transmisión de datos, logrando ampliar la posibilidad de conocimiento y manejo de los mismos en la comunidad universitaria y profesional, detallando su configuración y puesta a punto para lograr dar inicio a un trabajo de medición.

Con los montajes, se logró mostrar además, de manera introductoria, los diferentes software encargados de controlar los procesos de medición por parte de los sensores y de adquisición de datos de los sistemas aquí descritos, logrando

no solo garantizar que el usuario sepa conectar todos los elementos, sino que también sea capaz de inicializar una sesión de software para la adquisición de variables.

El proyecto permitió entender el principio de funcionamiento de los sensores aquí descritos, permitiendo dar una idea del desarrollo de cada dispositivo. En el caso de las galgas de deformación o strain gages, dado que hay tanta variedad y marcas, se presenta una descripción de cómo se calculan los factores de galga, indispensables para el proceso de medición.

BIBLIOGRAFÍA

AC6METROLOGÍASLL @, 2007. Fotoelasticimetría. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ac6m.com/difusion/galgas.htm>>.

BIBLIOTECA DIGITAL UNIVERSIDAD EAFIT @, 2009. Acelerómetros. Disponible en internet: <URL: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P621.816A683/anexos.pdf>>.

B&K @, 2009. Acoustic transducers, Microphones. Disponible en internet: <URL: <http://www.bksv.com/Products/TransducersConditioning/AcousticTransducers.aspx>>.

CELESCO @, 2008. Sensor de desplazamiento. Disponible en internet: <URL: <http://www.celesco.com/sp/index.htm>>.

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS @, 2007. Galgas extensométricas. Disponible en Internet: <URL: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SDEFORMACION.htm>>

DLI ENGINEERING @, 2008. El acelerómetro. Disponible en internet: <URL: <http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/elacelermetro.htm>>.

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA @, 2009. Sensores y Transductores. Disponible en internet: <URL: <http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/docs/bio/2006/Cap2.SensoresTransductoresDoc.pdf>>.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
PARA LA CREACIÓN DE
UN CENTRO DE SERVICIOS
TÉCNICO-MECÁNICOS, PARA
VEHÍCULOS AUTOMOTORES
TERRESTRES QUE OPERAN
CON MOTORES TIPO DIESEL**

JUAN CAMILO PIEDRAHITA LLANO

jpedra5@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

JORGE ANDRÉS FERNANDEZ DURANGO

jfernan5@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

**ÁREA DE ÉNFASIS
GESTIÓN DE PROYECTOS**

**ASESOR
CÉSAR AUGUSTO CASTAÑO JARAMILLO**

**SECTOR BENEFICIADO
SECTOR DE TRANSPORTE TERRESTRE**



RESUMEN

Este proyecto tiene como base fundamental beneficiar al sector transporte en general, brindándole acompañamiento y satisfacción por servicios prestados, de tal manera que se vea reflejado a la hora de mantener en constante operación sus vehículos, todo esto unido a los estándares necesarios para preservar el medio ambiente y optimizar los recursos utilizados en los procesos, ya que actualmente algunos negocios de estas características tienen poca conciencia ambiental y malgastan innecesariamente los recursos que utilizan, convirtiendo sus negocios en empresas poco productivas y menos beneficiosas para la sociedad y el sector donde desarrollan su objeto social.

Este artículo contiene los resultados obtenidos a través del estudio de prefactibilidad, enfocado a prestar servicios de mantenimiento y limpieza de vehículos terrestres que operan con combustible Diesel y que se encuentran ubicados en el área metropolitana de la ciudad de Medellín. Éstos se encuentran clasificados en: Vehículos de transporte de carga y pasajeros. Se logró obtener resultados por medio de estudios de mercado, técnico, legal, organizacional y financiero, lo cual más adelante conlleva a sacar conclusiones que permiten decidir sobre la posible ejecución o no ejecución del proyecto. Además se busca motivar a los emprendedores y a los amantes de la mecánica automotriz a crear y consolidar sus propias empresas.

ABSTRACT

This project is based essentially in the benefit of the transport sector in general, giving the correct accompanying to this sector and the satisfaction for the services that were provided, so this is reflecting in the moment of keep in constant operation the vehicles, all this united to the necessary forms to

preserve the environment. Actually, many service centers use their resources in an incorrect form and have a low environmental awareness, becoming their companies in unproductive companies and less beneficial for the society and the sector in which is develop their social object.

This article contains the results obtained through the study of prefeasibility, focused on providing services of maintenance and cleaning of land vehicles that use Diesel and are located in the metropolitan area of Medellin city. These vehicles are classified in: Vehicles for freight transport a passengers transport. The results that were achieved through the study were: market, technical, legal, organizational and financial results, which later leads to take conclusions that permit us to decide the possible creation or not of the project. It also pretends to motivate entrepreneurs and the people who loves the car's mechanic to crated and build their own businesses.

PALABRAS CLAVE

Centro de servicios, técnico-mecánicos, transporte, motor, diesel, mantenimiento, optimizar, prefactibilidad, financiero, viabilidad.

KEY WORDS

Service center, technical-mechanical, transport, engine, diesel, maintenance, to optimize, prefeasibility, financial, viability.

INTRODUCCIÓN

Dada la crítica situación económica por la cual atraviesa el mundo y también el país, surgen en todo momento ideas de crear empresa, de manera que se pueda afrontar esta difícil situación. Estos proyectos promueven la imaginación, creatividad y emprendimiento de las personas, además ayudan al sector comercial y a la sociedad, con la creación de nuevos puestos de trabajo.

El proyecto consiste en realizar un estudio de prefactibilidad para la creación de un centro de servicios técnico-mecánicos para vehículos terrestres que funcionan con combustible Diesel, además, mostrar los componentes principales de este tipo de negocios, su conformación y sus compromisos con el mercado automotriz.

Se comienza con un análisis sectorial y un estudio de mercado, de tal forma que se pueda determinar qué tan viable es en la parte comercial, conjuntamente se calcula una posible demanda de servicios para analizar sus clientes potenciales.

Posteriormente se realiza un análisis técnico que permite analizar los componentes necesarios de este tipo de negocio, su localización e infraestructura, luego se plantea una estructura organizacional adecuada, un estudio legal que es sumamente importante en lo que a funcionamiento como empresa se refiere y por último un estudio económico y financiero, que arroja como resultado la rentabilidad del proyecto y la inversión inicial para poder materializarlo.

ESTUDIO DE MERCADO

La idea de realizar el estudio de mercado para este sector es la de comprender la cantidad de servicios que los propietarios y administradores de vehículos Diesel precisan a la hora de intervenir su vehículo para realizar algún tipo de mantenimiento, sea preventivo, correctivo, o ambos.

Este estudio de mercado permite determinar qué tan viable es el proyecto, ya que por medio de éste se conocen aspectos fundamentales en la relación vendedor-consumidor, aspectos tales como; qué es lo que el consumidor requiere y cuál es su necesidad, y qué es lo que el vendedor ofrece para encontrar soluciones.

Se establecen las variables que el mercado de servicios de mantenimiento para vehículos que

operan con Diesel presenta, tales como el tamaño de la población que demanda estos servicios, el mercado potencial, el mercado real, la ubicación y la competencia, además de la descripción de cada servicio y el valor que aproximadamente éstos tienen. Esto se hizo con el fin de tener bases sólidas en la toma de decisiones, con respecto al servicio que se va a ofrecer y cómo ofrecerlo a los posibles beneficiarios.

Con base en el estudio de mercado se llegó a la conclusión que los principales servicios ofrecidos en un centro de servicios de estas características serían:

- Revisión general de 5000 Km.
- Chequeo, reparación y tensión de bandas.
- Chequeo, rectificación de la volante, Cambio de embrague y disco de clutch.

- Lavado y limpieza general de vehículos.
- Reparaciones esporádicas que se presenten en los vehículos.
- Revisión de límite de opacidad para vehículos Diesel.

Este proyecto se encontraría enfocado al área metropolitana de Medellín, comprendida por los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Itagüí, Sabaneta, Caldas, La Estrella y Envigado.

Se pueden proyectar las ventas durante el primer año de servicios de acuerdo con los resultados que se pudieron obtener del estudio de mercado. En la siguiente figura se puede observar las ventas junto con la cantidad de servicios prestados, objetivo primordial del estudio de mercado.

FIGURA 1
Ventas de servicios proyectadas durante el primer año (Mercado objetivo real)

Servicios	Cantidad de servicios que se pretende prestar	Total
Revisión 5000 Km	4	1.248
Chequeo, reparación y tensión de bandas	3	936
Cambio de embrague y disco de clutch	3	936
Lavado de vehículos y limpieza general	5	1.560
Reparaciones esporádicas que se presentan en los vehículos	1	312
TOTAL	11 de mantenimiento 5 de limpieza	4.992

ESTUDIO TÉCNICO

Se estima una demanda de 4.992 servicios/año entre éstos, lo que equivale a 416 servicios/mes, de acuerdo con la capacidad y teniendo en cuenta un total de 1.100 empresas prestadoras de servicios mecánicos para éstos. Los valores mencionados, se obtuvieron del estudio de mercado.

La maquinaria a emplear en el centro de servicios técnico-mecánicos debe estar enfocada en equipos que brinden alta confiabilidad y disponibilidad al momento de operar. La selección adecuada de la

maquinaria a implementar se selecciona con base en la capacidad operativa del centro de servicios y el número de automotores que ingresen por día. En este proyecto es necesario clasificar las máquinas críticas y los equipos, para el desarrollo y obtención de estos activos.

Se clasificarían en máquinas críticas de acuerdo con el grado de importancia que tienen en el proceso, los equipos que son generadores y fuente fundamental de servicio para ejecutar una actividad.

Dentro del listado de máquinas críticas, se encuentra: transformador, compresor, sistema de red de aire comprimido y sistema de lubricación. Los equipos auxiliares, son aquellos que de una u otra manera tienen una operación asociada al proyecto, como lo es el transporte, comunicaciones (voz y datos) internas y externas de la compañía, equipos de oficina, de cafetería, de limpieza y seguridad entre otros.

RESULTADOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO

El estudio económico del proyecto abarca los resultados logrados del análisis de mercado, cantidades y precios de ventas obtenidos de dicha información; estos datos permiten obtener un panorama de ingreso y egresos que deben ser analizados en su totalidad.

El estudio técnico arrojó una inversión en maquinarias y equipos de \$56.932.350. El local tendrá aproximadamente 1800 m² de área, en este sector el metro cuadrado de terreno está alrededor de los \$ 10.000 para un costo de arrendamiento de \$13.000.000 mensuales.

La adecuación del local para poder usarlo como centro de servicios tiene un costo de \$60.000.000, constaría de la construcción de los guajes,

oficinas, bodegas y acometidas de todo tipo, este trabajo y su valor se agrega a la inversión inicial. Los computadores y el vehículo suman un total de \$ 36.000.000.

Después de realizar una sumatoria de arrendamiento por 6 meses, edificación y obras civiles, maquinaria y equipos, vehículos y computadores, se puede decir que la inversión inicial para este proyecto es de aproximadamente \$ 230.932.350.

Al realizar los respectivos estados financieros durante los primeros a 5 años de operación, se puede obtener los resultados de la Tabla 2 de valor presente neto de la inversión y de la tasa interna de retorno (TIR).

FIGURA 2
Valor presente y Tasa Interna de Retorno

VPN	\$ 22.317.768,96
TIR	28%

Por lo cual se puede concluir que el proyecto es factible de realizar, ya que el valor presente neto de la inversión inicial es positivo, y la tasa interna de retorno arroja un valor mayor que cero.

CONCLUSIONES

Se puede determinar a partir de la interpretación y el análisis de los estudios realizados que es factible materializar el proyecto.

El 95% de los vehículos utilizados para transportar carga ó pasajeros operan con combustible tipo Diesel, mostrando la gran movilización en las carreteras de vehículos con las características que este estudio exige.

En este momento el parque automotor tanto en Antioquia como en otras ciudades es muy similar, por lo que está aconteciendo con la regulación

de obtener vehículos nuevos con el Decreto de la “chatarrización” que exige que los propietarios reemplacen los vehículos que se encuentren obsoletos, que no solo contaminan, sino que representan un riesgo en materia de accidentalidad, el decreto se generaliza y se aplica en el área del territorio nacional.

Merece resaltarse que a partir de 2010 todos los vehículos deben cumplir con unas normas mínimas de contaminación, las cuales exigen a los vehículos que operan con Diesel, obtener un certificado similar al de los vehículos particulares de emisión de gases, solo que en vehículos Diesel se llama límite de opacidad lo cual puede ser aprovechado por la empresa prestadora de servicios mecánicos para realizar procesos de certificación y poder operar estos vehículos.

En Medellín se implementará el pico y placa ambiental para vehículos que operan con Diesel, lo cual se puede convertir en una ventaja si se mira de otra forma, ya que este tiempo se puede usar para convencer a los propietarios de realizar mantenimiento a sus vehículos, de tal forma que el tiempo muerto por paro obligado se convierta en tiempo productivo por concepto de mantenimiento preventivo.

Se movilizan en el área metropolitana un total de 605.273 vehículos de todas las clases, de este total, 14.836 son buses y 67.256 son camiones, sumando un total de 82.092 vehículos, como se explicó anteriormente, el 95% de éstos operan con Diesel, o sea un total de 77.988 vehículos sería el mercado objetivo. De esta manera se presenta un panorama general de la situación actual del parque automotor en el área metropolitana.

Después de observar el comportamiento del mercado de servicios se llegó a la conclusión que los principales servicios que necesita un vehículo Diesel son: Revisión general de 5000 Km, Chequeo, reparación y tensión de bandas,

Chequeo, Rectificación de la volante, Cambio de embrague y disco de clutch, lavado y limpieza general de vehículos y reparaciones esporádicas. Lo anterior, se ofrecería en el centro de servicios.

La maquinaria e insumos necesarios para montar este tipo de negocios, se compone principalmente de materia prima involucrada en el proceso, tal como aceite y filtros en general, se puede establecer un contrato con los proveedores en comodato y la maquinaria estaría clasificada en herramienta general, compresores, gatos hidráulicos y acometidas en general.

Los insumos y activos fijos que necesita el centro de servicios para poder comenzar operaciones, tienen un costo aproximado de \$56.932.350 pesos m/l.

Es necesario en este tipo de negocio trabajar de la mano con la parte ambiental y su regulación para evitar futuras sanciones económicas y legales, se debe construir la infraestructura necesaria para afrontar estas situaciones y sujetarnos a la reglamentación establecida por el Sistema de gestión de calidad.

Después de analizar diferentes estructuras organizacionales de algunos centros de servicios de la ciudad se establece iniciar el grupo de trabajo con nueve personas, constituidas por cuatro personas en el área administrativa y cinco mecánicos en la parte operativa.

Se selecciona la Sociedad por Acciones Simplificada ya que se constituye con un mínimo de dos socios que aportan distinto o igual valor de cuotas y la dirección y administración está a cargo de los socios, además por la facilidad que esta presenta de ser constituida y las ventajas que trae su consolidación en la parte legal y comercial.

La inversión inicial para materializar el proyecto es de \$230.932.350 millones de pesos, se compone

esta inversión de: Arrendamiento por los primeros seis meses del local, la edificación y obras civiles, la maquinaria y los equipos, los vehículos y los computadores.

La cuota de esta deuda, si el dinero es prestado por un banco, sería de \$88.347.855 millones de pesos pagados anualmente, la amortización de esta deuda se hizo a 5 años.

Con base en los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda, se pudo estimar las ventas en los primeros años de operación del centro de servicios, el promedio de ventas por año fue de \$1.230.902.319, con un costo en promedio de \$861.631.623 millones de pesos respecto a las ventas, lo que implicaría obtener una utilidad neta del 30% sobre los ingresos brutos de los ingresos por ventas.

El valor presente neto del dinero invertido arrojó un resultado positivo de \$22.317.768 y la tasa interna de retorno 28%, un valor mayor que cero, por lo cual se puede concluir que el negocio es viable desde el punto de vista económico.

BIBLIOGRAFÍA

ÁNGULO, Olga. ROMERO, Betsi. Estudio de prefactibilidad para la creación de una microempresa de instrumentos musicales tradicionales de la costa atlántica. Tesis de grado Ingeniería de Producción. Medellín 2005.

CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLIN. Manual para construir una empresa 1998. 476 p.

BEHRENS, W y HAWARANNEK, P.M. Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial, ONUDI. Viena, 1994.

INFANTE V, Arturo. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Santafé de Bogotá: Norma, 1997.

MECÁNICO REPARADOR DE MOTORES DIESEL; TERCER CURSO. Cursos de aprendizaje.

BUILES, Andrés. SANCHES, Gabriel. Funcionamiento y mantenimiento del motor Diesel y su impacto ambiental. Tesis de grado Ingeniería Mecánica. Medellín 1996.

CHICA, Diana y MURIEL, Juan. Estudio de prefactibilidad de una estación de servicio virtual de Gas Natural Vehicular (GNV). Tesis de grado Ingeniería Mecánica. Medellín 2006.

MANRIQUE, Margarita. Dirección sistemas de indicadores, Departamento Administrativo de Planeación, Gobernación de Antioquia. (574) 383-91-18. E-Mail: indemeco@antioquia.gov.co

REYES, Diego. Subsecretario administrativo, Secretaria de transporte y tránsito de Medellín. E-Mail: diego.reyes@medellin.gov.co

PULGARÍN, Jhon. Ingetrans S.A, Gerente E-Mail: ingetrans@une.net.co

LONDOÑO, Zaida. Asesora de afiliados, Cámara de Comercio Aburrá Sur. (574) 444-23-44 ext. 113. E-Mail: afiliados@ccas.org.co

BENAVIDES, Carolina. Coordinadora Mesa de Control Ambiental, Secretaria de Transporte y Tránsito Municipio de Medellín. (574) 445-77-91. E-Mail: carolina.benavides@medellin.gov.co

ARANGO, Luz. Analista Afiliado, Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (574) 576-63-34. E-Mail: larangop@camaramedellin.com.co

ORTIZ, Walter. Abogado Dirección Jurídica y de Registro, Cámara de Comercio Aburra Sur. (574) 4442344 Ext. 163. E-Mail: wortiz@ccas.org.co

MODELO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PMO (PLANNED MAINTENANCE OPTIMIZATION)

GUSTAVO HERNANDO CHICA MEJÍA

gchicame@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

JUAN GUILLERMO HERNÁNDEZ FLÓREZ

jherna17@eafit.com.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR PRINCIPAL

LUIS ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

En este artículo se presenta la metodología de mantenimiento conocida como PMO (Planned Maintenance Optimization), vista desde el enfoque de una táctica de mantenimiento, además se muestran puntos de comparación con otras tácticas como el RCM (Reliability centred Maintenance) Logrando establecer el PMO como una propuesta de táctica mantenimiento factible, que genera reducciones de costos y de tiempos de implementación en la creación y puesta en marcha de los planes de mantenimiento de diferentes empresas.

ABSTRACT

This article show the maintenance methodology is knows as PMO (Planned Maintenance Optimization), from the maintenance tactics focus, also show comparison points with other tactics like RCM (Reliability Centered Maintenance) Establish PMO like a tactical proposal feasible maintenance, they generates reductions of costs and implementation time whit the creation and being of the plans of maintenance in different companies.

PALABRAS CLAVE

RCM, PMO, Táctica, metodología, mantenimiento planeado, FMEA.

KEY WORDS

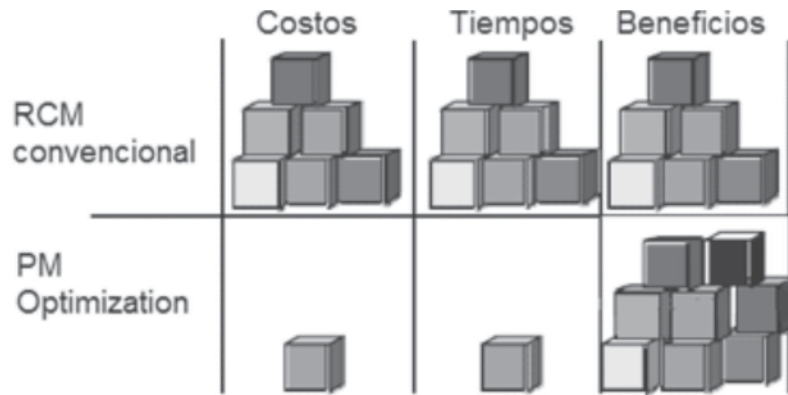
RCM, PMO, Tactics, methodology, planned maintenance, FMEA.

INTRODUCCIÓN

Se busca crear un modelo para la implementación de la metodología PMO a nivel empresarial, mediante el análisis de la información y de recursos disponibles.

El PMO es una metodología que se desarrolla en Australia entre los años 1996 y 2000; esta metodología se ofrece como una alternativa para el aumento de la confiabilidad en un proceso de mantenimiento, y presenta ciertas ventajas frente al RCM, de no ser tan extenso, costoso y que evalúa solo los parámetros necesarios para un óptimo desempeño de activos y procesos.

FIGURA 1
Relación costo-tiempo-beneficio del RCM y PMO



(Turner, 2009)

FUNDAMENTOS DE PMO

La base fundamental de PMO se basa en el análisis de los equipos críticos y en una serie de pasos para su implementación.

EQUIPOS CRÍTICOS

La optimización de mantenimiento planeado se basa en la criticidad del equipo o ranking, dicho elemento se puede obtener revisando la priorización de los planes de mantenimiento, filtrando o subdividiendo la información por sistemas y/o equipos para su análisis, una vez que se determinan los equipos críticos, se dirige el enfoque hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.

Un equipo crítico es todo aquel equipo que refleje de alguna manera un aspecto negativo en:

- Seguridad y medio ambiente.
- Costos y producción de planta.

- Mano de obra (exceso para ser operados o mantenidos).

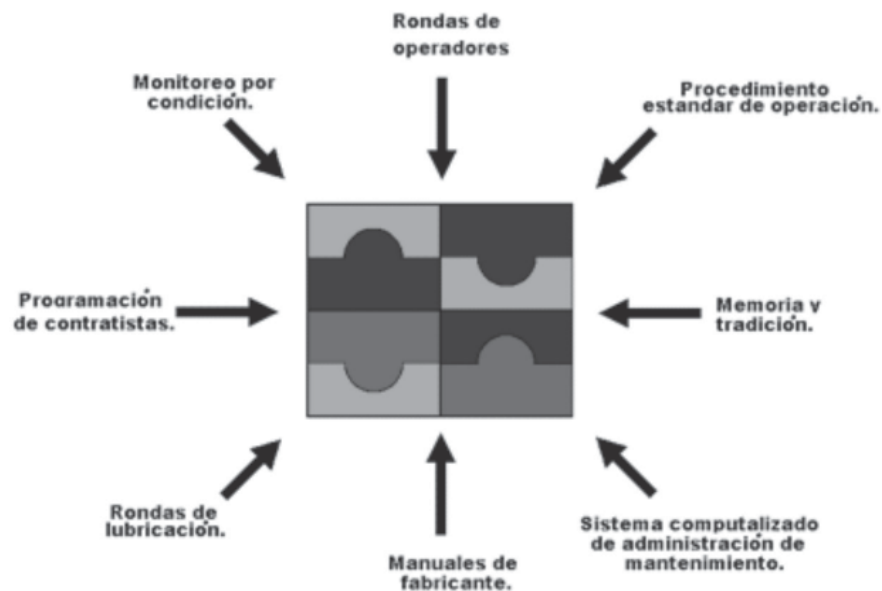
PASOS

El PMO consta de nueve pasos para una completa implementación, estos pasos son:

Recopilación de tareas

El paso uno consiste en la recolección o documentación de los planes de mantenimiento existentes, ya sea formales o informales, y unificándolo en una base de datos, dicha tarea la realizan un grupo numeroso de personas, incluyendo a los operadores; también es de suma importancia resaltar que la mayoría de los PM (mantenimiento planeado) se hace por iniciativa misma de las personas involucradas (técnicos, operarios, entre otros), por lo tanto no existe una información formal, cuando esto sucede solo se debe documentar dichas acciones.

FIGURA 2
Fuentes de información del PMO



Análisis de modo de falla (FMA)

El paso dos involucra a todo el personal de la planta, se trabaja entonces en grupos multidisciplinarios quienes se encargan de identificar para qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento.

FIGURA 3
Análisis de modos de falla

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	Semestral	Instalador	Falla C
Tarea 4	Semestral	Instalador	Falla A
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B
Tarea 6	Semanal	Operador	Falla C

Racionalización y revisión del FMA

La información se organiza u ordena por modos de falla que hace más fácil la identificación de la duplicación de tareas. En este paso el equipo filtra y analiza los diferentes modos de falla que resultan del FMA y agrega aquellos faltantes, el listado de fallas se elabora a partir del historial de fallas, documentación técnica.

FIGURA 4
Racionalización y revisión del FMA

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
tarea 1	Diario	operador	falla A
tarea 4	Semestral	instalador	falla A
tarea 2	Diario	operador	falla B
tarea 5	Anual	electricista	falla B
tarea 3	Semestral	instalador	falla C
tarea 6	Semanal	operador	falla C
	Nótese la detección de una nueva falla en este paso		falla D

Análisis funcional

El paso cuatro analiza la pérdida de función, que se puede generar cuando se presenta una falla, este paso es opcional, pero justifica realizarlo cuando se trata de equipos de criticidad alta o de

alto grado de complejidad, en donde es necesario el entendimiento de todas sus funciones, para asegurar un mantenimiento sólido; pero para aquellos equipos que no son críticos no es necesario realizar este paso por que solo agrega tiempos perdidos y costos innecesarios.

FIGURA 5
Análisis funcional

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla	Función
tarea 1	diario	operador	falla A	función 1
tarea 4	semestral	instalador	falla A	
tarea 2	diario	operador	falla B	función 3
tarea 5	anual	electricista	falla B	función 2
tarea 3	semestral	instalador	falla C	función 1
tarea 6	semanal	operador	falla C	
			falla D	función 1

Evaluación de consecuencias

Los modos de falla se analizan en este paso, con el fin de determinar si los fallos son ocultos o evidentes y se procede entonces:

FIGURA 6
Evaluación de consecuencias

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla	Función	consecuencia
tarea 1	Diario	Operador	falla A	función 1	operacional
tarea 4	semestral	Instalador	falla A		
tarea 2	Diario	Operador	falla B	función 3	operacional
tarea 5	Anual	Electricista	falla B	función 2	oculta
tarea 3	semestral	Instalador	falla C	función 1	oculta
tarea 6	Semanal	Operador	falla C		

Definición de la política de mantenimiento

La filosofía del mantenimiento moderno enfoca más el estado de las consecuencias que en los mismos activos en sí, es decir, que en este paso cada modo de falla se analiza bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Agrupación y revisión

El paso siete toma la producción y la eficiencia de los activos y delega las funciones del PM a las personas más calificadas, es decir, reasigna las labores o las necesidades de mantenimiento que se encuentran en el paso 6 a las personas más idóneas, todo estos con el fin de lograr una buena administración del mantenimiento (eficaz y productiva).

Aprobación e implementación

La revisión y aceptación por parte de la alta dirección forma parte de este paso, pero se presenta gran dificultad en aquellas personas que presentan muchos turnos y en aquellas organizaciones conservadoras.

Programa Dinámico

El proceso presente de los pasos uno al nueve establecen una estructura racional y costo efectiva

del PM, es entonces el plan dinámico aquel donde se consolida la información y se toma el control de la planta, cuando se planea en mantenimiento reactivo o uno planeado.

PMO COMO TÁCTICA DE MANTENIMIENTO

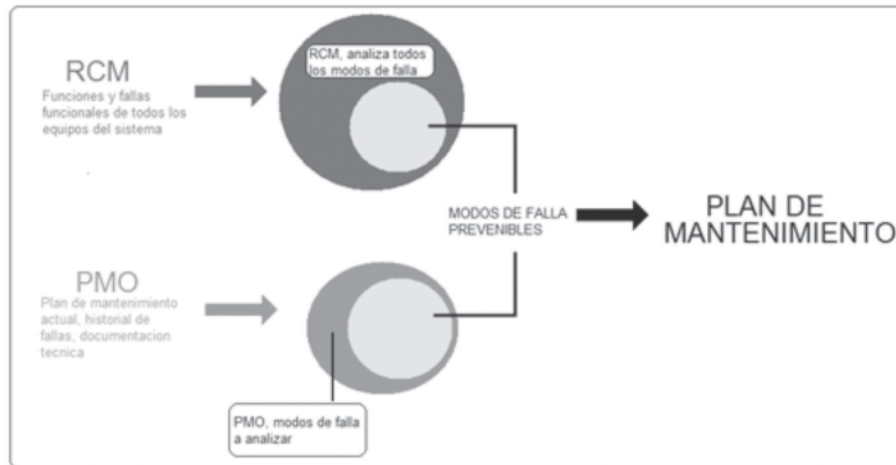
El PMO cumple con una serie de parámetros para ser considerado como una táctica de mantenimiento como los es la creación de un plan de mantenimiento.

La evaluación de la táctica por medio de preguntas básicas que se realizan una vez se alcanza el completo desarrollo de los nueve pasos:

- ¿Qué tareas de mantenimiento se llevan a cabo por parte del personal de mantenimiento y operaciones (recopilación de tareas)?
- ¿Cuáles son los modos de falla asociados a una inspección de la planta (análisis de modos de falla)?
- ¿Qué funciones se perderían si cada modo de falla se presentara de forma inesperada (funciones)?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?

- ¿En qué forma afecta cada falla (consecuencia de falla)?
- ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas y sus intervalos)?
- ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva no previene la falla (acciones por omisión)?

FIGURA 7
Creación de un plan de mantenimiento desde RCM y PMO



(Turner, 2009).

DEBILIDADES DEL PMO

El PMO tiene una debilidad como las puede tener cualquier otra táctica de mantenimiento, esta debilidad se puede considerar como relativa, ya que es comparada con respecto a otra táctica de mantenimiento (RCM).

El PMO no tiene en cuenta todos los posibles modos de falla convirtiéndolo en inseguro y con consecuencias de riesgo para la planta, personal, medio ambiente entre otros.

El PMO no garantiza la cero ocurrencia de fallas evidentes simultáneas (pero esto tampoco lo garantiza ninguna otra táctica de mantenimiento), pero esto es lo que hace posible que esta táctica de mantenimiento sea fácilmente ejecutable y rentable para las diferentes empresas.

CONCLUSIONES

El PMO como una alternativa de mantenimiento presenta fortalezas que no presentan otras tácticas, dichas ventajas son:

El PMO analiza los programas de mantenimiento de manera detallada y específica, para permitir al usuario un control minucioso de todas las actividades realizadas en un equipo.

Las tareas programadas a realizar en los equipos no necesitan de personal altamente entrenado para su ejecución, aprobación e implementación.

El PMO analiza sus actividades desde el actual programa de mantenimiento, lo cual permite depurar las actividades de una especialidad en particular, realizadas en un equipo o planta,

convirtiéndolo en un valor el cual se agrega cuando se considera que alguna de las actividades son ineficientes o inefectivas; su implementación es exitosa en plantas por medio de rutas de mantenimiento (lubricación, instrumentación, vibración, entre otras).

La táctica de mantenimiento PMO es altamente efectiva en equipos que presentan numerosos modos de falla y en donde la gran mayoría de estos suelen ser al azar.

La recopilación de tareas de manera detallada es otra de las características del PMO, en donde se puede realizar una clasificación de las mismas (recopilación de tareas) y un análisis concreto de las consecuencias de los modos de fallo, dado el caso que la tarea de mantenimiento no haya sido ejecutadas, además de delegar responsabilidades y jerarquizar las formas de aprobación, ejecución e implementación de la tarea.

El PMO maneja la recopilación de manera abierta para un cierto número de usuarios o personas vinculadas en un determinado proceso, con el fin de evitar la alteración de la información a futuro y así poder crear el plan de mantenimiento idóneo para la planta.

El plan de mantenimiento en esta táctica se basa en el historial de fallas de la planta, prioriza estas por encima de pronósticos de fallas, y de fallas incipientes que no representan mayor riesgos para los equipos, producción y entorno de la planta.

Las fallas se filtran con el fin de jerarquizar o establecer prioridades en los equipos, así como las consecuencias, tiempos de paro y el costo de los tiempos de parada, estadísticas de qué tipo de maquinas han sufrido un mayor número de fallos o averías.

La táctica es de fácil entendimiento y no requiere personal que analice posibles fallos, si no, por el contrario se basa en experiencia de pasadas de los modos de fallo de los equipos.

Los planes de mantenimiento actualmente se desarrollan desde la etapa del diseño y no directamente desde el equipo en funcionamiento.

El PMO ayuda a definir una política clara de mantenimiento: calificación y aprobación del programa actual de mantenimiento, eliminación de tareas innecesarias, contrario a la creación y duplicación de tareas de mantenimiento, tareas que se hacen de manera frecuente y pasivamente que no tienen ningún propósito.

El PMO ayuda después que se implementa se obliga a un mejoramiento constante, a corregir efectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación

PMO maximiza el beneficio que puede lograrse a partir de la aplicación de un CMMS. Un CMMS debe programar tareas eficaces de PM (Turner, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

Boxwell, Robert J. 1994. Benchmarking for competitive advantage. Madrid : Editorial McGraw Hill Companies, Inc.- Traducido al castellano como Benchmarking para competir con ventaja, 1994. ISBN edición en castellano: 84-481-1837-5 - ISBN edición en inglés: 0070068992.

Def@. 2009. Definiciones. Disponible en 2009. www.efdeportes.com/efd60/tact.htm - 22k.

Definiciones@. 2009. Definiciones. Disponible en 2009. <http://www.definiciones.com.mx/definicion/T/táctica>.

DIAGNETICS@. 1998.. What is Proactive Maintenance? Disponible en 1998. <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/OilAnalysis/oa-what.htm>.

ELLIS@, Herman. 1999. Principles of the Transformation of the Maintenance Function to World-Class Standards of Performance. Disponible en 1999. <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezine/principles.htm>.

FITCH@, Jim. 2002. Proactive Maintenance's Unruly Cousin - Machinery Lubrication Magazine. Disponible en 2002. http://www.machinerylubrication.com/article_detail.asp?articleid=335&relatedbookgroup=ContaminationControl.

Geraghty, Tony. 1996. RCM and TPM complementary rather than conflicting techniques. USA: Metallurgia, 1996. pág. 231. Vol. 63. ISSN 0141-8602.

IDCON@. 2000. Approach & Philosophy. Disponible en 2000. <http://www.idcon.com/approach.htm>.

Idhammar, Christer. 1997a. Maintenance management: moving from reactive to results-oriented – Journal Review Pima's Papermaker. Julio. 1997a. págs. 52 - 55. C. Idhammar es el Presidente de IDCON, Raleigh, NC. ISBN: 02018-00038.

Jones, Richard. 1995. Risk Based Management: A reliability – Centered Approach - Gulf Publishing Company. Houston : Gulf Professional Publishing, 1995. pág. 282. ISBN-10 0884157857, ISBN-13 978-0884157854 .

Klusman, Robert A. 1995. Establishing Proactive Maintenance Management – Review Journal -

Water / Engineering & Management. USA : s.n., 1995. págs. 18-20.

Marks, John. 1997. Combining TPM and reliability-focused maintenance (RCM), reliability centered maintenance, electric maintenance & repair. USA : s.n., 1997. págs. 49 - 52. Vol. Volumen 211. ISSN 0013-4457.

Mora, Gutiérrez - Alberto. 2009. Mantenimiento Industrial Efectivo. [ed.] Alberto Mora Gutierrez. 2. Medellín : Coldi Limitada, 2009. pág. 340. Vol. 1. ISBN 978-958-9890-0-2.

MORE@. 1998. SMRP - Casos de estudio - Combining TPM & RCM - Ron Moore The RM Group, Inc.Knoxville, TN and Ron Rath Diesel Technology Company Grand Rapids -. Disponible en 1998. http://www.smrp.org/vl/case_study/rcm1.html - USA - 1998.

Moubray, John Mitchell. 2004. RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc. [ed.] Guilford and Rob Lockhart Biddles Limited. [trad.] Sueiro y Asociados - Argentina Ellman. Primera en castellano. Leicestershire : Aladon Limited, 2004. pág. 433. ISBN 09539603-2-3.

Nakajima, Seiichi, y otros. 1991. Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo. [trad.] Traducido por Antonio Cuesta Alvarez. Madrid : Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar, 1991. ISBN 84-87022-81-2.

PIOTROWSKI@, John. 2001. Why Shaft Misalignment Continues to Befuddle and Undermine Even the Best CBM and Pro-Active Maintenance Programs. Disponible en 2001. <http://www.turvac.com/>.

Prahalad, C.K y Hamel, Gary. 1991. The core competences of the corporation. s.l. : Harvard

Deusto Business Review Referencia 90.311, 1991. págs. 47-67.

Rey, Sacristán Francisco. 1996. Hacia la excelencia en Mantenimiento. [ed.] S.L. Tgp Hoshin. Madrid : Tgp Hoshin, S.L., 1996. pág. 411. ISBN 84-87022-21-9.

SCHULTZ@, Bob. 2005. Un Líder sin una visión, no es más que un simple Jefe – Terry Wireman Mantenimiento clase mundial. Disponible en 2005. http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/senecesitanlideres.htm.

Smith, K. 1998. Modern concepts and methods in maintenance. USA : s.n., 1998.

TROYER@, Drew. 2001. Reliability-Centered Maintenance and its Meaning to the Oil Analysis Professional. Disponible en 2001. [ttp://www.](http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezine/rcm.htm#up1)

[maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezine/rcm.htm#up1](http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezine/rcm.htm#up1).

Tsuchiya, Seiji. 1995. Mantenimiento de Calidad: Cero Defectos a través de la gestión del equipo. USA : Productivity Press Inc, 1995. págs. 2 - 4. ISBN 8487022162, ISBN - 13 9788487022166.

Turner, Steve. 2009. OMCS latino America. OMCS latino America. [En línea] 2009. www.pmoptimization.com.

Wikipedia@. 2009. Wkipedia. [En línea] 2009. <http://www.wikipedia.com>.

Yamashina, Hajime. 1995. Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance TPM - Journal of Quality in Maintenance Engineering. West Yorkshire : s.n., 1995. Vol. Volumen 1. ISSN: 1355-2511.

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN AUTÓNOMA EN UNA COMPAÑÍA FLEXOGRÁFICA

JUAN SEBASTIÁN ZAMBRANO LÓPEZ

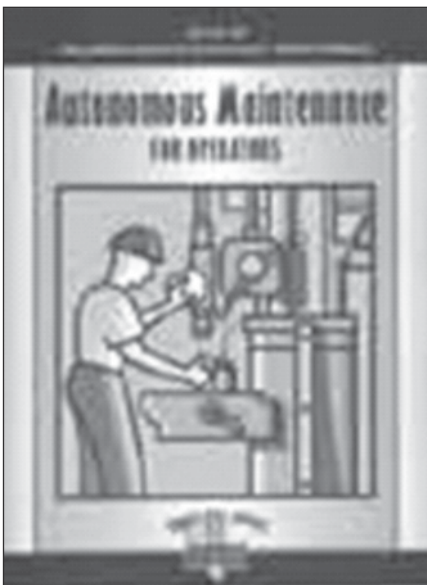
jzambra1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR PRINCIPAL
GUSTAVO ADOLFO VILLEGAS

SECTOR BENEFICIADO
ENVASES FLEXIBLES



RESUMEN

En el mundo globalizado de hoy, se hace necesaria la implementación de sistemas de gestión que direccionen la empresa por la vía de la productividad; esto para poder ser competitivo en un mercado cada vez más saturado de rivales con mejores condiciones.

Entre estos sistemas de gestión se encuentra TPM, cuyas estrategias, entre ellas Mantenimiento Autónomo, se fundamentan en etapas o pasos que permiten la aplicación paulatina del sistema hasta lograr estructurarlo completamente y obtener los beneficios que éste propone. Con el desarrollo de este proyecto se busca mostrar la forma en la que se desarrolló esta etapa dentro de la metodología TPM que la compañía ha venido incorporando desde los últimos años.

ABSTRACT

In the globalised world of today, the implementation of management systems is becoming a need in order to get the company through the productivity way where the other competitors count with better conditions that make them successful in the market.

Among these management systems is TPM, which strategies, in between them Autonomous Maintenance, are based on stages or steps that allow the gradual implementation of the system until structuring it completely, and getting the expected benefits. By developing this project, it is expected to show the way this stage was developed in the TPM methodology that the company has been implementing during the last years.

PALABRAS CLAVE

TPM, Mantenimiento Autónomo, Sistema de Gestión, Productividad, Competitividad.

KEY WORDS

TPM, Autonomous Maintenance, Management System, Productivity, Competitiveness.

INTRODUCCIÓN

El proyecto realizado se desarrolló en una Empresa Convertidora de Empaques Flexibles cuyo proceso productivo para la obtención del producto terminado, el empaque flexible consta de máquinas extrusoras, impresoras, laminadoras, selladoras, y cortadoras, que se componen de elementos mecánicos que son lubricados periódicamente según su rol dentro del sistema mecánico. La lubricación de estos componentes se lleva a cabo por el personal de mantenimiento productivo quienes intervienen las máquinas para ejecutar rutinas de mantenimiento preventivo y asegurar su operación óptima.

Dado que las rutinas de lubricación de máquinas actualmente son ejecutadas por los técnicos de mantenimiento, y que a la luz de Mantenimiento Autónomo estas actividades pasarían a ser administradas por los operarios de las máquinas, es necesario el desarrollo de una metodología que sirva de guía para la implementación de un programa de lubricación autónoma de los componentes mecánicos de las máquinas de esta compañía flexográfica.


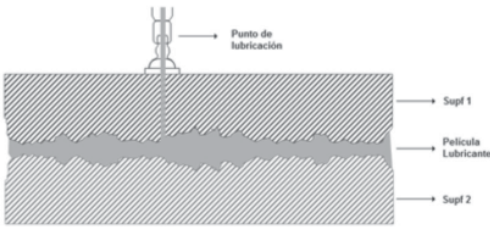
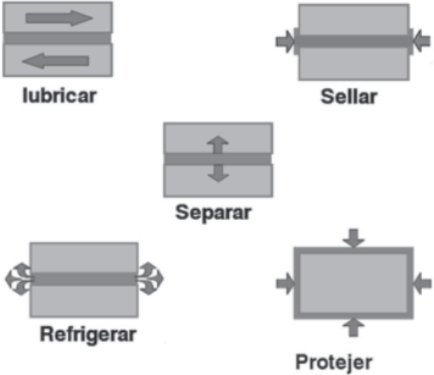
DISEÑO DE LA METODOLOGÍA

Desarrollo de habilidades

La base de la metodología propuesta consiste en la estructuración de un sistema de capacitación y entrenamiento del operario en todo lo concerniente al tema de lubricación, tanto a nivel de conceptos generales en tribología, como a nivel específico en elementos lubricados de la máquina que opera. Para este entrenamiento se desarrollaron Lecciones de un punto (Lups) las cuales gráficamente muestran el detalle del concepto que se quiere transmitir. Todas las Lups creadas para esta capacitación se espera que sean ubicadas en la cartelera de TPM de la máquina para que sirvan de futura referencia a los operarios cuando ellos requieren revisar el concepto. Es necesario primero desplegar un cronograma de capacitaciones donde se explique al operario el objetivo y alcance de la nueva metodología, los conceptos desarrollados en el sistema de Lups y la expectativa que la empresa tiene con él en esta nueva responsabilidad asignada.






A continuación se muestra un plan de entrenamiento resumido dirigido al operario en el tema de lubricación de maquinaria productiva, compuesto de un ejemplo de cada entrenamiento en lubricación básica, lubricación personalizada en máquina (la correspondiente a una máquina específica) y la definición de un estándar para relación/identificación de frecuencias y lubricantes, basado en una codificación geométrica y de colores respectivamente.





FIGURA 1
Entrenamiento básico en Lubricación

 Lección de un punto		Número	Preparó:			
		Fecha:	Revisó (Lider LUP del Equipo):			
		Equipo:	Validó (Experto del tema):			
Tema	Lubricación	Clase	Conocimiento básico	Aspecto de mejora	Solución de problemas	Comunicaciones
<p>QUÉ ES LUBRICAR</p> <p>Es la acción de aplicar una <i>película de lubricante</i> para separar dos superficies en contacto, reduciendo el desgaste que produce la fricción o rozamiento entre ambos cuerpos</p> 		<p>FUNCIONES DEL LUBRICANTE</p> 				
Seguimiento de la formación	Fecha(D/M/A)	Entrenador	Entrenado			

 Lección de un punto		Número	Preparó:			
		Fecha:	Revisó (Lider LUP del Equipo):			
		Equipo:	Validó (Experto del tema):			
Tema	Herramientas Lubricación	Clase	Conocimiento básico	Aspecto de mejora	Solución de problemas	Comunicaciones
<p>HERRAMIENTAS PARA LUBRICACIÓN</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>ACEITERAS Ubique la boquilla en el punto de aplicación y presione la palanca de la aceitera hasta bombear el aceite</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>GRASERAS Ubique la boquilla en el punto de aplicación. Abra y cierre la manija de la graseras hasta que la grasa brote por la boquilla</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>AEROSOLES Ubique la boquilla del aerosol a 20 cm del punto de aplicación y aplique rápidamente esparciendo por 2-3 seg</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>BROCHAS Unte la punta de la brocha con grasa y aplique rápidamente sobre el elemento a lubricar</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>BALDE-EMBUDO Utilicelo para suministrar aceite a los reductores. Asegure que el balde se encuentra limpio</p>  </div> </div>						
Seguimiento de la formación	Fecha(D/M/A)	Entrenador	Entrenado			

FIGURA 2
Lup entrenamiento lubricación especializada a cada máquina

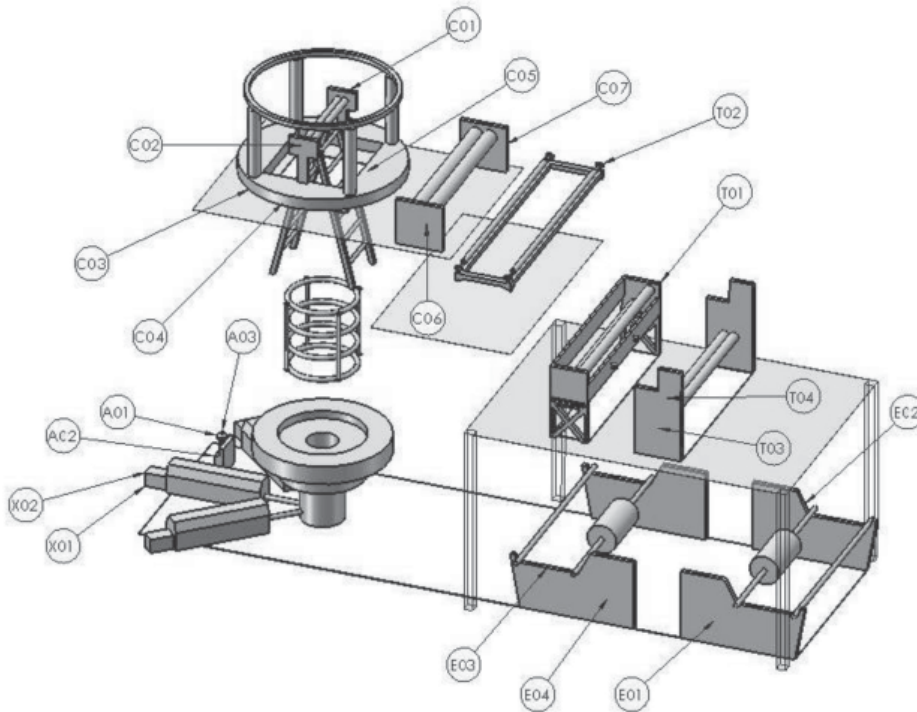
 Lección de un punto		Número	Preparó:			
		Fecha:	Revisó (Lider LUP del Equipo):			
		Equipo:	Validó (Experto del tema):			
Tema	LUBRICACIÓN DE	Clase	Conocimiento básico	Aspecto de mejora	Solución de problemas	Comunicaciones
CADENA DE AVACE DE ESTACIONES DE RECOGIDO						
<p>1). Utilizando llave hexágona de 5/32 ", retire la guarda frontal izquierda que cubre el sistema.</p>				<p>3). Limpie guía de encarrilamiento, mientras verifica ajustes, que no presente fisuras, ni bujes desgastados.</p>		
<p>2). Avance manualmente la máquina hasta que la primera estación se posicione verticalmente.</p>				<p>4). Con una brocha, aplique poca grasa sobre el tramo inferior colgante de cadena, luego accione el avance</p>		
<p>5). También debe lubricarse la guía de encarrilamiento. Mientras lubrica verifique tensión y estado de la cadena. Finalmente ubique la guarda retirada.</p>						
Seguimiento de la formación	Fecha(DI/M/A)					
	Entrenador					
	Entrenado					

 Lección de un punto		Número	Preparó:			
		Fecha:	Revisó (Lider LUP del Equipo):			
		Equipo:	Validó (Experto del tema):			
Tema	LUBRICACIÓN	Clase	Conocimiento básico	Aspecto de mejora	Solución de problemas	Comunicaciones
LUBRICACIÓN SISTEMA DE TRANSMISIÓN SECUNDARIA						
<p>Transmisión eje brazos</p> 		<p>Transmisión de rodillo halador</p> 		<p>Flechas desembobinadoras</p> 		
<p>Para estos 3 casos seguir:</p>						
<p>Mientras la máquina trabaja, aplique el aerosol aderezo de bandas sobre la superficie interna de la correa, buscando que ésta se humedezca completamente.</p>						
<p>Verifique adecuada tensión de la banda, buen estado de ésta y poleas.</p>						
Seguimiento de la formación	Fecha(DI/M/A)					
	Entrenador					
	Entrenado					

Aplicación del concepto

En la metodología se diseñaron mapas de lubricación que permiten al operario ubicar espacialmente el elemento lubricado. Los elementos se encuentran señalados y codificados para su reconocimiento posterior en un formato de “Detalle de mapa de lubricación” .

FIGURA 3
Lup mapa de lubricación para una máquina específica



El presente cuadro explica en detalle la actividad que debe realizar el operario en términos de duración, elemento a lubricar, frecuencia y tipo de lubricante. Esto posterior a una previa identificación visual que él hizo del elemento en el mapa de lubricación. Los parámetros de frecuencia y tipo de lubricantes se asociaron a figuras geométricas y colores que permitirán su relación directa y su mayor comprensión por parte del operario.

FIGURA 4
Lup Detalle mapa de lubricación

DETALLE MAPA DE LUBRICACIÓN CX02 PARTE 1												
MÓDULO	CÓDIGO ELEMENTO	NOMBRE ELEMENTO	CANTIDAD EN MÓDULO	DURACIÓN ACTIVIDAD (min)	DIBUJO / SINÓNIMO	MÓDULO	CÓDIGO ELEMENTO	NOMBRE ELEMENTO	CANTIDAD EN MÓDULO	DURACIÓN ACTIVIDAD (min)	DIBUJO / SINÓNIMO	
COLAPSADOR	C01	Junta rotativa	2	2		TRANSPORTE	COLAPSADOR	C07	Unidad de Mto	1	1	
	C02	Banda	2	5			T01	Rodamientos tratador	2	1		
	C03	Cadena Rotación	1	2			T02	Guías alineador	1	6		
	C04	Ruedas	6	6			T03	Juntas	2	2		
	C05	Pista	1	3			T04	Banda	1	5		
	C06	Banda	1	2								


Estándares de frecuencia y lubricantes

A continuación se muestran las equivalencias diseñadas para cada estándar según las opciones definidas para cada estándar.

FIGURA 5
Estándares de frecuencia

	Lección de un punto		Número	Preparó:				
			Fecha:	Plevió (Lider LUP del Equipo):				
			Equipo:	Validó (Experto del tema):				
Tema	LUBRICACIÓN			Clase	Conocimiento básico	Aspecto de mejoras	Solución de problemas	Comunicaciones
CÓDIGOS DE LUBRICACIÓN BASADO EN FRECUENCIAS								
FRECUECIAS		FORMAS		FRECUECIAS		FORMAS		
Diario				Trimestral				
Semanal				Semestral				
Mensual				Anual				
Identifique en el formato: "Detalle de mapa de lubricación" las anteriores figuras. Relaciónelas y determine la frecuencia a la que hace referencia según la tabla mostrada.								
Seguimiento de la formación	Fecha(OIMVA)							
	Entrenador							
	Entrenado							

FIGURA 6
Lubricantes

	Lección de un punto		Número	Preparó:																																																								
			Fecha:	Revisó (Lider LUP del Equipo):																																																								
			Equipo:	Validó (Experto del tema):																																																								
Tema	LUBRICACIÓN			Clase	Conocimiento básico	Solución de problemas	Comunicaciones																																																					
COLORES SEGÚN TIPO DE VISCOSIDAD																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CÓDIGO SEGÚN LA VISCOSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE</th> </tr> <tr> <th>LUBRICANTE</th> <th>GRADO DE VISCOSIDAD</th> <th>COLOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MOBIL DTE 24</td> <td>24</td> <td>Amarillo</td> </tr> <tr> <td>MOBIL GEAR 600 XP</td> <td>150</td> <td>Verde</td> </tr> <tr> <td>MOBIL VACTRA# 2</td> <td>68</td> <td>Naranja</td> </tr> <tr> <td>MOBIL GEAR 632</td> <td>320</td> <td>Café</td> </tr> <tr> <td>MOBIL THERM 603</td> <td>20</td> <td>Rojo</td> </tr> <tr> <td>MOBIL SPARTAN EP220</td> <td>220</td> <td>Azul</td> </tr> <tr> <td>MOBIL SHC 150</td> <td>150</td> <td>Fucsia</td> </tr> <tr> <td>ESSO SPARTAN 680</td> <td>680</td> <td>Gris</td> </tr> <tr> <td>AEROSOLES</td> <td>30</td> <td>Aguamarina</td> </tr> </tbody> </table>				CÓDIGO SEGÚN LA VISCOSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE			LUBRICANTE	GRADO DE VISCOSIDAD	COLOR	MOBIL DTE 24	24	Amarillo	MOBIL GEAR 600 XP	150	Verde	MOBIL VACTRA# 2	68	Naranja	MOBIL GEAR 632	320	Café	MOBIL THERM 603	20	Rojo	MOBIL SPARTAN EP220	220	Azul	MOBIL SHC 150	150	Fucsia	ESSO SPARTAN 680	680	Gris	AEROSOLES	30	Aguamarina	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SEGÚN EL TIPO DE GRASA</th> </tr> <tr> <th>NOMBRE GRASA</th> <th>COLOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MOBIL</td> <td>Negro</td> </tr> <tr> <td>OKS 4220</td> <td>Canela</td> </tr> <tr> <td>KP2 K20</td> <td>Rosado</td> </tr> </tbody> </table>		SEGÚN EL TIPO DE GRASA		NOMBRE GRASA	COLOR	MOBIL	Negro	OKS 4220	Canela	KP2 K20	Rosado	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AEROSOL</th> <th>APLICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CRC 5-56</td> <td>Cadenas, vástagos</td> </tr> <tr> <td>BELT DRESSING</td> <td>Lubricación de bandas</td> </tr> <tr> <td>OKS 3751</td> <td>de bandas Tempo COP7</td> </tr> </tbody> </table>		AEROSOL	APLICACIÓN	CRC 5-56	Cadenas, vástagos	BELT DRESSING	Lubricación de bandas	OKS 3751	de bandas Tempo COP7	<p>Revise en el formato: "Detalle de mapa de lubricación", la coloración del símbolo de lubricación asignado a cada componente. Relaciónelo con los colores acá mostrados y con base a esto utilice el lubricante asignado en cada caso.</p>	
CÓDIGO SEGÚN LA VISCOSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE																																																												
LUBRICANTE	GRADO DE VISCOSIDAD	COLOR																																																										
MOBIL DTE 24	24	Amarillo																																																										
MOBIL GEAR 600 XP	150	Verde																																																										
MOBIL VACTRA# 2	68	Naranja																																																										
MOBIL GEAR 632	320	Café																																																										
MOBIL THERM 603	20	Rojo																																																										
MOBIL SPARTAN EP220	220	Azul																																																										
MOBIL SHC 150	150	Fucsia																																																										
ESSO SPARTAN 680	680	Gris																																																										
AEROSOLES	30	Aguamarina																																																										
SEGÚN EL TIPO DE GRASA																																																												
NOMBRE GRASA	COLOR																																																											
MOBIL	Negro																																																											
OKS 4220	Canela																																																											
KP2 K20	Rosado																																																											
AEROSOL	APLICACIÓN																																																											
CRC 5-56	Cadenas, vástagos																																																											
BELT DRESSING	Lubricación de bandas																																																											
OKS 3751	de bandas Tempo COP7																																																											
Seguimiento de la formación		Fecha(D/M/A)																																																										
		Entrenador																																																										
		Entrenado																																																										

Definición de un cuadro de responsabilidades

El siguiente cuadro ilustra la forma en la cual interactúan los miembros implicados en la metodología para asegurar el buen funcionamiento y éxito de ésta.

FIGURA 7
Cuadro de responsabilidades



CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de la metodología se logró uno de los principales objetivos, pues se obtuvo un completo y estructurado esquema de capacitación de operarios en el área de lubricación básica y “lubricación personalizada por máquina”, incorporando ilustraciones de los componentes específicos de cada activo, lo cual constituye un modelo que facilitará el conocimiento de cada componente por parte del operario.

Se desarrolló un importante modelo de mapa de lubricación, que requirió el desarrollo de simbologías y codificaciones basado en figuras geométricas y colores que facilitarán su comprensión y correlación por parte del operario, redundando esto en una mayor motivación hacia la tarea de lubricación de la máquina, y al mismo tiempo reduciendo el riesgo de desgaste asociado a falta de lubricación.

Se diseñó un esquema de cuadro de responsabilidades que detalla la secuencia o ruta que se debe llevar a cabo por parte de los miembros implicados en el programa de lubricación autónoma para que este sea exitoso.

En general se obtuvo como resultado una metodología cuya característica principal es ser práctica, pero fundamentada en aspectos teóricos técnicos que la validan y la hace muy útil en el campo industrial.

La empresa debe extender esta metodología a las demás máquinas que componen el proceso productivo para fortalecer la implementación de la filosofía TPM, mientras obtiene beneficios como el aumento de la vida útil de los elementos lubricados y la apropiación y nivel de conocimiento de los operarios hacia sus máquinas, lo cual va redundar

en un proceso de mejor calidad. Este sistema propuesto debe estructurarse para implementarlo en nuevas máquinas, garantizando así desde su llegada un alineamiento con la metodología ya trabajada en los demás equipos.

BIBLIOGRAFÍA

ALBARRACÍN, Pedro. Tribología y lubricación industrial y automotriz. Bucaramanga: LITOCCHOA, 1993. 980 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. NTC 1486 Bogotá D. C.: El instituto, 2008. 36 p.

MORA, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Medellín: AMG, 2005. 306 p.

ASAJI TAJIRI, FUMIO GOTOH. Autonomous Maintenance in Seven Steps, Implementing TPM on the Shop Floor. Portland, Oregon. Estados Unidos. 1999. ISBN 1-56327-219-9.

Pedro Ramón Albarracín. Tribología y lubricación Industrial y Automotriz. 2^{da} Edición. Medellín, Colombia Ingenieros de Lubricación.

Martínez Pérez, Francisco. La tribología Ciencia y técnica para el Mantenimiento. Editorial Limusa. México Distrito Federal. 1997.

Figuroa Salgado, Simón. Diagnostico del Desgaste y el Estado Mecánico. Editorial Universidad Politécnica. Valencia. 1995.

SAIN LTDA. Lubricantes sintéticos y minerales. [En línea]. Colombia, [Citado Julio de 2008].

Disponible en Internet: <http://www.sainlubricantes.com/prod.htm>.

Total Productive Maintenance. [En línea]. Usa, [Citado Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.siliconfareast.com/tpm.htm>.
TPM. [En línea]. México, [Citado Noviembre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.confabilidad.com>.

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO. [En línea] [Citado Julio de 2008] Disponible en Internet. <http://www.modelomantenimiento.wikispaces.com/Mantenimiento+Autonomo>.

Roberto Castilla. Apuntes mecánica de fluidos. [En línea]. España. [Citado marzo 2009]. Disponible en Internet: <http://www.mfct.upc.es/roberto/apunts/propfluids/node17.html>.

UN ACERCAMIENTO A LAS MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS

DANIEL ESTEBAN GÓMEZ CÁRDENAS

dgomezc3@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

JORGE POSADA ESCOBAR

jposad14@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREAS DE ÉNFASIS

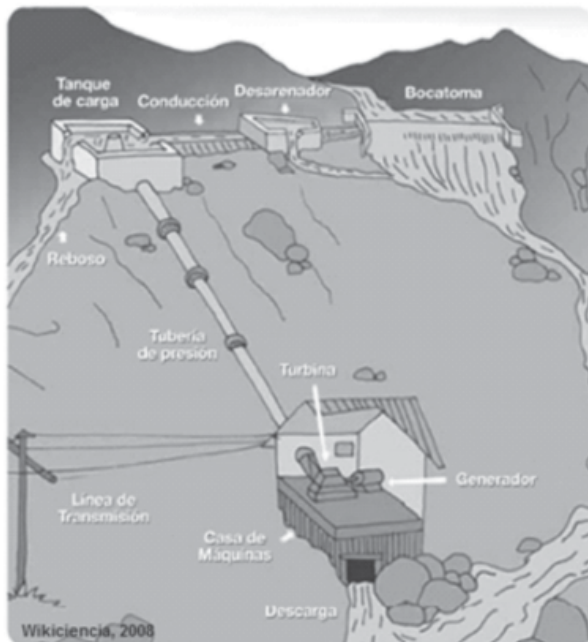
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS
PLÁSTICOS

ASESOR

JAIME ALBERTO ESCOBAR ARANGO

SECTOR BENEFICIADO

Proyecto El Carmen 2030



RESUMEN

Las microcentrales hidroeléctricas son un tipo de aprovechamiento de energía renovable que surge como una de las alternativas de solución a los problemas ecológicos y energéticos actuales. El presente artículo hace un recorrido temático de las microcentrales, reconociendo los diferentes componentes, identificando su función, importancia y consideraciones de diseño. Se plantean entre cosas, las pautas para la selección del conjunto turbina generador y finalmente se abordan las generalidades de la viabilidad financiera y el impacto ambiental de una microcentral. Este artículo recopila la información presentada en la cartilla “Microcentrales Hidroeléctrica al alcance de todos”, que fue uno de los resultados del proyecto de grado de Diseño de una Microcentral hidroeléctrica para el proyecto El Carmen 2030 de la Universidad Eafit.

ABSTRACT

Micro hydroelectric power plants are a type of renewable energy harboring mechanism that merge as an alternative solution to the present ecologic and energetic problems. The present article takes a closer look at micro hydroelectric plants, recognizing its different components, identifying its functions, importance and designs considerations. Additionally the article identifies the requirements for the selection of the turbine/ generator ensemble and finally the generalities about the financial viability and environmental impact of micro hydroelectric plants are addressed. This article is a compilation of the information book “Micro hydroelectric plants achievable by all”, which was one of the results of the thesis of Design of a demonstrative Micro hydroelectric plant for the Eafit University project El Carmen 2030.

PALABRAS CLAVE

Energía hidroeléctrica, microcentral, salto, caudal, potencia, bocatoma, conducción, desarenador,

tanque de carga, tubería de presión, turbina hidráulica, generador, casa de máquinas, transmisión eléctrica, impacto ambiental, viabilidad financiera.

KEY WORDS

Hydroelectric energy, micro hydroelectric power plant, head, flow, power, intake, headrace pipe, gravel trap/desilting basin, forebay basin, penstock pipe, hydraulic turbine, generator, powerhouse, electricity transport, environmental impact, financial viability.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de la energía es uno de los factores esenciales para la humanidad que cada vez demanda más recursos energéticos para cubrir sus necesidades de consumo y bienestar. La preocupación es cada vez mayor sobre los efectos medioambientales que conlleva el actual sistema de desarrollo económico basado en combustibles fósiles y aparecen entonces las centrales hidroeléctricas a pequeña escala, incluidas allí las microcentrales, como una buena alternativa en la generación de energía limpia y autóctona. Las microcentrales hidroeléctricas se presentan como una alternativa de bajo impacto ambiental que aportan en la solución del problema de suministro de energía. El uso de energías renovables para llevar a cabo las tareas cotidianas de la gente, se torna esencial para garantizar un futuro próspero y saludable del planeta. En este sentido, el objeto de este artículo son las tecnologías existentes en generación hidroeléctrica a pequeña escala, buscando definir unos parámetros de selección de componentes que permitan llegar a futuros diseños de montajes de microcentrales hidroeléctricas.

MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS

La energía hidroeléctrica aprovecha la energía cinética del agua que cae, esta se almacena en

una presa o fluye naturalmente a lo largo de un río, se conduce para pasar a través de una turbina, la cual rota por la fuerza de la presión y el flujo del agua. La turbina está mecánicamente conectada a un generador eléctrico, el cual también es forzado a rotar, generando así electricidad.

Los sistemas hidroeléctricos se definen tanto por su tamaño como por la forma en que utilizan la energía del agua. Las pequeñas centrales hidroeléctricas son un aprovechamiento de energía renovable, justificado en términos de costos, eficiencia y sobretodo bajo impacto ambiental. Las centrales de pequeña generación hidroeléctrica son aquellas enmarcadas en un rango de 0,5 a 5000 kilovatios, según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

FIGURA 1
Clasificación según potencial

Tipos	Potencia
Picocentrales	0,5 - 5 kW
Microcentrales	5 - 50 kW
Minicentrales	0,5 - 5 kW
Pequeñas centrales	0,5 - 5 kW

En cuanto a las clasificaciones, la microcentral hidroeléctrica más común es del tipo de agua fluyente, la cual deriva una parte del caudal de la quebrada y lo conduce hacia la central, caudal que luego retorna a la quebrada. Sin embargo debe considerarse la existencia de otro tipo de microcentrales como lo son: las centrales con embalse y las centrales en canales de riego.

Las microcentrales, según su vinculación al sistema eléctrico interconectado, pueden ser identificadas también como: centrales aisladas (no suministran energía a las redes nacionales) y centrales integradas o interconectadas a redes nacionales.

ESTUDIO DE DEMANDA

El tamaño de una microcentral estará determinado por la demanda de potencia y la demanda de energía. La primera se refiere a la potencia instantánea que requieren varios aparatos eléctricos conectados simultáneamente al sistema. La demanda de energía, dada en vatios-hora o kilovatios-hora, relaciona en cambio la demanda de potencia con el tiempo en que los aparatos están conectados. El tamaño del grupo turbina-generador, se determina con base en la demanda pico, es decir, la mayor demanda de potencia en un momento dado.

La forma más fácil de determinar la demanda en cierto lugar es conociendo la potencia demandada de los aparatos electrónicos y eléctricos presentes y sus horas de uso. La suma de la demanda de todos los aparatos durante determinadas horas dará un pico estimado. Una forma más especializada pero costosa de estudiar la demanda existente de determinado lugar es mediante un equipo conocido como un analizador de redes.

Parámetros básicos para construir una microcentral

Conocida la demanda energética se deben abordar los parámetros que determinan la cantidad de energía que el sistema hidroeléctrico puede crear. Estos parámetros son la cabeza de presión y el caudal de agua. La importancia de conocerlos es que permiten identificar localizaciones con un buen potencial para desarrollar un proyecto.

Cabeza de presión (Salto)

Es la altura vertical desde el nivel máximo del tanque de almacenamiento del agua hasta el nivel del eje de rotación de la turbina. Los mapas con curvas de nivel sirven para hacer una primera estimación de este parámetro, aunque posteriores mediciones se logran por ejemplo con el método

de la manguera y el manómetro. Con un tramo de manguera y un manómetro a la salida que registra la presión, se hacen mediciones descendiendo por la montaña desde el lugar donde se tomaría el agua hasta donde estaría la turbina. Una lectura del manómetro se puede convertir a una caída en metros. La ventaja de este método es que permite a la vez tener una primera idea de la longitud de tubería que se requiere. Hay otro método recomendado para caídas pequeñas que es el de la manguera de nivelación, u otro muy similar que es el del nivel del carpintero y tablas. Para caídas altas donde la precisión de la medición no es tan relevante se usa un alfiler. Otro método que se puede emplear, de alta precisión pero costoso, es el método del nivel de ingeniero.

Flujo de agua (Caudal)

Existen dos métodos sencillos para medir este parámetro que hace referencia al volumen de agua por unidad de tiempo. El primero es el método del recipiente donde el caudal a medir es desviado a un recipiente de volumen conocido, y midiendo el tiempo que toma llenarlo se conoce el caudal dividiendo este volumen por el tiempo. El segundo método es el del área y velocidad, basado en el principio de continuidad, donde para un fluido de densidad constante, fluyendo a través de un área de sección conocida, el producto del área por la velocidad media será el caudal. Otros métodos usados para medir caudal son: método de la solución salina, método de la sección de control y regla graduada, y método del vertedero de pared delgada.

Potencia

Conocidos los dos parámetros mencionados anteriormente se puede hallar la potencia disponible. Se debe tener en cuenta que la potencia neta producida para el consumo será mucho menor que la potencia disponible debido a las pérdidas

asociadas a toda la microcentral. La eficiencia total del sistema en realidad varía entre 0.5 y 0.7.

Estimación inicial de potencia disponible:

$$P_{dis} = 9,81 * Q * H$$

Donde P_{dis} es la potencia en kW, Q es el caudal en m^3/s , H es el salto disponible en metros y 9,81 es un factor que simplifica la ecuación para no ingresar datos como la densidad del agua, la gravedad y obtener un resultado en kW.

Definida la potencia que se quiere generar, se puede conocer el caudal necesario para alimentar la turbina. Este es el caudal de diseño, utilizado después en los cálculos de las diferentes obras.

$$Q_d = \frac{P}{(8 * g * H)}$$

Donde Q_d es el caudal de diseño en m^3/s , P es la potencia demandada en kW, g es el peso específico del agua en ton/m^3 , H es el salto bruto con pérdidas estimadas en metros y 8 es un factor que

resulta de considerar unas pérdidas adicionales del 20% no estimadas en la caída neta.

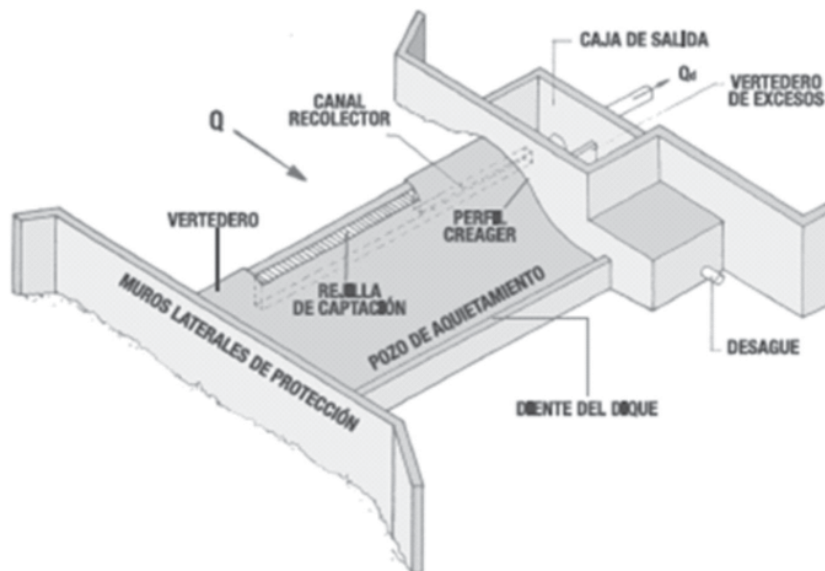
COMPONENTES DE UNA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA

Una serie de elementos o partes importantes a considerar en la implementación de una microcentral hidroeléctrica se presentan en esta sección, con el fin de reconocerlos, aunque dependiendo las circunstancias del proyecto, no todos son necesarios.

Bocatoma

Es la estructura hidráulica que se construye sobre el cauce del río con el fin de captar el caudal de diseño requerido para la generación de energía. Para las quebradas de montaña, muy comunes en Antioquia, es recomendada la bocatoma sumergida o de rejilla de fondo, de frecuente aplicación en acueductos rurales. Sus componentes se presentan en la figura 2.

FIGURA 2
Esquema bocatoma de rejilla de fondo



El diseño de este tipo de bocatoma se basa en las siguientes consideraciones: diseño del vertedero calculado para el caudal de crecidas con la ecuación de Francis; diseño del perfil del vertedero luego de conocer la carga total energética del agua; dimensionamiento del pozo de quietamiento: longitud del pozo y altura del diente del dique; dimensionamiento de la rejilla de captación y se define el tipo de rejilla a utilizar para conocer la relación de espaciamiento de ésta; se diseña el canal recolector para flujo subcrítico y una pendiente que garantice auto limpieza del canal; dimensionamiento de la caja de salida que recolecta el agua que entra por la rejilla. Esta caja debe garantizar la sumergencia de la tubería de conducción y debe contar con un vertedero de excesos. Deben considerarse además los muros laterales de protección contra crecientes de la quebrada.

Conducción

La conducción puede tomar forma de canal o tubería y transporta el agua desde la bocatoma hasta la cámara o tanque de carga. Los materiales frecuentemente utilizados para tubería son: acero comercial, PVC, polietileno de alta densidad, hierro dúctil, asbesto-cemento y resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio. En muchas aplicaciones de pequeñas centrales se elige la tubería en PVC por su bajo costo y buenas prestaciones.

En el caso de utilizar tubería para conducción se debe estudiar su selección siguiendo unos pasos como los descritos a continuación: se calcula la longitud de la tubería; se define el material de la tubería para conocer sus propiedades; se establece un diámetro tentativo para el que se realizarán comprobaciones; se determinan las pérdidas por fricción; se calculan las pérdidas por turbulencia debido a la forma de la entrada del agua en la tubería y todos los demás accesorios

como curvas y válvulas; se procede a calcular el espesor teórico requerido de la pared y se compara la disponibilidad comercial de tuberías que cumplan las exigencias. En caso contrario se recalcula la tubería para otro diámetro o material.

Desarenador

Es la obra civil que permite el asentamiento de las partículas sólidas en suspensión en el agua al reducir la velocidad del flujo. Puede instalarse en la bocatoma o en la cámara de carga. La importancia del desarenador es que evita el ingreso de materiales sólidos que puedan pasar de la toma, produciendo grandes perjuicios a la tubería o las turbinas.

Se consideran los siguiente elementos sobre el diseño de este componente: se determina la partícula a sedimentar, incluyendo el tipo de material, diámetro y porcentaje de sedimentación; se calcula la velocidad de sedimentación, tiempo de sedimentación, área de la sección transversal y capacidad volumétrica del desarenador; la profundidad del desarenador la define el diseñador, se recomienda no ser inferior a 1.5 m; se conoce el ancho del desarenador y el largo se recomienda ser igual a 4 veces el ancho; para la cámara de lodos se debe agregar de 40 a 60 cm a la profundidad y tener una leve inclinación para evacuación de lodos; la pantalla deflectora es una pared con tubos al inicio del desarenador que estabiliza el flujo. La velocidad del agua a través de los tubos no debe superar los 0,20 m/s. El desarenador debe contar con un vertedero de excesos, salida y desagüe de lodos.

Cámara o tanque de carga

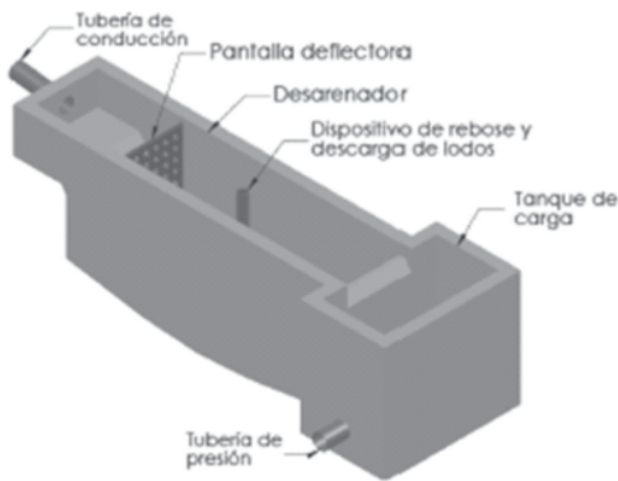
El tanque de presión es aquel que permite la conexión entre el sistema de conducción y la tubería de presión, además que garantiza un suministro constante del caudal de diseño a la turbina. Es útil además que a la salida del tanque

exista una rejilla, que entregue el agua en buenas condiciones a la tubería de presión.

En el cálculo de este componente se pueden abordar los siguientes lineamientos: el volumen definido debe garantizar el volumen de reserva deseado; se calcula el dimensionamiento: base, altura efectiva y longitud; se determina la superficie requerida para la rejilla del tanque, considerando una inclinación y una velocidad de entrada a la rejilla cercana a los 0,25 m/s; la altura efectiva del tanque de carga debe garantizar la sumergencia de la tubería de presión para que esta funcione bien hidráulicamente. En muchas aplicaciones es práctico poder integrar el desarenador y el tanque de carga en un conjunto que resulta como el presentado en la anterior figura.

FIGURA 3

Esquema desarenador tanque de carga



Tubería de presión

La tubería de carga o presión es aquella que transporta el agua desde la cámara de presión hasta la turbina, permitiendo aprovechar la energía potencial del salto o cabeza de presión. La determinación de esta tubería tiene un procedimiento similar al de la tubería de conducción.

Para el diseño de esta se tienen adicionalmente las siguientes consideraciones: se consideran las pérdidas en la rejilla del tanque de carga y las demás pérdidas por turbulencia; se calcula espesor teórico requerido considerando además sobrecarga por golpe de ariete debido a cierre brusco de la válvula; la tubería debe tener una sumergencia en el tanque de carga que evite su aireación.

Cabe en este punto hacer el reconocimiento de los anclajes y apoyos de las tuberías. Los anclajes son bloques de concreto que envuelven las tuberías, con el propósito de fijarlas al terreno; estos deben ubicarse en todos los tramos de la tubería donde haya cambios de dirección en algún sentido. Los apoyos soportan el peso de la tubería y van entre los anclajes. En las microcentrales la tubería más utilizada es la de PVC, que se instala enterrada por protección. Debido a esto, no se necesitan apoyos ya que estos son sustituidos por el terreno mismo. Para este caso, las únicas fuerzas que se consideran en los cálculos de los anclajes son: la fuerza de fricción entre el concreto y el suelo; las fuerzas en el cambio de dirección debido a la presión hidrostática; las fuerzas en el cambio de dirección debido a la cantidad de movimiento que dependen del caudal de diseño.

Turbina hidráulica

Es un tipo de máquina en la cual el trabajo mecánico proviene de la variación de la cantidad de movimiento del agua al fluir a través de un sistema de álabes o paletas rotativas. Estas máquinas aprovechan la energía hidráulica disponible y la convierten en energía mecánica. Las turbinas hidráulicas se dividen en 2 grupos. El primero son las turbinas de acción o impulso que aprovechan únicamente la velocidad del flujo de agua. El segundo grupo son las turbinas de reacción donde la presión estática disminuye entre la entrada y la

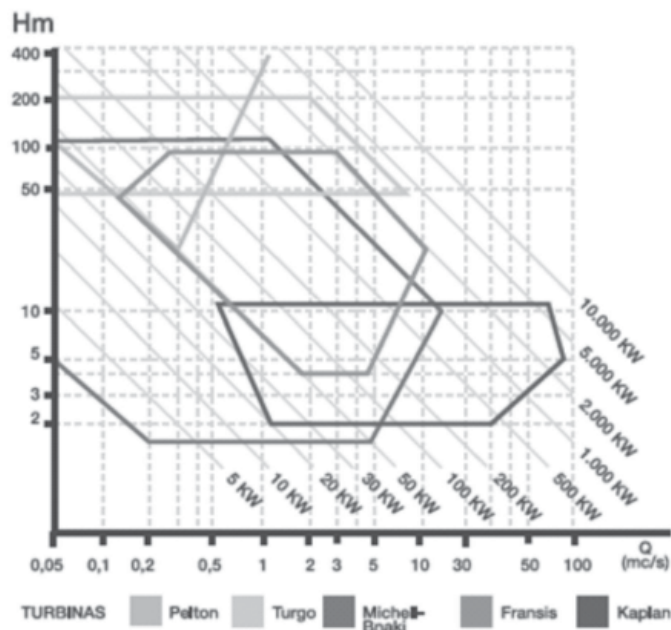
salida del rodete, aprovechando esta caída de presión para moverse. En la figura 4 se presentan las turbinas más comunes para cada tipo.

FIGURA 4
Características principales de las turbinas

TURBINA		Q (m ³ /s)	H (m)	P (kW)	$\eta_{máx}$ (%)
A D I C I Ó N	PELTON	0,05 - 50	30 - 1800	2 - 300000	91
	TURGO	0,025 - 10	15 - 300	5 - 8000	85
	MICHELL-BANKI	0,025 - 5	1 - 50 (200)	1 - 750	82
R E A C I Ó N	FRANCIS	1 - 500	2 - 750	2 - 750000	92
	KAPLAN y de hélice	1000	5 - 80	2 - 200000	93

Para la preselección de una turbina hidráulica es importante conocer los siguientes parámetros: cabeza de presión (salto); flujo de agua (caudal) y potencia requerida. La clasificación puede estar enmarcada en un gráfico como el Gráfico 3 donde se muestran los rangos de operación de las turbinas. Con esto es posible aterrizar las potencias alcanzables al tener una estimación de los parámetros.

FIGURA 4
Rangos de operación de turbinas



Es importante tener en cuenta que las turbinas hidráulicas utilizadas en microcentrales deben ser seleccionadas de modo que se obtenga facilidad de operación y mantenimiento. Así mismo para su selección se debe analizar: su costo; respaldo del fabricante; rendimiento elevado que garantice rentabilidad; velocidad angular alta para conseguir transmisiones ligeras.

Cabe anotar que generalmente la turbina, el generador y el sistema de control para microcentrales, se encuentran en el mercado como un conjunto. De esta forma no hay que elegir cada uno de estos componentes por separado sino evaluar las opciones de suministro de los fabricantes.

Válvulas y compuertas

La válvula principal es un dispositivo de aislamiento de la turbina respecto a la tubería de presión en caso de ocurrir una parada de la central. Estas no necesariamente tienen que existir ya que este aislamiento también se puede dar en compuertas instaladas en la bocatoma. Se utilizan para realizar mantenimientos, reparaciones imprevistas y limpiezas. Los diferentes tipos de válvulas pueden ser: de compuerta, de mariposa o esféricas.

Componentes eléctricos y de control

El generador es una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica y puede ser un generador sincrónico o asincrónico. Este se conecta a la turbina a través de un sistema de transmisión en la dirección y velocidad requerida. Regularmente se utiliza el acoplamiento directo, pero también existe la transmisión por correas en V, correas dentadas y transmisiones de engranajes.

El tablero de instrumentación o control es un dispositivo que sirve para conectar la instalación eléctrica del consumidor a la red o línea de transmisión de la microcentral. Además de realizar la conexión, contiene fusibles para evitar que averías en la red del consumidor se devuelvan

a la central o le generen daños mayores al consumidor.

El controlador de carga hace parte también del sistema de control y es un dispositivo electrónico que mantiene las turbinas funcionando a la frecuencia y voltaje adecuados.

El transformador es una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir el voltaje y corriente en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia y la potencia transferida. Generalmente se utilizan para disminuir la tensión proveniente de las redes interconectadas aunque su necesidad debe ser analizada en cada proyecto, puesto que en ocasiones no se requiere.

Las líneas de transmisión de energía eléctrica son los eslabones entre las centrales generadoras y las redes de distribución o centros de consumo. Se encargan del transporte de la energía eléctrica a determinadas tensiones considerando las pérdidas que se puedan dar en la conducción, las cuales no deben ser muy altas.

Casa de máquinas

Esta es una construcción civil destinada a albergar el conjunto turbina/generador y el sistema de control. Adicionalmente garantiza el aislamiento y protección del ambiente de los componentes ya mencionados y permite un acceso cómodo para la manipulación de los equipos. Desde la casa de máquinas se adecúa la descarga del agua para que luego de pasar por la turbina, retorne a la quebrada.

IMPACTO AMBIENTAL DE LA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA

La generación hidroeléctrica a pequeña escala es poco contaminante ya que no necesita para

su producción ninguna combustión ni generación de residuos. Es importante que se preste especial atención al caudal ecológico del curso utilizado para la producción eléctrica, para conservar el ecosistema fluvial y evitar alteraciones en la flora y fauna del entorno. Hay una serie de posibles impactos ambientales que se pueden causar donde se aloja la microcentral, por lo que deben reconocerse y considerarse en el desarrollo del proyecto. Estos impactos son: deterioro del sistema acuático, pérdida de suelos y erosión, y alteraciones sobre la fauna. Las microcentrales hidroeléctricas debido a su reducido tamaño e infraestructura, tienen bajos impactos hacia la atmósfera, el medio social y los cambios drásticos que puedan darse en el paisaje.

VIABILIDAD FINANCIERA DE UNA MICROCENTRAL

La viabilidad financiera de un proyecto de una microcentral se puede dar por dos razones: el ahorro que significa la energía que se deja de pagar en servicios o el ingreso que representa la venta de los kilowatts generados.

Los costos que se consideran son: los costos de las obras civiles, el equipo electromecánico y los diferentes montajes e instalaciones; los costos intangibles de diseños y asesorías. Se deben estimar también los costos de operación y mantenimiento. Estos costos se contrastan en un flujo de caja con los beneficios económicos de la microcentral, teniendo en cuenta además valores de salvamento para aquellos equipos y obras que puedan tener un valor residual al final del proyecto.

Lo importante de la evaluación financiera es poder encontrar un valor presente positivo para el proyecto. Esto garantiza que la relación

costo-beneficio sea mayor que 1. La evaluación financiera permite también conocer el período de recuperación de la inversión para decidir si es atractivo o no. Otro tipo de análisis que se pueden hacer son análisis de sensibilidad que involucren por ejemplo variables como el comportamiento del proyecto ante variaciones del precio del kw-h.

CONCLUSIONES

Las microcentrales hidroeléctricas son un tipo de central hidroeléctrica a pequeña escala que se presentan como una alternativa interesante de solución a los problemas de abastecimiento energético con un bajo impacto ambiental. A diferencia de las grandes centrales hidroeléctricas, éstas pueden ser diseñadas y adquiridas por personas del común debido a su mayor simplicidad y reducido costo. Este tipo de central hace tangible para todos, la generación hidroeléctrica.

Las microcentrales hidroeléctricas utilizan pequeños aprovechamientos de agua lo que las hace una aplicación de energía renovable, además de su bajo impacto ambiental por sus reducidas obras civiles. Sus componentes y obras civiles están bien definidos además de tener procedimientos claros y simples para su diseño. Conociendo el caudal y salto disponible, además de la potencia que se quiere generar, cualquier individuo puede hacer un diseño preliminar de su microcentral.

Los elementos principales de una microcentral hidroeléctrica son la turbina y el generador que actualmente los proveedores lo venden como un conjunto. La buena selección de este conjunto, así como el buen dimensionamiento de las obras civiles que lo abastecen son fundamentales para obtener el buen desempeño y los resultados de generación esperados de la microcentral.

BIBLIOGRAFÍA

Coz, F. & et al. (1995). Manual de Mini y Micro-centrales hidráulicas. Lima: ITDG. ISBN 1-85339-278-2

European Small Hydropower Associaton (ESHA). (1998). Manual de pequeña hidráulica. (C. Penche, Ed.) Bruselas.

Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA). (1997). Guía de diseño de pequeñas centrales hidroelécticas. Bogotá: INEA.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2006). Manuales de energías renovables: Minicentrales hidroeléctricas. URL: <www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Minicentrales_hidroelectricas.pdf>.

Materón Muñoz, H. (1997). Obras hidráulicas rurales. Cali: Universidad del Valle.

PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA DE PIEZAS EN LA ZONA DE REPROCESO DE UNA ENSAMBLADORA DE MOTOCICLETAS

JULIÁN ANDRÉS LONDOÑO FLOREZ

jlando22@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

LUCAS ANDRÉS MEJÍA SÁNCHEZ

lmejiasa@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

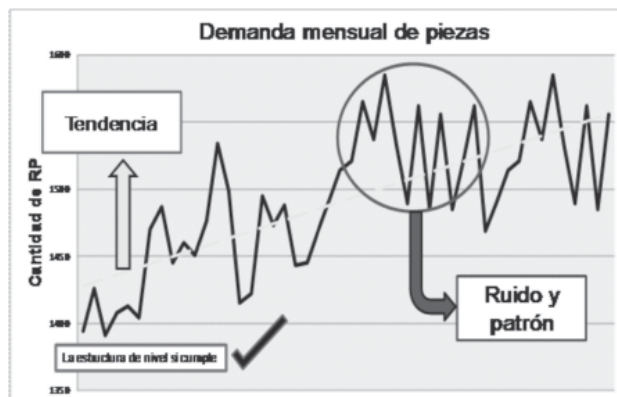
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

LUIS ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

SECTOR BENEFICIADO

INDUSTRIAL



RESUMEN

Es el desarrollo de una metodología universal de pronósticos que se implementa para estimar la demanda de cantidad de piezas de reprocesos en una ensambladora de motocicletas; el análisis de los resultados se realiza bajo un enfoque industrial, de producción y gerencial; con el fin de generar recomendaciones útiles y aplicables a la empresa.

El trabajo de grado titulado “pronósticos de la demanda de piezas en la zona de reproceso de una ensambladora de motocicletas” busca estimar el comportamiento futuro en el corto plazo, preparar los factores de producción, conocer el tiempo total de los reprocesos bajo los parámetros del estudio de tiempos; además de corregir y mejorar la calidad de los productos.

ABSTRACT

It is the development of a universal forecasting methodology this is implemented to estimate the demand for repair of damaged parts in an assembly plant of motorcycles. The analysis of the results is carried out under an industrial view, which focuses mainly on production and management in order to generate recommendations useful and applicable to the company.

The thesis entitles “forecasting implemented to estimate the demand for repair of damaged parts in an assembly plant of motorcycles” seeks to estimate the future behavior in the short term, prepare the production factors, and know the total time for repairs, in addition to correcting and improving the quality of products.

PALABRAS CLAVE

Pronósticos, proyectiva, serie temporal, correlación, corto plazo, demanda, motocicletas.

KEYWORDS

Forecasts, projective, time series, correlation, short-term, demand, motorcycles.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de mejorar los productos que se reciben de un proveedor lejano hace que sea necesario utilizar todo tipo de herramientas, técnicas y gerenciales; que permitan realizar de la mejor manera los reprocesos de una ensambladora de motocicletas.

Dentro de estas herramientas se encuentran los pronósticos, los cuales sirven para predecir con antelación el número de piezas a reprocesar en la fábrica, con el fin de preparar todos los factores de producción (mano de obra, capital y materiales) para resolver este inconveniente.

El propósito de este proyecto se basa en utilizar la metodología universal de pronósticos para determinar el conocimiento futuro de cada variable en el corto plazo, mediante técnicas estadísticas

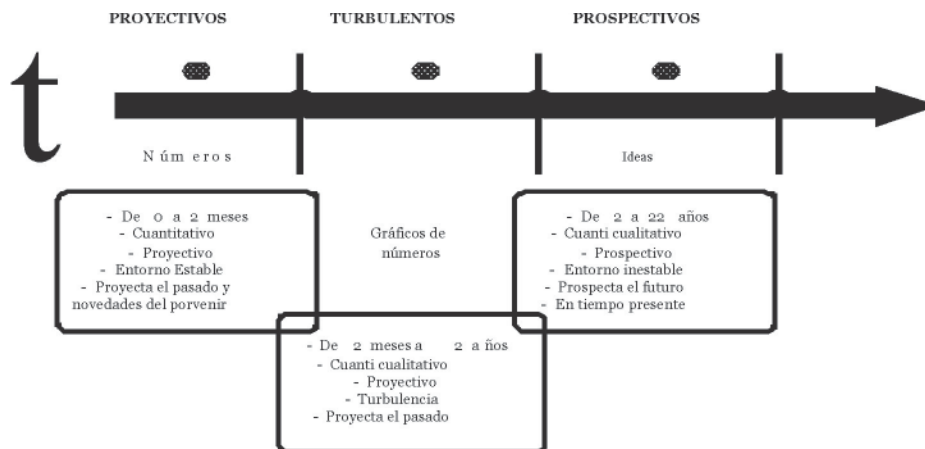
y matemáticas de predicción, sencillas y fácil de utilizar, confiables y que estén al alcance de los gerentes, analistas y planeadores, financieros, operativos y de mercado de la empresa.

FUNDAMENTACIÓN

Los métodos futurísticos permiten conocer y determinar con éxito el futuro de las empresas o instituciones; todo este análisis se fundamenta en una adecuada toma de decisiones en el presente, las cuales más adelante se reflejan en el futuro. Las predicciones consisten en la estimación y análisis de la demanda futura para un producto en particular, componente o servicio; para su realización, es necesario conocer algunos datos históricos que puedan proveer la información suficiente para un correcto estudio.

Los métodos futurísticos se dividen en tres grupos; estos son: proyectivos, turbulentos y prospectivos; estas divisiones están dadas dependiendo del tiempo en que su ubican sus hipótesis; es decir, a corto, mediano y largo plazo respectivamente (MORA, 2008).

FIGURA 1
Clasificación de los métodos futurísticos



Los métodos proyectivos de series temporales, se basan exclusivamente en una extrapolación de los datos del presente y del pasado hacia el futuro, lo que denota que las causas que originan el comportamiento numérico en el pasado y en el presente, son los mismos que patronean el comportamiento futuro.

Los métodos de predicción no se deben considerar nunca como infalibles, de por sí son excelentes herramientas para el análisis y si bien los pronósticos numéricos son relevantes, más importantes son los parámetros que se adquieren por parte de los pronosticadores (MORA, 2008).

El Modelo Universal de Pronósticos (MUP) va de la mano con el método científico, el buen uso y la aplicación de todos sus pasos determinan el resultado de los pronósticos y su validez. El MUP trata de determinar los modelos que mejor se acomoden a las características de la serie que se analiza en el primer paso del modelo. Lo que se trata entonces es conocer las particularidades de los modelos que más se utilizan, tanto los clásicos como los modernos, con el fin de lanzar la hipótesis a partir del apareamiento con las características de las series que se encuentran.

Los métodos de pronósticos o predicción basados en series temporales, utilizan el método científico para su realización, a la vez que usan modelos clásicos los cuales lanzan pronósticos futuros a partir de extrapolaciones del pasado.

Entre los modelos más notables se usan los de ajuste por tendencia lineal o no, los modelos de suavización exponencial como Brown (para series con muchas oscilaciones o ruido), Holt (para variables con ruido y tendencia) y Holt's Winter (para referencias que posean fenómenos

de repetición en el tiempo como estacionalidad o ciclicidad); en general los clásicos son de comportamiento muy predecible (MORA, 2008). Por otro lado existen otros modelos más confiables como son los modelos AR.I.MA; los cuales se conocen también por el nombre de metodología Box–Jenkins, mal denominados modernos. Estos permiten que el entorno varíe de alguna manera y sus pronósticos no necesariamente se fundamentan en el comportamiento pasado. En ambos casos modelan bajo metodologías científicas y software profundos de última generación (MORA, 2008).

Los modelos AR.I.MA son herramientas de alto refinamiento que utilizan los valores reales y anteriores de la variable dependiente para generar pronósticos bastante exactos de corto plazo, son muy indispensables cuando los valores de la serie que se pronostica se correlacionan o forman una dependencia estadística entre sí (HANKE, 2006).

VARIABLES A PRONOSTICAR

El análisis de la serie temporal a pronosticar se concentra en la cantidad de piezas mensuales que entran a la zona de reprocesos. Se realizan tres pronósticos correspondientes a cada referencia. La lista de piezas que se pretende analizar se muestra a continuación:

FIGURA 2
VARIABLES A PRONOSTICAR

Código	Nombre de la pieza
GI-01	Guardapolvo del guardabarro trasero interno
GE-02	Guardabarro trasero externo
T-04	Tacómetro

FIGURA 3
Serie temporal de la referencia GI-01

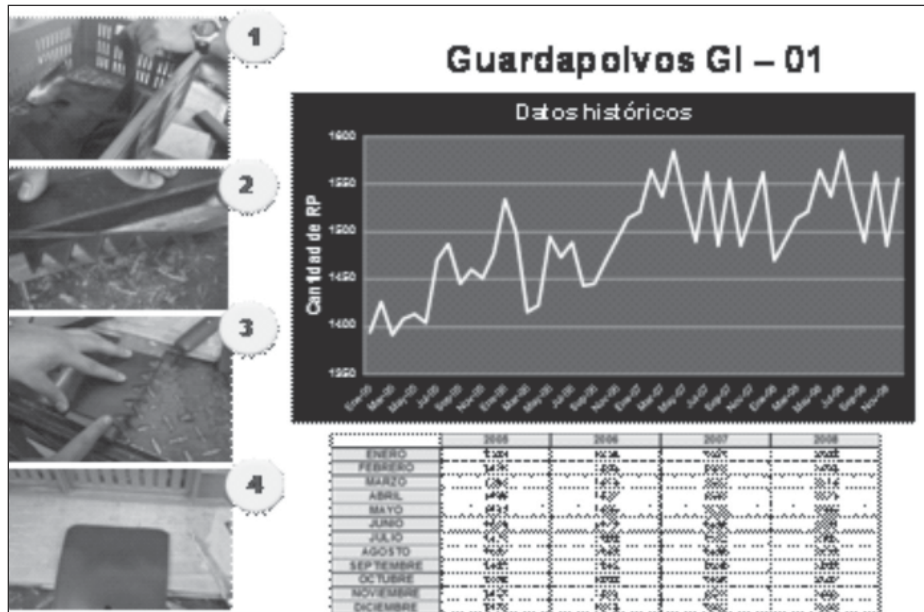


FIGURA 4
Serie temporal de la referencia GE-02

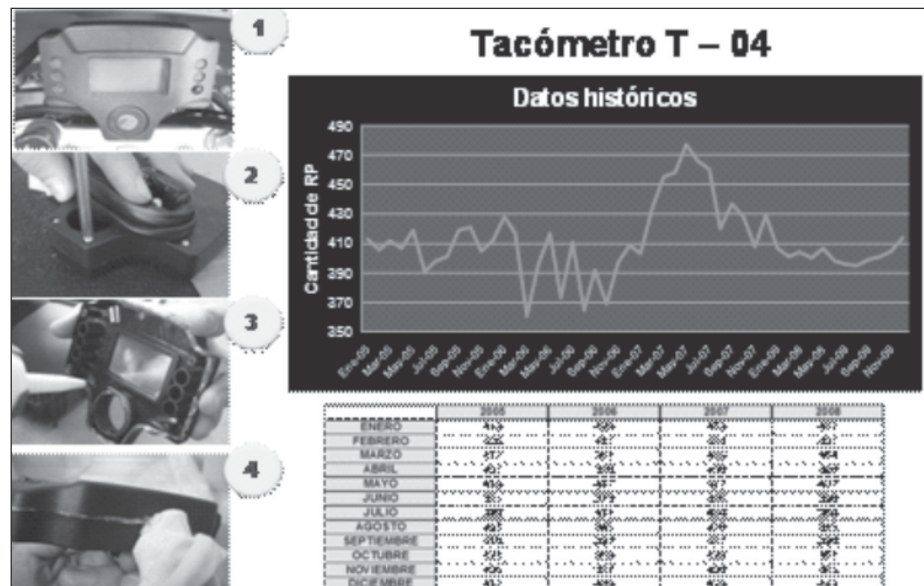
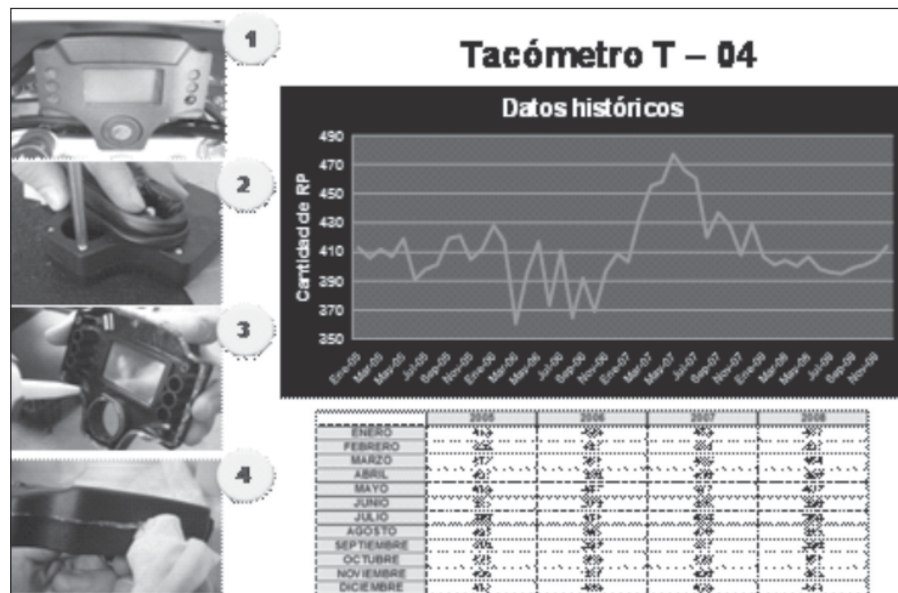


FIGURA 5
Serie temporal de la referencia T-04

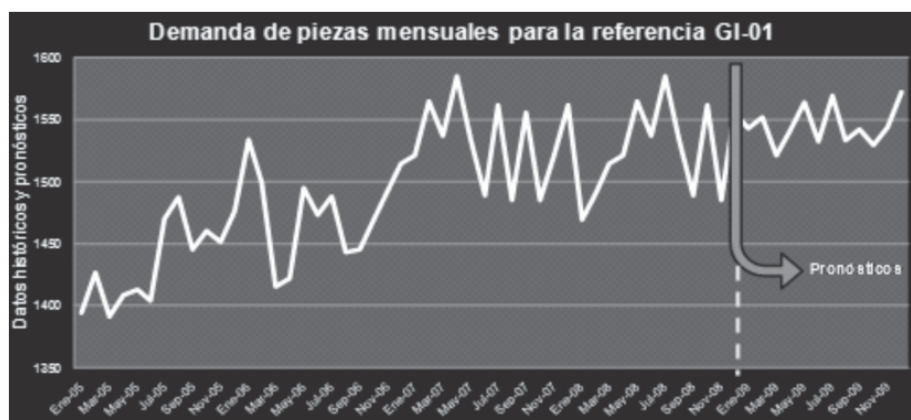


RESULTADOS

Los resultados que se obtienen luego de aplicar el MUP se muestran a continuación:

Para el guardapolvo (referencia GI-01) los pronósticos respectivos son 1540 para enero del 2009, 1548 para febrero del 2009 siendo un pronóstico estimado y 1516 para marzo del 2009, siendo este último un dato especulativo.

FIGURA 6
Pronósticos del guardapolvo



Para el guardabarros (referencia GE-02) los pronósticos respectivos son 1612 para enero del 2009, 1548 para febrero del 2009 siendo un pronóstico estimado y 1541 para marzo del 2009, siendo este último especulativo.

FIGURA 7
Pronósticos del guardabarros



Para el tacómetro (referencia T-04) los pronósticos respectivos son 410 para enero del 2009, 415 para febrero del 2009 siendo un pronóstico estimado y 404 para marzo del 2009, siendo este último especulativo.

FIGURA 8
Pronósticos del tacómetro



CONCLUSIONES

La aplicación correcta de todos y cada uno de los pasos del MUP con un tratamiento riguroso y serio, es la clave para el éxito de un pronóstico válido y correcto.

Los modelos clásicos tienen igual importancia y validez que los modelos modernos dentro de los pronósticos, esto depende de la naturaleza de cada serie temporal, la cual es la que se encarga de definir qué modelo (clásico o moderno) es el que más se ajusta a sus valores históricos.

El análisis previo determina si la variable que se estudia permanece en un entorno estable y supone que los valores de los pronósticos conserven la estabilidad del medio durante el tiempo de corto plazo que se pronostica.

Los pronósticos tienen infinitas aplicaciones en el mundo empresarial, social e institucional; ejemplos de ellos son las finanzas, las ventas, la confiabilidad de equipos, la demografía y sobre todo la demanda, en especial cuando afecta los inventarios de materias primas, productos en proceso, bienes o servicios terminados, repuestos e insumos de ingeniería o mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- CARRIÓN, Andrés. 1999. Pronósticos con series temporales. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- HANKE, Jonh E y WICHERN, Dean W. 2006. Pronósticos en los negocios. Octava edición. s.l. : Ed. Prentice Hall, 2006. Vol. I. ISBN 970-26-0759-0.
- MAKRIDAKIS, Spyros y WHEELRIGHT, Steven C. 1978. Forecasting: Methods and applications. s.l.: Ed. John Wiley & sons, 1978. ISBN 0-471-93770-3.
- 1989. Manual de técnicas de pronósticos. Mexico D.F: Ed. Limusa, 1989. ISBN 0 471-08435-2.
- MORA, Luis Alberto. 2009. Estadística: clave exitosa para sortear las épocas de crisis empresariales. Medellín : s.n., 2009.
- . 2008. Pronósticos de demanda e inventarios. Medellín: AMG Editorial, 2008. ISBN 978-958-44-0233-2.
- AKT@. 2007. AKT Motos. Manual y partes de AK200SM. [En línea] Septiembre 2007. [Citado el: Enero 31, 2009.]. Disponible en: http://www.aktmotos.com/eContent/Library/Documents/manuales/manual_72.pdf.
- CRICYT@. 2008. Centro regional de investigaciones científicas y tecnológicas. [En línea] Enero 2008. [Citado el: Septiembre 22, 2008.]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/NecBas.htm>.
- RIGGS@. 2007. Pronósticos de demanda. [En línea] Noviembre 2007. [Citado el: Septiembre 23, 2008.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajo11>.
- UAARIMA@. 2006. Curso de predicción económica y empresarial. Universidad Autónoma de Madrid. [En línea] 2006. [Citado el: Septiembre 26, 2008.]. Disponible en: <http://www.uam.es/docencia/predysim/>.

DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA TÉCNICA DIELESS EN LA MANUFACTURA DE PIEZAS EMBUTIDAS

DANIEL POSADA ECHEVERRI

dposada2@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

MARCELA ARBELAEZ GIRALDO

marbelae@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREAS DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

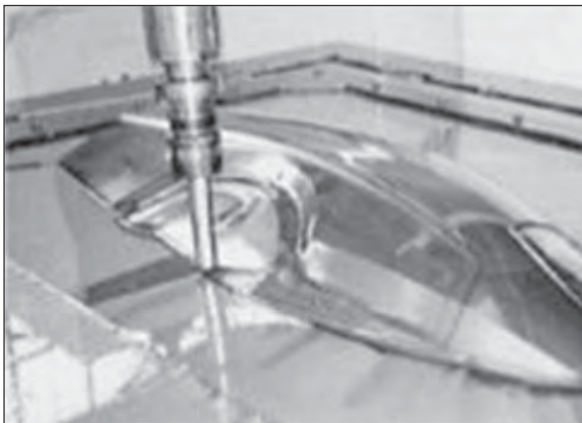
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR PRINCIPAL

GABRIEL JAIME PARAMO BERMUDEZ

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

La necesidad de producir pequeños lotes en algunas industrias como la aeroespacial y la medicina, ha llevado a buscar nuevos procesos de producción que permitan evadir costos de utillaje a la hora de fabricar estos productos.

En este artículo se presenta el procedimiento empleado en el diseño de un dispositivo mecánico que permita aplicar el método de deformación incremental en lámina metálica. Es un proceso ágil e innovador que permite producir piezas en lámina metálica sin presencia de matrices o dados siendo así un proceso más rentable para este tipo de productos.

ABSTRACT

The need to produce small batches of production in some industries such as aerospace and medicine, has led them to seek new production processes enabling avoid tooling costs when making these products.

This article presents the procedure used in the design of a mechanical device that allows applying the method of incremental sheet metal deformation. This is an agile and innovative process that can produce sheet metal parts without the presence of parent or dice, thus being a more profitable process for these products.

PALABRAS CLAVE

Deformación incremental, avance, recorrido de herramienta, lámina metálica.

KEY WORDS

Incremental forming, pitch, tool path, sheet metal.

INTRODUCCIÓN

Deformación incremental es un proceso desconocido en nuestro país y especialmente en la ciudad de Medellín, ya que no se conoce ninguna empresa que muestre este método de trabajo.

La técnica de deformación incremental genera grandes ahorros en las empresas manufactureras debido a que los costos más altos en las que estas incurren son los de utillaje. Vale la pena aclarar que este proceso es válido y útil para la fabricación de lotes pequeños de producción y prototipaje rápido.

Se busca emplear todos los conocimientos del área de diseño vistos en el transcurso de la carrera para modelar un dispositivo que logre satisfacer

una necesidad requerida por el cliente, que en este caso la universidad EAFIT.

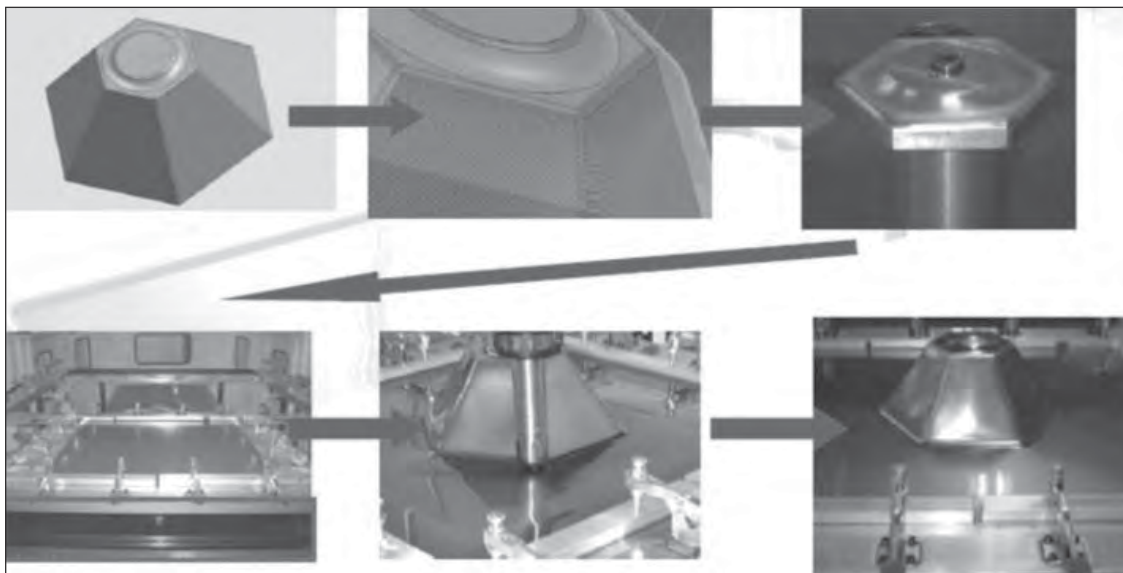
DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO

Antes de realizar el proceso de diseño del dispositivo, fue necesario buscar que información existía del proceso. Esto con el objetivo de conocer cómo funciona el proceso y cuáles son las variables que intervienen en este.

El proceso de deformación incremental consiste en deformar una lámina metálica mediante el uso de una herramienta de punta esférica, que deformando el material recorre varios contornos hasta completar una figura deseada, dando como resultado la fabricación de una pieza sin necesidad de matrices o dados.

FIGURA 1

Secuencia del proceso de deformación del proceso de deformación incremental

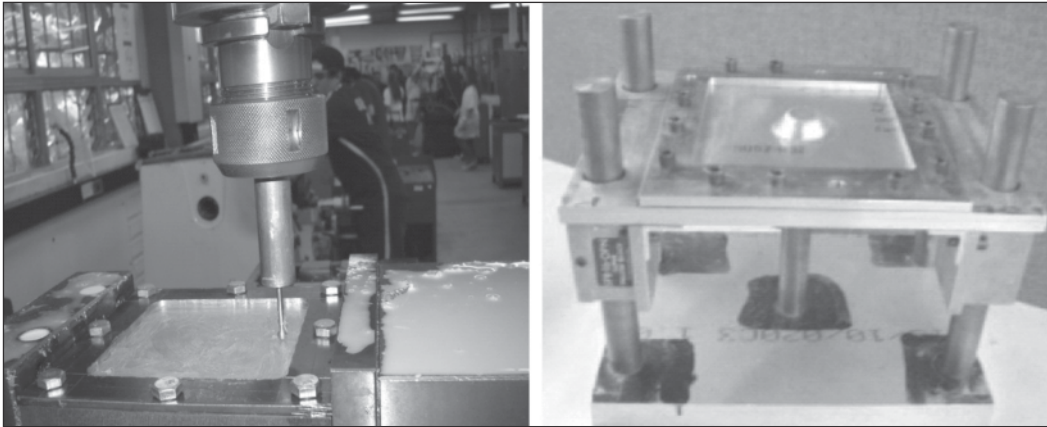


Las variables más importantes que intervienen en este proceso, son el avance o incremento en z, la velocidad angular de la herramienta deformadora y la fuerza que ejerce la herramienta sobre la lámina de trabajo.

Además de estas variables se ve claramente una subdivisión del proceso en dos diferentes clases, la primera clase es la deformación de la lámina con un solo punto de contacto (SPIF), donde un dispositivo fijo sostiene la lámina de trabajo y la herramienta la deforma desde el exterior hasta el interior.

La segunda clase, es la deformación de la lámina con dos puntos de contacto, uno es la herramienta y el otro es un semidado, este proceso es un poco más complejo ya que requiere que el dispositivo realice incrementos en z cada que la herramienta completa un recorrido, esto para evitar las reacciones que la lámina puede generar en la herramienta. A continuación se muestran los dos tipos de métodos.

FIGURA 2
Clases de procesos



SPIF DPIF

PROCESO DE DISEÑO

Para realizar el diseño del dispositivo se realizó un proceso de diseño riguroso que permite entender el problema de una manera más clara, generando así numerosas alternativas de diseño las que pueden resultar funcionales como no funcionales.

Este proceso empieza con la identificación de las necesidades del cliente o persona que requiere que se diseñe el dispositivo. En este caso la universidad EAFIT es la institución que está interesada en implementar esta técnica para incluirla en la parte académica de sus estudiantes y posteriormente cuando esta tenga un nivel de desarrollo apto incluirla en su portafolio de servicios en la parte de manufactura.

Ya identificadas las necesidades se procedió a clasificarlas en necesidades reales las cuales son indispensables para que el dispositivo cumpla con su función principal y los deseos que conforman un grupo de cualidades que se quisiera que tuviera el mecanismo. Todo esto para finalmente obtener una lista de requerimientos reales que son indispensables en el diseño.

Un ejemplo de la matriz que comúnmente se llama matriz PDS (product design specifications) se muestra a continuación.

FIGURA 3
Especificaciones de diseño de producto P.D.S

Elemento	Necesidades	Necesidad (N) o Deseo (D)	Interpretación	Requerimientos
Geometría	Que el alto máximo sea de 300mm	N	Se necesita que el dispositivo no exceda los 300mm de altura aunque puede ser de menos	Altura no mayor a los 300mm
	Que el ancho máximo sea de 370mm	N	Se necesita que el dispositivo no exceda los 370mm de ancho aunque puede ser de menos	Ancho no mayor a los 370mm
	Que el largo máximo sea de 370mm	N	Se necesita que el dispositivo no exceda los 370mm de largo aunque puede ser de menos	Largo no mayor a los 370mm

Luego de tener las especificaciones totalmente estructuradas se pasa al estudio del problema de una manera conceptual y gráfica identificando principalmente cuales son los principales flujos de materia, energía e información y lo más importante cual es la función principal del diseño.

Luego se descompone la función principal en sub funciones lo que permite entender de una manera más profunda el problema y permite identificar para cada una de estas nuevas funciones diferentes maneras de realizarlas, esta información también es organizada en una matriz (matriz morfológica) donde se dispone cada función y sus diferentes portadores para posteriormente trazar varias rutas

donde se combinan los diferentes portadores obteniendo así diferentes alternativas de diseño.

Ya con varias alternativas de diseño plasmadas en bocetos se procede a evaluarlas con respecto a los requerimientos que se establecieron con anterioridad dando por terminado el proceso de diseño y obteniendo un diseño seleccionado que cumple los requerimientos y si es posible algunos deseos.

A continuación se muestra la matriz morfológica y alguna de las alternativas seleccionadas en el proceso no necesariamente la del diseño final.

FIGURA 4
Matriz morfológica



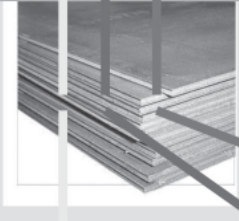
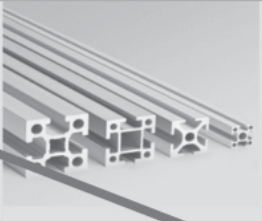
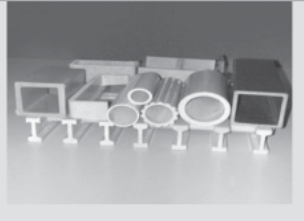


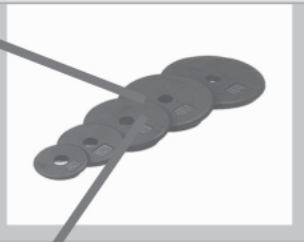
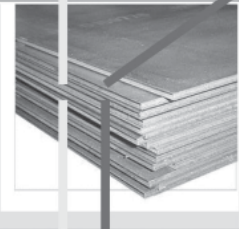
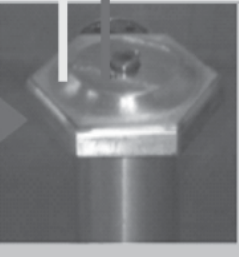
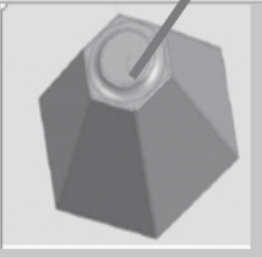
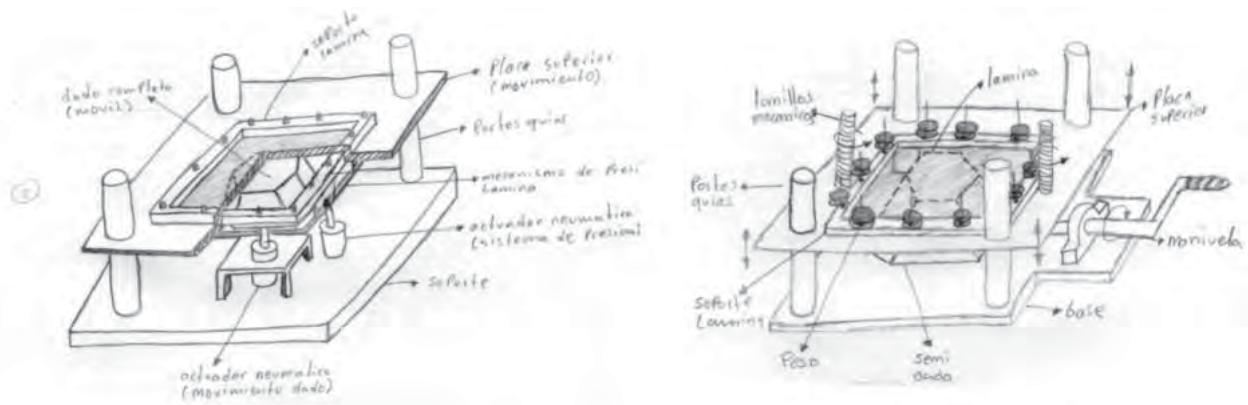
FUNCIÓN	PORTADOR 1	PORTADOR 2	PORTADOR 3
UBICAR			
SOPORTAR			
PRESIONAR			
TRANSPORTAR			
RESTRINGIR			

FIGURA 5
Alternativa de diseño

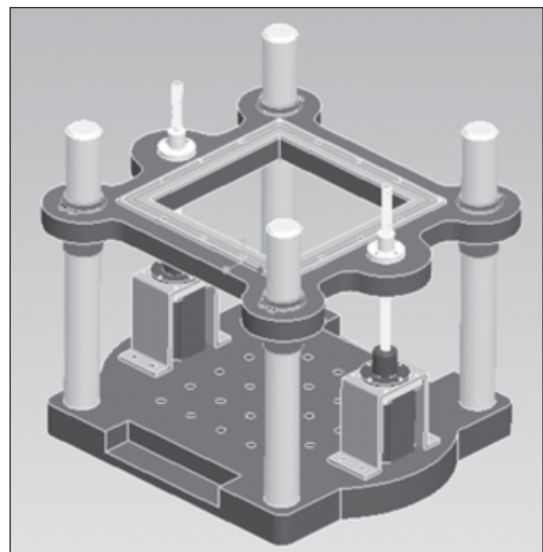


DISEÑO DE DETALLE

Ya elegido el diseño definitivo se procedió a elegir los componentes comerciales que van a componer este dispositivo, para la estructura se eligió acero 1020 ya que este mecanismo no está soportando esfuerzos altos por lo que se decidió usar el acero más comercial y el más barato del mercado. En cuanto al sistema de movimiento se emplearan 2 tornillos de bolas que permiten incrementos en z muy pequeños y precisos y 2 tuercas de bolas re-circulantes que permiten ser pre cargadas para que la acción del peso de la placa que está sosteniendo no baje el dispositivo.

El sistema esta accionado por 2 servo motores de 0.5 hp los cuales son controlados por un dispositivo diseñado en la Universidad EAFIT.

FIGURA 6
Dispositivo final



CONCLUSIONES

Pensando en la necesidad del medio de fabricar piezas de bajo volumen de producción, se diseñó un sistema que permite desde el control numérico, la deformación de lámina metálica de formas irregulares reduciendo costos de utillaje.

A la hora de diseñar cualquier elemento o dispositivo, es importante conocer como es el funcionamiento o metodología del proceso ya que dicha información permite conocer el tema a fondo e identificar las variables que intervienen en este. Dicha información ha sido limitada debido a lo novedoso del proceso, por lo que se debió tener experiencias directas.

El diseño conceptual permite entender, analizar y observar el problema desde diferentes puntos de vista generando varias alternativas de diseño que satisfacen parcial o totalmente la necesidad identificada, creando diseños innovadores y funcionales.

La modelación se realiza con el propósito de obtener un modelo tridimensional, que permite visualizar y ajustar componentes en un ensamble que corresponda a lo diseñado. La fase de fabricación queda a su vez, definida con los planos de taller de cada componente.

Este proceso aplica para piezas con geometrías no convencionales, es viable para lotes pequeños de producción y prototipos.

BIBLIOGRAFÍA

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture; 2001, Vol. 215 Issue 7, p. 959-966, 8p.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, Dec. 2007, Vol. 221 Issue 12, p. 1725-1732, 8p.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, Mar. 2008, Vol. 222 Issue 3, p. 373-380, 8p.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, Apr. 2005, Vol. 219 Issue 4, p. 359-364, 6p.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, Oct. 2002, Vol. 216 Issue 10, p. 1367-1371, 5p.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, Apr. 2005, Vol. 219 Issue 4, p. 359-364, 6p.

Journal of Strain Analysis for Engineering Design, Jan. 2008, Vol. 43 Issue 1, p. 15-35, 21p.

Journal of Materials Processing Technology, Apr. 2008, Vol. 199 Issue 1-3, p163-172, 10p.

AIP Conference Proceedings, 2007, Vol. 907 Issue 1, p. 163-168, 6p.

ESTUDIO PROSPECTIVO TECNOLÓGICO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS PARA AUTOMÓVILES

FELIPE GÄRTNER ESCOBAR

fgartner@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

SANTIAGO LONDOÑO VELÁSQUEZ

slondon7@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

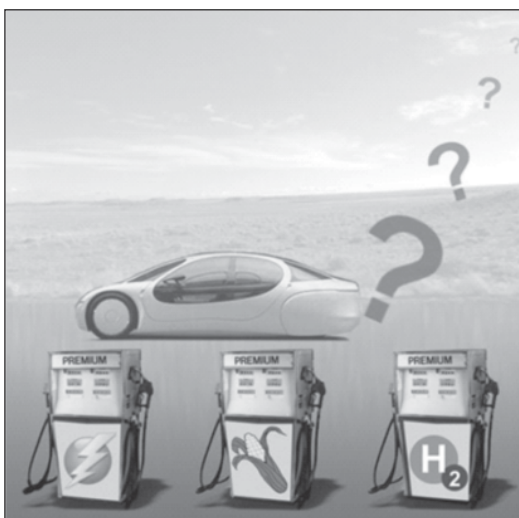
GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR PRINCIPAL

LUÍS ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

SECTOR BENEFICIADO

SECTOR AUTOMOTRIZ



RESUMEN

El presente artículo muestra la aplicación del método prospectivo MIC MAC¹ y la elaboración de un plan estratégico a partir de los resultados obtenidos, para el posible posicionamiento de un combustible alternativo para automóviles en Colombia.

Se presentan los principales resultados que son la base para el análisis del proyecto, estos son: los resultados del instrumento 1, los mapas arquitectónicos de relación directa e indirecta y el análisis de las variables en el tiempo. Posteriormente se concluye sobre los principales resultados.

ABSTRACT

This paper presents the application of the MIC MAC foresight method and the development of a strategic plan from the results obtained for the positioning of an alternative fuel for automobiles in Colombia.

The main results are the basis for the analysis of the project, these are: Instrument 1, direct and indirect architectural maps and the analysis of the variables in time. Subsequently concludes on the main results.

PALABRAS CLAVE

Combustibles alternativos, métodos prospectivos, planeación estratégica tecnológica, impacto ambiental, fuente renovable, biodiésel, etanol, electricidad, gas natural, hidrógeno, MIC MAC.

KEY WORDS

Alternative fuels, foresight methods, technology strategic planning, environmental impact, renewable source, biodiesel, ethanol, electricity, hydrogen, natural gas, MIC MAC.

¹ Matriz de impactos cruzados-Multiplicación aplicada a una clasificación.

INTRODUCCIÓN

La energía que entregan los combustibles es necesaria para la vida, en una u otra de sus muchas formas el ser humano la utiliza cada día, proporciona fuerza, calor y luz, permite que las industrias y la maquinaria funcionen para generar los bienes que utiliza.

Una gran parte de la energía se utiliza para el transporte, donde los combustibles más significativos son los provenientes del petróleo. La dependencia, contaminación, la inestabilidad del precio y la disminución de las reservas de petróleo son factores determinantes que motivan numerosos estudios e investigaciones sobre combustibles alternativos.

La búsqueda de fuentes energéticas alternativas para los automóviles, es el principal reto al que se enfrenta la industria automotriz a nivel mundial. El desarrollo de nuevas energías alternativas es la principal preocupación del sector, a la que se suma la producción de vehículos de bajo costo con el fin de satisfacer la creciente demanda de estos productos.

Las aplicaciones prospectivas permiten la elaboración de escenarios futuros a partir de las opiniones de expertos en los temas de estudio, estos escenarios se identifican mediante la aplicación de métodos prospectivos, para el desarrollo de este proyecto se utiliza el análisis de impactos cruzados MIC MAC.

COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

Los combustibles alternativos son aquellos que por sus propiedades físicas y químicas son menos contaminantes que la gasolina convencional. Es decir, las emisiones resultantes de la combustión contienen menos hidrocarburos, son menos activos en la formación de ozono y tienen menor toxicidad.

Los diferentes combustibles alternativos con sus principales características y propiedades se investigan con el fin de identificar las variables más relevantes para el posicionamiento de un combustible.

FIGURA 1
Combustibles alternativos

Combustible	Descripción
Biodiesel	Combustible renovable que se puede obtener principalmente a partir de aceites vegetales, animales, así como de aceites reciclados.
Etanol	Un compuesto líquido, que se obtiene a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales y biomasa. Posee un alto octanaje lo que ayuda a prevenir que el motor realice una mala combustión.
Electricidad	Es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros.
Gas natural	Es una mezcla de hidrocarburos, compuesta principalmente por metano (CH ₄), que en condiciones atmosféricas se presenta en forma gaseosa. Es un combustible fósil.
Hidrógeno	El elemento más simple y más abundante en el universo. Rara vez se encuentran solo en la naturaleza, por lo general, se encuentra formando enlaces con otros elementos en compuestos. El hidrógeno no es un recurso sino un vector energético, es decir, un portador de energía.

APLICACIÓN PROSPECTIVA

El método de impactos cruzados es uno de los más completos para el análisis futurístico en el mediano y largo plazo, es de orden cualitativo, cuantitativo, temporal y probabilístico. Se sustenta en ideas de expertos, quienes se seleccionan de forma cuidadosa para lograr un resultado satisfactorio. Se les considera a los métodos de impacto cruzado como unos de los de mayor nivel científico siempre que se apliquen de la forma correcta y se acuda a los expertos indicados. El análisis del MIC MAC permite establecer la jerarquía y definir la secuencia lógica de las acciones que se deben tomar.

FIGURA 2
Esquema de desarrollo del método



La determinación de las variables iniciales se hace a partir de la información recopilada en el sobre los combustibles alternativos, donde por medio de las características principales de cada uno se identifican los aspectos más relevantes y se visualizan las variables generales que los impactan a todos. Además se habla con algunos conocedores y entusiastas del tema que aportan sus ideas para esta primera etapa. Como resultado de esta se obtienen 20 variables.

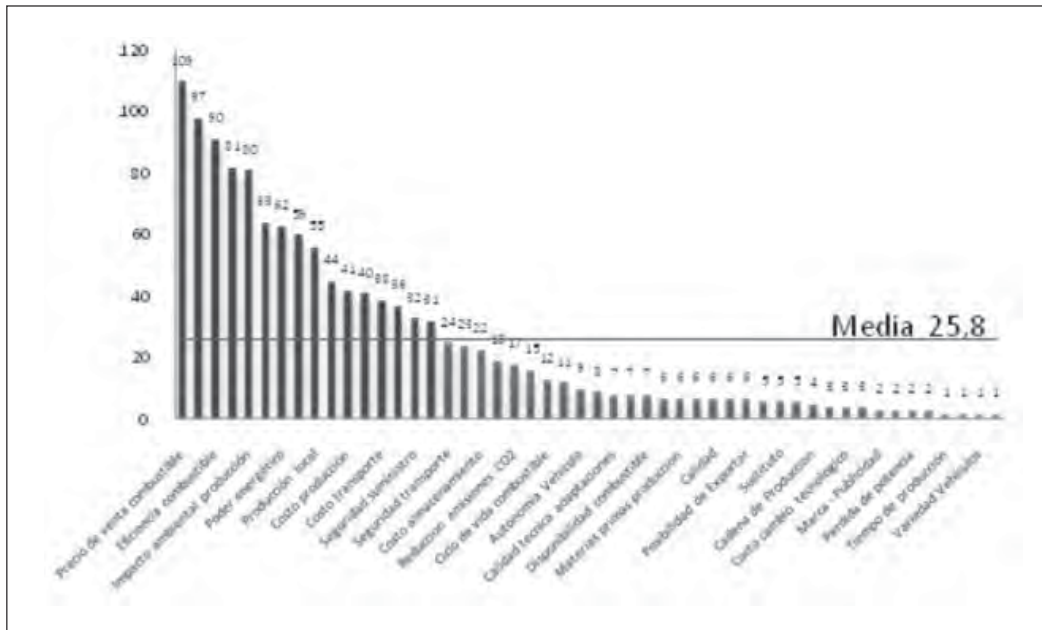
El instrumento 1 se lleva a cabo en varias etapas, inicialmente se eligen 40 personas con conocimiento sobre el tema, se les solicita a estas que seleccionen de las 20 variables identificadas al menos cinco de ellas que consideren importantes en el posicionamiento de un combustible en Colombia y se les pide el favor de aportar otras que consideren relevantes para el estudio.

Una vez obtenidos los resultados de estos primeros 40 instrumentos se procede a calcular el tamaño de la muestra con el fin de obtener datos que sean representativos de la población. Determinado el tamaño de la muestra se procede a realizar el instrumento 1 a las personas faltantes para completar el tamaño de la muestra.

La segunda herramienta consiste en evaluar mediante una matriz, las influencias de unas variables sobre otras a partir de la opinión de los expertos.

La matriz inicial de resultados de impactos se obtiene del cálculo del promedio de las respuestas de impactos de todas las personas que responden el instrumento 2.

FIGURA 3
Resultados instrumento 1



Los valores de motricidad (movilidad o capacidad de una variable de incidir a futuro sobre otra) y dependencia (incidencia que puede recibir una variable de otra con alto grado de motricidad, puede decirse también del grado de sensibilidad de una variable al ser impactada por otra) directa de cada variable se estiman a partir de la matriz de relación directa.

Los valores de motricidad y dependencia de orden indirecto se obtienen elevando la matriz de relación directa a la mayor potencia posible. La multiplicación por potencias altas, garantiza la estabilidad en el tiempo de los valores de motricidad y dependencia de cada una de las variables.

La representación de los valores de motricidad y dependencia que adquieren las variables a futuro se evidencian a partir de los mapas arquitectónicos contextuales de impacto directo y de impacto

indirecto, que se construyen con la suma de los valores horizontales de motricidad y los verticales de dependencia.

Es común que los resultados obtenidos en el mapa indirecto sean inesperados, porque es difícil aceptar que las variables independientes no tengan incidencia.

La aplicación del método muestra que el sistema presenta cinco variables con movimiento, fuente renovable pasa de ser motriz a ser de refuerzo, seguridad suministro pasa de ser independiente a de refuerzo, producción local pasa de ser de refuerzo a dependiente, emisiones pasa de ser dependiente a independiente e impacto ambiental producción pasa de ser dependiente a de refuerzo. A partir de estos resultados se determina que el sistema es dinámico, es decir, que presenta cambio de su estado actual con el transcurso del tiempo.

FIGURA 4
Mapas arquitectónicos

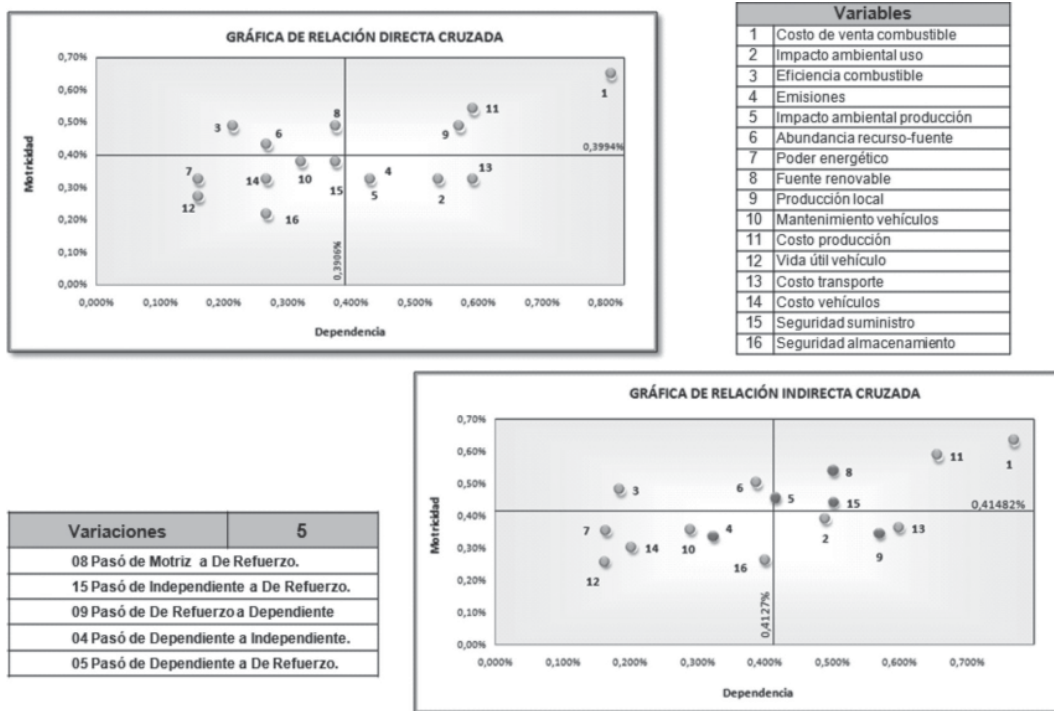
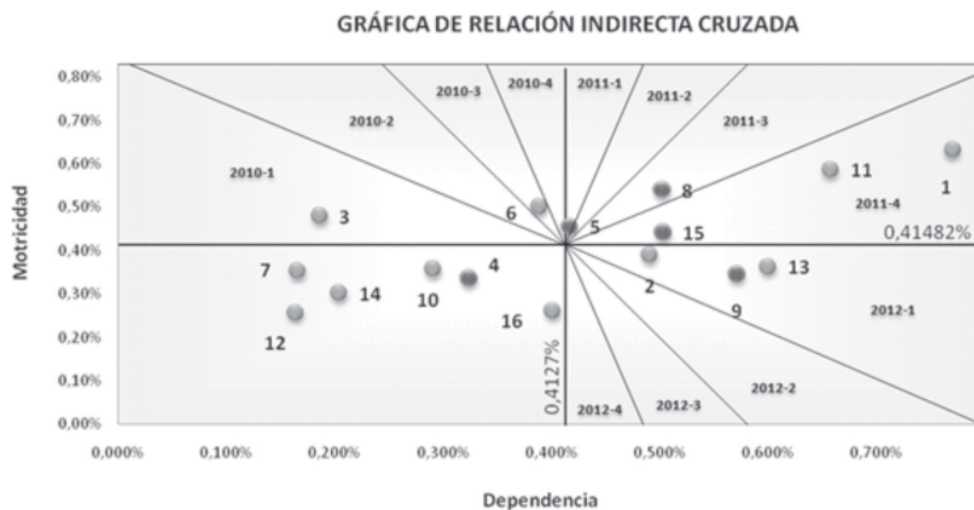


FIGURA 5
Análisis de las variables en el tiempo



La acción temporal del análisis estructural de impacto cruzado se interpreta al leer del mapa arquitectónico indirecto los cuadrantes de variables motrices, luego las de refuerzo y por último las dependientes en el intervalo de tiempo estipulado, en este caso tres años porque es un estudio prospectivo a más de 10 años se recomienda repetirlo cada tres para ver la evolución del sistema.

CONCLUSIONES

El plan estratégico que resulta de la aplicación del método MIC MAC se desarrolla a partir de los resultados obtenidos que se muestran en el mapa arquitectónico indirecto y en la figura del análisis de las variables en el tiempo. Este plan debe iniciar con la búsqueda exhaustiva de combustibles que sean muy eficientes, haciendo especial énfasis en la tecnología que se emplea para su utilización, esto se debe a que esta variable es fuertemente influyente sobre las demás, especialmente sobre: los efectos ambientales de su uso pues garantizar una alta eficiencia conlleva a disminuirlos considerablemente, y el impacto sobre la economía de los usuarios ya que si el combustible es más eficiente se gasta menos dinero por distancia recorrida.

Luego se profundiza en buscar un combustible cuya materia prima sea abundante, esta también es una variable de alta incidencia sobre las demás, principalmente sobre el precio de venta del combustible ya que si hay mucha demanda y poca oferta el precio se incrementa. Las dos variables anteriores, eficiencia combustible y abundancia recurso fuente, son las de mayor influencia sobre el sistema, estas se consideran las variables de entrada y son las que requieren atención en el corto plazo.

Una vez se realizan las acciones sobre las variables motrices, se deben centrar los esfuerzos en disminuir y controlar el impacto ambiental de la producción con el fin de hacer viable ambientalmente el combustible, debe buscarse que la materia prima provenga de una fuente renovable con el fin de evitar escases en las reservas y por ende aumento en el precio de venta del combustible.

Posteriormente se debe enfocar las acciones en garantizar la seguridad del suministro porque

afecta directamente la seguridad del usuario y normalmente se tiende a pasar por alto debido a que en la actualidad se encuentra muy estandarizada, vigilando cuidadosamente los costos de producción para poder garantizar un precio de venta competitivo al consumidor final.

El impacto ambiental de la producción, fuente renovable, seguridad suministro, costo producción y precio de venta combustible, son las variables de reflejo o de refuerzo, estas son de alta motricidad y de alta dependencia lo que las convierte en variables inestables para el sistema, también se consideran como de enlace porque son las que se deben desarrollar entre las variables de entrada y las de salida. Son las que requieren atención en el mediano plazo.

La etapa final del plan estratégico consiste en llevar control y estricta medición sobre los efectos que generan en el ambiente por la utilización del combustible, se debe buscar que este efecto sea lo más bajo posible, para lo que es necesario que el combustible y la tecnología que lo use sean eficientes y que existan normativas rigurosas. Un bajo costo en el transporte depende en gran medida del tipo de combustible y sobretodo de que se pueda producir localmente, esta variable es de gran importancia porque mejora las condiciones económicas del país y lo hace más competitivo, además contribuye a tener un precio más favorable para los consumidores.

El impacto ambiental del uso, el costo de transporte y producción local, son variables dependientes, estas se influyen por las variables motrices y de refuerzo. Son consideradas como las de salida del sistema por lo tanto estas deben ser vigiladas constantemente y requieren atención en el largo plazo.

Las variables, emisiones, poder energético, mantenimiento vehículo, vida útil vehículo, costo

vehículo y seguridad almacenamiento, son las variables independientes, en general no afectan al sistema, no son influenciadas por otras, al no tener ni motricidad, ni dependencia. En este instante estas variables se consideran importantes sin embargo la aplicación del método muestra que a futuro no son tan relevantes.

El panorama mundial muestra que a corto plazo se prevé la introducción de los vehículos híbridos (gasolina electricidad), y el auge de los biocombustibles, sin embargo se proyecta que a mediano plazo haga su entrada al mercado los vehículos eléctricos, impulsados por las grandes compañías automotrices, posteriormente a largo plazo se evidencia la presencia del hidrogeno, cada una de estas etapas depende mucho de la cantidad de investigación y desarrollo y la posibilidad de producción masiva que puedan tener estas alternativas.

El caso específico de Colombia difiere un poco de lo anteriormente descrito, se muestra bastante probable un escenario en el que a mediano plazo se implementen los biocombustibles debido a la capacidad del país para su producción, mientras que a largo plazo se ve que se puede establecer la electricidad como principal abastecedor de energía para los vehículos porque el país tiene un gran potencial como productor de energía eléctrica debido a sus variados y abundantes recursos naturales.

Las posibilidades anteriormente mencionadas, están sujetas a los cambios que se puedan presentar en el mundo y en gran medida dependen de las direcciones que decidan tomar las grandes empresas automotrices, las cuales están muy influenciadas por las reglamentaciones y las ayudas gubernamentales de los países, especialmente de los desarrollados.

BIBLIOGRAFÍA

BIOD@. 2003. Programa estratégico para la producción de biodiesel - Combustible automotriz a partir de aceites vegetales. Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas. [En línea] 14 de Enero de 2003. [Citado el: 9 de Febrero de 2009.] <http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Capitulo%200.pdf>.

ELECT@. 2009. Electricidad. Wikipedia. [En línea] 2009. [Citado el: 19 de Mayo de 2009.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Electricidad>.

ETAN@. 2001. Tecnologías y combustibles alternos - Ficha Técnica: vehículos etanol. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. [En línea] 3 de Mayo de 2001. [Citado el: 4 de Febrero de 2009.] <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/etanol.pdf>.

EUP@. 2008. Las fuentes de energía alternativas, el principal reto del sector de la automoción, según un estudio. El Economista. [En línea] 8 de Enero de 2008. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] <http://www.economista.es/mercados-cotizaciones/noticias/341446/01/08/Economia-Motor-Las-fuentes-de-energia-alternativas-el-principal-reto-del-sector-de-la-automocion-segun-un-estudio.html>.

GNV@. 2008. Ficha técnica: Gas natural. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. [En línea] 2008. [Citado el: 9 de Febrero de 2009.] http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/gas_natural.pdf.

Godet, Michel. 1999. De la anticipación a la acción. [ed.] Alfaomega. Santa Fe de Bogotá: s.n., 1999. ISBN 958-682-004-1.

HYDG@. 2009. What is hydrogen? Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Enero de 2009.] http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen_what_is.html.

Montes, Consuelo y Hernández, Gildardo. 1998. Combustibles alternativos. 1998, 17.

Mora, Gutiérrez Luis Alberto. 2009. Pronósticos de demanda e inventarios. [ed.] AMG. Medellín: s.n., 2009. ISBN 978-958-44-0233-2.

INSPECCIÓN Y DEFORMACIÓN EN LÁMINA METÁLICA

ANDRÉS FELIPE VALENCIA CARDONA

avalen23@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

CHRISTIAN YAIR BEDOYA PARRA

cbedoyap@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

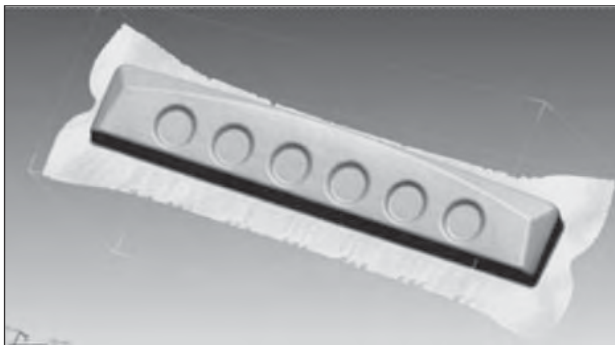
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

CARLOS RODRÍGUEZ ARROYAVE

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

En este artículo se explica cómo llevar a cabo un análisis de deformación en laminas metálicas después de un proceso de conformado como lo son el embutido, plegado, repujado entre otros. El estudio se realizó con dos de las metodologías existentes para este proceso que son la tecnología óptica de reconstrucción de malla por puntos, y la tecnología de escaneo láser.

ABSTRACT

This article explains how to make a deformation analysis of sheet metal after forming processes such as the drawing, emboss, bending, among others. The study was done with two of the existing methodologies for this process that are mesh optical reconstruction of points technology and laser scanning technology.

PALABRAS CLAVE

Lamina o chapa metálica, malla, ARGUS, Handyscan, nube de puntos, deformación, esfuerzos.

KEY WORDS

Sheet metal, mesh, ARGUS, Handyscan, cloud points, deformation, stresses.

INTRODUCCIÓN

La chapa metálica es uno de los procesos más importantes en los productos semiacabados usados en la industria metalmeccánica, y en la tecnología de la conformación de láminas metálicas es sin embargo una de las disciplinas ingenieriles más importantes dentro de la ingeniería mecánica. Básicamente en el conformado de chapas metálicas es la conversión de una lámina metálica plana en un producto con una forma deseada sin defectos como la fractura o el adelgazamiento excesivo en una determinada zona.

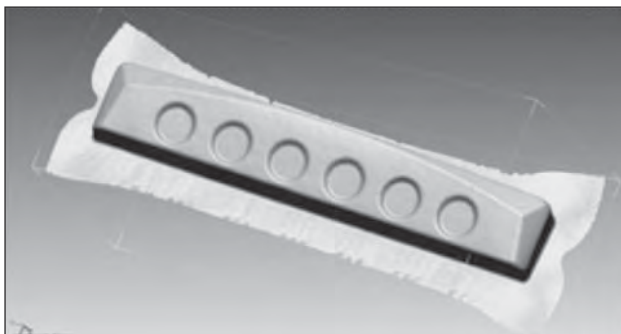
Los productos realizados por procesos de conformado de lámina metálica incluyen una gran variedad de formas y tamaños. En la industria del sector metalmecánico se pueden encontrar productos de este tipo en casi cualquier parte, como en el caso del sector automotriz, aeroespacial, hasta productos para el hogar y oficina como por ejemplo escritorios y cocinas.

En la industria, las empresas deben estar a la vanguardia en los tipos de tecnologías que se emplean para la medición y comprobación de la calidad de sus productos. En la actualidad existen una gran variedad de sistemas tecnológicos de digitalización por medio óptico o por escaneo laser, los cuales se están implementando mucho en la industria metalmecánica para el análisis e inspección de la concentración y distribución de esfuerzos y la plasticidad del material en los procesos de transformación o conformado de la lámina metálica.

DESARROLLO

Para llevar a cabo el análisis de deformación de lámina metálica, primero se deben estudiar los métodos y el software que se utilizan en estos procesos.

FIGURA 1
Pieza de lámina metálica



TECNOLOGÍA ARGUS

Este es un equipo de medición óptico que proporciona coordenadas 3D de la superficie de una pieza, esfuerzos mayores y menores y las variaciones del espesor de las láminas a lo largo de la pieza. ARGUS trabaja leyendo puntos o círculos impresos en la lamina antes del proceso de conformado utilizando métodos de grabado electro-químico o foto-químico. (Optical Measuring Techniques, 2009)

Ventajas a la hora de emplear un proceso de inspección de lámina metálica con el equipo ARGUS:

- Fácil detección de las áreas de deformación crítica en una pieza, resolviendo problemas complejos de conformado de lamina metálica con la aplicación de simulaciones numéricas.
- El análisis de conformado de lámina metálica por este método proporciona:
- Fácil y rápida medición de piezas grandes y pequeñas utilizando alta calidad en la densidad del escaneado de los puntos.

Proceso de análisis de esfuerzo y deformación en lamina metálica con el equipo ARGUS

El equipo ARGUS es un sistema de medición por tecnología óptica, es decir, para realizar el proceso de inspección se basa en la captura de imágenes por medio de una cámara de alta definición, la cual procesa la información obtenida en un sistema de coordenadas que posteriormente será empleado para realizar la reconstrucción de la malla de la pieza analizada.

El proceso para llevar a cabo un análisis de lámina metálica con el equipo ARGUS es el siguiente:

- Preparación de la pieza a trabajar.
- Selección del ambiente de trabajo.
- Preparación del software del equipo.
- Preparación del equipo y captura de imágenes.
- Reconstrucción de la malla.
- Análisis de la malla.
- Importar modelo 3D (modelo CAD).
- Importar el archivo del escaneo.
- Aplicar whole deviation, que analiza la desviación entre los dos modelos.
- Aplicar thickness deviation, que analiza el cambio en el espesor del modelo.
- Análisis de sección.
- Generar el reporte.

TECNOLOGÍA DE ESCANEO LASER HANDYSCAN

Se comienza con la digitalización de una pieza de lámina metálica previamente conformada mediante un troquel y una matriz. Los pasos para llevar a cabo este proceso son los siguientes:

- Preparación de la pieza.
- Calibración del escáner.
- Optimizar sensores.
- Reconocer Targets.
- Escaneo de la pieza.
- Eliminación de ruido.
- Exportar el archivo.

El archivo generado debe ser procesado con el software Rapidform XOR con el fin de reconstruir y optimizar la nube de puntos generada por el escáner. El paso siguiente es proceder con el análisis de deformación y desviaciones por medio del software Rapidform XOV el cual compara el archivo de la pieza escaneada con un modelo CAD de esta misma.

El proceso para llevar a cabo el análisis de deformación y desviaciones por medio del software Rapidform XOV es el siguiente:

CONCLUSIONES

Es muy importante realizar procesos de análisis e inspección en la industria del sector metalmeccánico, especialmente en el de la chapa metálica, ya que cuando la lámina se somete a un proceso de transformación como el estampado o el embutido, no se tienen en cuenta varios parámetros o factores que son de vital importancia a lo largo del proceso como el límite de fluencia del material, la distribución y concentración de esfuerzos, el estado de recuperación del material, entre otros; que afectan cuando se obtiene la pieza final.

Actualmente existe una gran variedad de tecnologías enfocadas en la medición de la concentración y distribución de esfuerzos y la plasticidad a lo largo de una pieza de lámina metálica conformada, los cuales están orientados para la optimización de los procesos de la transformación de esta misma. Los sistemas tecnológicos más reconocidos a nivel mundial para este tipo de análisis son los equipos de medición óptica y de escáner laser como los son el ARGUS y el Handyscan.

Se estudió con éxito el software de medición óptico del equipo ARGUS para lograr llevar a cabo el estudio de una pieza conformada de lámina metálica. El equipo y su respectivo software son muy complejos de operar, y su proceso consta de

muchas operaciones cruciales para el momento del análisis. Luego de varios intentos y pruebas se obtuvieron buenos resultados para con el equipo.

Los sistemas tecnológicos de medición óptica dependen de una gran variedad de parámetros a ser considerados para lograr un buen análisis, es decir, para ello se debe tener en cuenta la selección del ambiente de trabajo en el cual la luz juega un papel muy importante, ya que si hay exceso y/o ausencia de esta, este tipo de equipos no logran registrar y procesar la información requerida y pertinente para la inspección.

Se logró estudiar el equipo de medición laser (Handyscan) y su respectivo software (Vxscan), de los cuales se pudo apreciar que el proceso de escaneado y mallado de una pieza es un poco más flexible y más amigable para el usuario, lo cual es un aspecto a favor debido a que los tiempos de digitalización pueden ser menores con respecto a los sistemas tecnológicos de medición óptica.

En el área de reconstrucción de una malla o nube de puntos, el software Rapidform XOR y XOY son una excelente herramienta para este tipo de procesos, debido a su gran variedad de operaciones automatizadas que le ayudan al usuario a ahorrar tiempo en procesos que suelen ser arduos y ofrecen resultados muy confiables en los estudios de deformación y desviación de piezas basándose en la comparación de un modelo físico con respecto a un modelo CAD.

Uno de los factores que más afectan a los sistemas tecnológicos de digitalización tanto ópticos como de escaneo laser, es la superficie reflectante de la pieza conformada, por lo que para lograr una buena medición y obtener los resultados esperados en el análisis, la chapa o lamina debe ser tratada mediante el opacamiento de su superficie, ya sea con la aplicación de productos sobre esta o por medio del control y ajuste de la luz.

BIBLIOGRAFÍA

(2007). ARGUS User Manual.

Carrasco, V. (2004). Tecnología Mecánica II. Recuperado el 10 de 9 de 2009, de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II>.

Creaform. (2007). Handyscan User Manual.

Creaform3D. (2009). Recuperado el 2 de 8 de 2009, de <http://www.creaform3d.com/en/handyscan3d/software/vxscan.aspx>.

Interempresas. (2008). Recuperado el 10 de 9 de 2009, de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=21245>.

Lurman, L. (2008). Estampación de Chapa Metálica. Buenos Aires.

Joshi, A. M. (2006). Strain studies in sheet metal stampings.

Modern Machine Shop. (2006). Recuperado el 10 de 9 de 2009, de www.mmsonline.com.

Molinero, C. (1 de Abril de 2005). Interempresas. Recuperado el 15 de 9 de 2009, de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=10300>.

Optical Measuring Techniques. (2009). Recuperado el 15 de 10 de 2009, de www.gom.com

Rapidform. (2009). Recuperado el 15 de 7 de 2009, de www.rapidform.com

Rapidform Success. (2009). Recuperado el 22 de 9 de 2009, de www.rapidformsuccess.com

VIALUX. (2008). Recuperado el 01 de 9 de 2009,
de www.vialux.de

Vilar, F. (2006). Interempresas. Recuperado el 2
de 10 de 2009, de [http://www.interempresas.net/
MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=12110](http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=12110).

Xu, Y. (2006). Modern Formability. Cincinnati:
Hanser Gardner Publications.

ESTUDIO DE PREVIABILIDAD DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL CULTIVO DE JATROPHA QUE SE UTILIZA PARA LA EXTRACCIÓN DE SU ACEITE VEGETAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

SEBASTIÁN VEGA VEGA

svegaveg@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR PRINCIPAL

DAVID COCK BOTERO

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

Los actuales precios del petróleo generan un interés por nuevas alternativas de combustibles, como el biodiesel.

La planta *Jatropha curcas* es una fuente abundante de aceite vegetal no comestible, por lo cual no genera competencia con el sector alimenticio. Los frutos de la planta tienen entre 30% y 40% de aceite el cual es extraído de forma mecánica a través de prensa hidráulica. La *Jatropha* es una especie muy resistente a el terreno de baja calidad nutritiva y a las sequías extremas entrando en un estado latente hasta que las condiciones del clima mejoren para dar su producción de frutos.

Se estima que la producción de frutos de la *Jatropha* en condiciones de baja tecnología en su cultivo, sea de hasta 2.75 toneladas por hectárea, por lo cual un cultivo tradicional no es viable económicamente para la extracción del aceite vegetal. Según algunos autores, la planta es potencialmente productiva si su cultivo se hace con la última tecnología en producción agrícola, como lo es el riego, manejo de fertilizantes, prácticas adecuadas de manejo de plántulas y de siembra.

Se investigó el tema de cómo mejora la producción agrícola el riego y la fertilización del suelo, siendo este punto el más importante para sacar buenos rendimientos. Se hizo énfasis en la recolección de información de sistemas de riego, escogiendo el más adecuado para este tipo de cultivos, el pivote central.

El diseño de pivotes centrales se describió paso a paso, con el ejercicio de un sistema para el proyecto formulado de 50 hectáreas, área por excelencia para modular lotes de producción agrícola de alta tecnología.

Finalmente por medio de un modelo económico a 12 años se establece la rentabilidad del cultivo de *Jatropha* utilizando un pivote central, fertilización total del suelo, y mano de obra local para hacer las labores del cultivo previamente investigado. El modelo económico tiene la característica de sensibilidades de cada uno de los rubros del proyecto haciendo posible identificar su importancia y las consecuencias si su monto se modifica dentro de la TIR y el VPN.

ABSTRACT

The actual oil prices generate an interest for new alternatives for fuel, like biodiesel.

The *Jatropha curcas* is an abundant source of vegetable oil which is toxic for humans and animals, this condition makes it favorable between other oil plants because it does not compete with the food business. The fruit has between 30% and 40% of oil content, and it is extracted by mechanical methods using a press. The *Jatropha* plant is a very resistant species to lack of water and nutrients in the soil, so it hibernates when it has no water, maintaining itself a live until the rain comes to give its fruits.

It is an estimate that the fruit production by the *Jatropha curcas* plant under low technology cropping gives a yield up to 2.75 metric tons by hectare, and this is the reason why this type of crop under no technology is not economically feasible for its vegetable oil extraction. According to some studies the plant is potentially productive if the crop is planted with high technology on agriculture production, using irrigation and fertilizer, adequate plant nursering and planting techniques as the most effective way of making the plant's yield all its potential.

The irrigation and the soil fertilizing techniques have been investigated thoroughly as they are

the critical part for better yields. The investigation has been emphasized on the irrigation part for choosing the most effective way of irrigation for this particular plant in monocrop, choosing the center pivot as the best way of irrigation out there.

The center pivot design procedure is described step by step, as an example it was designed the system for formulated project of 50 hectares, the best area for modulation of plots in agriculture production with technology.

Finally by presenting an economic model for 12 years, it is established the profitability of the *Jatropha curcas* crop using a center pivot, total fertilization of the soil and local labor for handling the crop previously investigated. The economic model has the feature that is sensitive on each one of the amounts required for the investment in the project making possible identify its importance and the consequences if that particular amount is modified showing the variation on the NPV and TIR.

PALABRAS CLAVE

Productividad, rendimiento de energía, precio, análisis de sensibilidad, TIR y VPN.

KEYWORDS

Productivity, energy efficiency, price, sensibility analysis, TIR y NPV.

INTRODUCCIÓN

El biodiesel es una fuente de energía limpia, renovable, de calidad y económicamente viable, que además contribuye a la conservación del medio ambiente, por lo que representa una alterativa a los combustibles fósiles.

El biodiesel y el bioetanol son dos tipos de combustibles cuyo uso, en sustitución de las

fuentes fósiles, ayuda a reducir los niveles de concentración de CO₂ en la atmósfera. Además, al tratarse de productos 100% biodegradables, que no generan residuos tóxicos ni peligrosos, no aumenta los ya de por sí contaminados suelos.

El aceite es destinado para la producción de biodiesel, así como la elaboración de jabones.

El biodiesel puede ser extraído de aceite vegetal usado o virgen, puede ser de consumo humano o no consumible por humanos. El proceso se llama trans-esterificación, el producto es un sustituto del combustible diesel derivado del petróleo y no es necesario hacer modificaciones a motores para ser utilizado en una mezcla con el diesel mineral de hasta el 20% de biodiesel, y se requiere de pequeñas modificaciones en los motores cuando se usa en mezclas de mayor porcentaje.

ANÁLISIS DEL ENTORNO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

En cuanto a la industria del biodiesel en el país, se tiene una fuente que ha estado cultivándose desde la segunda mitad del siglo XX en Colombia, es la palma africana.

Actualmente se tienen unas 165.000 has distribuidas en el departamento del Magdalena, Cesar, Atlántico, Guajira, Santander, Cesar, Bolívar, Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá y Nariño (FEDEPALMA@,2008).

A partir del 2008 los automotores comienzan a utilizar biodiesel como una manera de reducir la contaminación ambiental en Colombia. El parque automotor pesado, compuesto por unos dos millones de vehículos entre camiones, tracto mulas buses y camionetas, es el objetivo del biocombustible. Esta medida empieza a tomarse en cuenta con una proporción del 5% de biodiesel con el 95% de diesel tradicional. El uso de esta

mezcla es obligatorio a partir de marzo del 2008 (MINISTERIO DE MINAS@,2008).

Uno de los objetivos primordiales para la producción de biodiesel es la importación de combustible diesel, que representa el 6% del consumo nacional y cuyo costo es de US\$ 56 millones al año.

Según la producción que estima Fedepalma para finales del 2008, se tendría suficiente biodiesel para mezclar al volumen que se comercializa un 6% de biodiesel.

Para el 2010 Colombia tiene una mezcla aprobada del 10% de biodiesel con un 90% de diesel tradicional (FEDEPALMA@,2008).

La información anterior garantiza que el mercado Colombiano esta ávido de productos que generen biodiesel para la mezcla en el país, y potencialmente para la exportación.

LA PLANTA JATROPHA CURCAS

Por definición, esta planta es un árbol pequeño, o un arbusto grande el cual puede llegar a una altura máxima de 5 metros. La planta muestra un crecimiento articulado, con morfología discontinua en cada incremento. La inactividad de la planta puede ser inducida por falta de agua, baja temperatura o falta de luz. Las ramas contienen látex. Normalmente se forman cinco raíces de la germinación de la semilla, una central y 4 periféricas. Posee de 5 a 7 hojas de lóbulo bajo de una longitud y ancho de 6 a 15 cm que están posicionadas alternadamente. Sus flores son unisexuales ocasionalmente hermafroditas. La polinización de la planta se hace mediante insectos por lo cual no se pueden aislar en viveros.

Respecto a las semillas que es la parte que contiene el aceite están dentro del exocarpo que se mantiene fresco hasta que las semillas están maduras, estas son de color negro de 2cm de longitud y 1cm de espesor (Heller, 1996, 10).

FIGURA 1
Planta *Jatropha curcas*



a. Rama florecida, b. Corteza, c. Hoja, d. Pistilo,
e. Flor con stamina, f. Corte transversal de fruto inmaduro,
g. Frutos, h. Corte longitudinal de frutos.

Fuente: (Heller, 1996, 11)

El crecimiento de la planta es dependiente de la fertilidad del suelo y el agua disponible, especialmente lo último. La producción de flores y frutos responden a la cantidad de agua y nutrientes. Un nivel pobre de nutrientes va a generar un porcentaje alto de abortos en la producción de frutos (Gubitz, 1997, 18).

Es importante mantener la fertilidad del suelo, que es contrario a lo publicado en otros documentos, si el objetivo del cultivo es la producción de aceite, muchas publicaciones hablan que la planta no necesita suelos de óptima calidad, y es cierto, la

planta no muere, necesita al menos 200mm de lluvia al año, y en estaciones secas, o en épocas de sequía extrema bota las hojas y entra en un estado latente (Openshaw, 2000, 5).

Los subproductos obtenidos después del procesamiento de la fruta, o nuez, se llaman “torta”, estos son ricos en nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) y pueden ser utilizados como mejoradores de suelos. Esto es en forma de fertilizante, ya que esta no es comestible para los animales. De esta manera se ahorra costo de fertilizante al cultivo reutilizando la torta de *Jatropha*. Sin embargo, la *Jatropha* no es una planta fijadora de nitrógeno por lo cual se necesita apoyar el cultivo con fertilizantes químicos (Singh, 1996, 27).

Se debe realizar un estudio completo y claro acerca de la producción de fruta de la *Jatropha* por diferentes precipitaciones y nivel de nutrientes. Esta información es vital para los cultivadores y comercializadores de la fruta y su aceite para tener una idea clara de rendimientos esperados y retornos en su inversión, hasta el momento la documentación es escasa sobre este tema (Openshaw, 2000, 12).

En países como Zimbabwe, el fondo de investigación en agricultura (ART), por sus siglas en inglés, he hecho ensayos con diferentes plantas, de diferentes procedencias, lo que es vital para escoger la mejor clase de planta que se adapte al manejo y al ecosistema de dicho país. Este es el tipo de trabajo que hay que llevar a cabo en donde se quiera tener producción exitosa de la planta (Gubitz, 1997, 96).

Estudios iniciales revelan que de 2 a 2.5 Kg de semilla de *Jatropha* pueden contener 1 litro de aceite crudo. El departamento de Ciencia de la Universidad de Manila, confirma que estas semillas contienen el 38.6% de aceite (Conti, 2008,1).

FIGURA 2
Productividad de la planta sin irrigación

Toneladas Métricas por Hectárea por año Cultivo seco			
	Baja	Media	Alta
Año 1	0.10	0.25	0.40
Año 2	0.50	1.00	1.50
Año 3	0.75	1.25	1.75
Año 4	0.90	1.75	2.25
Año 5	1.10	2.00	2.75

JATROPHA WORLD@, 2007

FIGURA 3
Productividad de la planta con irrigación

Toneladas Métricas por Hectárea por año Cultivo Irrigado			
	Baja	Media	Alta
Año 1	0.75	1.25	3.50
Año 2	1.00	1.50	4.00
Año 3	4.25	5.00	6.00
Año 4	5.25	6.25	10.00
Año 5	5.25	8.00	15.00

JATROPHA WORLD@, 2007

**DETERMINACIÓN DE EQUIPOS Y
 TECNOLOGÍA NECESARIA PARA
 LA PRODUCCIÓN DE JATROPHA
 INDUSTRIALMENTE**

Los sistemas más importantes para la producción intensiva de Jatropha son los sistemas de riego por pivote central, los que permiten aplicar el agua y a la vez toda clase de fertilizantes y agroquímicos que necesite el cultivo para la obtención de su máximo rendimiento.

El pivote central gira alrededor de un punto de pivote, el cual está conectado a la tubería principal. La tubería lateral o secundaria se encuentra elevada por medio de una estructura en cercha y torres cada 50 metros aproximadamente, los aspersores están conectados directamente sobre la tubería secundaria. Las torres contienen un sistema motriz con ruedas que permite el movimiento del lateral alrededor del punto central.

FIGURA 4
Pivote Central irrigando algodón



Foto tomada por Sebastián Vega,
Montería, Córdoba 2009.

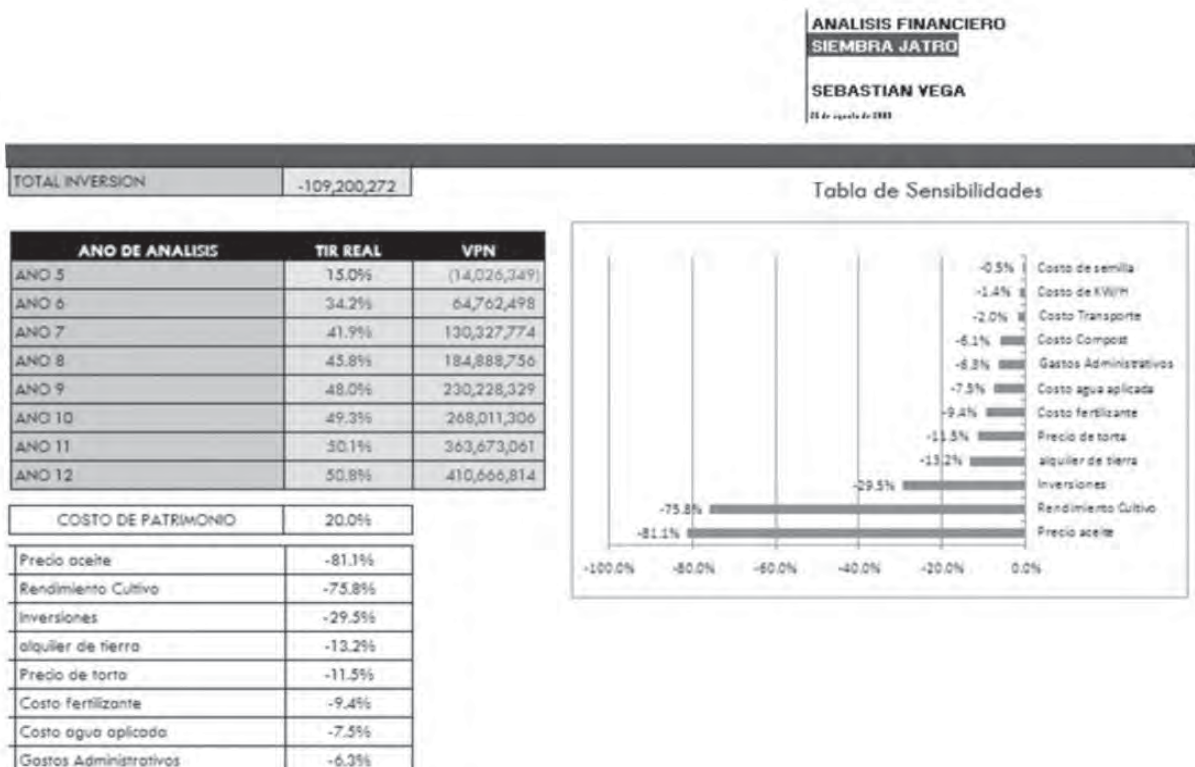
La tubería secundaria está compuesta por cuerpos, los cuales contienen una torre y se acoplan

en el otro extremo por medio de un acople flexible al otro cuerpo, lo que garantiza flexibilidad en el equipo para una operación segura. El sistema en su operación debe mantenerse en línea recta, dependiendo su sistema de traslación tiene un dispositivo mecánico que garantiza este estado (T-L Irrigation, Pivot Design Guide, 2009, 12).

ANÁLISIS FINANCIERO

A continuación se muestra la conclusión del análisis financiero con el cual se genera la tabla de sensibilidades, la cual nos muestra que en efecto las inversiones más costosas del proyecto son el pivote central y el mantenimiento del cultivo, lo cual se puede corroborar en las fuentes bibliográficas, y adicionalmente se muestra que para las condiciones iniciales del proyecto de 50 hectáreas se tiene una rentabilidad por encima de la tasa del inversionista a partir del año 6.

FIGURA 5
Análisis Financiero



CONCLUSIONES

El aceite de *Jatropha* tiene un gran potencial para convertirse en el aceite para la fabricación de biodiesel, por lo que no es comestible y su precio no compite con el del aceite de palma, utilizado ampliamente en la industria alimenticia.

El estudio económico nos muestra que el proyecto es una inversión a mediano plazo, por lo cual es necesario establecer muy bien los parámetros iniciales, porque cualquier variación repercute enormemente en el flujo de caja, cambiando así los el tiempo de retorno de la inversión.

Existen varias maneras de minimizar el costo de la mercancía vendida en el proyecto, y maximizar la utilidad, como estableciendo contratos de transporte, o negociando este con la planta procesadora del aceite.

El proyecto es totalmente modular, es decir, se puede replicar muchas veces, inclusive en el mismo predio, mediante la reinversión de la depreciación se puede comprar otro pivote central, y hacer otro modulo cerca al anterior, con lo cual se bajan gastos y se maximiza el uso de mano de obra entre otros costos.

Se deben tener en cuenta las variaciones de los diferentes escenarios para todos los rubros, de manera que se logre identificar coyunturas o bonanzas del negocio frente a diferentes estados del ambiente financiero en que el proyecto es participe.

Referente a los sistemas de riego, se recomienda tener en cuenta que existen otros equipos o sistemas de acuerdo a cada aplicación y tamaño de cultivo, siendo este el rubro de mayor incidencia en la primera etapa del cultivo.

Se recomienda analizar la producción de biodiesel a partir de *Jatropha* hasta su comercialización directa, lo cual aumentaría la rentabilidad del proyecto, analizando el tamaño del cultivo necesario para amortizar la inversión inicial.

Se recomienda realizar un nuevo estudio a partir de nuevas variedades de *Jatropha* que ofrecen mayor rendimiento en producción de semilla y porcentaje de aceite. Actualmente se están adelantando estudios de laboratorio para mejorar la especie.

Es de gran importancia para los países tropicales buscar fuentes de energía renovable para la operación del equipo de riego, entre ellas la energía solar fotovoltaica, que disminuiría sustancialmente los costos variables de funcionamiento del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

FALASCA, S y ULBERICH, A. 2008. Las especies del genero *Jatropha* para producir biodiesel en Argentina. Revista Virtual REDESMA. Bio-combustibles. Area Investigación. V2 (1) (2008). ISSN 1995-1078. La Paz. Bolivia.

GUBITZ, GM. Biofuels and industrial products from *Jatropha Curcas*. Proceedings from a symposium held in Managua, Nicaragua. Graz, Austria: Technical University of Graz. 1997. ISBN: 3704102423.

HELLER, Joaquim. *Physic Nut, Jatropha Curcas*. Promoting the conservational and use of underutilized and neglected crops. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) 1996. ISBN: 9290432780.

JONES N, Miller JH. *Jatropha Curcas: a multipurpose species for problematic sites*. Land Resources Series No. 1, Asia Technical

Department, Washington DC, USA, The World Bank, 1992.

MCCULLOCH, Allan W. and SCHRUNK, John F. Irrigation Fifth Edition, Irrigation Association, Falls Church, VA, USA, 2000.

T-L Irrigation, Pump, Power and Engineering Division Technical Manual, Dealer Book Series, Hastings, Nebraska USA, 2009.

JATROPHA PLANT@

Organización mundial de plantadores de Jatropha para producción de biodiesel – 2002 – Madrid, España - Disponible en: <http://www.jatrophabiodiesel.org>, Consultado en Noviembre de 2007.

ROYAL ENERGY@

Report of the committee on development of bio-fuel – 2007 – Mumbai, India - Disponible en: <http://www.royalenergy.co.in/Biodieselprojectwriteup.pdf>, Consultado en Noviembre de 2007.

INDUSTRIAL-IRRIGATION@

Industrial irrigation Co. John Deere engines distributor for Central Nebraska. – 2007 – Hastings, Nebraska, USA, Disponible en: <http://www.industrial-irrigation.com>, Consultado en Septiembre de 2007.

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL REEMPLAZO DE UN HORNO DE CURADO DE CONVECCIÓN FORZADA POR UN HORNO DE CURADO INFRARROJO EN UN TREN DE PINTURA ELECTROSTÁTICA

DIEGO ANTONIO JIMÉNEZ OSORIO

djimene5@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

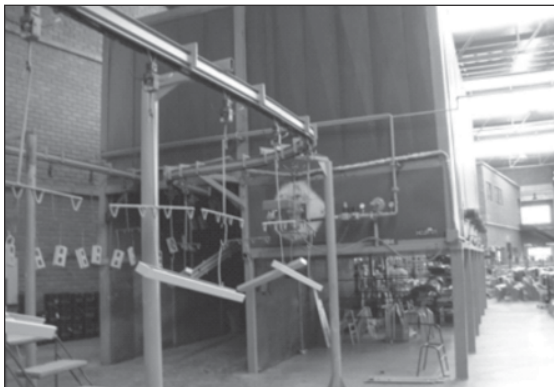
ASESOR PRINCIPAL

LUIS JAVIER ARANGO HOYOS

SECTOR BENEFICIADO

EMPRESA MUMA

MANUFACTURAS MUÑOZ S.A.



RESUMEN

La tecnología infrarroja presenta una buena alternativa para el curado de las pinturas electrostáticas respecto a las tecnologías tradicionales, ofreciendo un bajo consumo energético, bajas emisiones de CO₂, un aumento de la productividad, entre otras características.

El presente artículo expone la realización de un estudio de viabilidad técnico-económico que proporcione los beneficios técnicos y/o económicos existentes en la reposición de un horno de curado de convección forzada por un horno de curado infrarrojo en la empresa Muma Manufacturas Muñoz S.A.

ABSTRACT

Infrared technology provides a good alternative for curing powder coating respect to traditional technologies, providing low power consumption, low CO₂ emissions, increasing productivity, among other features.

This paper presents the realization of a techno-economic viability study that provides the existence of technical and/or economic benefices about the reposition of forced convection oven to infrared oven in Muma Manufacturas Muñoz S.A. Company.

PALABRAS CLAVE

Pintura electrostática, horno de convección forzada, horno infrarrojo, costos operacionales, productos no conformes, reproceso, flujo de caja de inversión, flujo de caja de operación, flujo de caja del proyecto, valor presente neto, periodo de recuperación de la inversión, estudio técnico, estudio económico.

KEY WORDS

Powder coating, forced convection oven, infrared oven, operational costs, non-conforming products,

reprocessing, investment cash flows, operational cash flows, project cash flows, net present value, payback period, technical study, economic study.

INTRODUCCIÓN

Los hornos de curado de pintura electrostática son equipos encargados de proporcionar el ambiente necesario para que se realice el proceso de polimerizado de la pintura. Este proceso busca fundir la pintura en un film homogéneo que tenga las características técnicas ofrecidas por el fabricante de la pintura como son: la resistencia al rayado, a la fricción, a los golpes, a la corrosión, a los ambientes salinos o húmedos, a los cambios de la temperatura, entre otras.

El proceso de curado se realiza en base a dos variables las cuales son: la temperatura de curado y el tiempo de residencia. Estos valores se encuentran en las curvas de curado que ofrecen los fabricantes de las pinturas (Proceso de curado@,2009).

El estudio de la viabilidad técnico-económico se realiza para dos alternativas de hornos infrarrojos que proponen dos empresas nacionales; la primera alternativa corresponde a un horno mixto infrarrojo y la segunda alternativa es un horno infrarrojo. Para cada alternativa se realiza un estudio técnico y un estudio económico.

La realización del estudio técnico esta orientado hacia la reposición del horno de curado de convección forzada por un horno infrarrojo. Para lo cual se elaboran unos criterios de evaluación que corresponden a las características técnicas que debe tener el nuevo horno infrarrojo, dichas características son calificadas mediante una matriz de evaluación realizada con el método cualitativo por puntos. Entre las dos alternativas, se selecciona la alternativa que mejor calificación presente.

El estudio económico se realiza sobre los flujos de caja del proyecto para las dos alternativas. Para lo cual se evalúa cada alternativa mediante dos criterios que son el valor presente neto VPN y el periodo de recuperación de la inversión PRI. Mediante estos dos criterios de evaluación, se determinan la viabilidad económica de ambas alternativas.

Los resultados de los estudios técnicos y económicos para cada alternativa, se confrontan en una matriz de evaluación desarrollada con el método cualitativo por puntos, que permite escoger la alternativa mejor calificada, involucrando aspectos técnicos y económicos. La alternativa seleccionada, es por lo tanto, la alternativa que presenta los mayores beneficios técnico-económicos para la empresa Muma Manufacturas Muñoz S.A.

DESARROLLO

Los estudios técnicos y económicos se realizan para las dos alternativas de hornos infrarrojos que proponen dos empresas nacionales. La primera alternativa es un horno mixto infrarrojo que se conforma por dos zonas; una zona infrarroja compuesta por 32 paneles infrarrojos y una zona de convección forzada constituida por un quemador de gas. La segunda alternativa es de un horno infrarrojo conformado por 24 paneles.

ESTUDIO TÉCNICO DE LAS DOS ALTERNATIVAS DE HORNOS INFRARROJOS

El estudio técnico para las dos alternativas se elabora creando una matriz de evaluación mediante el método cualitativo por puntos. Esta matriz se construye de la siguiente manera: se crea una lista de las características técnicas más relevantes que debe tener el nuevo horno infrarrojo; se establece el peso de cada característica; se asigna una calificación para las características de cada alternativa; se multiplica los pesos y las características; por último, se suman las ponderaciones (MCP@,2009).

FIGURA 1

Matriz de evaluación del estudio técnico de las alternativas (Método cualitativo por puntos)

Característica técnica	Peso	Alternativa 1: Horno mixto infrarrojo		Alternativa 2: Horno infrarrojo	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Longitud del horno	0,1	6	0,6	10	1
Velocidad de la cadena	0,5	10	5	5	2,5
Vida útil de los paneles	0,2	8	1,6	10	2
Costos reposición paneles	0,2	10	2	4	0,8
TOTAL	1		9,2		6,3

El desarrollo de la matriz de evaluación de las alternativas permite determinar que la alternativa 1: Horno mixto infrarrojo, presenta las mayores características técnicas debido a que su puntuación es la más alta.

ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS DOS ALTERNATIVAS DE HORNO INFRARROJOS

Los estudios económicos de las dos alternativas se realizan sobre el flujo de caja del proyecto para ambas alternativas, este flujo de caja se construye con el flujo de caja de inversión y al flujo de caja de operación de cada alternativa. El flujo de caja de inversión para cada alternativa, presenta para el periodo de análisis (15 años), las inversiones que se realizan en el proyecto. El flujo de caja de operación muestra los ahorros anuales obtenidos y los costos de reposición de los paneles para cada horno infrarrojo.

Los criterios de evaluación utilizados para el análisis de las alternativas, son el valor presente neto (VPN) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI). La tasa interna de retorno (TIR) no se utiliza debido a que este criterio conduce al mismo resultado obtenido por el VPN (SAPAG, 253-256,2007).

Estudio económico de la primera alternativa: horno mixto infrarrojo

El diagrama del flujo de caja del proyecto para la alternativa 1: horno mixto infrarrojo, se ilustra en la Figura 2.

El valor presente neto VPN se calcula utilizando la función VNA en Excel. Esta función requiere de los siguientes argumentos: tasa de retorno del inversionista, que corresponde a 13% y los valores del flujo de caja del proyecto. El valor presente neto calculado para esta alternativa es de \$ 588.432.971 (VPN>0), lo que permite concluir que la alternativa 1, horno mixto infrarrojo es viable económicamente.

El cálculo del periodo de recuperación de la inversión (PRI) para el horno mixto infrarrojo, busca determinar el periodo de tiempo en el que la inversión se recupera. Este cálculo se presenta en la Figura 3.

FIGURA 2
Diagrama del flujo de caja del proyecto para el horno mixto infrarrojo
(Alternativa 1)

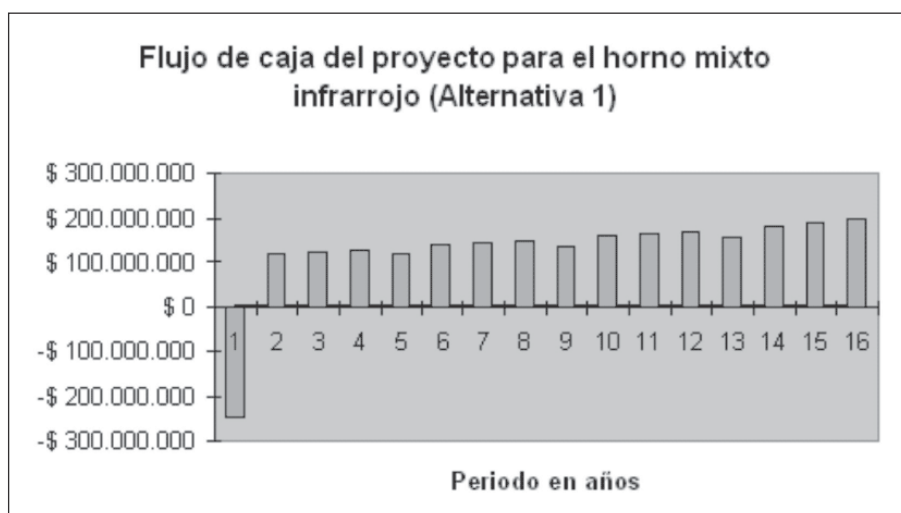


FIGURA 3
Cálculo del periodo de recuperación de la inversión para el horno mixto infrarrojo
(Alternativa 1)

Periodo	Año	Saldo Inversión	Flujo de caja del proyecto	Rentabilidad exigida	Devolución de la inversión
1	2010	\$ 248.240.000	\$ 120.458.583	\$ 32.271.200	\$ 88.187.383
2	2011	\$ 160.052.617	\$ 125.084.193	\$ 20.806.840	\$ 104.277.353
3	2012	\$ 55.775.264	\$ 129.687.291	\$ 7.250.784	\$ 122.436.507
Total Devolución					\$ 314.901.244
Saldo después de recuperar la inversión					\$ 66.661.244

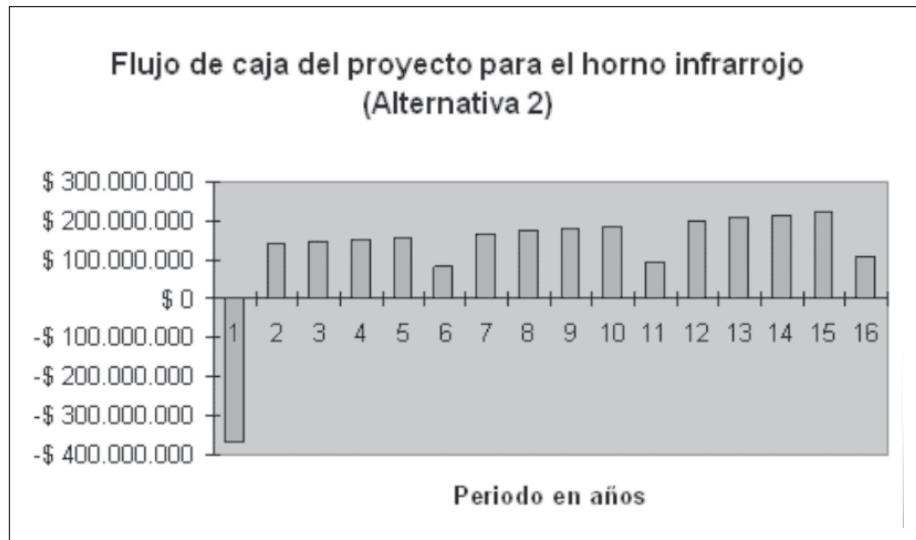
La inversión del horno mixto infrarrojo se recupera en un plazo de 3 años desde su compra, como se aprecia en la anterior tabla. El saldo obtenido después de recuperar la inversión en el tercer año es de \$66.661.244.

Estudio económico de la primera segunda: horno infrarrojo

La Figura 4 exhibe el diagrama del flujo de caja del proyecto para la alternativa 2: horno infrarrojo.

La segunda alternativa tiene un valor presente neto VPN de \$ 558.868.897, que se calcula utilizando la herramienta Excel, mediante la función VNA, para los argumentos: tasa de interés correspondiente a la tasa de retorno del inversionista 13 % y valores del flujo de caja del proyecto. En base a este resultado se puede concluir que la alternativa 2, horno infrarrojo, tiene viabilidad económica.

FIGURA 4
Diagrama del flujo de caja del proyecto para el horno infrarrojo (Alternativa 2)



El cálculo del periodo de recuperación de la inversión (PRI) para la alternativa 2, horno infrarrojo, busca determinar el periodo de tiempo en el que la inversión se recupera. Este cálculo se presenta en la siguiente figura.

FIGURA 5
Cálculo del periodo de recuperación de la inversión para el horno infrarrojo (Alternativa 2)

Periodo	Año	Saldo Inversión	Flujo de caja del proyecto	Rentabilidad exigida	Devolución de la inversión
1	2010	\$ 367.342.740	\$ 141.049.446	\$ 47.754.556	\$ 93.294.890
2	2011	\$ 274.047.850	\$ 146.465.745	\$ 35.626.220	\$ 110.839.525
3	2012	\$ 163.208.325	\$ 151.855.685	\$ 21.217.082	\$ 130.638.602
4	2013	\$ 32.569.723	\$ 157.216.190	\$ 4.234.064	\$ 152.982.126
Total Devolución					\$ 487.755.144
Saldo después de recuperar la inversión					\$ 120.412.404

La inversión realizada en el horno infrarrojo se recupera en un plazo de 4 años desde la compra del horno, como se observan en la tabla anterior. Después de recuperar la inversión, en el cuarto año, se obtiene un saldo de \$120.412.404.

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LAS DOS ALTERNATIVAS

Los estudios técnicos y económicos realizados para las dos alternativas, permiten obtener unos

resultados los cuales deben ser comparados para seleccionar la alternativa mejor calificada. Estos resultados se confrontan en una matriz realizada mediante el método cualitativo por puntos.

La calificación para el estudio técnico de las dos alternativas, se basa en los resultados totales encontrados en la tabla 1: Matriz de evaluación del estudio técnico de las alternativas.

La determinación de la calificación para el estudio económico se realiza de la siguiente manera: la alternativa cuya VPN es mayor, se le asigna 10

puntos, que en este caso es la alternativa 1, y la calificación de la segunda alternativa se hace con una regla de 3, como se muestra en la Figura 6.

La matriz de evaluación de los estudios técnico-económicos realizados para las alternativas se encuentra en la siguiente tabla. Es de notar que la alternativa mejor calificada es la alternativa 1, que corresponde al horno mixto infrarrojo. Por lo consiguiente, la alternativa 1 presenta los mayores beneficios técnicos y económicos para la empresa Muma Manufacturas Muñoz S.A. (Figura 7).

FIGURA 6
Calificación del estudio económico de las dos alternativas

Calificación del estudio económico		
	VPN	Calificación
Horno mixto infrarrojo (Alternativa 1)	\$ 588.432.971	10,0
Horno infrarrojo (Alternativa 2)	\$ 558.868.897	9,5

FIGURA 7
Matriz de evaluación técnico-económico para las alternativas

Aspecto a evaluar	Peso	Alternativa 1: Horno mixto infrarrojo		Alternativa 2: Horno infrarrojo	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Estudio técnico	0,5	9,2	4,6	6,3	3,15
Estudio económico	0,5	10	5	9,5	4,75
TOTAL	1		9,6		7,9

CONCLUSIONES

Las diferentes zonas que componen el tren de pintura influyen notablemente en la calidad final del acabado del producto pintado. Por tal razón, se deben controlar las diferentes variables que componen cada zona, debido a que la aplicación de la pintura electrostática es un proceso en el cual cada paso (zona) debe realizarse correctamente, para que el resultado final (producto pintado), presente los mejores resultados posibles.

La velocidad de la cadena del tren de pintura, es una variable común que debe compartir todas las zonas que componen el tren. Es decir que en base a esta velocidad, se definen las variables del pre-tratamiento, el secado de la pieza, la aplicación de la pintura electrostática y por último, el proceso de curado.

Los consumos de gas natural y de energía eléctrica en los hornos infrarrojos, son menores respecto

a los consumos de los hornos tradicionales de convección forzada. Adicionalmente, los hornos infrarrojos presentan bajas emisiones de gases como CO₂ y NO_x, que afectan la salud de las personas y al medio ambiente.

Los hornos infrarrojos ocupan un menor espacio en comparación con los hornos de convección forzada. Además, los hornos infrarrojos no requieren que el riel que conduce la cadena que pasan por su interior, presente curvas y pendientes como en el caso del horno de curado de la empresa Muma Manufacturas Muñoz S.A.

La información técnica que se debe suministrar para realizar una cotización de un horno infrarrojo, corresponde a los siguientes elementos: dimensiones de los productos más grandes de la empresa, velocidad de la cadena, curvas de curado de las pinturas que utilice la empresa, altura del transportador (cadena y riel), respecto al piso, distancia entre racks, calibres máximos y mínimos de las tuberías y laminas, dimensiones de las cabinas de pintura.

Los reprocesos de los productos no conformes generados por el horno de convección forzada de la empresa Muma, tienen unos costos implícitos que es necesario determinar. Estos costos involucran los costos de operación del equipo en el tiempo en que se reprocesas las piezas, la materia prima adicional que se debe emplear y los costos de la mano de obra directa asociados con las actividades de los reprocesos.

El estudio técnico que se realiza en el proyecto está orientado hacia la reposición del horno de curado de la empresa Muma. Para lo cual, se evalúan las alternativas mediante el método cualitativo por puntos, en base a los criterios de evaluación que corresponden a las especificaciones técnicas de los hornos infrarrojos.

La realización del estudio técnico sobre las dos alternativas presente, permite concluir que la alternativa 1, el horno de curado mixto infrarrojo, es el equipo que mayor puntaje obtiene en el estudio técnico, por lo cual, presenta los mayores beneficios técnicos para la empresa.

El análisis de la viabilidad económica de las dos alternativas permite mediante los dos criterios de evaluación, que son el valor presente neto y el periodo de recuperación de la inversión, seleccionar la alternativa que mayores beneficios tiene. Se selecciona la alternativa que tiene el mayor VPN y el menor PRI, que corresponde a la alternativa 1, horno de curado mixto infrarrojo.

La confrontación de los resultados de los estudios técnicos y económicos, permiten realizar una evaluación en la cual participen ambos estudios con las mismas condiciones. Para lo cual, se desarrolla una matriz con el método cualitativo por puntos, en la cual se involucren ambos estudios. La realización de esta matriz permite seleccionar para este proyecto a la alternativa 1: horno mixto infrarrojo, como la alternativa que mayores beneficios técnicos y económicos presenta para la empresa Muma Manufacturas Muñoz S.A.

BIBLIOGRAFÍA

BRICEÑO, Pedro. Administración y dirección de proyectos. Un enfoque integrado. Editorial McGraw-Hill, 1996. Segunda edición. ISBN 956-19-0192-7.

ÇENGEL, Yunus A. – Termodinámica – Cuarta Edición – Editorial McGraw Hill – México – 2003 – ISBN 970-10-3966-1.

INCROPERA, Frank P. – Transferencia de calor – Cuarta Edición – Editorial Prentice Hall – México – 1999 – ISBN 970-17-0170-4.

SAPAN CHAÍN, Nassir – Proyectos de inversión: Formulación y evaluación – Primera edición – Editorial Prentice Hall – México – 2007 – ISBN 970-26-0964-X.

BANCOLOMBIA@,2009.

Bancolombia – Macroeconómicos proyectados [En línea] [Citado abril 2009]. Disponible en Internet <http://investigaciones.bancolombia.com/InvEconomicas/home/homeinfo.aspx>

Convection vs. IR Heat@,2006.

Convection vs. IR heat [En línea] [Citado enero 2009]. Disponible en Internet http://www.noblelight.net/products/resources/pdf_central/infrared/convection_vs_ir_heat.pdf – 1996.

Curvas de curado@,2009.

Pinturas en Polvo – Especificaciones técnicas [En línea] [Citado enero 2009]. Disponible en <http://www.nauticaescalada.com.ar/Fichas%20Lusol/Fichas%20T%E9cnicas%20Pintura%20en%20Polvo.pdf>.

MCP@,2009

Localización, tamaño e ingeniería del proyecto [En línea] [Citado enero 2009]. Disponible en <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/18/alumno/cap3.html>.

REDISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN UNA LÍNEA DE TRANSPORTE DE BOTELLAS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS

ANDRÉS MAURICIO ALZATE RESTREPO

aalzate7@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

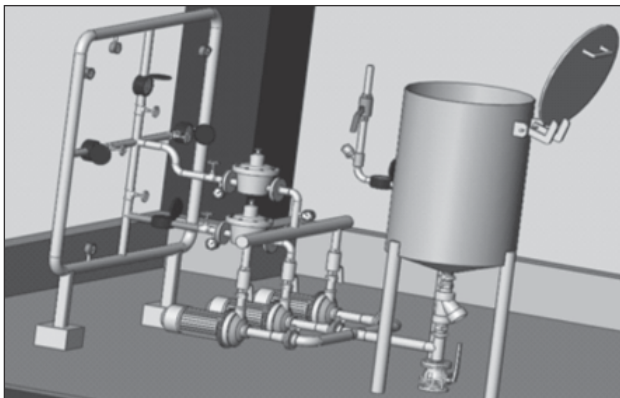
ASESOR PRINCIPAL

DENIS ÁLVAREZ TORRES

SECTOR BENEFICIARIO

CERVECERÍA UNIÓN S.A

BAVARIA SAB MILLER



RESUMEN

El presente trabajo de grado se desarrolla para el rediseño de un sistema centralizado de lubricación para los transportes, estos están conformados por cadenas planas y sirven para el transporte de botellas en una empresa de bebidas. El trabajo se hace debido a la necesidad de obtener sistemas que aseguren un proceso eficiente y acorde con las necesidades actuales de la industria.

El proyecto se inicio con un reconocimiento a los detalles del sistema de lubricación, estos detalles abarcan todos los componentes que lo conforman y los principios de funcionamiento. Luego se evaluaron las variables de funcionamiento para identificar las oportunidades de mejora en el sistema y posteriormente solucionar esas oportunidades de mejora, luego de obtener las oportunidades de mejora evaluamos los costos antes y después del rediseño para así obtener los costos y proyectarlos anualmente, también, se realizó un plan de acción con las tareas respectivas para desarrollar el proyecto y todo esto con ayuda de un software especial para este tipo de trabajos.

ABSTRACT

The present work is developed to grade the redesign of a centralized lubrication system for transport, these chains are composed of table top and used to carry bottles in a beverage company. The work is due to the need for systems that ensure an efficient and responsive to current needs of industry.

The project begins with an appreciation for the details of the lubrication system, these details include all the components that comprise it and the principles of operation. After evaluating the operating variables to identify opportunities for improvement in the system and then solve these opportunities for improvement, then the

opportunities for improvement were evaluated before and after the costs of the redesign to get the handle to project costs and annual. Also, there is an action plan with tasks to develop the project and all this with the help of special software for this type of work.

PALABRAS CLAVE

Lubricación, cadenas transportadoras, cadenas planas, table top, transporte de botellas, aspersores, lubricación sintética.

INTRODUCCIÓN

Debido a los altos consumos y la falta de eficiencia en sistema de lubricación en las cadenas planas de los transportes del proceso de envase en una empresa de bebidas, se estudia la posibilidad de optimizar y rediseñar el sistema de lubricación de cadenas planas, los estudios previos descubren una necesidad latente de optimizar este proceso, ya que el desperdicio del lubricante y de los recursos utilizados para este fin se están utilizando inapropiadamente ocasionando comportamientos no deseados en el proceso de envasado.

En un principio se determina cambiar el tipo de dosificación y así regular el consumo del lubricante líquido pero ese no es el único inconveniente ya que el sistema está algo desgastado además, por sus horas de trabajo este no está a punto. El rediseño del sistema y optimización tanto en el desempeño de producción como en la eficiencia económica es una necesidad inminente.

GENERALIDADES DEL SISTEMA

El proceso de lubricación de cadenas planas comienza en la central, el agua suministrada entra al sistema y es controlado por una válvula neumática que es accionada por la señal de un sensor de nivel, el agua es almacenada en un tanque donde se dosifica lubricante por medio de

una bomba de impulsos magnéticos, luego de la mezcla la solución almacenada en el tanque pasa por un header que se bifurca hacia dos bombas una de ellas funciona como bypass.

OPORTUNIDADES DE MEJORA

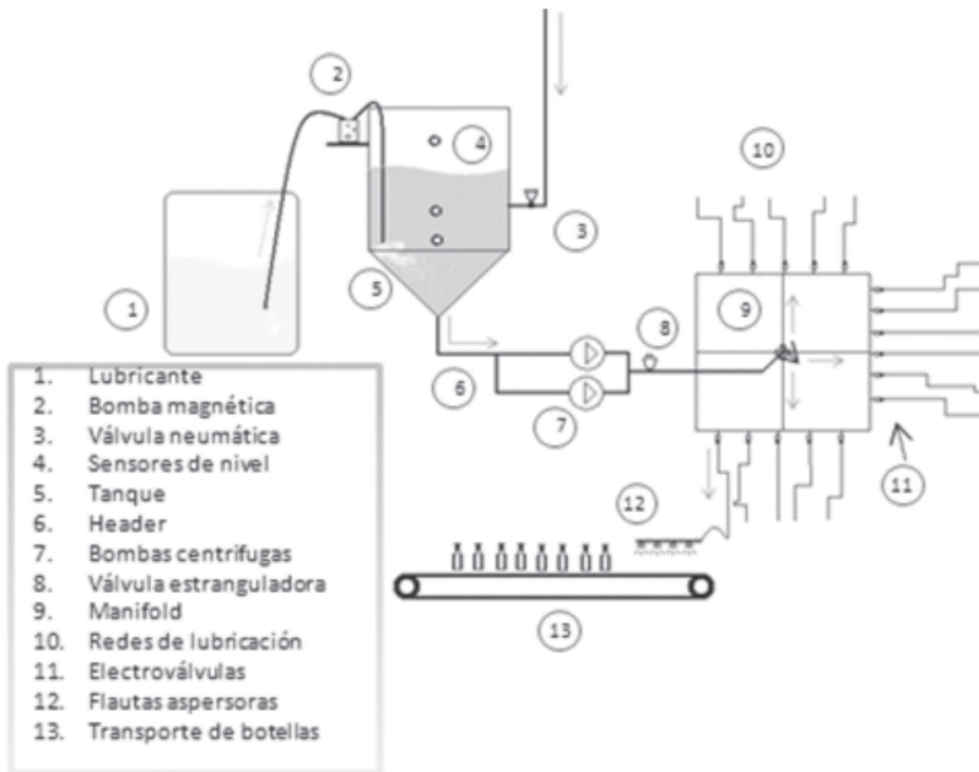
Las oportunidades de mejoras son el resultado de realizar un diagnóstico completo del estado del sistema mediante un trabajo realizado en conjunto con personal involucrado dentro del proceso de envase y su respectivo análisis.

Durante el análisis se estudia y evalúa varios aspectos referentes al desempeño del sistema. Cada posible aspecto a realizar se analiza con cuidado y supervisión del funcionamiento de los transportes. Cada aspecto tiene un seguimiento y estos sirven para evaluar el desempeño e identificar oportunidades de mejora en cada uno de ellos.

El sistema de lubricación tiene diferentes componentes que podemos desglosar para buscar alternativas diferentes o ajustes referentes y con esto lograr una mejora en el proceso como se describe a continuación:

1. Estandarización de Boquillas aspersoras.
2. Inspección de las boquillas aspersoras.
3. Fugas en la red del sistema.
4. Elementos de control en las flautas.
5. Reordenamiento de redes.
6. Estado de las válvulas.
7. Lubricante.
8. Sistema de bombeo.
9. Tiempos de lubricación.
10. Limpieza del sistema.
11. Reutilización de agua para la lubricación.

FIGURA 1
Proceso de Lubricación



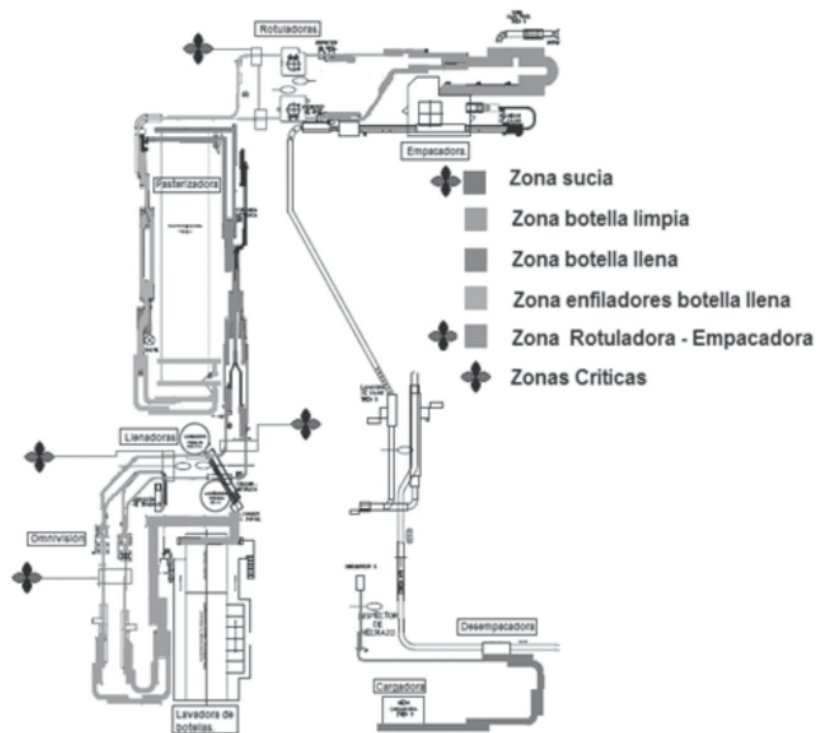
SOLUCIÓN A LAS OPORTUNIDADES DE MEJORAS

Estandarización de Boquillas aspersoras

La estandarización de las boquillas es importante, ya que, la homogeneidad en el caudal de aspersión tiene que variar lo menos posible en un punto de

aspersión y esto se hace con boquillas de las mismas características. El tipo de boquillas tiene una relación con el sector donde se ubican estos elementos dentro del proceso de envase. Existen lugares donde la dosificación tiene un mayor caudal debido a las características que esta zona presenta.

FIGURA 2
Esquema para inspección de boquillas



INSPECCIÓN DE BOQUILLAS ASPERSORAS

En la inspección de las boquillas se identifican los diferentes tipos de problemas que afectan la normal aspersión, el buen estado de las boquillas depende en gran parte el buen desempeño del sistema y la óptima utilización de recursos. Estos problemas pueden estar relacionados con:

- Boquillas reventadas.
- Flautas sin boquillas
- Boquillas taponadas.
- Boquillas deshabilitadas.
- Boquillas de otras referencias.

Fugas en la red del sistema

Las redes de lubricación están conformada por metros de tubos que pasan por el entorno de los transportes, en estas longitudes tan extensas es común encontrarse con fugas. En una inspección visual de las tuberías se identificaron diferentes tipos de fugas, fugas en las mangueras de las flautas dentro del conjunto de boquillas de aspersión, fugas en el acople de la flauta con el conjunto de boquillas, fugas en acoples, fugas en codos. En su mayoría las fugas eran causadas por empaques deteriorados y mangueras deterioradas por el tiempo de trabajo.

Elementos de control en las flautas de lubricación

Las flautas de lubricación son los elementos que finalizan el proceso de lubricación y los elementos de control en las flautas son importantes para el manejo adecuado de la dosificación, en su mayoría las flautas del sistema válvulas que controlan el flujo, este tipo de válvulas presentes en el sistema son tipo aguja pero en algunos sectores la ausencia de estos son una realidad.

Reordenamiento de redes

El salón donde se lleva a cabo el proceso de envasado está compuesto por dos niveles, las redes de tubería del sistema de lubricación atraviesa la losa para seguir el proceso en el nivel superior. En la zona limpia que está comprendida entre la lavadora de botellas y la llenadora existe un ramal de lubricación que suministra la solución lubricante, todas las flautas de este ramal operan en la zona limpia del proceso que se ubica en el segundo nivel excepto un par de flautas que se ubican en el primer nivel este tramo necesita un reordenamiento de la red.

Estado de las válvulas

Las válvulas tienen un tiempo programado desde el PLC del sistema, este tiempo es graduado dependiendo de la necesidad del sector donde este asignada la electroválvula podemos saber si el funcionamiento de una válvula es bueno si los tiempo de lubricación reales coinciden con los tiempos del PLC.

Lubricante

El lubricante es una sustancia que se interpone entre la cadena y la botella que se encuentran en movimiento relativo, una con respecto a la otra. Se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el coeficiente de rozamiento más pequeño

posible. Se debe seleccionar un lubricante que cumpla con los requisitos de lubricidad y de calidad.

SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de bombeo está conformado actualmente por una bomba centrífuga que induce de energía cinética a la solución lubricante que llega desde el tanque para distribuirlo por las redes del sistema, y otra bomba de las mismas características instalada en paralelo que funciona como bypass.

La bomba genera una presión de 60 psi a la salida, luego pasa por el regulador de presión, este es la encargada de regular el caudal y con esto controlar la presión para todo el sistema en general. La regulador de presión se puede regular para obtener presiones desde 15psi hasta 55psi, anteriormente el sistema trabajaba a 40psi o 50psi.

PROGRAMACIÓN DE TIEMPOS DE LUBRICACIÓN

El PLC posee una interfaz que permite programar el tiempo para cada ramal, Los ramales en que está dividido el sistema de lubricación son:

- Rotuladora –Empacadora.
- Enfiladores – Rotuladora.
- Enfiladores – Envasadora.
- Recibidora – Entrada de Enfiladores.
- Desempacadora – cargadora rechazos.
- Pasterizadora.

Los tiempos de lubricación son necesarios para tener un control sobre los ciclos de dosificación en un determinado sector. Tenemos que asegurar unos tiempos de lubricación promedio dependiendo de la velocidad en cada zona, esta medida se

hace con el fin de asegurar que el lubricante se impregne en la cadena de principio a fin.

Limpieza del sistema

El sistema de lubricación trabajaba anteriormente con un lubricante orgánico lo que implicaba mantener el sistema limpio cada que se terminara el proceso, esto no se hacía y por esta razón era común encontrarse residuos y boquillas taponadas por la ausencia de un mantenimiento y limpieza. La obstrucción de las boquillas se traducían en menor lubricación mayor pérdidas de presión etc.

Reutilización de agua para lubricación

La reutilización del agua para el proceso de lubricación es un punto inicial importante para el buen uso de los recursos naturales y el reproceso

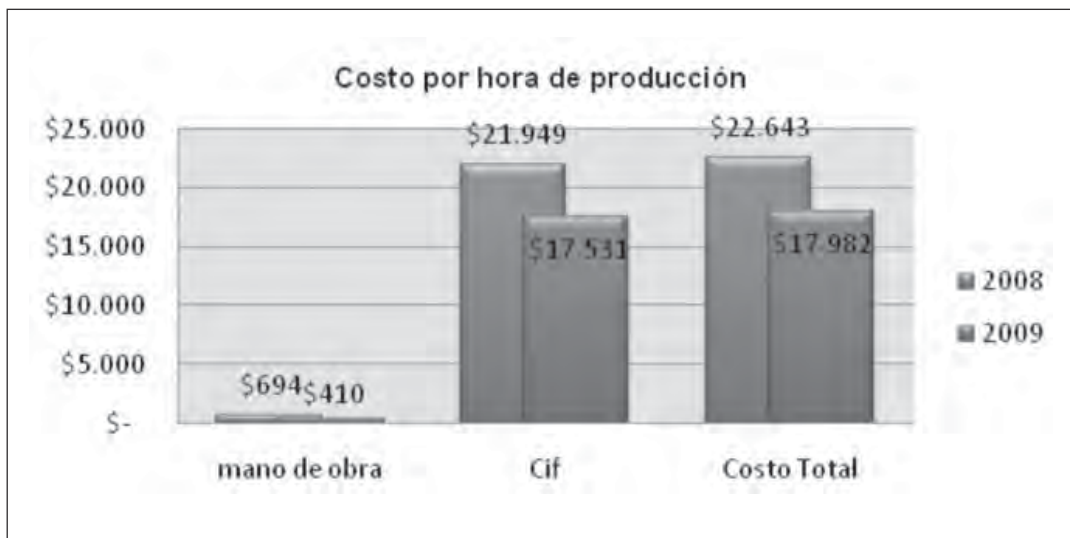
de materiales que se vierten continuamente. el proyecto de reutilización de aguas no será un tema que se profundice en este trabajo pero es una extensión del proyecto.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica del proyecto se realiza discriminando los elementos de cada costo como material directo, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. El análisis se hace para la situación del sistema anterior y una proyección del proyecto una vez realizado el rediseño.

Realizando el análisis de costos obtenemos que los costos por hora de producción para la mano de obra directa, para los costos indirectos de fabricación y para el proyecto en general son:

FIGURA 3
Evaluación económica del proyecto



CONCLUSIONES

El sistema centralizado de lubricación es una de las mejores alternativas en cuanto a la dosificación constante y efectiva se refiere, el desempeño es alto si la dosificación es óptima y el estado de la maquina es bueno, todo esto depende del cuidado, el plan de limpieza y mantenimiento que se le realice periódicamente.

Es necesario un análisis cada vez que el sistema realice un cambio en los parámetros de funcionamiento o en su estructura, no importa si los cambios son menores, las reformas realizadas afectan el sistema, esto puede llevar a un daño significativo tanto en los componentes físicos del sistema y en la calidad de producto.

Las oportunidades de mejora se identifican buscando los elementos que no se necesitan, y que no hacen parte de los componentes que verdaderamente contribuyen con el óptimo desempeño del sistema, esto se hace analizando y siguiendo su comportamiento en diferentes condiciones, de esta manera podemos eliminar todos estos elementos sobrantes y podemos desglosar para finalmente filtrar y tener los componentes que nos permiten mejorar y optimizar el proceso en calidad, tiempo y costos, estos tres elementos son los más importantes a la hora de medir la funcionalidad y el éxito de un rediseño en un proceso industrial.

Las condiciones técnicas del sistema permitieron medir y cambiar diferentes variables en condiciones reales, esto facilita el análisis para elegir las mejoras más apropiadas dentro del rediseño de la central de lubricación.

Los grandes ahorros que se obtuvieron en el proyecto tienen que ver con el consumo de los insumos y los paros de producción, pero en general los costos totales disminuyeron en un 21% que representan alrededor de \$54.000.000 de pesos con respecto al costo de horas producidas.

BIBLIOGRAFÍA

ICONTEC. 2008. TESIS Y OTRAS TRABAJOS DE GRADO. Bogotá, Colombia ICONTEC, 2008.

Ospina, Patiño Andrea, Recuperación y Concentración Del Suero Por Medio De Membranas De Ultrafiltración. Trabajo para obtener un título como ingeniera mecánica. Medellín: Universidad EAFIT 2008, 86 páginas.

SEIRG A.A. 1998. Friction and Lubrication Mechanical Design, University of Wisconsin-Madison Madison, Wisconsin and University of Florida Gaines Ville, Florida 1998. ISBN: 0-8247-9974-7.

STOLARSKY, T.A. 2000 Tribology in Machine Design, Oxford. ISBN 0-7506-3623-8.

VIÑOLAS, PRAT Jordi, EGAÑAAZURMENDI Juan Martin y CARRERA ACUTAIN, Xabier Elementos de maquinas 2002.

WRIGHT, Jhon L, Chains for Power Transmission and Material Handling, Universidad estatal de Ohio Estados Unidos. 2006, ISBN 1-57444-647-9.

ZEMAN, Leos - ZYDNEY, Andrew. Microfiltration and ultra filtration: Principles and applications. U.S.A.: Marcel Dekker Inc, 1996. ISBN: 08-2479-735-3.

DIAZTAPIA@, NELSON. Monografías. Lubricación Centralizada [En línea] julio 2006 [Citado el: 19 de septiembre de 2008] <http://www.monografias.com/trabajos26/lubricacion-centralizada/lubricacion-centralizada.shtml>.

Danfoss@2009, Products categories [En línea] Abril 1 de 2009 [citado el: 2 marzo de 2009] disponible en: <http://www.danfoss.com/Products/Categories>.

COSTEO DE HERRAMIENTAS PARA CENTROS DE SERVICIO TÉCNICO AUTORIZADOS POR LA ENSAMBLADORA AKT MOTOS

DIEGO ALEJANDRO ARBOLEDA ZAPATA

darbole1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

JUAN GUILLERMO RESTREPO ESCOBAR

jrestr65@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESORA PRINCIPAL

CLAUDIA JANETH GÓMEZ DAVID

SECTOR BENEFICIADO

ENSAMBLADORA AKT MOTOS



RESUMEN

Este proyecto presenta la generación de un Kit de herramientas necesarias para los centro de servicio técnico autorizados por la ensambladora AKT motos, se inicia con la clasificación de este paquete en herramientas básicas y especializadas con el fin de que estas permitan realizar de la mejor manera las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que se realizan a las motocicletas, seguidamente se hace la modelación en un programa de diseño como lo es SolidWorks de aquellas piezas que no se encuentran comercialmente, este grupo es nombrado herramienta especializada, después de esto se selecciona la herramienta básica, esta es de tipo comercial y finalmente se elige el proveedor más adecuado tanto para la compra de la herramienta como para la fabricación según el caso.

ABSTRACT

This project presents all the necessary tools kit that after sales shops centers, authorized for AKT Motorcycles, needs to work on the vehicles. Firstly, the tools need to be classified into specialized and basic tools, in order to make all the preventive and corrective maintenance with the best performance to the motorcycles. Secondly, all the non-commercial tools are drawing using Solidworks, a design software, this package is named specialized tools. Finally, a supplier needs to be selected according to the quality and price, in order to buy the tools according to the package that is needed (basic or specialized tools).

PALABRAS CLAVE

Kit de herramientas, herramienta especializada, herramienta básica, centros de servicio técnicos, costeo, diseño, proveedor, herramientas para motocicletas.

KEY WORDS

Tools kit, specialized tool, basic tool, after sales shops centers, costing, design, supplier, motorcycle tools.

INTRODUCCIÓN

Los Centros de Servicio Técnico –CST- autorizados por la ensambladora AKT Motos tienen instrumentos con los cuales realizan las operaciones de mantenimiento y reparación de las motocicletas. No obstante, en algunos casos no cuentan con las herramientas adecuadas y/o suficientes para llevar a cabo los procedimientos necesarios y pertinentes en tales medios de transporte. Por esta razón la ensambladora ha creado una lista de herramientas las cuales deben ser puestas a disposición de los CST.

Este proyecto pretende realizar la modelación geométrica y los planos de las herramientas especializadas, mostrar los materiales adecuados, identificar el proveedor que tenga la mejor relación costo-calidad para la fabricación de dichos instrumentos; la cotización de las herramientas también se debe hacer con aquellas que son de tipo comercial.

Este trabajo es de carácter descriptivo. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, particularidades y perfiles importantes de fenómenos que se sometan a un análisis, midiendo aspectos, dimensiones o componentes de estos¹. Igualmente, es posible hablar de un proyecto prospectivo en la medida en que se propone la implementación de una serie de instrumentos mecánicos en la totalidad de los CST adscritos a la ensambladora antes mencionada, dado que hasta ahora no se ha logrado una estandarización de las herramientas que ellos utilizan.

¹ HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto et al. Metodología de la Investigación. 3 ed. México: McGraw-Hill, 1991. p. 117-119.

KIT HERRAMIENTAS PARA CENTROS DE SERVICIO TECNICO AUTORIZADOS POR AKT MOTOS

Las herramientas utilizadas actualmente para realizar las operaciones de reparación y mantenimiento a las motocicletas son seleccionadas por los técnicos de los CST dentro de los elementos que ellos tienen a su alcance, esto implica que en muchos casos se utilicen instrumentos que no son adecuados para los procedimientos que se requieran hacer, lo cual conlleva a un incremento de tiempo para realizar una actividad, desgaste en las piezas implicadas en el proceso, mayor esfuerzo por parte de los operarios, disminución en la calidad del trabajo y mayores probabilidades de incurrir en errores, entre otras.

Esto se debe principalmente a la falta de información y de recursos económicos para que los CST puedan contar con las herramientas para realizar cada una de las actividades de mantenimiento a las motocicletas, es por esto que se ve la necesidad de crear un conjunto de herramientas para ser utilizadas por todos los CST autorizados de manera que se puedan unificar los conceptos, procedimientos, tiempos y manuales de reparación y mantenimiento de las motocicletas para así mejorar la calidad del servicio allí realizado.

HERRAMIENTA ESPECIALIZADA

Esta herramienta es de un uso específico y por tal razón no es comercial, es por esto que se hace la modelación geométrica de las piezas para poder mandarlas a fabricar al personal indicado.

El kit de herramientas especiales está conformado por las siguientes piezas:

- Extractor de volante.
- Extractor de rodamiento externo.

- Extractor de Retenedores.
- Extractor de piñón primario ATV 250 F
- Sostenedor de volante.
- Sostenedor de Clutch.
- Instalador de cunas de dirección.
- Despinador de cadena.
- Prensa de válvulas.
- Extractor Pasador Pistón.
- Llave de dirección.
- Copa Torre AK 125SL, AK 125 TT, AK 110, AK 235R.
- Instalador de Balineras.

PROCESO SELECCIÓN PROVEEDOR HERRAMIENTA ESPECIALIZADA

Este tipo de herramienta es de fabricación por un personal muy selecto, ya que el número de unidades necesitadas por la ensambladora es muy reducido lo que hace que en el mercado nacional los que estén dispuestos a realizar este tipo de trabajo y en las condiciones necesarias sean pocos. Además la frecuencia con que estas se piden es en periodos largos, esto también es un factor altamente influyente porque para los fabricantes no es rentable realizar moldes, conseguir piezas, implementar nuevos procesos, buscar proveedores de materia prima y demás elementos que implicarían el maquinado de estas piezas; el proveedor seleccionado debería estar dispuesto a fabricar un Kit completo o gran cantidad de estos, según la demanda.

Los diferentes fabricantes que se tuvieron en cuenta para la cotización de las herramientas seleccionadas se eligen según la calidad de su trabajo y experiencia en el medio.

Una vez entregadas las cotizaciones se compararon varios aspectos como lo son el tiempo de entrega, calidad de la fabricación, costo por Kit de herramientas, experiencia en el maquinado de estas piezas, entre otras.

HERRAMIENTA BÁSICA

Para este tipo de herramienta se cuenta con todas aquellas que han sido estandarizadas a nivel mundial, tales como: Llaves, pinzas, destornilladores, juego de raches, martillos, entre otros.

PROCESO SELECCIÓN PROVEEDOR HERRAMIENTA BÁSICA

Las herramientas descritas anteriormente son clasificadas como básicas, lo cual indica que su fabricación, material y uso sean aspectos que ya están altamente estandarizados en el medio industrial, esto hace que sus precios se encuentren en un nivel muy parejo en todos los distribuidores a nivel nacional.

En este caso lo que marcaría la diferencia es la cantidad de piezas que se compren por parte de la ensambladora, ya que basados en esto, los distribuidores pueden ofrecer mayores descuentos para la consecución de las herramientas.

Es indudable que el cambio en la composición de los materiales de las herramientas hace que varíe ostensiblemente el precio de estas, por lo cual se ha hecho una investigación de proveedores externos como lo son CRAFTSMAN (Estados Unidos) y Shanghai Chrome Tools (China), los cuales permiten realizar un análisis con el costo de comprar las herramientas en Colombia y el hecho de importarlas a nuestro país, además se tiene un comparativo con dos empresas donde varía altamente la calidad de los productos.

CONCLUSIONES

En caso de realizarse la fabricación de la herramienta especializada tener en cuenta un acompañamiento al Proveedor con el estudio realizado.

Se hace conveniente que a la hora de fabricar la herramienta especializada con uno u otro proveedor se tenga una muestra física para facilitar esta labor.

El mercado chino proporciona herramienta a bajo costo, aun teniendo en cuenta el costo de importación, el factor determinante es la calidad de estas por esto se recomienda realizar un adecuado chequeo a una muestra de esta (según condiciones de uso establecidas por la ensambladora) antes de realizar una compra a gran escala.

BIBLIOGRAFÍA

DEPARTAMENTO DE SERVICIO TECNICO AKT MOTOS, Manual de herramientas CST AKT Motos.

(obstesol@2005). Observatorio tecnológico de la soldadura. [en línea] [citado en: 20 de septiembre 2009]. Disponible en:

http://www.obtesol.es/index.php?option=com_content&task=category§ionid=4&id=67&Itemid=3

WIKIPEDIA@2009. Cuando las herramientas se diseñan y fabrican específicamente para cumplir uno o más propósitos [en línea] [citado en: 10 de abril 2009]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Herramienta>.

DISEÑO DE UN MODELO DE MÁQUINA DE EMPAQUE SECUNDARIO

JUAN SEBASTIÁN CHILAMACK BENAVIDES

jschilamack@hotmail.com

Departamento de Ingeniería Mecánica

DANIEL RESTREPO MEJÍA

danielpepo@hotmail.com

Escuela de Ingeniería de Antioquia – EIA

ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR EAFIT

FABIO PINEDA BOTERO

ASESOR EIA

LEÓN DARÍO CASTAÑO

SECTOR BENEFICIADO

INDUSTRIA DE EMPACADO



RESUMEN

En el presente trabajo se diseñó una máquina empacadora vertical cuya aplicación específica es la fabricación de fardos de bolsas de leche de un litro como parte de una necesidad planteada por la Cooperativa Lechera Colanta. Para tal efecto se presenta una máquina automática que realiza la labor de empaque posibilitando una reducción en los costos de mano de obra y los tiempos de empacado.

El desarrollo de este diseño se fundamentó principalmente en la metodología de Pahl & Beitz, sin embargo, se incluyeron aportes propios y de otros autores para llegar al concepto y encontrar una posible solución.

Finalmente, se seleccionaron y calcularon los componentes de la cadena cinemática, se realizó un modelo CAD de la máquina, como también esquemas neumáticos, eléctricos y Grafkets.

ABSTRACT

The purpose of this Project is to design a vertical form fill seal machine to package one liter milk bags in order to respond to a need presented by the Milk Cooperative Colanta. For such purpose, it presents an automatic machine that performs the task of packaging allowing a reduction in labor costs as well as packaging time.

The development of this design was based mainly on the methodology of Pahl & Beitz, however, contributions from other authors and this project's authors were included in order to obtain the concept and find a possible solution.

Finally, the components of the kinematic chain were selected and calculated, a CAD model of the machine was prepared, as well as pneumatic schemes, electrical schemes and SFCs.

PALABRAS CLAVE

Maquinaria de empaçado, automatización, diseño metódico, empaçadora vertical, cuello formador.

KEYWORDS

Packaging machinery, automation, conceptual design, vffs, former

INTRODUCCIÓN

En el mercado actual una gran parte de los productos al alcance de los consumidores se agrupan, para ser vendidos en conjunto, dentro de algún tipo de empaque secundario o reempaque. En el caso de la leche, la presentación convencional consistía en las bolsas individuales, pero recientemente se encuentran los fardos; presentaciones con varias bolsas de leche contenidas en ellos.

En la actualidad muchas empresas empaçan estos fardos manualmente, por lo que se identificó una necesidad de la industria láctea de implementar máquinas que hagan el trabajo automáticamente. Este tipo de máquinas se consigue en el mercado, pero generalmente deben ser importadas e instaladas por ingenieros extranjeros, con lo que su costo se incrementa considerablemente.

Con este trabajo se pretende crear un diseño de máquina empaçadora automática que permita agrupar varias bolsas de leche de un litro dentro de un empaque resistente para que su manipulación y transporte sea más fácil.

La implementación de una máquina como la planteada posibilita la disminución de costos de mano de obra, el mejoramiento de la productividad de la empresa y de la calidad del producto.

En este proyecto se pretende identificar un modelo de máquina viable que cumpla con los requerimientos especificados por Colanta,

analizando los principales sistemas que la componen.

No es objetivo todavía de este proyecto realizar la construcción de la máquina ni el diseño al detalle de partes. Lo que se pretende es encontrar un conjunto de componentes que realicen la función principal, después de haber analizado y evaluado las subfunciones del modelo.

ANTECEDENTES

En el mercado se encuentran muchos tipos diferentes de maquinaria de empaçado. Se encuentran equipos que forman, rellenan, sellan, envuelven, limpian y empaçan en diferentes niveles de automatización. Tipos comunes de maquinaria son: acumuladores, máquinas de embolsado, máquinas de encintado, máquinas de envoltura, máquinas de cajas, máquinas de taponado. Entre la maquinaria de empaçado también se incluye la utilizada para ordenar, contar y acumular.

Las máquinas empaçadoras se dividen en dos grandes grupos: las de empaçado vertical y las de empaçado horizontal. Por lo general las enfardadoras son de tipo vertical, ya que es mucho más sencillo el manejo de las posiciones de las bolsas y de los materiales a empaçar en comparación con las de tipo horizontal.

En Medellín existe una empresa que realiza soluciones de empaque a petición de los clientes. Se especializan en máquinas empaçadoras de líquidos, pero también realizan máquinas adicionales como enfardadoras, limpiadoras, envasadoras de granos, etc. Esta empresa ha tenido éxito con sus máquinas y ahora están exportando sus productos a Perú, Ecuador, Guatemala, entre otros.

Existen además empresas dedicadas a la fabricación de máquinas para soluciones de

empacado en Estados Unidos, Argentina, Brasil, España, Italia, México, entre otros.

PROCESO DE DISEÑO

Para llegar al objetivo se utilizó principalmente la metodología de Pahl & Beitz, incluyendo además aportes propios y de otros autores para llegar al concepto y encontrar una posible solución. Después se realizaron cálculos y la selección de los componentes de la cadena cinemática, un modelo CAD de la máquina, así como esquemas neumáticos, eléctricos y Grafocets.

Esta fase de diseño define las bases del producto a materializar. Está precedida por la búsqueda de información y soluciones existentes acerca del proyecto (estado de la técnica). Durante este proceso, se analizaron y definieron los pasos a continuación:

- Tarea de la máquina.
- Lista de requerimientos.
- Función principal, Estructura funcional y subfunciones.

- Portadores de función y Matriz Morfológica.
- Depuración de portadores.
- Combinación de alternativas.
- Evaluación de las alternativas.
- Materiales o piezas a conseguir en el mercado.

DEFINICIÓN DE LA TAREA

La máquina debe integrar bolsas de leche en un empaque secundario de forma automática mediante el uso de sistemas mecánicos, eléctricos y de control.

LISTA DE REQUERIMIENTOS

La lista de requerimientos fue realizada en conjunto con la Cooperativa Colanta para que así se involucrara la experiencia de un consumidor desde el inicio de la etapa de diseño.

FUNCIÓN PRINCIPAL

El empaque secundario integra un número predeterminado de bolsas de leche en un paquete que se puede llevar fácilmente.

FIGURA 1
Función principal



BÚSQUEDA DE PORTADORES

En este caso se usaron métodos convencionales como la recolección de información (tanto de bibliografía como de profesores y conocidos). También se pudo hacer un análisis de máquinas similares que existen en el mercado actualmente.

Dentro de los métodos intuitivos, se utilizó la Lluvia de ideas para identificar portadores factibles adicionales a los encontrados con los métodos previos. El registro de la Lluvia de ideas y los otros métodos se representó en una Matriz Morfológica.

FIGURA 2
Porción de la Matriz Morfológica realizada

	1	2	3	4	5	6	7
Transportar entrada	 Banda	 Cadena	 Cangilones	 Manual	 Rodillos		
Orientar	 Barras	 Brazo robot	 Canales	 Centrifuga	 Manual	 Tabique	
Sensar bolsa	 Inercial	 Manual	 Peso	 Proximidad			
Regular Paso	 Banda acél.	 Barra	 Bolsas espaci.	 Cangilones	 Cuña	 Recircular	 Revólver

DEPURACIÓN DE PORTADORES

El uso de una tabla de selección en la que se listan los criterios de selección y todos los portadores encontrados inicialmente permite evaluarlos en relación con el cumplimiento de su función y como soluciones factibles para el proyecto (ver figura 3). De esta manera la matriz morfológica reduce su número de portadores y hace que el trabajo de encontrar alternativas de solución sea más práctico.







FIGURA 3
Evaluación de una variante de solución por criterios de selección

		EVALUACIÓN de variantes de solución por criterios de selección (+) = sí (-) = no (?) = falta información (!) = revisar especificaciones							DECISIÓN	
		Compatibilidad general							(+) Continuar solución (-) Eliminar solución (?) Buscar más información (!) Revisar para cambiar PDS	
		Cumple demandas de PDS								
		Factible en principio								
		Dentro de costos permisibles								
		Incorpora seguridad intrínseca								
		Preferida por diseñadores								
		Información adecuada								
		A	B	C	D	E	F	G	Observaciones / Indicadores / Razones	Decisión
Transportar Entrada										
1	banda	+	+	+	+	+	+	+	Existen bandas con espaciamentos, etc. Más flexible.	+
2	cadena	+	-						Partes móviles pueden pellizcar bolsa. Solución más robusta de lo necesario.	-
3	cangilones	+	-						Poco flexible y difícil de ensamblar con otros equipos.	-
4	manual	+	+	+	-				Velocidad de producción demasiado alta para un sólo operario, varios necesarios. Se busca disminuir costos de mano de obra.	-
5	rodillos	+	-						Necesitan pendiente negativa. La entrada sería demasiado alta.	-

COMBINACIÓN DE ALTERNATIVAS

Ya depurados los portadores, y debido a las muchas combinaciones posibles, éstos se combinan bajo criterio propio para crear alternativas de solución final (ver figura 4).

FIGURA 4
Porción de la Matriz Morfológica reducida con combinaciones de alternativas

	1	2	3	4
Transportar entrada				
Orientar				
Sensar bolsa				

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se usó una matriz de evaluación con unos criterios de evaluación que tienen asociados a ellos un porcentaje o peso de relevancia. Estos pesos se determinaron a partir de un árbol de objetivos y así la alternativa que mejor cumpla con los criterios tendrá una mayor puntuación en la matriz.

PROPUESTA FINAL

FIGURA 5
Vista isométrica de la propuesta final

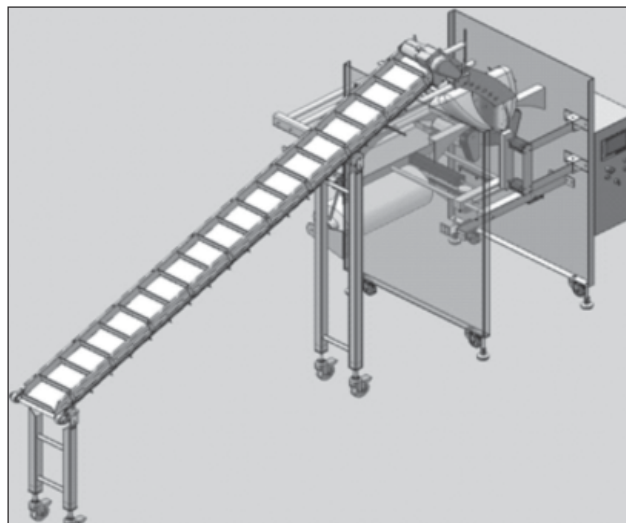
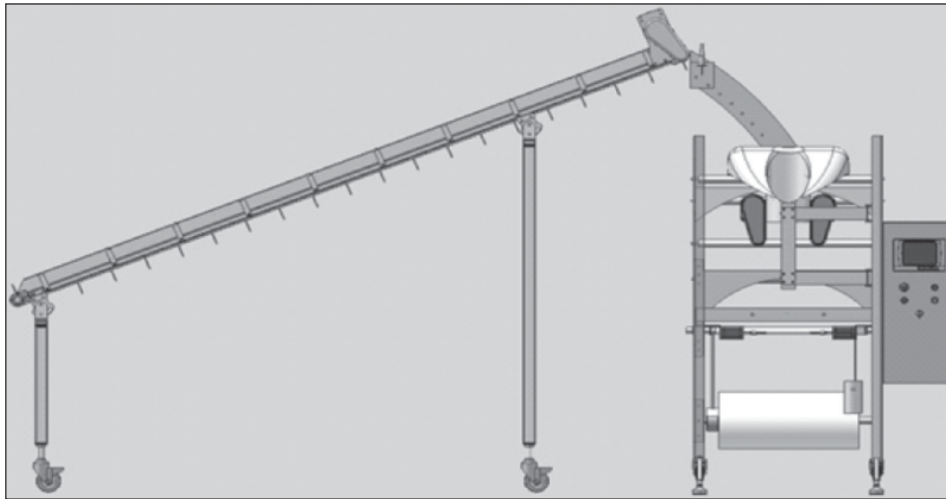


FIGURA 6
Vista frontal de la propuesta final



CONCLUSIONES

El análisis del estado de la técnica permitió identificar con claridad los sistemas a diseñar y las soluciones que se dan a cada uno de ellos, de la misma manera se encontraron las especificaciones comunes entre máquinas y las opciones y diferencias más relevantes. Esto permitió que el trabajo se guiara a partes específicas de la empacadora donde se encontró una opción de mejora o complemento a la actividad inicial.

Las alternativas de solución encontradas en la matriz morfológica inicial fueron depuradas teniendo en cuenta varios factores como son: la compatibilidad general con los demás componentes, el cumplimiento con las demandas del PDS, su factibilidad en principio, el costo, si incorpora seguridad intrínseca, la preferencia de alguna solución por parte de los diseñadores y la disposición de información adecuada para su implementación. Esto llevó a tener una matriz morfológica reducida que facilitó la tarea de encontrar una solución final puesto que sólo se compararon las alternativas de solución más promisorias.

Utilizar un sistema CAD con capacidad de modelar elementos y ensambles mecánicos permite encontrar los puntos exactos donde se pueden presentar problemas de interferencia, de dimensionado, etc. Además, se puede llegar a representar de manera muy real la apariencia final de la máquina sin necesidad de construirla.

Mediante software de automatización como Automation Studio se pueden realizar y simular el programa en SFC, los diagramas eléctricos y diagramas neumáticos para el PLC. Gracias a esto se puede probar su funcionamiento antes de construir la máquina.

El peso de la carga, el tiempo de sellado, la resistencia del sello y las condiciones del entorno son factores determinantes del proceso. Generalmente para conseguir los resultados deseados en estos aspectos es necesario alterar la composición del polietileno. Las consecuencias de no tener en cuenta alguna de esos factores puede terminar en un polietileno que en la práctica tenga un comportamiento distinto al esperado.

BIBLIOGRAFÍA

Basque, R., & Knowers, G. J. (2004). Patente nº 20040134165. Estados Unidos.

Bates, A. M. (1925). Patente nº 1546360. Estados Unidos.

Chancy, L. F. (28 de 09 de 2009). Consideraciones generales para una máquina de empaçado. (D. Restrepo, & J. Chilmack, Entrevistadores).

Chilamack, R. (27 de 2 de 2009). Proceso de Empaque de Promociones. (J. Chilamack, & D. Restrepo, Entrevistadores).

Craig. (1983). Patente nº 4407108. Estados Unidos.

Crowson, R. (2006). Assembly Automation. En R. Crowson, Assembly Processes (págs. 31-32). New York: Taylor & Francis Group.

Estrada Ramírez, O. A. (18 de 10 de 2009). Sellado y corte de Polietileno. (D. Restrepo, & J. Chilmack, Entrevistadores).

GlobalSpec. (s.f.). Form, Fill and Seal machines. Recuperado el 09 de 10 de 2009, de GlobalSpec.com: http://packaging-equipment.globalspec.com/LearnMore/Material_Handling_Packaging_Equipment/Packaging_Labeling/Form_Fill_Seal_Machines.

Hawkins, W. E. (2002). The plastic film and foil web handling guide. Boca Raton: CRC Press.

Hicks, B., Mullineux, G., Matthews, J., & Medland, T. (2007). Towards an integrated CAD/CAM process for the production of forming shoulders with exact geometry. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, 221(10) , 1521-1531.

Interempresas. (19 de 05 de 2009). La automatización mejora la productividad y la flexibilidad. Recuperado el 2009 de 05 de 19, de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=5954>.

Massey, L. K. (2004). Film properties of plastics and elastomers: a guide to non-wovens in packaging applications (2nd ed.). Norwich, NY: Plastics Design Library.

MATWEB. (20 de 10 de 2009). MATWEB. Recuperado el 20 de 10 de 2009, de Material property data: <http://www.matweb.com>.

McPherson, C., Mullineux, G., Berry, C., Hicks, B., & Medland, A. (2004). The performance envelope of forming shoulders and implications for design and manufacture. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture, 218(8) , 925-934.

Pahl, G., & Beitz, W. (2007). Engineering Design: A Systematic Approach (Tercera ed.). Londres: Springer.

Sclater, N., & Chironis, N. P. (2001). Mechanisms & Mechanical Devices Sourcebook (Tercera ed., Vol. I). New York, USA: McGraw-Hill.

Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2002). Diseño en Ingeniería Mecánica (Sexta ed., Vol. I). (J. L. Cardenas, Trad.) Mexico: McGraw-Hill.

Troughton, M. J. (2008). Heat Sealing, Polyethylene. En M. J. Troughton, Handbook of plastics joining: a practical guide (2nd ed., págs. 121-126, 353-360). Norwich: William Andrew Inc.

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ALGUNOS COMPONENTES DE AUTOMÓVILES

CRISTINA ISABEL ORTEGA VIVERO

cortegav@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

VALENTINA TOBÓN PÉREZ

vtobonpe@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

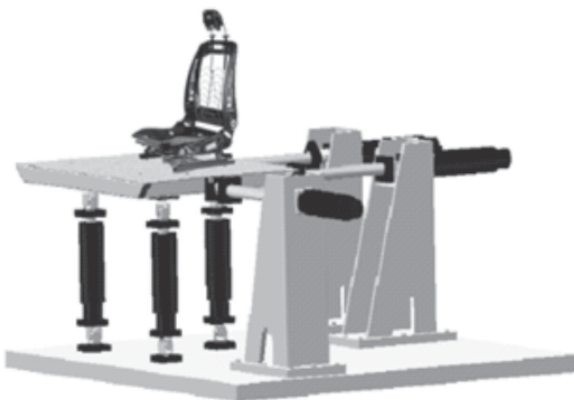
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS PLÁSTICOS

ASESOR PRINCIPAL

ADALBERTO GABRIEL DÍAZ

SECTOR BENEFICIARIO

UNIVERSIDAD EAFIT Y AUTOMOTOR



RESUMEN

El propósito de este proyecto es realizar el diseño de un banco de pruebas para algunos componentes automovilísticos.

Por medio de una metodología de diseño se hace el análisis de diferentes soluciones para elegir la que cumpla con la función principal, la cual es probar componentes automovilísticos, teniendo en cuenta que se toman como base los requerimientos de pruebas que involucran someter a diferentes frecuencias de vibración a los asientos de los automotores, con miras a que en el futuro sea una herramienta que pueda ser utilizada para otros componentes o productos de diferentes industrias.

ABSTRACT

The purpose of this Project is to design a test bed for some automotive components.

Through a design methodology is made an analysis of different solutions to choose the one that fulfills the main function, which is to test driveline components, taking in to account that the requirements are based on test that involve subject to different vibrations frequencies to the seats of vehicles, with a view to the future like tool that can be used for other components or products of different industries.

PALABRAS CLAVE

Banco de pruebas, componentes de automóviles.

KEY WORDS

Test bed, automotive components.

INTRODUCCIÓN

En este estudio se propone diseñar un banco de pruebas para ensayar componentes automoto-

vilísticos, más específicamente los asientos de estos, los cuales deberán ser certificados para ser ensamblados en autos de acuerdo a especificaciones requeridas con soporte de cálculos estáticos, análisis de frecuencias (análisis modal) y otros, se busca desarrollar el diseño más adecuado.

Este proyecto se ubica en un contexto nacional y aplica exclusivamente a las empresas que deseen emplear algún tipo de servicio (certificación, estudio predictivo, etc.).

Con el diseño del banco de pruebas se espera competir con lo existente en el mercado, permitiendo al laboratorio de mecánica experimental de la universidad EAFIT la aplicación de conocimientos conforme a procedimientos establecidos y efectuar las mediciones concernientes.

Con este proyecto se presenta un diseño adecuado para la construcción de un banco de pruebas en el cual se pueden llevar a cabo mediciones de resistencia, caracterización dinámica y detección de ruidos en asientos de los automóviles. Con esta iniciativa, se busca fortalecer la creación e innovación en diferentes grupos de investigación

y al mismo tiempo ofrecer al mercado nacional un laboratorio dotado con una herramienta para mejorar y confirmar la calidad de sus productos.

En el momento, no existe un laboratorio o taller en el país para el desarrollo, estudio y pruebas de tipo automotriz que permita realizar ensayos de vibración, sonido y resistencia con el fin de certificar productos, surgen en empresas de automotores al querer realizar pruebas para aprobar componentes y desarrollar técnicas preventivas y predictivas.

DISEÑO DE MÁQUINAS

El diseño de máquinas se basa en el diseño de ingeniería, posee diferentes respuestas y caminos para llegar a la solución, lo que significa que para llegar al diseño final existe un número interminable de soluciones aceptables.

BANCO DE PRUEBAS

El uso de pruebas de vibración para identificar debilidades estructurales es un método ampliamente aceptado para mejorar la calidad de productos; las pruebas de vibración utilizan señales de entrada tipo sinusoidal, señales aleatorias y la réplica de formas de onda determinadas.

FIGURA 1
Algunos sistemas de pruebas de vibración en el mercado

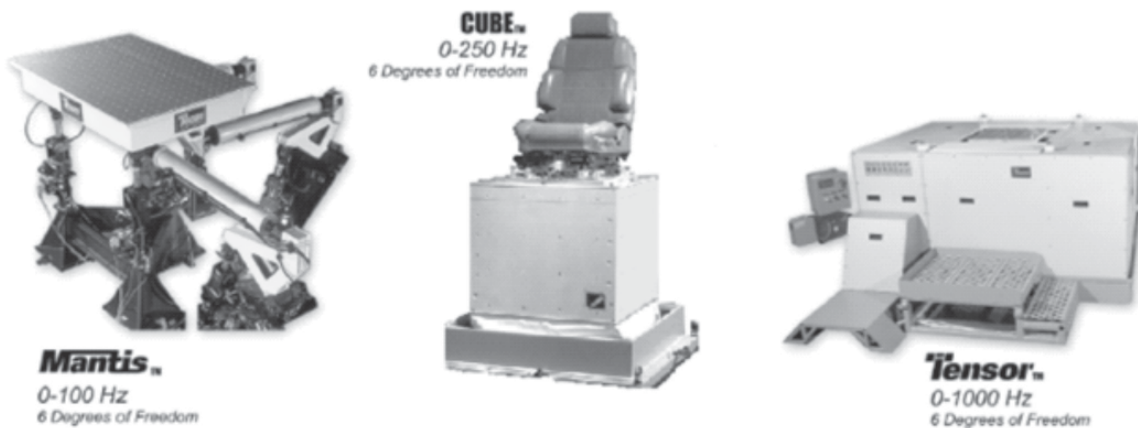


FIGURA 2
Características de desempeño de diferentes sistemas de vibración

CARACTERÍSTICA DE DESEMPEÑO	Mantis	CUBE	Tensor (Servo - hidráulico)	Sistema electro - dinámico
Grados de libertad	6	6	6	6
Frecuencia de trabajo	0 - 250Hz	0 - 250Hz	0 - 700Hz	0 - 2000Hz
Desplazamiento	15- 250mm	45 – 96mm	13mm	Depende del agitador
Carga de trabajo	50- 8000Kg	25-2700Kg	5 -50Kg	Depende del agitador
Máxima Fuerza permisible	315kN	62kN	36kN	Depende del agitador

Para la generación de las estructuras, las empresas se apoyan en software de elementos finitos que son eficientes para realizar el diseño y las pruebas a estas, tales como SolidWorks, CosmosXpress, Ansys, Comsol y otros.

EL OBJETO DE ENSAYO

Con el fin de documentar bien el ensayo, es necesario tomar en cuenta el máximo de características del asiento para tener puntos de referencia y tomar medidas reales para realizar el diseño del montaje sobre el banco de pruebas.

ESPECIFICACIONES DE LAS PRUEBAS

Prueba dinámica del cojín del asiento con pasajero

“El objetivo de la prueba es evaluar sobre un banco de pruebas, la comodidad dinámica del cojín de un asiento”. A partir de esta prueba se comparan los asientos con criterios de confort.

Caracterización dinámica del cojín del asiento a través de una masa inerte

Este ensayo tiene por objetivo comprobar la comodidad dinámica del cojín del asiento, se evalúa la sensibilidad a la vibración y la respuesta del cojín al ser expuesto a unas frecuencias, el asiento en esta prueba debe estar ocupado por una masa inerte que simula los glúteos de un pasajero.

Resistencia del cojín del asiento

Para esta prueba se requiere verificar rápidamente el comportamiento global de los cojines de las sillas, determinando las pérdidas de altura estáticas y dinámicas al igual que la resistencia de los forros de la silla.

Detección de ruidos parásitos del asiento (fuera del vehículo)

El objetivo de la prueba es detectar los ruidos propios y parásitos de los asientos, para que la

información sea utilizada en el momento de estudio y desarrollo de nuevos diseños de asientos.

ANÁLISIS DE LAS CARGAS

Cargas por vibración

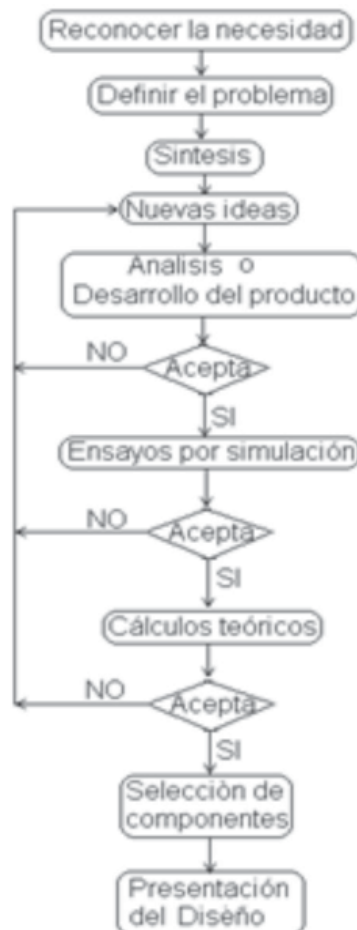
En sistemas cargados dinámicamente, por lo general aparecerán cargas por vibración sobre las cargas teóricas que indican las ecuaciones dinámicas estas generan cargas que producen fallas por fatiga.

Frecuencia natural

El número de frecuencias naturales que se debe o es deseable calcular variará con cada situación, el procedimiento más completo para llevar a cabo esta tarea es el análisis de elementos finitos para disgregar el ensamble en un gran número de elementos discretos.

PROCESO DE DISEÑO

FIGURA 3
Proceso de diseño



Evaluación de alternativa de solución

Para determinar el valor de la solución con respecto a los objetivos que se plantearon, se hace una comparación de variables conceptuales. Para evaluar se toma el método VDI 2225.

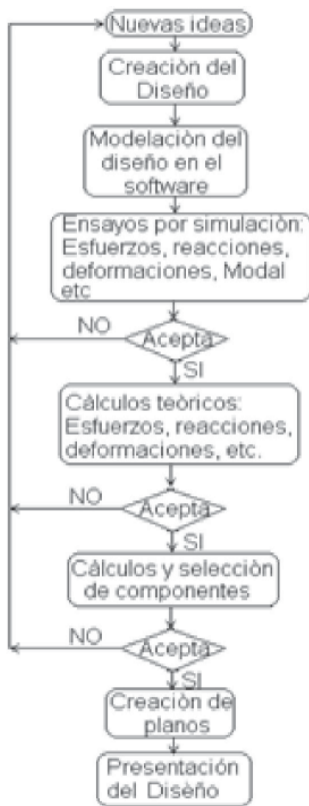
FIGURA 4
Evaluación de las tres alternativas

Criterios	Parámetros	Valor de medida	Importancia	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Frecuencia de trabajo	Frecuencia de trabajo de la prueba	Mínimo 55Hz	30%	1,2	1,2	1,2
Tiempo de operación	Tiempo de prueba (s)	Mínimo 24h	20%	0,2	0,8	0,2
Costo de la mesa base	Costo (\$)	Máximo 600.000 USD	15%	0,45	0,15	0,45
Peso	Peso (w)	Menor a 500Kg	5%	0,15	0,15	0,05
Nivel de ruido	Nivel de ruido (Db)	Menor a 90 Db	5%	0,05	0,2	0,05
Desplazamiento	Movimiento del banco (mm)	Mínimo 100mm	20%	0,8	0,8	0,8
Elementos comerciales	Unidades	Menor a 100%	5%	0,05	0,15	0,05
Total			100%	2,9	3,45	2,8

Índice técnico y económico

Al analizar los valores totales de las tres alternativas, la que más se acerca a la soluciones es la segunda opción, esta arroja un valor de 3,45 lo cual significa que cumple en un 86,25% con respecto al resultado ideal el 4.

FIGURA 5
Diseño mecánico



METODOLOGÍA

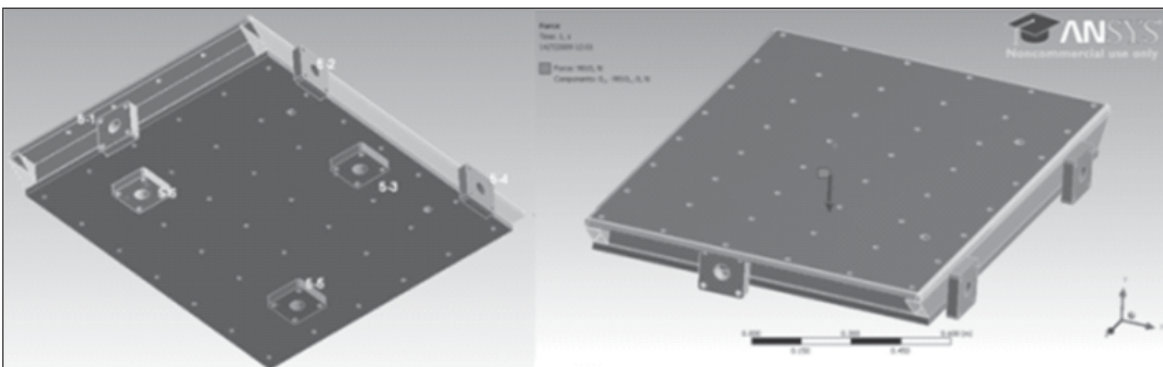
Modelación geométrica

Para la modelación del chasis de la mesa, se hace uso del software SolidWorks 2007, en él se generan todas las piezas por partes y se realiza el ensamble adecuado de la máquina. Se decide utilizar un paquete comercial de elementos finitos para realizar cálculos, por lo cual el software seleccionado es ANSYS 11.0.

Cálculos desde el software

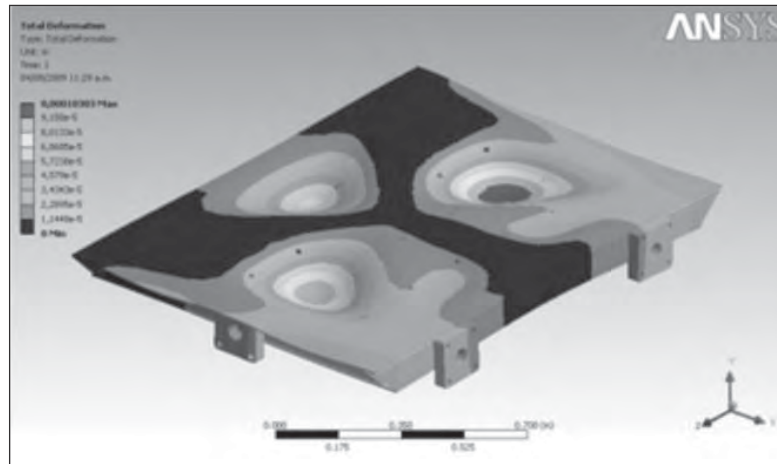
Análisis estático: Se hace como primer análisis el estático, ya que este análisis es base para los siguientes. Se debe tener presente en donde están ubicados los soportes de la mesa, los cuales son tomados en los análisis de las diferentes posiciones, el peso que equivale a 216,13Kg y la fuerza distribuida de 9810N, se tiene en cuenta la figura 1.

FIGURA 6
Numeración de los soportes, carga distribuida



Análisis estático con tres soportes fijos: Se fijan los tres apoyos inferiores (5-3,5-5, 5-6), en los cuales se ubican los tres actuadores verticales.

FIGURA 7
Análisis estático



FUERZAS DE REACCION			DEFORMACION	ESFUERZOS
Eje X	-8,2998E-8N	Min.	0m	6245Pa
Eje Y	9810N	Máx.	0,00010303m	19,64MPa
Eje Z	-4,467E-9N			
Total	9810N			

Cálculo de factor de seguridad: Además se hace un cálculo matemático para comprobar que lo que el software arroja, entonces el factor de seguridad es:

$$n = \frac{400 \text{ Mpa}}{19,6 \text{ Mpa}} = 20$$

Análisis dinámico: El análisis modal sirve para predecir el comportamiento dinámico de estructuras más o menos complejas, este análisis se

hace para determinar las características dinámicas de sistema mecánicos tales como las frecuencias naturales, los modos, el amortiguamiento, etc.

Análisis modal con tres soportes fijos: Se fijan los tres apoyos inferiores (5-3,5-5, 5-6), en los cuales se ubican los tres actuadores verticales, lo cual arroja como primer modo 181,95Hz lo cual es bueno para realizar las pruebas de 55Hz.

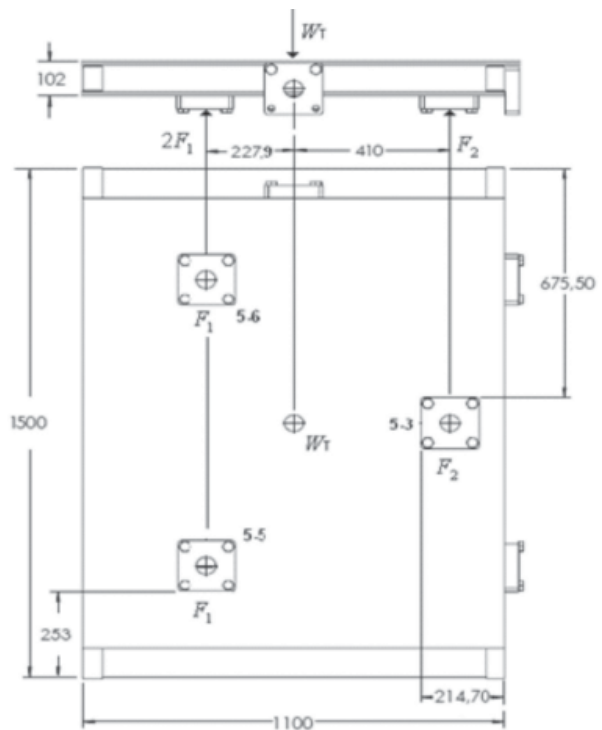
FIGURA 8
Frecuencias de análisis modal con tres soportes fijos

ANÁLISIS MODAL CON TRES SOPORTES FIJOS	
MODO	FRECUENCIA [Hz]
1	181,95
2	199,46
3	247,11
4	254,92
5	268,57
6	290,81

Cálculos teóricos

Para saber o hacer una aproximación de las fuerza que se presenta cuando se somete a una aceleración a la estructura. Teniendo en cuenta los datos anteriormente dados.

FIGURA 9
Fuerzas en los soportes de los actuadores
 $F_2 = 4261,5N$

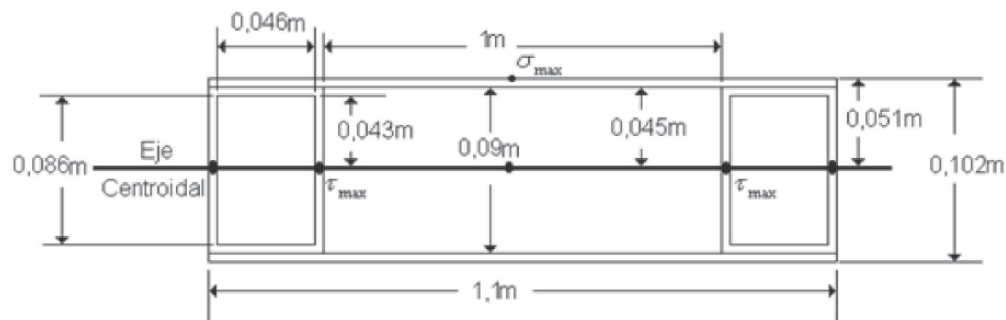


$F_1 = 3833,35N$

Se deben encontrar accesorios de unión y actuadores hidráulicos que soporten estas fuerzas, teniendo en cuenta los cálculos anteriores que arrojan como resultado 32KN de fuerza distribuida en cada actuator.

Cálculos de esfuerzos: Para simplificar la estructura se hace un corte y calcular los esfuerzos.

FIGURA 10
Esfuerzos



$$\sigma_{\max} = 12,26\text{MPa} \quad \tau_{\max} = 43,9\text{MPa}$$

FIGURA 11
Cálculo de deformación



$$Y_{\max} = 1,808 \times 10^{-3} \text{ m}$$

DESARROLLOS A FUTURO

- Construcción del banco de pruebas.
- Apropiación y desarrollo del sistema de adquisición de datos.
- Utilizar el banco para diferentes componentes al desarrollado en este proyecto.

RECOMENDACIONES

- Deberá ser construido según las especificaciones y los planos desarrollados.
- Debe ser manipulada por personal capacitado.
- Ubicación con bajo nivel de ruido.
- Mantenimiento preventivo.

CONCLUSIONES

Con el análisis modal se adquiere la forma a la cual la mesa vibra naturalmente y que sus modos sean de mayores frecuencias que la frecuencia de trabajo ideal, ya que se puede garantizar que al momento de utilizar la mesa no se destruirá.

Luego de realizar estudios de esfuerzo y deformación, se toman datos que demuestran que la estructura es resistente con una carga máxima de 10.000Kg, por tanto esta no se deformará ni colapsará mientras sea operada dentro de los rangos establecidos.

Las pruebas de análisis modal, arrojan resultados que son competitivos al lado de las mesas investigadas existentes en el mercado.

Se diseñó un banco de pruebas para realizar ensayos a los componentes propuestos, en el cual se pueden realizar tantas pruebas sea posible dependiendo del capital a ser invertido en nuevos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

BEER, P, Fernand y JONSON, E Russel Jr. Mecánica de materiales – traducción de la primera edición. Bogotá, Colombia: Mc Grawhill, Latinoamerica S.A., 1982

EAFIT. Apuntes de clase de diseño de máquinas. Profesor Santiago Bravo. Materia metódica. Medellín, Colombia: Eafit, 2009

NORTON, Robert L. Diseño de máquinas. Traducción primera edición. Naucalpan de Juarez, Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1998

SHIGLEY, Joseph E. y MISCHKE, Charles R. Diseño de ingeniería mecánica, Sexta edición. Mexico, D.F: Mc Grawhill, Latinoamerica S.A, 2002

SWEST, Cotización Shore Western. 2009.

MTS, Catalogo MTS para el cálculo de actuadores. 2009.

@Mbdynamics, 2009

Banco de pruebas. [En línea] [Citado el 23 de Marzo de 2009] Disponible en:
<http://www.mbdynamics.com/>

@Product, 2009

Bancos de prueba estandar [En línea] [Citado el 20 de Febrero del 2009] Disponible en Internet:
<http://www.teamcorporation.com/documents/brochures/Standard%20Products.pdfh>

@Mast, 2009

Especificaciones de bancos de pruebas [En línea] [Citado el 20 de febrero del 2009] Disponible en internet: <http://www.instron.com/ist/products/mast.asp>

@Matriz, 2008

Matriz morfológica [En línea] [Citado el 20 de febrero de 2009] Disponible en internet:
http://140.148.10.34/u_dl_a/tales/documentos/lim/hernandez_c_ea/capitulo3.pdf

@Amodal, 2009

Análisis modal [En línea] [Citado el 30 de Marzo de 2009] Disponible en Internet:
<http://www.gef.es/Congresos/25/PDF/6-11.pdf>

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CABLE SINFÍN PARA TRANSPORTE DE MADERA EN EL BOSQUE

JORGE AURELIO CARO ALZATE

jcaroal1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

JUAN ESTEBAN HENAO VILLA

jhenaovi@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

JAIME LEONARDO BARBOSA

SECTOR BENEFICIADO

PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES
DE MADERA



RESUMEN

En todo el mundo, la elaboración de planes para abrir la explotación de bosques hasta ahora inaccesibles, está revistiendo una mayor importancia cada día en la economía forestal de muchos países montañosos. La merma de los recursos forestales más fácilmente accesibles, o incluso su agotamiento como consecuencia de una explotación excesiva, ha hecho que el interés se vaya concentrando en los bosques de montaña.

En la actualidad el uso de métodos convencionales para el transporte de troncos de madera, ha limitado las zonas de corte de árboles para los medianos productores, al igual que ha incrementado sus costos y generado efecto de erosión en el terreno.

La búsqueda de una solución para el transporte de troncos de madera desde el lugar donde es cortada hacia las carreteras ha tomado gran importancia, debido a los altos costos de transporte e impacto ambiental del terreno a los que se ven sometidos los productores de madera al emplear métodos tradicionales como es el caso de animales de carga para el transporte de la madera.

Reemplazar los métodos tradicionales de transporte de madera, requiere del diseño de un sistema motriz, semiautomático que soporte las condiciones ambientales del bosque a las que estaría sometido el equipo, tales como la intemperie, humedad, altas jornadas de trabajo y poco mantenimiento.

Partiendo de este concepto se busca dar una solución técnica a una necesidad existente dentro del proceso de transporte de troncos de madera desde su lugar de corte hacia la carretera, de forma segura para sus operarios y rentable para sus propietarios.

ABSTRACT

Throughout the time, plans to open the exploitation of hitherto inaccessible forests, has become more important every day. The decline of forest resources more easily accessible or even exhaustion as a result of overexploitation has caused the interest will be concentrated in the mountain forest.

At present the use of conventional methods for the transport of wood, has limited tree cutting areas for medium producers, as well as increased costs and effects of erosion generated on the ground.

The search for a solution to transport wood from the place where the tree is cut, have taken great importance, because of high transportation costs and environmental impact of the land to which they are subjected to timber producers.

Replacing traditional methods of wood transport, requires the design of a new motor system. Based on this concept seeks to provide a technical solution to an existing need in the process of transporting wood from the place of cutting down the trees, safely and low cost for workers and for the forest owners.

PALABRAS CLAVE

Extracción de Madera / bosque nativo / transporte de madera / reforestación / explotación de recursos naturales.

KEY WORDS

Wood extraction / native forest / wood transport / reforestation / natural resource exploitation.

INTRODUCCIÓN

La Organización indígena de Antioquia - Oia, en sus programas de apoyo a las comunidades de la región del Urabá Antioqueño y buscando la

posibilidad de que los bosques ubicados en los resguardos indígenas reciban un tratamiento de sustentabilidad versus de explotación y extensión de la frontera agropecuaria, ha querido fortalecer la utilización económica de los productos del bosque; para el caso del aprovechamiento de recurso madera, después de haber efectuado identificación detallada de las áreas, inventario de bosques y planes de ordenación forestal, identificó como limitantes principales las tecnologías de:

- Apeo de árboles.
- Aserrado de piezas comerciales in situ.
- Transporte hasta vía vehicular.

El cabildo indígena de Chigorodó inició la búsqueda desde el año 2.005 de soluciones para el transporte de madera, con la dirección del ingeniero Gustavo Rojas.

La Federación de Cafeteros de Colombia en sus programas de reforestación con pequeños propietarios campesinos, que en los departamentos de Santander Sur, Caldas y Tolima alcanza ya edades que requieren cosecha forestal en un futuro cercano, viene estudiando cuáles podrían ser los sistemas de cosecha viables. Las condiciones típicas donde se han desarrollado estos programas son topografía de cordillera, pendientes fuertes, plantaciones forestales en áreas individuales pequeñas (menores a 1,0 ha), y ubicación dispersa de lotes en la zona.

El ingeniero Raúl Hernández, director de proyecto de Federacafé, organizó con el Ingeniero Forestal Fernando Vélez una visita a la zona de Chartas, cerca a Bucaramanga en mayo del 2007 a fin de presentar el conjunto de los programas de reforestación, las proyecciones para industrialización y sobre todo, conocer las condiciones físicas para las labores de cosecha forestal y transporte de la madera.

El ámbito para la extracción forestal se enmarca entonces dentro de los siguientes aspectos:

- Plantaciones jóvenes donde las labores de manejo silvicultural, mediante entresacas periódicas, es muy deseable a fin de: i) prolongar el turno de cosecha final del bosque, ii) mejorar la calidad del bosque y sus productos futuros, y iii) permitir una distribución de ingreso periódico a los propietarios, versus un ingreso único de cosecha de tala rasa.
- Requerimiento de un sistema de extracción justificable para: i) volúmenes pequeños por lote, ii) distancias de transporte de mediano y largo alcance (superiores a 500 m), iii) cargas bajas (i.e. trozas con peso unitario inferior a 100-250 kg-unidad).
- Requerimiento de sistemas tecnológicamente sencillos, ya que no existe a nivel regional ni una cultura de cosecha forestal, ni una actividad económica relacionada. Los sistemas profesionales de alta producción, tecnología y requerimiento de inversión en capital no encuentran entonces viabilidad clara dentro del programa.

DESARROLLO

Para el diseño del sistema cable sinfín para transporte de troncos de madera, partimos de un concepto de sistema de cables que es empleado actualmente en algunas regiones productoras de madera.

Este sistema se encuentra construido con materiales artesanales tales como troncos de madera y sogas plásticas o pita. Como mecanismo motriz, emplea una moto sierra acoplada a un sistema de poleas que permite entregar al mecanismo las revoluciones y velocidad lineal requeridas para su funcionamiento. Los mástiles de soporte pueden ser artificiales o un árbol fijo, los cuales

mantienen su posición al suelo a través de cuerdas tensionadas y empotradas al suelo.

La propuesta de sistema de cable sinfín para transporte de madera que se realiza, parte del principio de funcionamiento del sistema artesanal construido y operado actualmente, sin embargo, el nuevo sistema propuesto presenta cambios significativos tales como:

- Cambios en los materiales con los cuales está construido el sistema: El sistema implementado actualmente está construido con materiales artesanales, tales como madera, con el cual se construyen los mástiles de soporte, la estructura de soporte del elemento motriz, en este caso la moto-sierra STIHL de 6.6 HP, entre otros elementos que componen el sistema. En el sistema propuesto, se plantea cambiar los elementos de madera por estructuras de acero modulares, que permitan ser desensambladas fácilmente. La soga plástica que es empleada como elemento de arrastre, en el nuevo sistema se propone cambiarlo por cable de acero de menor calibre al empleado en la línea de carga de la madera.
- Cambio en el sistema de freno: El sistema de freno empleado en el sistema actual, es un mecanismo netamente artesanal, que consiste en un trozo de madera, que al hacer contacto con la polea, permite frenar el sistema, corriendo el riesgo de lesionar al operario o incluso reventar la soga plástica, quedando así la carga en plena libertad de movimiento y sin forma de controlar. El sistema de freno que inicialmente se propone, está formado por un freno de mano, con una platina de asbesto que va a la polea, que al ser accionado manualmente por medio de una palanca, disminuye la velocidad de operación del sistema.
- Cambios en los cálculos del diseño del sistema: El sistema actual no cuenta con

cálculos de diseño del sistema. En el nuevo sistema se calculan los elementos más críticos, tales como cables, rodamientos, bandas y elementos que puedan estar sometidos a altos esfuerzos, cargas cíclicas o incluso piezas que al fallar puedan colocar en riesgo la vida de los operarios del sistema.

- Cambios en el trazo del recorrido: Inicialmente se busca realizar un sistema que funcione adecuadamente en terrenos planos o de muy baja pendiente.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA

El sistema cable sinfín para transporte de troncos de madera, se evaluó con cargas inferiores a 40

kg y corredores de 50 m, y se observó que el sistema sube y baja las cargas fácilmente. Por esta razón se encontró necesario incrementar las cargas transportadas al igual que su longitud, para alcanzar los valores máximos respectivos para cada uno de los corredores.

Este análisis se realiza para los diferentes sentidos del terreno: Descendente, Terreno plano y Ascendente.

A continuación se presenta un resumen de los valores máximos del peso (kg) y longitud (m) para cada uno de los terrenos y las longitudes de corredor.

FIGURA 1
Valores máximos de carga en kg

Terreno \ Longitud Corredor	50 M	100 M	200 M	500 M	1000 M
	Descendente	175	179	165	172
Plano	165	152	116	110	150
Ascendente	98	90	96	91	81

FIGURA 2
Valores máximos de longitud de carga en m

Terreno \ Longitud Corredor	50 M	100 M	200 M	500 M	1000 M
	Descendente	3,9	2,8	2,88	6,06
Plano	3,05	6,03	6,2	6,05	5,9
Ascendente	6,03	6,15	5,72	5,03	4,98

CONCLUSIONES

De acuerdo a la producción diaria de madera estimada en toneladas, encontramos que la mayor producción es de 5,54 toneladas para una longitud de corredor de 100 metros, en terreno descendente. Encontramos que para ningún corredor en los diferentes terrenos (Descendente, Plano y Ascendente), se cumple el transporte de la madera producida por medianos productores, que corresponde a cerca de 10-15 Toneladas diarias.

Inicialmente se planteó trabajar con un solo elemento motriz, es decir, con la motosierra, la cual es empleada para cortar la madera y posteriormente mover la carga. Luego de realizar el montaje y los ensayos, encontramos que se presentaban los siguientes inconvenientes:

- La velocidad que maneja el sistema es muy alta.
- El dispositivo que se empleó para acoplar la polea en la motosierra, presenta gran desgaste.
- La transmisión de fuerza al sistema la está realizando la motosierra de manera directa, y es importante tener en cuenta que ella no fue diseñada para esto.
- La motosierra es un motor de 2 tiempos, y el consumo de combustible y aceite es alto generando costos adicionales y contaminación.
- Como la motosierra auto lubrica la cadena de corte para aserrar, y esta se bajó, arroja mucho aceite al suelo contaminándolo.
- Las bandas (correas en V) se desgastan fácilmente.

La posición del freno y disposición del equipo pueden resultar peligrosas cuando se trabaja el equipo en terrenos pendientes.

El sistema cable sinfín para transporte de madera, requiere unos cambios para que sea viable su operación.

MEJORAS

Para continuar con la idea de usar la motosierra se sugiere lo siguiente: Hacer una reducción de velocidad con poleas intermedias. (Primero con una, hasta alcanzar la velocidad ideal) y rediseñar el acople de la polea conductora en la motosierra. Analizar costos entre una motosierra y un motor diesel, ambos de 6 HP.

El motor diesel, presenta las siguientes ventajas: Es más eficiente, produce menos velocidad y es más fácil manipular ACPM que Gasolina. Se presenta deslizamiento y desgaste en la carreta que hala el cable de arrastre como solución se plantea:

- Mejorar el arco de contacto, ya sea con mayor diámetro o con un sistema que permita darle más vueltas al cable en la carreta.
- Se debe cambiar la disposición del sistema, para que el operario no quede al frente de la carga.
- Se debe disponer de un mejor sistema de comunicación, a medida que aumentan las distancias.
- Acondicionar un sistema de freno comercial, en lo posible de disco y de motocicleta.

BIBLIOGRAFÍA

Equipo técnico Yungas, A. p. (Dirección). (Bolivia, 2005.). Proyecto JATUN SACHA [Película].

Faires. (1997). Diseño de elementos de Maquinas. México: Limusa.

Gere, J. M. (2002). Mecánica de Materiales. México: Thomson Learning.

Hibbeler, R. C. (2004). Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática. Mexico: Pearson Educación.

Juvinall, R. C. (1999). Fundamentos de diseño para Ingeniería Mecánica. México: Limusa.

Sánchez, R. H. (1995). Sistema de Informacion para la conservacion (SIC). Recuperado el 1 de 10 de 2009, de http://www.conservacion.unalmed.edu.co/rodolfoparra/documentos/cosecha_forestal.pdf.

SKF. SKF Catálogo General.

MANTENIMIENTO Y COSTOS DE GESTIÓN EN UN SECTOR EMPRESARIAL EN EL VALLE DE ABURRÁ

OSCAR JOSÉ LOZANO ÁRIAS

olozanoa@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR
JUAN SANTIAGO VALLEJO

SECTOR BENEFICIADO
UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

El sector manufacturero requiere conocer los costos en el área de mantenimiento para mejorar su gestión y hacer de este departamento una “fuente de beneficio” y no un centro de gasto; para ello es necesario investigar acerca de la administración de mantenimiento en algunas empresas del Valle de Aburrá. Entre los temas a tratar se encuentran: tipos mantenimiento, tipos y formas de costeo, costos en relación con el mantenimiento, tipos y desarrollo de una muestra (Souris, 1992).

Con este estudio se pretende concluir acerca de la forma como es llevado el costeo en los departamentos de mantenimiento, con el fin de alimentar y mejorar la administración de costos del sector y así preparar, ayudar y mejorar las técnicas usadas por las empresas.

ABSTRACT

The business requires knowledge of the costs in the maintenance area to improve management of this department and do a “source of profit” and not an expenditure, it is necessary to investigate the administration of maintenance on some companies in the Valley de Aburrá. Among the topics to be covered include: maintenance rates, types and forms of cost, costs related to maintenance, rates and development of a sample (Souris, 1992).

This study aims to conclude on how the costing is carried in the maintenance departments in order to nurture and improve the administration costs of the sector and prepare, assist and improve the techniques used by businesses.

PALABRAS CLAVE

Historia de mantenimiento, gestión de mantenimiento, tipos de mantenimiento, variables

de mantenimiento, métodos de costeo, costos de mantenimiento, clasificación de los costos, costos de mantenimiento correctivo, costos de mantenimiento preventivo, costos de mantenimiento predictivo, historia de la estadística, que se entienden por muestreo, tipos de muestreo, razones para emplear el muestreo aleatorio simple, proceso regular del muestreo, tamaño de la muestra y desarrollo de la encuesta.

KEY WORDS

History of maintenance, maintenance management, types of maintenance, maintenance variables, methods of costing, maintenance costs, classification of costs, costs of corrective maintenance, cost of preventive maintenance, predictive maintenance costs, history of statistics, which means for sampling, sampling rates, reasons for using sampling, regular sampling process, sample size and development of the survey.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es una actividad propia de la naturaleza del hombre, que ha evolucionado debido a la necesidad de mantener en óptimas condiciones los componentes constitutivos de un equipo en general. Esta actividad se fortaleció luego de la revolución industrial, época donde se impulso la industrialización y se comenzaron a automatizar grandes procesos productivos, luego de la primera y segunda guerra mundial la importancia fue mayor hasta el punto de considerarla como una ingeniería (ingeniería del mantenimiento), hasta la fecha la importancia del mantenimiento es igual a la del proceso productivo, es por eso que en toda empresa manufacturera debe contar con esta actividad llamada mantenimiento, conformada por personas capacitadas que permiten solucionar de forma rápida y eficaz cualquier dificultad.

¿Qué se entiende por mantenimiento?

Conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización de una línea automática de producción puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un determinado plan de producción en constante evolución (Rey Sacristan, 1996).

Área y personal de mantenimiento

La labor del área de mantenimiento, está referida con la prevención de accidentes y lesiones al trabajador, tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones a los equipo, maquinas y herramientas de trabajo que permiten un mejor desenvolvimiento y seguridad, evitando en parte el riesgo en el área laboral (Rodas, Bolaños Ruiz, Barrientos Lira, Muñoz Díaz, & Catalán Sicán, 2006).

TIPOS DE MANTENIMIENTO

Tipos de mantenimiento según la AFNOR X60-010

El mantenimiento correctivo: es una intervención necesaria para poder solucionar un defecto o una falla ya ocurrida. Es la actividad de reparar averías a medida que estas se van produciendo en maquinas o equipos, el personal encargado de notificar la avería es el mismo operador y el encargado de realizar la reparación es el personal de mantenimiento (Torres, 2005, pág. 123).

Mantenimiento preventivo: actividad humana desarrollada en equipos e instalaciones con el fin de garantizar que la calidad del servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos, reemplazando o restaurando el ítem o sus componentes a intervalos programados con la condición de no perder la calidad del satisfactorio que se está manufacturando (Dounce Villanueva, 2006).

Mantenimiento sistemático: es efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas, este requiere un amplio conocimiento de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es necesario un conocimiento previo del comportamiento de los materiales, generalmente los fabricantes proporcionan la información necesaria para la aplicación de este mantenimiento (Torres, 2005, pág. 132).

El mantenimiento predictivo: este mantenimiento intenta predecir el comportamiento del elemento en forma que se tenga conocimiento del estado y la operación de los equipos mediante el control de diferentes variables (Navarro, Pastor, Mugaburu, Clara, & Miguel, 1997, pág. 35).

Variables de mantenimiento

Fiabilidad: es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.

ECUACIÓN 1

Media de los tiempos de buen funcionamiento

$$MTBF = \frac{\sum TBF_i}{n}$$

(Navarro, Pastor, Mugaburu, Clara, & Miguel, 1997).

Donde:

MTBF = Media de los tiempos de buen funcionamiento.

TBF_i = Tiempo entre fallas.

n = número de veces de repetición.

Disponibilidad

Es la proporción de tiempo durante el cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

ECUACIÓN 2

Media de los tiempos técnicos de reparación

$$MTTR = \frac{\sum TTR_i}{n}$$

(Navarro, Pastor, Mugaburu, Clara, & Miguel, 1997).

Donde:

MTBF = Media de los tiempos técnicos de reparación.

TBF_i = Tiempos técnicos de reparación.

n = número de veces de repetición.

ECUACIÓN 3

Disponibilidad

$$D = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \quad D = \frac{TO - \sum TA}{TO}$$

(Navarro, Pastor, Mugaburu, Clara, & Miguel, 1997).

Donde:

D = Disponibilidad.

TO = Tiempo requerido.

TA = tiempos de paro.

MTBF = Media de los tiempos de buen funcionamiento.

MTTR = Media de los tiempos técnicos de reparación.

Mantenibilidad

Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas (@Mantenimiento mundial, 2006).

COSTOS EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Existen dos pasos para controlar los gastos de mantenimiento. El primer paso es involucrar a todo el personal en el proceso. La explicación al personal se centra en el interés de obtener resultados, es necesario escuchar sus opiniones, sus participaciones normalmente darán un resultado positivo. El segundo paso es introducir procedimientos que realmente pueden determinar la durabilidad de reparaciones, repuestos, aceites y equipos de producción (Thayer Ojeda, 2008).

Utilidad de los costos en el mantenimiento

- Los costos del área de mantenimiento proporcionan informes relativos que son utilizados para medir utilidad y evaluar inventario (estado de resultados y balance general).
- Los costos de mantenimiento ofrecen información para el control administrativo de operaciones y actividades de la empresa (informes de control).
- Los costos de mantenimiento proporcionan información a la administración para fundamentar la planeación y la toma de decisiones (análisis y estudios especiales).
- Los costos de mantenimiento sirven de base al área de producción y comercio para fijar precios de venta y establece políticas de comercialización.

Clasificación de los costos

Los sistemas de contabilidad de costos fracasan en muchas empresas al no satisfacer cabalmente a la gerencia con la información esperada, o se proporciona a los directivos una incorrecta información para la determinación del costo,

es decir no se logra informar sobre los costos que realmente importan a las directivas. Una clasificación básica y adecuada de los sistemas de costeos en el área de mantenimiento son las siguientes:

Clasificación de los costos según la función que cumplen

- Costo de producción.
- Costo de comercialización.
- Costo de administración.
- Costo de financiación.

Clasificación de los costos según su grado de variabilidad

- Costos fijos.
- Costos variables.

Clasificación de los costos según su asignación

- Costos directos.
- Costos indirectos.

Costos financieros

Los costos financieros referidos al mantenimiento son los que surgen tanto del valor de los repuestos como también las amortizaciones de las máquinas que se encuentran en reserva para asegurar la producción. Los costos del almacenamiento de los repuestos en el almacén, necesarios para poder realizar las reparaciones implican un desembolso de dinero para la empresa, que limita su liquidez.

Costos de no disponibilidad por fallas

El costo por falla se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa tiene por causas relacionadas directamente con mantenimiento (Torres, 2005).

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**ECUACIÓN 4****Costo total del mantenimiento correctivo**

$$\text{CTMC} = \text{CDMC} + \text{CLC}$$

Donde:

CTMC = Costo total del mantenimiento correctivo.

CDMC = Costo directo de mantenimiento correctivo.

CLC = Costo de lucro cesante.

ECUACIÓN 5**Costo directo de mantenimiento correctivo**

$$\text{CDMC} = \text{MODM} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH}$$

Donde:

MODM = Costo de la mano de obra del mantenimiento correctivo.

CR = Costo de los repuestos a la hora de reparación.

CM = Costo de materiales e insumos en la reparación.

CH = Costo herramental para mantenimiento.

ECUACIÓN 6**Costo de lucro cesante**

$$\text{CLC} = \text{CO} + \text{CI} + \text{CDRP}$$

Donde:

CO = Costo de oportunidad por hora.

CI = Costo por incumplimiento.

CDRP = Costo por deterioro de la producción (Torres, 2005).

COSTOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO**ECUACIÓN 7****Costo directo del mantenimiento preventivo**

$$\text{CDMP} = \text{MOMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} + \text{Cstock} + \text{CO}$$

Donde:

MOMP = Mano de obra de mantenimiento preventivo.

CR = Costo de los repuestos cambiados.

CM = Costos de los materiales o insumos.

CH = Costo herramental para mantenimiento.

C stock = Costo de mantener el inventario de los repuestos.

CO = Costo de oportunidad por parada de mantenimiento preventivo (Torres, 2005).

COSTOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO**ECUACIÓN 8****Costo total por mantenimiento preventivo sistemático**

$$\text{CTMPS} = \text{CDMP} + \text{CMC}$$

Donde:

CDMP = Costo directo del mantenimiento preventivo.

CMC = Costo por mantenimiento correctivo.

ECUACIÓN 9**Costo directo del mantenimiento preventivo**

$$\text{CDMP} = \text{MOMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} + \text{C stock} + \text{CO}$$

Donde:

MOMP = Mano de obra de mantenimiento preventivo.

CR = Costo de los repuestos cambiados.

CM = Costos de los materiales o insumos.

CH = Costo herramental para mantenimiento.

Cstock = Costo de mantener el inventario de los repuestos.

CO = Costo de oportunidad por parada de mantenimiento preventivo.

ECUACIÓN 10

Costo de implementación de mantenimiento correctivo

$$CMC = \% CTMC$$

Donde:

CMC = Costo total de mantenimiento correctivo (Torres, 2005).

COSTOS EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO

ECUACIÓN 11

Costo directo del mantenimiento predictivo

$$CDMP = MOMP + CR + CM + CH + C \text{ stock} + CO$$

Donde:

MOMP = Mano de obra de mantenimiento predictivo.

CR = Costo de los repuestos cambiados.

CM = Costos de los materiales o insumos.

CH = Costo herramental del ensayo no destructivo.

Cstock = Costo de mantener el inventario de los repuestos.

CO = Costo de oportunidad por parada de mantenimiento predictivo (Torres, 2005).

ESTADÍSTICA INFERENCIAL

Se deriva de muestras, de observaciones hechas sólo acerca de una parte de un conjunto numeroso de elementos y esto implica que su análisis requiere de generalizaciones que van más allá de los datos. Como consecuencia, la característica más importante del reciente crecimiento de la estadística ha sido un cambio en el énfasis de los métodos que describen a métodos que sirven para hacer generalizaciones. La estadística inferencial investiga o analiza una población partiendo de una muestra tomada (Ruiz Muñoz, 2008).

¿QUÉ ES UN MUESTREO?

Es un instrumento de recolección de datos con el fin de obtener información de un conjunto mayor, es decir, se toma la porción de un todo para darse una idea de ese todo. Muestreo es una parte representativa de la población seleccionada con el fin de obtener información relacionada con las características de dicha población (Cabrejos Doig, 1987).

Tipos de muestreo

El muestreo abarca distintos procedimientos para extraer muestras de poblaciones con el objeto de conocer sus características, dependiendo de la metodología seleccionada y de las características de la población, es posible estudiar más acertadamente el comportamiento general de la población, para ello el muestreo se divide en dos partes, una probabilística o aleatorio y el no probabilístico.

FIGURA 1
Tipos de muestreo



(Suárez Martínez, 2008)

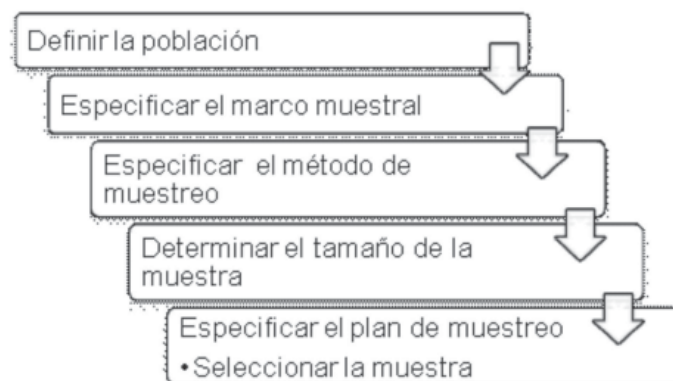
Razones para emplear el muestreo

El muestreo puede ser más preciso debido a que el volumen de trabajadores se reduce, permitiendo que las anteriores actividades se desarrollen de manera más eficiente. Todo esto hace que se disminuyan las posibilidades de incurrir en errores (Hines & Douglas C., 1980).

Proceso regular de muestreo

El proceso de muestreo sugerido para obtener una muestra consta de seis etapas y es ilustrada en la siguiente figura.

FIGURA 2
Etapas del proceso de muestreo



(Cabrejos Doig, 1987)

Determinación del tamaño de la muestra

Existen varias maneras de determinar el tamaño de una muestra cada una depende del tipo de muestreo a utilizar. Para objeto de este trabajo se utilizará un muestreo aleatorio simple, el cual es posible calcularlo de la siguiente manera.

ECUACIÓN 12

Tamaño de una muestra n en una población infinita

$$n = \frac{z^2 * s^2}{d^2}$$

(Gallardo & Moreno G, 1999)

Donde:

n = Tamaño de una muestra en una población infinita.

d = Precisión.

Z = Nivel de confianza.

S = Desviación estándar estimada.

ECUACIÓN 13

Tamaño de una muestra n en una población finita

$$n = \frac{N * z^2 * s^2}{d^2 * (N - 1) + z^2 * s^2}$$

(Gallardo & Moreno G, 1999)

Donde:

n = Tamaño de una muestra en una población infinita.

N = Población base.

Z = Nivel de confianza.

S = Desviación estándar estimada.

d = Precisión.

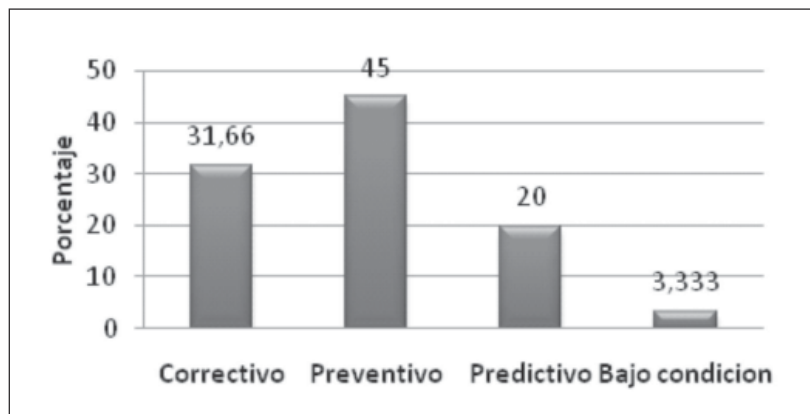
En el cual Z es el valor correspondiente al nivel de confianza y se obtiene de las tablas de la distribución normal.

- Para el nivel de confianza de 90% $Z = 1.64$.
- Para el nivel de confianza de 95% $Z = 1.96$.
- Para el nivel de confianza de 99% $Z = 2.58$ (Gallardo & Moreno G, 1999).

CONCLUSIONES

El tipo de mantenimiento utilizado con mayor frecuencia por las empresas manufactureras del Valle de Aburrá, es el mantenimiento preventivo que representa el 45% de las actividades realizadas por el departamento de mantenimiento, además muestra en el sector empresas pequeñas y medianas implementando un mantenimiento preventivo y predictivo significativo.

FIGURA 3
Tipos y porcentaje de mantenimiento realizados en las empresas

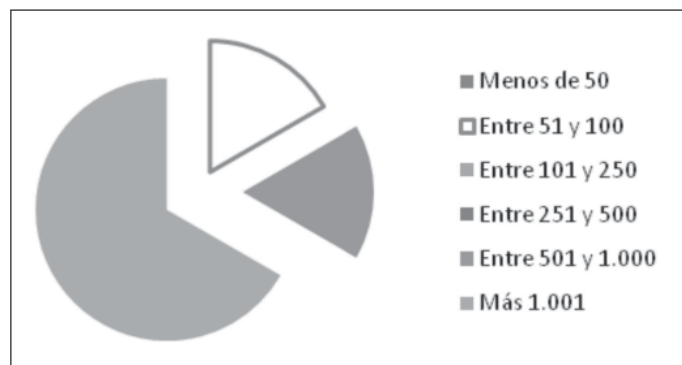


Es conveniente para las empresas manufactureras del Valle de Aburrá tengan un plan de mantenimiento preventivo que permita asistir, mantener e intervenir cualquier equipo o maquinaria al momento de presentar inconvenientes, debido a que impedirá que el equipo sufra fallas mayores ocasionando que la producción se detenga y no cumpla oportunamente con los compromisos adquiridos. La mayoría de las actividades que se desarrollan en el departamento de mantenimiento son ejecutadas por el personal propio, el uso de contratistas u otros representan no más del 6%.

Los costos del departamento de mantenimiento se incrementan conforme lo hacen las actividades especializadas, es decir, mientras más frecuentes sean las intervenciones, chequeos, lubricaciones, ajustes, reparaciones, etcétera. Mayor será el costo pero a cambio, se tiene una planta disponible, confiable y segura.

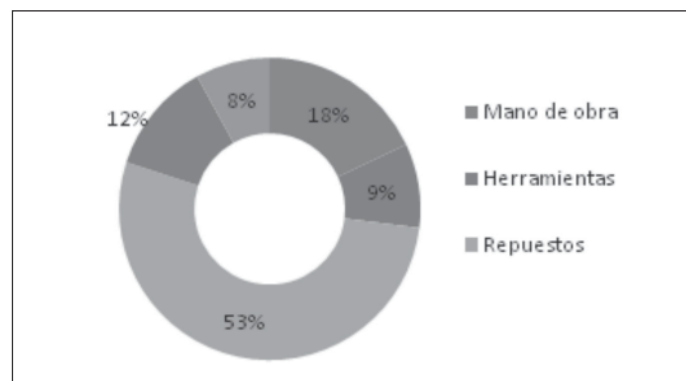
Los departamentos de mantenimiento de las diferentes empresas consumen más de mil millones de pesos anualmente en actividades relacionadas con el mantenimiento.

FIGURA 4
Consumo anual del departamento de mantenimiento



La distribución de los costos de mantenimiento referentes a los elementos utilizados para una correcta ejecución del mantenimiento corresponde a un 53% de repuestos, el 18% en mano de obra y el 12 en inventario.

FIGURA 5
La distribución de los costos de mantenimiento



Se recomienda hacer un estudio de la rotación de los repuestos en el almacén con el fin de reducir los costos de inventario y costos de repuestos de baja rotación que representan el 71 % de los costos totales del departamento de mantenimiento, según los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

@Mantenimiento mundial. (2006). MANTENIMIENTO MUNDIAL. Retrieved ABRIL 1, 2008, from TIPOS DE MANTENIMIENTO: <http://www.Mantenimientomundial.com>.

Cabrejos Doig, B. (1987). INVESTIGACIÓN DE MERCADEO. Medellín: Editorial EAFIT.

De Bona, J. M. (1999). GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO. Zaragoza, España: fundación confemetal.

Dounce Villanueva, E. (2006). UN ENFOQUE ANALITICO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. MONTERREY, NUEVO LEON, MEJICO: CECSA.

Gallardo, Y., & Moreno G, A. (1999). SERIE APRENDER A INVESTIGAR. Santa Fe de Bogotá: Editorial ICFES.

Hines, W., & Douglas C., M. (1980). Probability And Statistics in Engineering And Management Science. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, 2da. Edición.

Navarro, Pastor, Mugaburu, L., Clara, A., & Miguel, J. (1997). Gestión Integral De Mantenimiento. Barcelona, España: Marcombo.

Rey Sacristan, F. (1996). HACIA LA EXCELENCIA DEL MANTENIMIENTO. MADRID, ESPAÑA: TGP HOSHIN.

Rodas, O., Bolaños Ruiz, C. M., Barrientos Lira, S. A., Muñoz Díaz, J., & Catalán Sicán, M. (2006). Monografía. (Monografía) Retrieved ABRIL 5, 2008, from Monografía: <http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>.

Ruiz Muñoz, D. (2008). HISTORIA DE LA ESTADÍSTICA . Universidad Pablo de Olavide.

Souris, J. P. (1992). EL MANTENIMIENTO FUENTE DE BENEFICIO. París, Francia: Ediciones Díaz de Santos.

Suárez Martínez, R. (2008). EMPLEO DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL, EN EL DISEÑO, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS. Chimbote - Perú: Universidad Privada San Pedro.

Thayer Ojeda, L. (2008). ¿NECESITA UN SISTEMA DE GESTION DEL MANTENIMIENTO? (CONTEC) Retrieved Noviembre 25, 2008, from ¿NECESITA UN SISTEMA DE GESTION DEL MANTENIMIENTO?: <http://www.contec.cl/recursos/GMAC.pdf>.

Torres, D. (2005). MANTENIMIENTO SU IMPLEMENTACIÓN Y GESTIÓN. MADRID: UNIVERSITARIAS.

MEJORAMIENTO PROCESOS PRODUCTIVOS EN PLANTA DE ENSAMBLE CBU QINGQI

JUAN CARLOS BUILES MARIN

jbuilesm@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR PRINCIPAL

JAVIER MEJIA NIETO

SECTOR BENEFICIADO

JINANCOL S.A



RESUMEN

En el presente artículo se presenta el proceso empleado en la planta de ensamble de motos Qingqi para el mejoramiento de sus actividades del ensamble de las motocicletas por medio de la metodología del justo a tiempo.

Planteando y ejecutando acciones de mejoramiento continuo que le permitirán a la empresa generar unos ahorros con la implementación de la metodología.

ABSTRACT

The Article present all of the process used by Qingqi Motorcycles improvement their activities for the assembly process through the methodology just On Time.

Establish and executing actions to improve that allow the company to save some money using this methodology.

INTRODUCCIÓN

Las empresas hoy día a día deben de realizar constantes evaluaciones de todas sus actividades y operaciones para determinar cuáles de ellas necesitan una mejor vigilancia, replanteamiento u organización, todo ello en busca de adoptar mejoras para poder ser más eficientes, productivos y competitivos ante el mercado actual.

El objetivo del fundamental del proyecto es el planteamiento de mejoras de los procesos productivos de la planta de ensamble de Qingqi, basada en la metodología del Justo a Tiempo.

La primera parte del proyecto está basada en los conocimientos básicos acerca del ensamble de motos del mundo y Colombia, como también la fundamentación de la metodología del justo a tiempo.

Siguiendo con la descripción de los procesos y funcionamiento de la planta de ensamble, recorriendo desde el momento que llega el producto, hasta su proceso de finalización y distribución.

La otra parte es el planteamiento de mejoras a los procesos productivos actuales de la planta de producción basada en la metodología del justo a tiempo.

Para terminar se concluyen los resultados obtenidos con la implementación de algunas de las mejoras y se dejan planteadas y recomendadas otras propuestas para los procesos en la planta generadas a partir de la realización del proyecto.

ENSAMBLE DE MOTOS EN COLOMBIA

La apertura de nuevas carreteras Inter-departamentales en el país, a finales de los 30's y principios de los 40's marcan el momento prometedor del sector automotor en las siguientes décadas, dada la necesidad de un transporte económico y practico como lo son las motocicletas, prácticamente desconocidas hasta entonces.

El 1 de septiembre de 1941 inicia operaciones Auto técnica colombiana (AUTEKO), fiel a la idea inicial de traer al país un medio de transporte económico, con importaciones de las primeras motos antes de 1945.

La empresa Suzuki Motor de Colombia S.A. se establece en el año 1982, como la cuarta ensambladora de motos en el país. La empresa nace en necesidad de posicionar la marca y satisfacer la demanda de un medio de transporte ágil y económico. Suzuki lleva 23 años. Hoy en día se fabrican 60,000 motos al año, efectivamente No. 1 en la fabricación de las motos en el país (SUZUKI@,2005.)

Alrededor de los años 2004 - 2005 comienza una nueva era del motociclismo en Colombia, con el ingreso de motocicletas de procedencia diferente a las japonesas, es el inicio de un nuevo mercado con nuevos productos y el comienzo de un nuevo reto, competir en el medio de nuestra cultura tradicionalista en las marcas japonesas con motos de origen chinas.

Durante este tiempo empresas como AKT y JINANCOL SA abren sus puertas al mercado con motocicletas de marcas chinas, ofreciendo productos de buena calidad y accesible costo.

JUSTO A TIEMPO

Es una filosofía industrial, que considera la reducción o eliminación de todo lo que implique desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución y apoyo a la fabricación en una empresa.

Justo a tiempo implica producir sólo exactamente lo necesario para cumplir las metas pedidas por el cliente, es decir producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el último momento posible, eliminando la necesidad de almacenaje, ya que las existencias mínimas y suficientes llegan justo a tiempo para reponer las que acaban de utilizarse y la eliminación de el inventario de producto terminado.

Es así como la técnica denominada "justo a tiempo" (JAT) es mucho más que un sistema que pretende disminuir o eliminar inventarios, es una filosofía que rige las operaciones de una organización. Su fin es el mejoramiento continuo, para así obtener la máxima eficiencia y eliminar a su vez el gasto excesivo de cualquier forma en todas y cada una de áreas de la organización, sus proveedores y clientes.

PROCESOS ENSAMBLE

- Descargue de Mercancía.
- Desempaque de partes.
- Zona de Ensamble.
- Zona de Pintura.
- Zona de Alistamiento y Despacho.
- Zona Administrativa

PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

Ensamble:

- En el proceso de descargue de los guacales del contenedor se recomienda quitar de los guacales, las parrillas, reposapiés, rines delanteros y cajas con accesorios.
- Elaboración de carros móviles para el almacenamiento de las partes de las motos a ensamblar.
- Mejorar el proceso de la desenguacalada de las motos.
- Aumentar la iluminación en la zona de ensamble y despacho.
- Butacas móviles para el trabajo para disminuir los tiempos de ensamble.
- Estantería de repuestos para mejorar la ubicación de las partes y su facilidad para encontrar estas.
- Adaptación de unas escaleras para el segundo piso para disminuir el peligro de accidentalidad.
- Montaje de un puesto de control de calidad para detectar posibles fallas, errores, faltantes, etc.
- Delimitar y delinear los espacios de trabajo para la organización de la planta.
- Programar labores de mantenimiento de la planta.

- Mejorar los tiempos de ensamble con las herramientas neumáticas.

Despacho

- Tapar el techo para evitar el ingreso de las aves que ensucian y deterioran la pintura de las motocicletas, además que le genera al personal más tiempo en el alistamiento de las motocicletas.
- Una mesa móvil, para ubicar allí las herramientas y suministros del alistamiento de las motos, para evitar pérdidas de tiempo.

Pintura

- Mejoramiento cabina de pintura, ya que en pintura con terceros le está generando a la empresa un gran costo mensual.
- Capacitar al personal de pintura para poder reparar todo tipo de piezas de las motocicletas y llegar al punto de hacerlo todo en la planta y minimizar al máximo los costos con terceros.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que las partes plásticas de las motos u carenajes vengan a parte del guacal para evitar daños en su manipulación y transporte.

Que lo que sea tanques, tapas y carenajes vengan a parte para aumentar el número de unidades por container, y más aun cualquier avería en el proceso de enguacalar e desenguacalar.

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología del “Justo a Tiempo” es un proceso en el cual involucra todo lo relacionado con la producción, además se determina que es una metodología con la cual se puede lograr una flexibilización en la producción, minimizando la fuerza de trabajo y lo más importante para nosotros en este caso, la reducción del desperdicio en cuanto a los costos de producción se refiere.

La Figura 1 presenta una información en la cual se visualizan los ahorros que se pueden lograr para la implementación de las mejoras del proyecto, estas mejoras y ahorros son proyectadas para el primer año de funcionamiento de la metodología.

La metodología es una disciplina que busca educar a las personas para mejorar sus métodos de trabajo y trabajo grupal conjunto, cuyo objetivo es un mismo fin común, fin que se busca alcanzar eliminando todo aquello que no le agrega valor al producto y de la mejor forma posible.

FIGURA 1
Ahorros implementación de las mejoras del proyecto proyectadas al primer año

AHORRO AÑO	
CONCEPTO	AHORRO
DAÑOS AL DESENGUACALAR	\$ 1.320.000
ORGANIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO	\$ 289.504
DESPLAZAMIENTO ENSAMBLE	\$ 332.957
DESPLAZAMIENTO ALISTAMIENTO	\$ 54.384
AHORRO EXTRATIEMPO INCUMPLIMIENTO PINTURA	\$ 58.191
CABINA PINTURA	\$ 16.136.160
AHORRO HERRAMIENTA NEUMATICA	\$ 5.322.968
AHORRO TIEMPO ALISTAMIENTO LAVADA Y BRILLADA	\$ 353.413
AHORRO REPARADA RINES	\$ 2.225.000
AHORRO MONTACARGAS	\$ 3.724.140
AHORRO MANO DE OBRA MONTACARGAS	\$ 1.240.214
AHORRO POR INCAPACIDADES	\$ 310.528
TOTAL AHORRO	\$ 31.367.459

BIBLIOGRAFÍA

AIXIA@

Aixia es una empresa dedicada a la fabricación de herramientas neumáticas en todas sus aplicaciones en España. [En línea]-Visitada el primer semestre 2009. <http://www.aixia.es/site/categoria1.asp?idc=5&to=0>.

ICARITO@

Enciclopedia estudiantil, recursos e utilidades. [En línea]. Disponible en: www.icarito.cl/ - 49k
www.icarito.cl/especiales/transportes/terrestre/motocicleta.htm - 16k.

MADE-IN-CHINA@,

Compañía automotriz China que ensambla y distribuye las motos marca QINGQI a nivel

mundial. [En línea] –Visitada el primer semestre 2006. Disponible en: http://www.made-in-china.com/products/show/freemember/com/DY1_N/mic/Jinan_Qingqi_Motor_cycle_Co.,Ltd..html.

REVISTA-MM@

FUQUENE ACOSTA, Luis Hernando. Cabinas: Evolución en la Aplicación de Pintura, [En línea]-Visitada segundo semestre 2008. Disponible en: www.revista-MM.com.

SUZUKI@

Suzuki motor de Colombia S.A es la ensambladora de SUZUKI motor corporation en América Latina. [En línea] –Visitada el primer semestre 2006. Disponible en: <http://www.suzuki.com.co/quienes%5Fsomos/produccion.asp>.

DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO Y MAQUINARIA PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE

RAMIRO ANTONIO ISAZA ESCOBAR

risazaes@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

CARLOS ANDRES MUNOZ HOYOS

cmunozho@hotmail.com

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

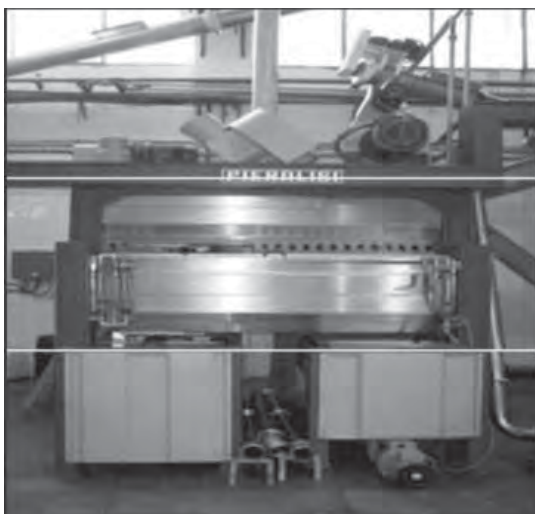
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

JUAN SANTIAGO VILLEGAS

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

El propósito de este trabajo es dimensionar y elegir el tipo planta, equipo, mano de obra y costos de producción para la extracción de aceite de aguacate virgen y extra virgen de excelente calidad de la variedad Hass útiles para la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica para un volumen de fruta de 300 toneladas al año.

ABSTRACT

The purpose of this study is to measure and choose the type plant, equipment, labor and production costs for the extraction of virgin avocado oil extra virgin excellent quality of Hass useful for the food, cosmetic and pharmaceutical fruit volume of 300 tonnes per year.

PALABRAS CLAVE

Aceite virgen, decantación, presión en frío, centrifugado, ácidos grasos, pulpa, molienda, batido, grasas saturadas, grasas insaturadas, grasas poli insaturadas, colesterol.

KEY WORDS

Olive oil, slop, cold pressure, centrifugation, fatty acids, polp, crushing, mixing, saturated fat, unsaturated fat, polyunsaturated fat, cholesterol.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto comprende investigar y dimensionar una tecnología para la obtención de aceite a partir del aguacate.

El motivo de esta investigación, es principalmente el desarrollo y concepción a nivel nacional, de los procesos y maquinaria requerida para la extracción de aceite de aguacate, el cual aún en Colombia es poco aprovechado.

Esto se hará encontrando un proceso y maquinaria con los cuales se pueda extraer aceite de aguacate en Colombia, con viabilidad económica y oportunidad de competitividad.

Actualmente en Colombia, al aguacate solo se le da el uso alimenticio tradicional, además de la producción de "Guacamole" (puré), sin que se hayan explorado nuevas posibilidades de mercados para subproductos provenientes de este fruto.

El aceite de aguacate es conocido por sus propiedades nutricionales y su alto contenido de grasa. Por esto, es importante buscar nuevas alternativas de procesamiento de pulpas y de extracción, que mantengan su calidad de vitaminas y minerales cualquiera sea el resultado final que se le dé.

El proceso de extracción con el cual se extrae el aceite, debe ser elegido con cuidado, ya que este define el uso final que se le da. Si el aceite de aguacate es para consumo humano este debe ser extraído por procesos que mantengan su sabor, color, olor y valores nutricionales, pero si el uso final es industrial, esto pasa a un segundo plano, tomando gran importancia la eficiencia y cantidad de la extracción.

Composición ácidos grasos del aguacate

El aguacate contiene una alta proporción de ácidos grasos mono insaturados AGM, una baja proporción de ácidos grasos saturados AGS y nada de colesterol.

Ácidos grasos saturados: El aceite de aguacate tiene una cantidad de AGS aproximadamente igual a la del aceite de girasol, al aceite de maíz, al aceite de soya y al aceite de cacahuate, varía entre un 10 y 10% dependiendo del estado de la variedad y del estado de madurez.

Ácidos grasos mono insaturados: El ácido graso mono insaturado está presente en todas las grasas de la naturaleza, pero el aceite de oliva, el aceite de canola y el de aguacate. El principal ácido graso puede alcanzar hasta un 80% en el aceite de aguacate.

Ácidos grasos poli insaturados: El aceite de aguacate tiene un nivel medio de AGP, está entre un 11 y 15% que es un porcentaje mayor al que contiene aceite de oliva o el aceite de palma y 7 más bajos que el aceite de maíz, aceite de algodón, aceite de soya y aceite de girasol.

Los ácidos grasos conocidos como Ω -3 y Ω -6 son estratégicos para la actividad de algunas enzimas en el organismo, importantes roles en las membranas celulares y intervienen en la agregación plaquetaria, en los procesos inflamatorios y en el sistema inmunológico.

FIGURA 1
Valor vitamínico

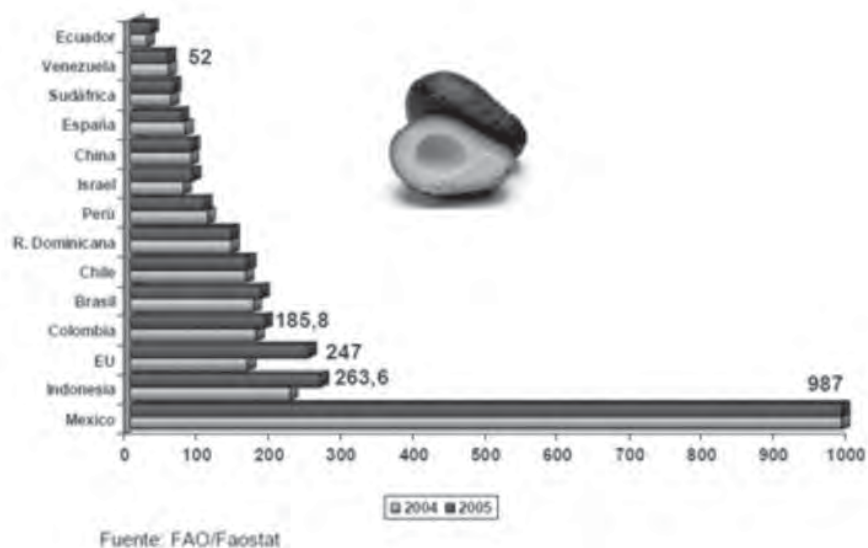
Vitaminas	Contenido en 100 (g)
VITAMINA A	85.00 mg
VITAMINA D	10.00 mg
VITAMINA E	3.00 mg
VITAMINA K	8.00 mg.
VITAMINA B1	0.11 mg.
VITAMINA B2	0.20 mg.
VITAMINA B6	0.45 mg.
NIACINA	1.60 mg.
A.PANTOTENICO	1.00 mg.
BIOTINA	10.00 mg
ACIDO FÓLICO	32.00 mg.
VITAMINA C	14.00 mg.

(Universidad de las Américas, 2008)

Variedad Hass

Desde que se patentó esta variedad en 1935, la demanda por este tipo de aguacate ha crecido en el mercado mundial, dejando atrás otras variedades. Esto se debe a que la clase Hass tiene como ventajas el tamaño de fruta mediano, pulpa cremosa y sin fibras, semilla pequeña, maduración de la cáscara de color negro, permanencia duradera en el árbol, resistencia al transporte, dura meses almacenada en el frío, larga vida después de ser recolectada, acepta la maduración con etileno, contiene más potasio que el banano, ayuda a bajar el colesterol.

FIGURA 2
Productores mundiales de aguacate por miles de toneladas



(Pélaez, 2008)

Maquinaria para extracción de aceite de aguacate (proceso de dos fases)

A principio de los 90 la gran cantidad de agua residual generada, era un problema. Debido a esto, en 1992 empresas dedicadas a la extracción de aceite desarrollaron nuevas tecnologías en decantación. Esta nueva tecnología es capaz de separar la fase aceitosa de la líquida y sólida sin necesidad de agregar más agua a la pasta. Lo que llevó a no tener residuos líquidos para tratar sino un residuo sólido con mayor contenido de humedad.

Molienda

En los sistemas continuos se utilizan molinos metálicos ya sea de martillo, dientes, discos,

cilíndricos o de rodillos para triturar la fruta. El más usado es el molino de martillo.

Batido

Después de salir del molino de martillos, hay presencia de emulsiones en la pasta, por eso se hace necesario el batido a la pasta para aumentar el tamaño de las gotas de aceite. Se debe hacer a temperaturas un poco superiores a la del ambiente y su tiempo puede ser de una hora o más.

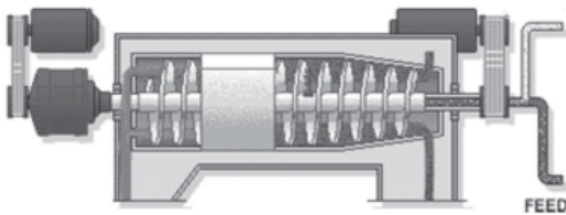
Centrifugación de la pasta: En este proceso las fase aceitosa se separa del fruto (pulpa + agua de vegetación) por efecto de la fuerza centrífuga que aumenta la diferencias entre las densidades.

FIGURA 3
Batidora



(Asaja@, 2004)

FIGURA 4
Diagrama de un decantador de 2 fases



(Asaja@, 2004)

Este decantador centrífugo horizontal, es similar al utilizado en el proceso con decantador de tres fases. La fuerza centrífuga utilizada en el de dos fases es de (3000-3600)G mientras en el proceso de tres fases es de (2000-2600)G. Lo que facilita la separación sin necesidad de agregar agua.

A la salida se debe disponer una zaranda o tamiz para retirar los sólidos que hayan pasado.

Centrifugación de los líquidos

La fase o parte oleosa se pasa a una centrifuga de dos platos y se agrega agua para lavar el aceite

y ayudar a retirar el agua que haya pasado la decantadora de dos. Esta agua es el único residuo líquido del proceso.

Capacidad de Producción

La capacidad de producción está determinada por la cantidad de materia prima que se va procesar. La cual es de 300000 Kg/año de frutos de aguacate.

La pulpa de aguacate Hass tiene un promedio de grasa 14-15 gramos en 100 gr de fruta. Es decir de un 14 % a 15 % de la masa de la fruta es grasa. En total en los 300000 kg de aguacate procesados anualmente hay de 42000 a 45000 kg de grasa susceptibles de extracción.

En resumen la planta de procesamiento del fruto y extracción de aceite de aguacate debe tener una capacidad de producción de 300000 Kg de frutos al año.

Se hace un supuesto aproximado de 300 días hábiles laborales al año y 8 horas laborales diarias o lo que es igual 2400 horas laborales al año: Este supuesto con el objetivo de no incluir dominicales, días festivos y horas extras.

Se tiene con que 300000 Kg al año / 2400 horas al año nos da una producción de 125 kg / hora de frutos de aguacate.

Pero hay que tener en cuenta que la cosecha de aguacate es una sola vez al año con una duración de tres meses de recolección de aguacate aproximadamente y otra cosecha traviesa 50 % menor que la cosecha principal con una duración aproximadamente igual. Estos frutos pueden ser conservados en buenas condiciones por un mes más por lo se tienen 4 meses para procesarlos en cada cosecha.

Ahora se tiene que el tamaño de la planta está determinada por la producción de la cosecha mas grande, que es dos tercios del total de producción anual de frutos que es de 200000 Kg, que debe ser procesada en 4 meses aproximadamente o lo que es igual en 800 horas laborales. Para pasar la producción a horas se tiene 200000 Kg / 800 horas lo que es igual a 250 Kg/hora.

Se tiene que para procesar 200000 Kg de aguacate en cuatro meses sin trabajar dominicales, festivos ni horas extras se debe contar con una planta de procesamiento y extracción de aceite de aguacate de 250 Kg/ hora de frutos, lo que es igual a 35 kg a 37,5 Kg susceptibles de extracción.

La eficiencia en el proceso de extracción está entre un 80 y un 90 %, es decir de los 35 Kg se logra extraer de 28 Kg a 31,5 kg de aceite virgen.

ESTUDIO FINANCIERO

Inversión inicial

La inversión inicial incluye la maquinaria para el procesamiento del fruto, las construcciones e instalaciones físicas, los muebles y enseres y demás equipos necesarios para el funcionamiento de la planta.

Costos de Producción

Son los costos y gastos que se incurren durante cada año de producción: material directo, mano de obra directa, energía eléctrica etc. El costo de materiales directos incluye todos aquellos insumos necesarios para producir el aceite. La mano de obra que se incluye es de la mano de obra empleada directamente en la planta.

También se incluye la energía eléctrica también que considerada un costo. Finalmente se incluyen

los costos fijos que son los que no varían con el nivel de producción tales como: trabajadores administrativos, guardias de seguridad, ayudantes, pago de los servicios básicos (teléfono, Internet, agua), y seguros.

Depreciación y valor de desecho

La depreciación refleja la pérdida de valor de los activos de la empresa, en este caso se utiliza una depreciación constante, es decir se divide el valor inicial del activo en el número de años que establece el gobierno según el tipo de activo a ser depreciado. Esto también representa una disminución de impuestos al disminuir la base gravable sobre la cual se liquidan los impuestos, es decir la devaluación se le resta a la utilidad bruta de la empresa y luego se liquidan los impuestos sobre esta nueva base.

Ingresos

Para los ingresos se toma el precio de mercado del aceite virgen de aguacate por el nivel de producción, para el nivel de producción hay que tener en cuenta la eficiencia del proceso que va de un 80 % a un 90 %.

La densidad del aceite de aguacate está entre 0,914 g/ml a 0,92 gr/ml. En el mercado se encontró que una botella de aceite de 250 ml de aceite virgen de aguacate esta en 18,086 \$ o 72,344 \$/lt, o su equivalente en masa 78,634 \$/Kg. Aquí hay que tener en cuenta que es un precio alto por ser de un almacén por departamentos. Para tener un precio base de venta conservador se le resta un 60 % de margen de utilidad para toda la cadena de distribución, para quedar en 31,453 \$/Kg. (Guinama@, 2009).

CONCLUSIONES

De toda la variedad de aguacates existentes, la variedad Hass es la más comercial en el mundo (80% del mercado), gracias a su pulpa cremosa, larga vida, tamaño el fruto y sabor.

Colombia es el cuarto productor de aguacate en el mundo y el departamento de Antioquia es el sexto productor del país. Los departamentos que más consumen aguacate son Cundinamarca, Antioquia y el valle del Cauca.

La maquinaria para el proceso de 2 fases, nació como una tecnología alternativa al del proceso de 3 fases, ya que el proceso de 3 fases genera gran cantidad de agua residual durante el proceso. El proceso de 2 fases es el de mejor calidad, porque el aceite obtenido por este proceso, tiene mejor estabilidad a la oxidación, lo que aumenta la vida del aceite sin que este se descomponga.

La función de la planta de procesamiento, comienza con el almacenamiento del fruto y termina con el despacho del aceite y los desechos generados para su posterior aprovechamiento.

Para la extracción de aceite de aguacate, se utiliza como materia prima la variedad Hass, por ser la variedad de mayor demanda y oferta en el mercado, por tener mayor tiempo de almacenamiento antes de descomponerse, por ser más resistente al transporte y por no poseer excesiva fibra en su pulpa.

El proceso general con el que se extrae aceite de aguacate en la planta, es por prensado en frío, ya que este proceso es el que tiene mayor capacidad de producción, por la continuidad del proceso, por ser el más aplicado comercialmente y por mantener los nutrientes iniciales del fruto.

La tasa interna de retorno Tir arrojo un resultado de 59%, lo que significa que en términos de

valor presente la inversión realizada tiene 59 % promedio de retorno o de utilidad por cada periodo de análisis. Para tomar una decisión en base a esto el inversionista debe sopesar el riesgo Vs rentabilidad.

El valor del Vpn es de 1,020,046 \$ lo que representa en términos de valor presente del dinero, la diferencia de utilidad sobre una inversión que se haga a la tasa de oportunidad 15 % Tio.

El valor anual uniforme equivalente BAUE, representa la utilidad neta del proyecto a lo largo de los 10 años de análisis repartida en cada uno de los periodos en términos de valor presente, es decir cada año el proyecto va a producir el equivalente a 203,246,321 \$.

BIBLIOGRAFÍA

Agexpront@. 2004. [En línea] Abril de 2004. http://www.pfid.msu.edu/media/publications/Publications%20by%20Program/U.S.%20Market%20Demand%20Studies/Avocado_Spanish.pdf.

Jackman Requejo@, S Olsson. Avocado Source. [En línea] [Citado el: 28 de Agosto de 2009.] <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Resumen/4b-194.pdf>.

La Vida En Casa@. 2009. La Vida En Casa. [En línea] 2009. <http://www.lavidaencasa.com/RECETARIO/Alimentos/A-D/aceite.htm>.

Maria Helena Jiménez, María Del Rosario Aguilar, María De La Luz Sambrano, Eva Colar. 2001. Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microndas. Mexico : Sociedad Química De Mexico, 2001.

Medicina Tradicional Mexicana@. 2008. Medicina Tradicional Mexicana. [En línea] 16 de Julio

de 2008. <http://medicinatradicionalmexicana.blogspot.com/>.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2005. Alianza para la producción y comercialización de mora en los municipios de Rionegro, La Unión y Marinilla. Antioquia. Medellín: s.n., 2005.

—. 2007. Fortalecimiento para la producción y comercialización de aguacate para el municipio de argelia-valle del cauca. Cali: s.n., 2007.

Pahl, G., Beitz, W. 1988. Engineering Design: A systematic approach. 1988.

Peláez, Jorge Alverto Velásques. 2008. Identificación del aguacate como un rubro importante de grandes oportunidades comerciales. Medellín: Secretaria De Productividad y Competitividad, Gobernación de Antioquia, 2008.

Pitchford, Paul. 2008. Sanando con alimentos integrales. California: North Atlantic Books, 2008.

Universidad De Las Americas@. 2008. [En línea] 2008. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mepi/gutierrez_a_ba/capitulo2.pdf.

Universidad Eafit@. 2009. Centro Virtual De Noticias. [En línea] 03 de 10 de 2009. <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-184779.html>.

Universidad Nacional De Colombia@. 2008. UNAL. [En línea] 2008. <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/101/17.html>.

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA PLANTA PORTÁTIL PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL HIDRATADO

GUSTAVO JOSÉ JARAMILLO RUIZ

Gjarami7@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

LUIS SANTIAGO PARIS LONDOÑO

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

En este artículo se presentan los principios básicos del alcohol combustible, las etapas de diseño, construcción y prueba de un prototipo de una planta portátil para la producción de bioetanol hidratado. En cuanto al diseño se enfatiza: la selección de la propuesta que cumpla con los requerimientos que se tienen, el dimensionamiento de sus partes, la selección de materiales y sistema de control. Se expone la forma en que se construye. Finalmente se presentan los resultados obtenidos en las diferentes pruebas

ABSTRACT

In this article, the basic concepts of alcohol fuel, the stages of designs, construction and test of a prototype, of portable plant for the production of hydrous ethanol are described in the design aspects. Is given a particular attention in selection of the proposal, which complies with all requirement, parts size, material selection and control system. Its show the construction instructions and finally the obtained results are presents.

PALABRAS CLAVE

Bioetanol hidratado, alcohol combustible, micro planta, fermentador, destilador, guarapo, levadura.

KEYWORDS

Hydrous ethanol, alcohol fuel, micro plant, fermenter, still, cane juice, still, yeast.

INTRODUCCIÓN

Antes de la era petrolera, los productos biológicos habían sido la principal fuente de energía. Nicolaus Otto, inventor del Motor "Otto" en 1876 utilizó etanol en unos de sus motores. Henry Ford construyó su primer vehículo para el uso de etanol.

El compuesto químico etanol, o alcohol etílico, es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Al mezclarse con agua en cualquier proporción, da una mezcla azeotrópica. Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$. El etanol hidratado se considera combustible a partir 85% etanol y 15% de agua, pero solo mezcla con la gasolina a partir de 95% etanol y 5% agua máximo, se debe mezclar con gasolina en lugares donde requiera encender el motor a temperaturas inferiores a 15°C, solo se puede usar en vehículos flexfull o convertidos a alcohol combustible.

La planta portátil o micro planta para producción de etanol tiene como función principal procesar el jugo de caña o guarapo para producir etanol hidratado, al tratarse de una micro planta, la capacidad de producción es pequeña, del orden de 20 litros por bache y por esto los equipos que la conforman son básicos, sencillos y tienen tareas muy puntuales. Se caracteriza porque trabaja en baches y la cocción, la fermentación y la destilación se hacen en el mismo tanque, ahorrando energía y requiriendo menos equipo al no tener que transportar el líquido a otros recipientes.

PARTES E INSTRUMENTOS DE LA MICROPLANTA

Trapiche

Este es el encargado de extraer el jugo de la caña de azúcar por medio de aplastamiento. Está movido por un motor cuyo tamaño varía según la capacidad. El jugo de caña que se va extrayendo del trapiche va a un tanque de almacenamiento, donde se sacan impurezas visibles e insectos por medio de un cedazo o un filtro antes de pasar al fermentador. Estos componentes no hacen parte de la planta portátil.

Tanque de cocción, fermentación y evaporador

Es un tanque donde se almacena el jugo de caña, para luego ajustar la cantidad de azúcar en la solución, de manera opcional se puede esterilizar la solución llevándola inicialmente a alta temperatura alrededor de 90°C y luego a temperatura ambiente, en este momento funciona como tanque de cocción.

El fermentador es el mismo recipiente pero tiene una válvula o trampa de fermentación que permite la salida del CO_2 y restringe la entrada de aire e insectos durante este proceso. La temperatura ideal para la fermentación es entre 29° C y 34° C, este proceso puede durar entre 12 y 48 horas según el tipo de levadura, genera calor durante el proceso.

Terminada la fermentación se procede a quitar la trampa húmeda y se instala un ducto que transporta el vapor entre el evaporador que es el mismo recipiente y el destilador, se aplica calor al tanque hasta alcanzar una temperatura de 80°C aproximadamente que se debe mantener hasta que se haya extraído todo el alcohol.

El fermentador posee un serpentín con el cual se enfría el jugo de caña y la levadura. Se recomienda usar un control automático de temperatura.

Quemador

Es necesario para suministrar calor y garantizar las temperaturas durante en las etapas de cocción, fermentación y destilación cuando sea necesario, algunas plantas de este tipo funcionan con resistencias eléctricas, quemadores de gas o biomasa. La fuente de calor se ubica debajo del tanque de cocción, fermentación o evaporador y es importante tener en cuenta que entre mayor sea

el tamaño de la superficie del tanque en contacto con la fuente de calor mejor será la eficiencia (WARREN 1999).

Sistema de refrigeración: se utiliza para evitar que la levadura muera al sobrepasar la temperatura que es capaz de resistir y algunos destiladores la usan como reguladora de temperatura (Running@.2002).

El destilador

Este dispositivo es el encargado de separar el agua y el etanol hasta una concentración máxima de 95% etanol y 5% agua. Por ser una planta reducida se pueden encontrar destiladores de reflujo, dobles o columnas empacadas, funcionan con vapor de alcohol y agua fría que sirve para el control de temperatura.

El sistema de control es importante para el manejo de temperaturas y flujos de calor, Se recomienda separar el destilador del recipiente de evaporación porque de lo contrario se hace muy difícil de pasar de una concentración de 60% alcohol, 40% agua (Running @2002).

Medidor de Ph

Permite medir la acidez o la alcalinidad de la solución, para poderla ajustar al valor óptimo con la adición de ácido sulfúrico, que garantice la propagación de la levadura y es el encargado de mostrar el Ph del etanol hidratado obtenido, el cual no debe ser inferior a 4 porque puede corroer las partes del motor (BLUME´S 2007).

Hidrómetro y/o alcoholímetro: Son Indispensables para medir la densidad de la solución y así poder graduar la concentración de azúcar antes de la fermentación de ser necesario y para saber el porcentaje de alcohol en el producto final (Journeytoforever@2004).

Materias Primas

Caña de azúcar. *Saccharum officinarum* L es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído en el trapiche forma la materia prima principal de la planta portátil. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis (PERAFÁN@.2007)

Levadura elegida es una de las más conocidas que es la especie *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura tiene la facultad de crecer en forma anaerobia realizando fermentación alcohólica.

Ácido sulfúrico es un compuesto químico muy corrosivo cuya fórmula es H_2SO_4 , se usa para ajustar el PH de la solución a un valor apto para que la levadura se propague

Funcionamiento de la microplanta

Luego de tener la planta completa se requiere conseguir la materia prima que es caña de azúcar, la cual es llevada a un trapiche donde le extraen el jugo o guarapo, estos procedimientos se hacen fuera de la microplanta.

El guarapo es introducido a un tanque que hace parte de la micro planta. De manera opcional se puede usar agua o vinaza resultante del proceso anterior para diluir el guarapo, esto se hace si la levadura que se tiene es poco resistente al alcohol. A continuación se procede a la cocción y a un enfriamiento rápido con el fin de pasteurizar el guarapo y evitar la formación de ácido acético o de microorganismos que compitan con la levadura, este paso también es opcional, si no se hace es necesario añadir más adelante una mayor cantidad de lavadura.

El ajuste de Ph se hace añadiendo ácido sulfúrico y agitando hasta que el PH de la solución quede

en el rango que tolera la levadura, entre más bajo mejor porque tendrá menos competencia la levadura.

La fermentación comienza llevando el guarapo a la temperatura recomendada por el vendedor de levadura, se agrega levadura en cantidad indicada, se agita y se pone la trampa de fermentación, se debe garantizar el rango de temperatura donde es más efectiva la levadura, si lo sobrepasa puede morir o dejar de actuar, la fermentación termina cuando deja de salir dióxido de carbono por la trampa de fermentación, la duración de este proceso depende del tipo de levadura.

La destilación comienza cuando termina la fermentación, se quita la trampa de fermentación y se instala un ducto que comunica con la torre de fermentación, se sube la temperatura de la mezcla hasta que empiece a ebullición el alcohol, se controla la temperatura de la torre de destilación en 79°C aunque este valor puede cambiar según el lugar de ubicación, este paso termina cuando se ha extraído todo el alcohol que había en el tanque.

El alcohol se prueba para ver si puede ser usado como combustible, y los subproductos como la vinaza se usan como abono del cultivo de caña de azúcar o como suplemento alimenticio para animales.

PARTES Y DIMENSIONES SELECCIONADAS

Tanque de cocción, fermentación y evaporación

Se usa una caneca de 55 galones o 200 litros, de tapa removible, de acero al carbono, de construcción estándar y disponible en el mercado, tiene un serpentín en tubería de cobre para refrigeración tipo M, las salidas de vinaza y de vapor son con tubería galvanizada soldada a la caneca, este tanque no tiene agitación, ni recubrimiento aislante para conservar el calor.

Destilador construido en base a la propuesta de “Robert Warren” ya que cumple con los requisitos de altura, diámetro, pureza y capacidad de producción de alcohol, pero a este diseño tiene algunas modificaciones como: Control de temperatura digital, tubería y accesorios galvanizados para reducir costos, juntas roscadas y con flanges para ensamble y desensamble rápido, termopozo para que la termocupla no entre en contacto con el vapor.

Manguera de conducción de vapor

Se usa una manguera para aire tipo multipropósito con una extensión de 3m y un diámetro de 1” con sus respectivos acoples machos roscados a cada uno de sus extremos.

Quemador

Se usa un quemador a gas propano, para que pueda ser transportado a cualquier lugar, este requiere de una pipeta de 40 o 100 libras para su funcionamiento, y debe tener una potencia de 62.500 BTU/h, también se puede usar como fuente de calor la biomasa.

Construcción

La construcción de la planta se lleva a cabo teniendo en cuenta los recursos disponibles tanto técnicos como económicos, la universidad proporciona los talleres y el que construye la planta corre con los gastos de la compra de materiales, pero antes de todos es necesario tener los diseños definitivos plasmados en planos.

FIGURA 1
Costos construcción de la planta

Componente	Costo	%
Destilador	270.134	24.5
Tanque de fermentación	84.036	7.5
Otras partes	750.582	67.8
TOTAL	1.105.756	100

Puesta en marcha

La puesta en marcha de la planta y la toma de datos se realizan cuando se ha culminado la etapa de construcción, pero antes de que esto ocurra es necesario verificar el funcionamiento correcto de las partes para disminuir la probabilidad de que se presenten inconvenientes durante la producción de bioetanol.

Resultados Obtenidos

El etanol obtenido es examinado en el laboratorio de análisis instrumental de la universidad Eafit, se mide el grado de alcohol con un alcoholímetro, el Ph. con un papel de tornasol y se hace una espectrografía para determinar las sustancias que contiene.

El primer bache produce 7 litros de etanol hidratado con 86% de alcohol y 14% de agua, tiene un Ph

de 5, por lo anterior puede ser considerado como alcohol combustible.

El segundo bache produce 4 litros de etanol hidratado con 93% de alcohol y 7% de agua, tiene un PH de 5, por lo anterior puede ser considerado como alcohol combustible.

El tercer bache produce 5 litros de etanol hidratado con 66% de alcohol y 44% de agua, tiene un Ph de 5, por el alto contenido de agua no puede ser considerado como alcohol combustible.

Las espectrometrías realizadas en la universidad según interpretación del analista, las graficas dejan ver que hay presencia de etanol, no hay metanol, ni picos que representen contaminante.

A cada muestra de etanol se le efectúa una prueba para determinar una aproximación del poder calorífico, y se puede comparar con el valor de 75.670 BTU/gal para etanol anidro (DOXON2001)

FIGURA 2
Aproximación del poder calorífico

Muestra	93°GL	86°GL	66°GL
Poder calorífico (Kj/Kg)	25911	21646	14566
Poder calorífico (BTU/gal)	74885	64084	46034

CONCLUSIONES

La construcción de la micro planta para producción de bioetanol hidratado fue un proyecto de desarrollo tecnológico, en el cual se apropiaron y adoptaron algunas tecnologías de países, desarrollados en esta materia, como lo son USA y Brasil.

La capacidad de producción por bache esperada era entre 10 y 20 litros, mientras que la máxima que se logro, con la micro planta, fue de 7 litros, debido a varios inconvenientes que se presentaron, a la falta de experiencia en el manejo y a que solo se hizo una prueba según lo planeado, para otra se uso panela como materia prima sustituta y para la tercera se uso solo un porcentaje de guarapo el cual fue completado con agua.

Según los ensayos realizados para el proceso se requieren 250 kg de caña y se logran obtener 150 litros de vinaza que sirve como abono o suplemento alimenticio para animales, 15 litros de agua con contenido de alcohol de 14% el cual puede ser destilado de nuevo en el siguiente bache y 7 litros de etanol hidratado, los valores pueden mejorar si se hacen nuevos ensayos corrigiendo los problemas que se presentaron.

La calidad del etanol obtenido en cuanto a la concentración de alcohol a la que se quería llegar que estaba en el rango de 85°GL a 96°GL, se logro en dos oportunidades con 86°GL y 93°GL respectivamente y no se alcanzó en el tercer bache, debido a que el sistema de refrigeración del destilador presento una falla, por lo cual se logro 66°GL.

Este proyecto demuestra que para producir biocombustibles, más concretamente bioetanol hidratado, se puede hacer a pequeña escala, se requieren inversiones, y tecnología que esta al alcance local.

RECOMENDACIONES

Un vehículo con motor a gasolina ciclo Otto puede ser convertido a alcohol combustible, es necesario si es de carburador aumentar aproximadamente en un 20% el diámetro de los boquereles y si es de inyección eléctrica multipunto o de inyección directa de combustible se requiere un “Kit de conversión a etanol”.

En el mercado se pueden encontrar vehículos Flex-full los cuales pueden usar como combustible: gasolina, alcohol combustible o cualquier mezcla entre los dos, pero para que el último caso sea posible es necesario que el etanol tenga un bajo porcentaje de agua de lo contrario la mezcla presentara dos fases.

El alcohol combustible es inflamable y si es sometido a presión puede ocasionar explosiones, en micro plantas de este tipo nunca exceder presiones de 5 PSI.

El tanque de fermentación le debe rediseñar, aislándolo para reducir pérdidas y tiempo de calentamiento, u otra opción es recubrir el tanque con un conducto que dirijan los gases de escape calientes por las paredes laterales del tanque.

Se debe continuar con desarrollos y pruebas que permitan una mejor estabilidad durante el proceso para así obtener una mayor cantidad de etanol por bache y homogeneidad del producto

BIBLIOGRAFÍA

BLUME´S, David. 2007. Alcohol can be a gas!. Santa Cruz, California: The International Institute for Ecological Agriculture, 2007. ISBN 9780979043789.

DOXON, Lynn Ellen. 2001. The Alcohol Fuel Handbook. Haverford, Pensilvania: Ed: Infinity Publishing, 2001. ISBN 0-7414-0646-2.

WARREN, Robert 1999. Building an Ethanol Still & Making your own Fuel. Sacramento, California 1999.

PERAFÁN@. Felipe 2007. Azúcar de caña. La caña de azúcar. [En línea] 2007 [Citado el: 7 de noviembre de 2008] Disponible en: <http://www.perafan.com/ea02cana.html>.

Running@.2002, Running on Alcohol. Robert Warren's true reflux still. [En Línea] 2002 [Citado el: 6 de Noviembre de 2008] Disponible en: http://running_on_alcohol.tripod.com/id3.html.

White Lightning@. 2008. Ethanol conversion Systems. FAQ. [En línea] 2008 [Citado el 16 de octubre de 2008] Disponible en: http://www.e85conversionkits.net/why_ffv_ethanol/faqs.html.

SISTEMAS DE INGENIERÍA BASADOS EN CONOCIMIENTO (KBES) COMO SOPORTE PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

OSCAR MAURICIO BETANCUR ACOSTA

obetanc1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR PRINCIPAL

MAURICIO HINCAPIÉ MONTOYA

SECTOR BENEFICIADO

PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL
SECTOR INDUSTRIAL

RESUMEN

El presente artículo explora el impacto que tienen los Sistemas de Ingeniería Basados en Conocimiento (KBES) al interior de pequeñas y medianas empresas como una forma de apoyar el diseño y desarrollo de productos. Se parte examinando las definiciones dadas por diversos autores sobre KBES, su origen y las ventajas que traen para la compañía, además se propone una metodología para la implementación de este tipo de sistemas y su aplicación a dos casos de estudio (uno académico y el otro industrial). Finalmente se concluyen sobre los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.

ABSTRACT

The present article explores the impact that KBES (Knowledge Based Engineering Systems) have inside of small and medium enterprises like a way to support the design and development of products. It begins examining the definitions given by diverse authors about KBES, their origin and the advantages of them for the company, in addition a methodology for the implementation of this type of systems is proposed and its application to two study cases (one academic and other in the industry). Finally, the conclusions about the results obtained during project execution are presented.



PALABRAS CLAVE

KBES (Sistemas de Ingeniería Basados en Conocimiento), Automatización del diseño de productos, PLM (Administración del ciclo de vida del producto), CAx (Computer Aided Activities),

KEY WORDS

KBES (Knowledge Based Engineering Systems), Automatización del diseño de productos, PLM (Producto LifeCycle Management), CAx (Actividades asistidas por computador)

INTRODUCCIÓN

La economía de hoy presenta un nuevo conjunto de desafíos para el sector de la manufactura en Latinoamérica, en donde se enfrentan enormes desafíos debido a la fuerte competencia proveniente de países emergentes, principalmente asiáticos, que al contar con mano de obra de bajo costo, les permite ofrecer productos a menor precio y cada vez de mejor calidad.

Para hacer frente al desafío de la competencia extranjera y sobrevivir en el mercado, las industrias manufactureras están ahora bajo la enorme presión de mejorar su eficiencia en términos de desarrollo del producto y utilización de recursos, esto implica: una dramática reducción en los sobrecostos que traen el trabajo de ingeniería redundante, la eliminación de tareas de diseño repetitivas y la re-adjudicación de recursos técnicos al desarrollo de nuevos productos. Por tal motivo, cada compañía debe construir sobre la base de su capital intelectual y dedicar tiempo para innovar y explorar herramientas más avanzadas que le permitan eliminar la incertidumbre y repetitividad desde el proceso de diseño (Kulon, Broomhead, & Mynors, 2005).

Este proyecto constituye un acercamiento a una de las recientes tendencias en el diseño y

desarrollo de productos: los Sistemas de Ingeniería Basados en Conocimiento (KBES), un campo de investigación capaz de aportar ventajas competitivas a la industria manufacturera, tanto por el valor tecnológico añadido, su potencial para automatizar tareas tediosas y repetitivas, como en su capacidad de generar metodologías para una mejor gestión, entendimiento y retención del saber sectorial (Valverde, 2005). Es así como este tipo de sistemas se han vuelto parte esencial de la estrategia por mejorar la eficiencia tanto en grandes como en pequeñas y medianas empresas.

DEFINICIÓN DE KBS Y KBES

A lo largo de los años diversos autores han propuesto varias definiciones sobre qué son los Sistemas Basados en Conocimiento KBS y, particularmente, los Sistemas de Ingeniería Basados en Conocimiento KBES (también abreviados comúnmente como KBE), la Figura 1 reúne algunas de las más tradicionales.

ORIGEN Y RELACIÓN CON OTRAS ÁREAS

De manera resumida se puede decir que los KBES derivan de los KBS, los cuales a su vez tienen su origen en la Inteligencia Artificial, estos sistemas constituyen un apoyo para la gestión del conocimiento, en particular el PLM, y el medio a través del cual el conocimiento se materializa son las tecnologías CAx. La Figura 2 ilustra y detalla mejor la relación entre todos los elementos anteriormente mencionados.

IMPACTO PARA LA ORGANIZACIÓN

Las principales ventajas que trae la implementación de un KBES en una organización son las siguientes:

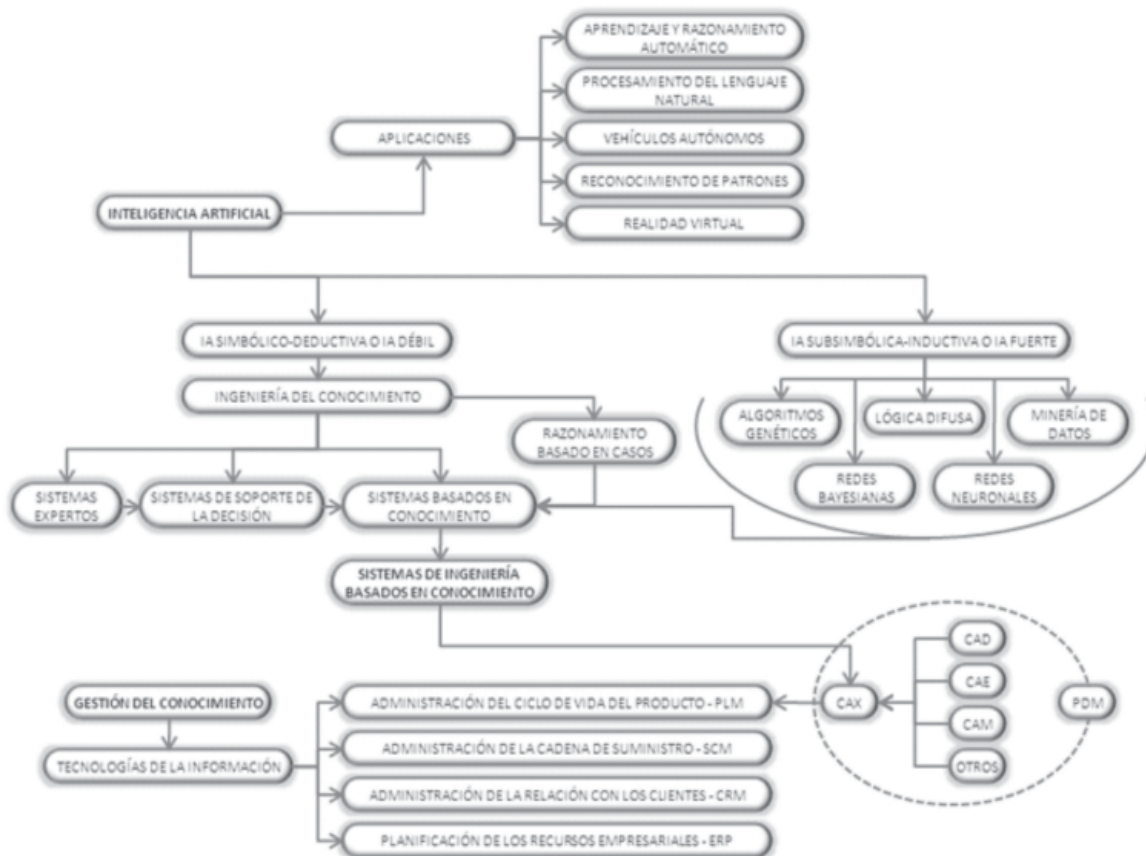
- Ahorros masivos de tiempo en el proceso de desarrollo, reduciendo el tiempo al mercado y plazo de entrega.

- Reducción de los costos de producción.
- Posibilidad de realizar pruebas “qué tal si”, que permiten obtener la mejor entre varias soluciones posibles.
- Apropiado para el análisis y simulación de procesos.
- Captación y organización del conocimiento subyacente en las personas, que pasa a ser un activo de la empresa.
- Permiten la reutilización del conocimiento crítico y los diseños.
- Garantiza el cumplimiento de los procedimientos de desarrollo y de calidad, evitando sobrecostos al minimizar el error humano mediante la automatización.

FIGURA 1
Definiciones KBS y KBES según diferentes autores

Definiciones KBS y KBES	Autor
“KBES es el uso del software idóneo para adquirir y reusar el conocimiento sobre un producto y proceso en la forma más integrada posible”	(Stokes, 2001)
<p>“KBE es una tecnología que permite a un ingeniero crear un modelo de producto basado en reglas que capturan la metodología usada para diseñar, configurar y ensamblar productos.</p> <p>KBE facilita la captura de la intención detrás del diseño del producto mediante la representación del por qué y cómo en adición al qué de un diseño”</p>	(Bailey & otros, 2000)
“Los Sistemas Basados en Conocimiento son una clase especial de programas computacionales que pretenden realizar, o asistir a los humanos en la realización, de tareas intelectuales específicas”	(Dixon, 1995)
“Los sistemas KBE tienen por objeto capturar información del producto y proceso de forma tal que permita a las empresas modelar el proceso de diseño de ingeniería, y entonces usar el modelo para automatizar todo o parte del proceso.”	(Chapman & Pinfold, 2001)
<p>“Un sistema basado en conocimiento es aquel que captura la experticia de los individuos dentro de un campo en particular, la incorpora y la hace asequible dentro de una aplicación computarizada.</p> <p>Una aplicación KBE es más especializada y típicamente tiene los siguientes componentes: Geometría, Configuración y Conocimiento de Ingeniería”</p>	(Lovett, Ingram, & Bancroft, 2000)

FIGURA 2
Origen de los KBES y su relación con otras áreas



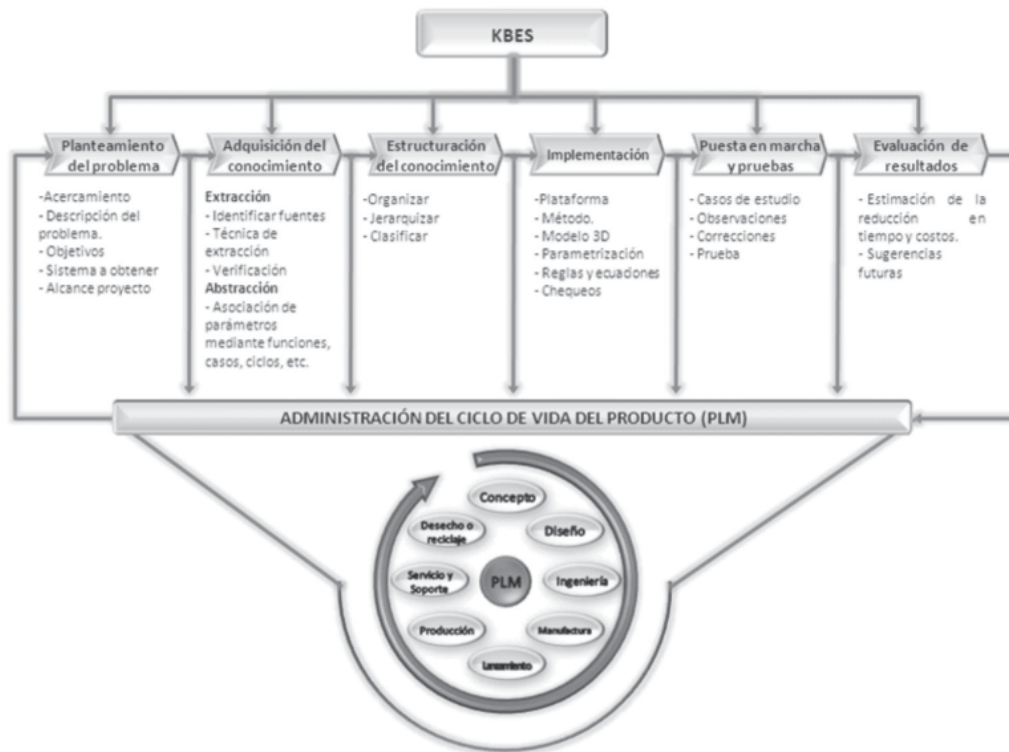
METODOLOGÍA

Varias metodologías ha sido desarrolladas para la implementación de sistemas KBES: CommonKADS, VITAL, KSM (Knowledge Structure Manager), MIKE (Model-based and Incremental Knowledge Engineering), Protégé-II, MOKA, entre otras. Sin embargo el problema radica en que dichas metodologías son demasiado abstractas y se enfocan más en el desarrollo de sistemas a gran escala, por tal motivo una metodología más práctica y detallada fue propuesta de forma que pueda ser aplicada por pequeñas y medianas empresas.

Es importante aclarar que antes de decidirse a hacer un proyecto KBES se debe evaluar los beneficios que éste traerá para la organización, en ese sentido resulta conveniente hacerse preguntas como las siguientes: ¿Cuánto representa para la empresa una reducción de un determinado porcentaje en el tiempo de diseño?, ¿Cuánto le cuesta a la empresa los errores ocasionales en el diseño?, ¿Si el diseño se hace más eficiente como puede canalizarse esto para beneficio de la empresa?, ¿con base en el beneficio esperado cuanto es la inversión posible?. Para lo anterior resultan de gran utilidad las técnicas de evaluación de proyectos.

La metodología propuesta guía el proceso para el desarrollo de un KBES una vez se ha determinado su realización. Ésta comprende seis etapas a saber: planteamiento del problema, obtención del conocimiento, estructuración del conocimiento, implementación, puesta en marcha y pruebas, evaluación de resultados. Las principales actividades contempladas para cada etapa se resumen en la figura 3.

FIGURA 3
Resumen de la metodología propuesta



CASOS DE ESTUDIO

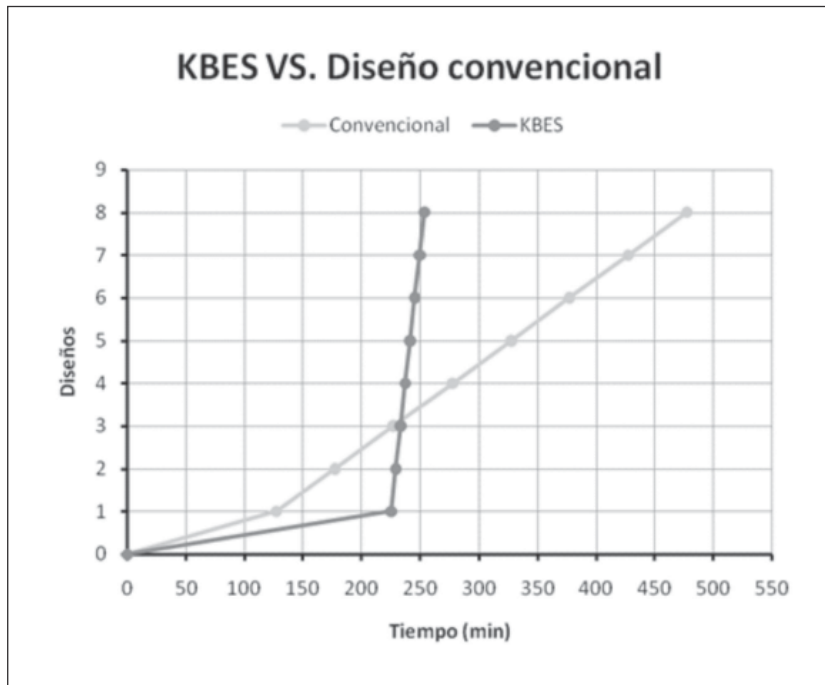
Caso académico

Automatización del diseño en una transmisión de engranajes de dientes rectos. El diseño de una transmisión de engranajes de dientes rectos suele ser a menudo una tarea repetitiva dado que ante un eventual cambio en alguno de los parámetros, los demás tienen que ser recalculados y, en consecuencia, el modelo ser modificado completamente. Mediante un KBES se busca automatizar dicho proceso y a la vez asistir el proceso de diseño mediante reglas de chequeo.

Resultados obtenidos

Para este caso de estudio se logró una reducción aproximada del 92% del tiempo efectivo de diseño mediante la eliminación de tareas repetitivas. Sin embargo, la implementación del KBES fue más demandante con alrededor de 1,7 veces el tiempo que toma un diseño hecho en forma convencional. Por lo anterior la implementación del KBES queda completamente justificada a partir del cuarto ciclo de diseño como lo ilustra la figura 3. Además mediante la aplicación de la metodología se logró reunir y materializar todo el conocimiento relevante en el diseño de un engranaje de dientes rectos: estándares, experiencia de expertos, formulación matemática, etc.

FIGURA 4
Evaluación de resultados, KBES VS. Diseño convencional



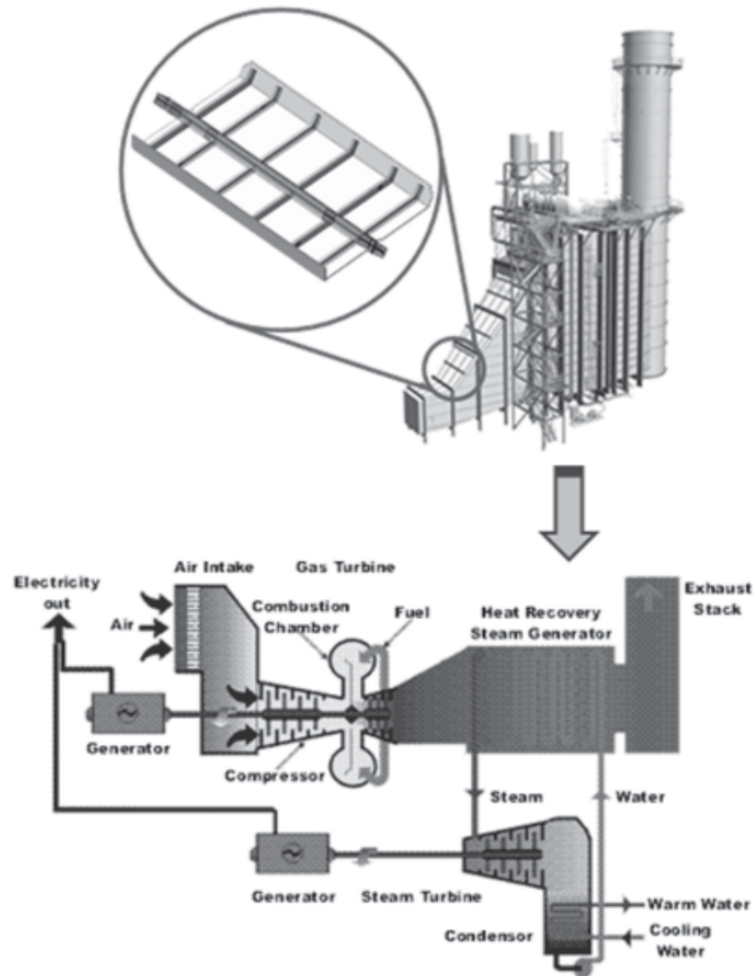
CASO INDUSTRIAL

Automatización del diseño de calderas en IECOS S.A. de C.V

El generador de vapor y recuperador de calor es uno de los elementos que hacen parte de un sistema de generación de energía por medio de vapor en una central termoeléctrica de ciclo combinado. En general ésta está compuesto por los siguientes elementos: una turbina de gas, un generador primario, un recuperador de calor y generador de vapor, una turbina de vapor y un

generador secundario. El elemento a considerar en este caso de estudio se enfoca en el sistema de generación de vapor y recuperación de calor. El objetivo es automatizar la obtención de planos a partir de un modelo 3D, a fin de reducir el tiempo que se invierte en este tipo de tareas (que en su gran mayoría son repetitivas). Dada la gran cantidad de componentes que conforman dicho sistema, este caso de estudio solo considerará un panel primerio de techo como se muestra en la figura 5.

FIGURA 5
Sistema recuperador de calor y generador de vapor
en una central termoeléctrica de ciclo combinado.
Detalle del panel primario de techo



Fuente: Adaptado de Nooter/Eriksen (<http://www.ne.com/nootcf/index.html>)

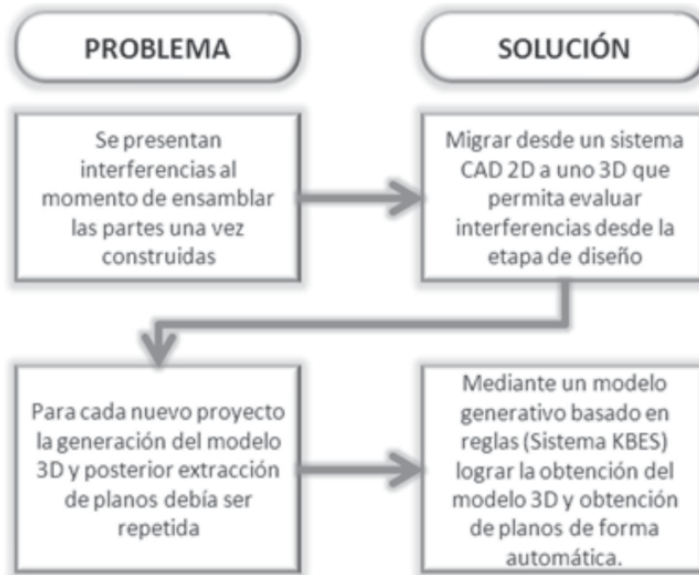
Descripción del problema

A lo largo de los años el diseño del generador de vapor y recuperador de calor se venía haciendo a través software 2D. Sin embargo, era común que se presentaran algunas interferencias entre las piezas a ensamblar una vez manufacturadas lo que

ocasionaba costosas modificaciones y retrasos. Por esta razón se decidió migrar hacia un software 3D que permitiera detectar dichas interferencias desde la etapa de diseño. No obstante, debido a que la capacidad de las termoeléctricas varía con la cantidad de energía a generar (de acuerdo con las necesidades específicas de la región), el

proceso de obtención del modelo 3D y planos prácticamente debía repetirse para cada nuevo proyecto. Es así como se decide desarrollar un KBES el cual no solo automatice la obtención del modelo 3D y los planos respectivos, sino que también, asista al diseñador en la entrada de parámetros coherentes con los estándares de la compañía. Lo anterior se ilustra en la Figura 6.

FIGURA 6
Problemática

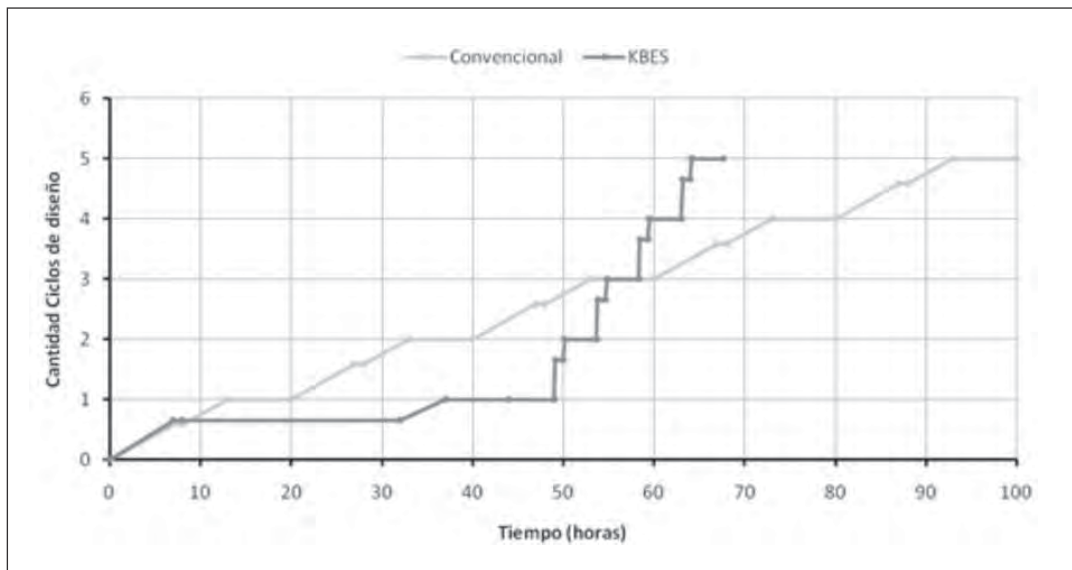


Resultados obtenidos

Para este caso de estudio se logró un reducción de alrededor del 76,7 % del tiempo total de un ciclo de diseño con la eliminación de tareas repetitivas mediante la implementación de un KBES lo que representa un ahorro masivo de tiempo

frente al diseño convencional. Sin embargo, su implementación fue mucho más demandante con alrededor de 2,5 veces el tiempo que toma la forma convencional. Dado lo anterior la implementación de un KBES queda justificada a partir del tercer ciclo de diseño como lo ilustra la Figura 7.

FIGURA 7
Evaluación de resultados: KBES VS. Diseño convencional



CONCLUSIONES

La concepción tradicional sobre KBES planteaba que si bien, estos proveen a las compañías de poderosas herramientas para mejorar su desempeño, se trata de algo que requiere una enorme cantidad de recursos y costosas plataformas para su implementación. Hoy en día, dicha concepción ha sido replanteada al evidenciarse como los KBES migran paulatinamente a empresas de todas las escalas, impulsados por metodologías más concretas y específicas además del continuo desarrollo de plataformas de bajo costo que permiten incorporar el conocimiento al proceso productivo.

Pese a que una gran cantidad de metodologías han sido propuestas para el desarrollo de KBES, uno de los principales problemas con ellas es su elevado grado de abstracción por lo que su incorporación se dificulta dentro de pequeñas y medianas empresas. Por tal motivo una metodología de fácil aplicación fue propuesta como un medio para

desarrollar un KBES al interior de organizaciones de este tipo.

Se pudo comprobar que aún en plataformas de bajo costo es posible obtener reducciones masivas de tiempo, lo cual representa una gran oportunidad para las pequeñas y medianas empresas de incrementar su eficiencia en términos de reducción de tiempo y costos, además de conservar su capital intelectual.

Una de las grandes ventajas de los KBES son los ahorros masivos de tiempo que pueden obtenerse en el rediseño de un modelo, todo ello gracias a la automatización; pero dado que su implementación resulta mucho más demandante (respecto al diseño convencional) ésta se justifica a partir de un determinado número de rediseños a obtener.

Una de las características más importantes de un KBES frente al diseño convencional es la posibilidad de realizar pruebas “qué tal si” y la asistencia mediante el chequeo de parámetros

que reducen los errores al mínimo, lo cual a la final redundará en ahorro de tiempo y, por ende, disminución de costos.

BIBLIOGRAFÍA

Bailey, M. W., & otros. (2000). A Federated Intelligent Product Environment. American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-2000-4902.

Chapman, C. B., & Pinfold, M. (2001). The application of a knowledge based engineering approach to the rapid design and analysis of an automotive structure. *Advances in Engineering Software* , Vol. 32, issue. 12, pp. 903-912.

Dixon, J. (1995). Knowledge-Based Systems for Design. *ASME - Journal of Mechanical Design*, Vol. 117, pp. 11-16.

Kulon, J., Broomhead, P., & Mynors, D. J. (2005). *Applying knowledge-based engineering to traditional manufacturing design*. Springer-Verlag.

Lovett, P. J., Ingram, A., & Bancroft, C. N. (2000). Knowledge-based engineering for SMEs – a methodology. *Journal of Materials Processing Technology* , Vol. 107, pp. 384-389.

Stokes, M. (2001). *Managing Engineering Knowledge; MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Applications*. London: Professional Engineering Publishing Limited.

Valverde, A. (01 de Noviembre de 2005). ¿Ingeniería del conocimiento, reto y salvación para el sector plástico? Recuperado el 26 de septiembre de 2008, de Interempresas.net: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=11872>.

IMPLEMENTACIÓN DE COMPUTACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO Y PROGRAMACIÓN PARALELA EN CÓDIGOS COMPUTACIONALES

CARLOS ANDRÉS ACOSTA BERLINGHIERI

cacostab@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

JORGE LUIS RESTREPO OCHOA

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

La solución de sistemas lineales en ingeniería mediante técnicas computacionales requiere largo tiempo de ejecución de programas, sobre todo cuando se implementan análisis de matrices con muchos datos y los sistemas lineales cuentan con muchas variables. Esto se debe a que en general los métodos clásicos utilizan un solo procesador para computar la solución de todo el sistema, y es necesario tomar decisiones a partir de soluciones detalladas en tiempo real.

El campo de computación de alto rendimiento es una rama de la ciencia de sistemas y computadores que estudia las técnicas y tecnologías para que muchos computadores con sus aplicaciones resuelvan problemas comunes con un rendimiento eficiente para disminuir el tiempo de procesamiento de datos.

Se presenta la solución de sistemas lineales de ecuaciones con matrices grandes mediante el uso de un supercomputador o Clúster. La solución se presenta por medio de imágenes esquemáticas, donde se muestra la aceleración de la solución en paralelo con varios procesadores.

ABSTRACT

The solution of systems of linear equations in algebra using computers are notoriously time consuming, mostly if matrix computations are implemented with several variables. This is because direct methods use one processor to compute the entire solution of the system, and in many cases decision makers need results in almost real time.

High performance computing is a field of computing science that studies the techniques and technologies in order to use several processors and their applications to obtain speed up benefits on solutions and computations.

The solution of systems of linear equations in algebra with matrix computations using a supercomputer or Cluster is presented. Schematic figures display the solution of the problem to show the speed up using several processors.

PALABRAS CLAVE

Sistema lineal de ecuaciones, eliminación Gaussiana, Clúster, computación de alto rendimiento, programación paralela, aceleración de procesos.

KEY WORDS

System of linear equations, Gauss elimination, Cluster, High Performance Computing (HPC), parallel programming, Speed Up.

INTRODUCCIÓN

La utilización de un Clúster o supercomputador, tanto en investigación como en la industria, es cada vez más común a nivel mundial. El interés de diseñar, implementar y aplicar programación de alto rendimiento para desarrollar la solución de problemas en ingeniería se ha convertido en un reto para ingenieros, físicos y matemáticos. Modelar el comportamiento en estructuras, desgaste de elementos, medición de control, entre otras muchas aplicaciones, hace que cada día sea más común encontrar herramientas poderosas como supercomputadores que ejecuten aplicaciones paralelas.

Los sistemas de ecuaciones lineales son bastante útiles en ingeniería dado que muchos problemas pueden ser simulados mediante combinación lineal de variables. Los métodos para solucionar sistemas lineales de ecuaciones se concentran en principio en los métodos iterativos y métodos directos de eliminación de incógnitas. Los métodos que se basan en técnicas iterativas o métodos sucesivos son los que se aproximan o convergen

a una solución en cada iteración. Mientras que los métodos directos se enfocan en utilizar técnicas directas de sustitución o factorización de filas y columnas para lograr una combinación de ecuaciones efectiva que permita la eliminación de variables en las ecuaciones.

El proyecto pretende presentar técnicas para diseñar aplicaciones paralelas mediante modelos de programación en memoria distribuida y memoria compartida a través de procesadores. Las aplicaciones que se presentan son ejecutadas en el Clúster de la Universidad de Texas, con la intención de que cualquier estudiante o persona que tenga acceso a un supercomputador o un equipo similar pueda programar de forma paralela de una manera sencilla y práctica.

COMPUTACIÓN PARALELA Y USO APROPIADO DE RECURSOS

En esta sección se pretende presentar mostrar dos de las alternativas más comunes que existen para crear programas paralelos. Estos métodos son la programación paralela con memoria distribuida (el caso de MPI) o con memoria compartida (el caso de OpenMP).

Los tipos de computación paralela más conocidos se refieren al paralelismo a nivel de instrucción, paralelismo de datos y paralelismo de tareas. Estos tipos de paralelismo buscan reordenar la secuencia de ejecución del programa al dividir tareas en procesos, es decir, cambian el orden de lectura y escritura de datos durante la ejecución del programa a través de diferentes hilos de ejecución en una región paralela.

La programación paralela a nivel de instrucciones se basa en controlar la cantidad de operaciones que se realizan en una región dentro de un código (Quinn, 2004), con el fin de asegurar que durante la ejecución del programa no exista ningún tipo

de corrupción de datos. El paralelismo a nivel de datos es una forma de paralelismo que se centra en el agrupamiento y división de información para ejecutar a través de múltiples procesos. Esto se realiza al distribuir la información en los nodos de un súper computador o Clúster.

La computación paralela a nivel de tareas es una forma de paralelización de rutinas a través de diversos procesadores al enfocar la ejecución en secuencias de hilos o cadenas de información que se ejecutan concurrentes en el tiempo. OpenMP se apoya en la computación paralela a nivel de tareas y de instrucciones.

La programación paralela con la interface de paso de mensajes (MPI) utiliza el modelo de memoria distribuida (Ver figura 1). Para programar con este modelo se deben comprender las técnicas, funciones estándar y las herramientas propias de MPI, con el fin de realizar una apropiada división del dominio para descomponer un problema o un

código en pequeñas tareas para ejecutarlas en paralelo con varios procesadores.

La programación paralela con memoria compartida le permite a todos los procesadores de una estructura computacional acceder al mismo espacio de memoria disponible en una máquina. De este modo los procesadores de una estructura computacional acceden al mismo espacio de memoria de forma sincronizada y concurrente. La figura 2 muestra un esquema del modelo de memoria compartida en programación paralela.

Las arquitecturas que soportan programación paralela, tanto para memoria compartida como para memoria distribuida se aferran a la estructura de paso de mensajes o sincronización de actividades. Este tipo de estructuras tienen múltiples secuencias de instrucciones para múltiples secuencias de ejecuciones, En este caso todos los procesadores disponibles en un sistema efectúan diferentes operaciones al mismo tiempo.

FIGURA 1
Modelo de computación con memoria distribuida

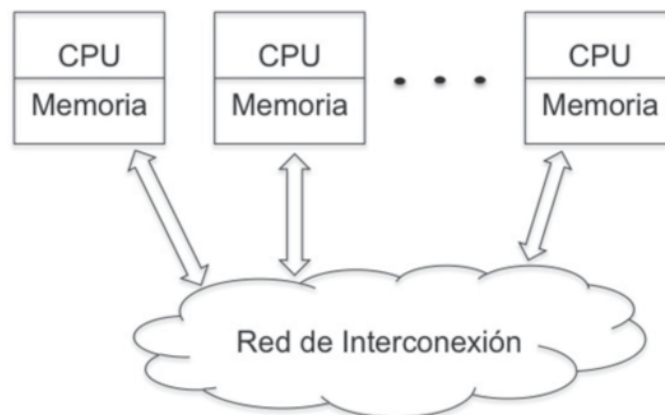
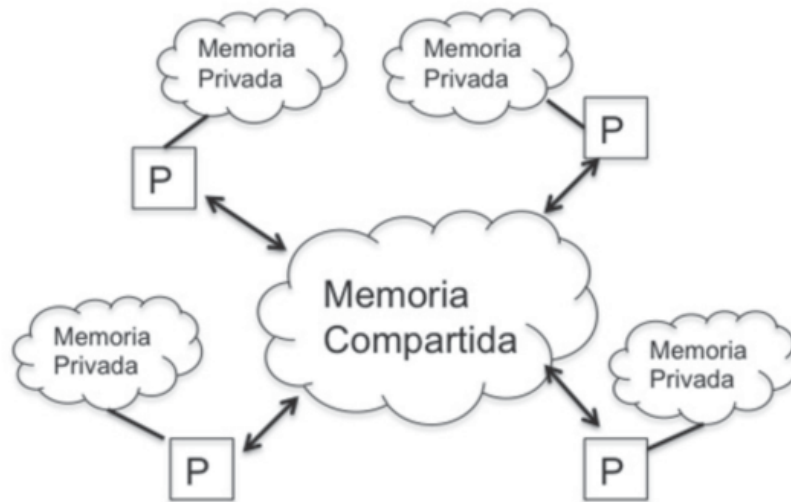


FIGURA 2
Modelo de computación con memoria compartida



RESTRICCIONES PARA ACELERAR PROCESOS PARALELOS

Las restricciones típicas que se presentan en las aplicaciones paralelas se refieren en muchas ocasiones a particiones defectuosas del problema o diseños poco eficientes para comunicar y sincronizar información a través de los procesadores. Un diseño óptimo de una aplicación paralela de contener mecanismos adecuados que logren balancear información a través de los procesadores, de modo que todos los procesadores realcen cálculos con tamaños similares de información.

Las restricciones teóricas que se presentan en aplicaciones paralelas se refieren a la ley de Amdahl. Esta ley plantea la aceleración máxima que puede lograr una aplicación paralela con respecto al número de procesadores que se usan.

ECUACIÓN 1 Ley de Amdahl para la aceleración de aplicaciones paralelas

$$S = \frac{1}{f_s + \frac{f_p}{N}}$$

Donde:

f_s = Porción del código que ejecuta cálculos en serial.

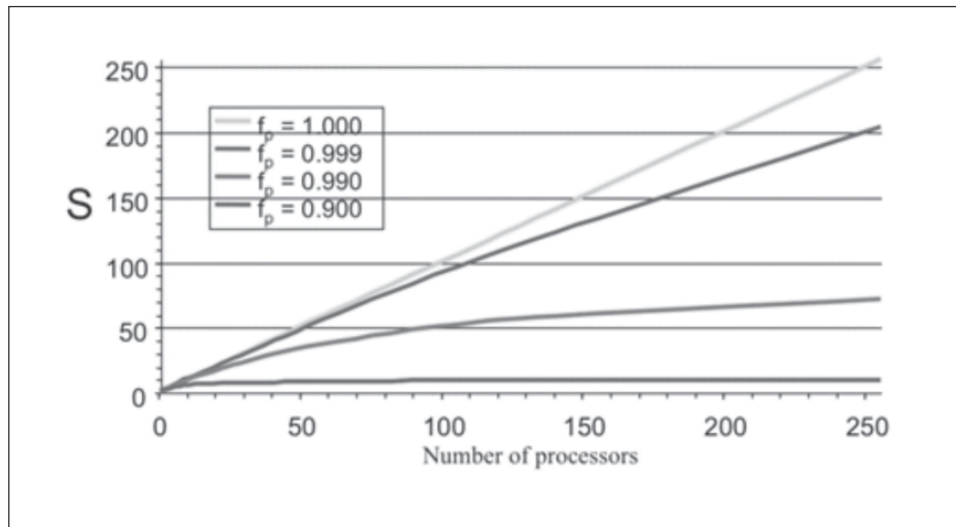
f_p = Porción del código que ejecuta cálculos en paralelo.

N = Número de procesadores.

S = Aceleración en la ejecución del programa paralelo.

La figura 3 evidencia que la mayor aceleración se presenta cuando la mayor parte del programa está paralelizado. Se muestra también que a medida que se usan más procesadores surgen problemas de sincronización y comunicación que retardan la ejecución.

FIGURA 3
Ejecución de aplicaciones con diferentes porciones de código paralelas



IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMACIÓN PARALELA

Existen varias técnicas y herramientas con el fin de paralelizar códigos computacionales. Las técnicas más comunes se refieren a la forma de paralelizar instrucciones por medio de procesos con memoria distribuida (MPI) y por medio de hilos de ejecución con memoria compartida (OpenMP). Algunos conceptos necesarios para implementar computación paralela son los siguientes:

Partición del problema

Es la etapa de división en tareas de un algoritmo. Se realiza con la intención de encontrar el diseño óptimo para la ejecución paralela más eficiente de un código computacional. El objetivo está en la definición de una gran cantidad de pequeñas tareas para la adecuada descomposición de un problema.

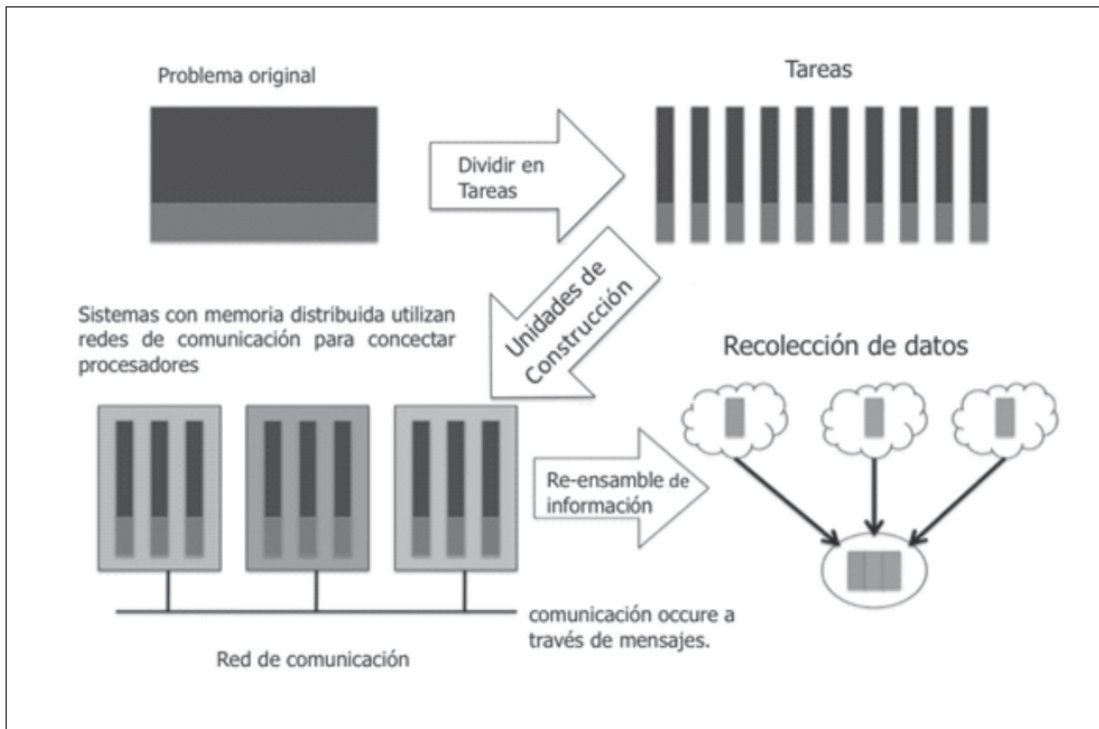
Comunicación entre tareas

La comunicación se conceptualiza como el canal que se crea entre dos o más tareas con el fin de facilitar las acciones de sincronización. La creación de un canal implica un costo operacional en el algoritmo paralelo, por eso es necesario optimizar el funcionamiento del programa al distribuir operaciones e información de forma coherente a través de las tareas.

Agrupación de datos

La agrupación de datos consiste en agrupar los conjuntos de soluciones que se obtienen a partir de las fases de división y comunicación para obtener una aplicación que ejecute de forma eficiente un algoritmo paralelo.

FIGURA 4
División de tareas a través de procesadores



La computación paralela es una técnica de programación en la que muchas instrucciones se ejecutan simultáneamente. Se basa en el principio de dividir los problemas grandes en partes más pequeñas que se pueden resolver de forma concurrente en el tiempo. La figura 4 muestra la forma clásica de dividir problemas en tareas con tamaño semejante para solucionar de forma paralela.

COMPUTACIÓN PARALELA ENFOCADA A LA SOLUCIÓN DE SISTEMAS LINEALES

La eliminación Gaussiana es un método que se aplica para resolver sistemas lineales de ecuaciones. Este método permite la multiplicación en ambos lados de la igualdad por una constante

diferente de cero. Las ecuaciones pueden sumarse entre sí con el fin de resolver una sustitución de variables para después despejar incógnitas. El pseudocódigo para el diseño del programa paralelo toma la siguiente forma.

Variables privadas = i, j, a

Variable compartida = n, E

For $i = 1$ hasta n (en paralelo)

División de la i ésima fila por $a_{i,i}$

Ecuación $i = E_i / a_{i,i}$

Ceros en la columna i

For $j > i$

$E_j = E_j - a_{j,i} E_i$

End

End

Solución por bloques al sistema

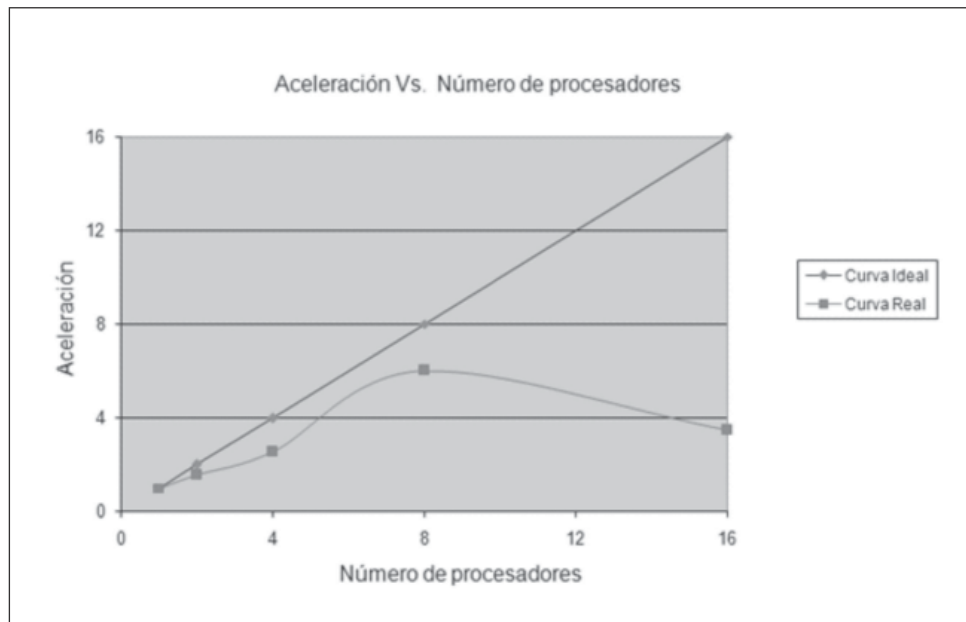
El método de solución de sistemas de ecuaciones por bloques de información consiste en utilizar mecanismos de ejecución de múltiples tareas paralelas para un sistema lineal de ecuaciones con varias incógnitas. Cada hilo de ejecución representa la información que computa un procesador. La Figura 5 muestra la aceleración de la aplicación paralela que resuelve el sistema de ecuaciones lineales mediante eliminación Gaussiana.

FIGURA 5
Resultados de aceleración
para la eliminación Gaussiana

Procesadores	Aceleración
1	1
2	1,56937273
4	2,5499193
8	5,99673766
16	3,47853777

La Figura 6 muestra la aceleración de la aplicación paralela de la eliminación Gaussiana. Se evidencia que la máxima aceleración ocurre cuando se utilizan 8 procesadores, puesto que el programa es seis veces más rápido.

FIGURA 6
Aceleración de la eliminación Gaussiana con varios procesadores



Solución a la ecuación de Laplace para flujo potencial mediante el método de elementos finitos. La ecuación de Laplace para flujo incompresible (ver Ecuación 2) a través de varios procesadores se soluciona por el método de elementos finitos. El método de elementos finitos consiste en resolver ecuaciones diferenciales parciales con el fin de encontrar una aproximación a cierta solución para un problema físico específico.

ECUACIÓN 2

Ecuación de Laplace para flujo incompresible

$$\nabla_2 U = 0$$

Donde:

$\nabla_2 =$ es el operador Laplaciano y $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$

$U =$ es el campo escalar de temperatura $U(x,y)$

La solución de la ecuación de Laplace en dos dimensiones para flujo potencial por el método de elementos finitos se puede resolver con una aproximación lineal, mediante la solución del sistema lineal que se presenta en la ecuación 3. El sistema muestra la combinación lineal de la matriz que contiene la información de la topología del cuerpo y los vectores que contienen los datos de las condiciones de frontera.

ECUACIÓN 3

Combinación lineal del sistema

$$A^D u^D = I^D - q^D$$

La Figura 7 muestra la aceleración de la aplicación paralela que soluciona la ecuación de Laplace para flujo potencial con varios procesadores.

FIGURA 7

Aceleración para la solución de la ecuación de Laplace para flujo potencial

Procesadores	Aceleración
1	1
2	1,3903
4	1,6684
8	1,8430
16	1.9961

La Figura 7 muestra la aceleración de la solución de la ecuación de Laplace después de realizar la ejecución con Dos (2), Cuatro (4), Ocho (8) y Diez y seis (16) procesadores. La figura 8 muestra el post-procesamiento de a solución de la ecuación de Laplace para flujo potencial. Se muestra la solución del campo vectorial de velocidad del flujo mediante vectores y por medio de colores se muestra la solución del campo escalar de temperaturas, donde los puntos con temperatura máxima toman un color rojo y los lugares donde la temperatura en mínima toman un color azul.

FIGURA 8

Aceleración de la solución paralela de la ecuación de Laplace para flujo potencial

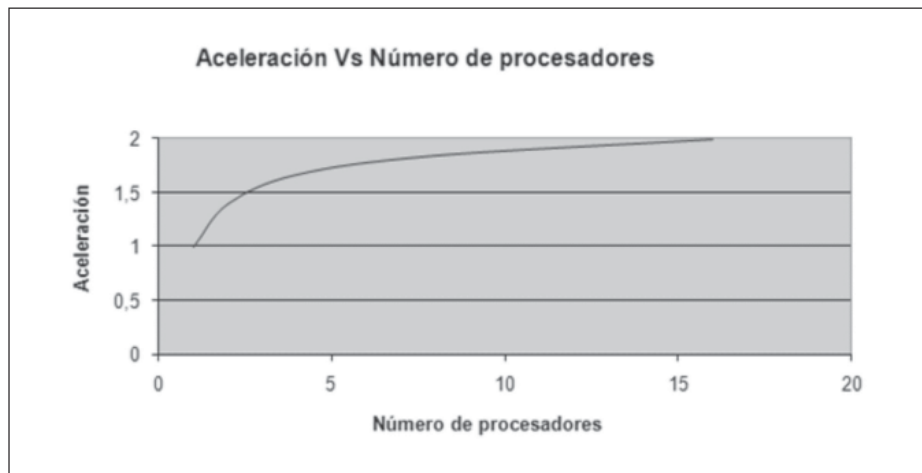
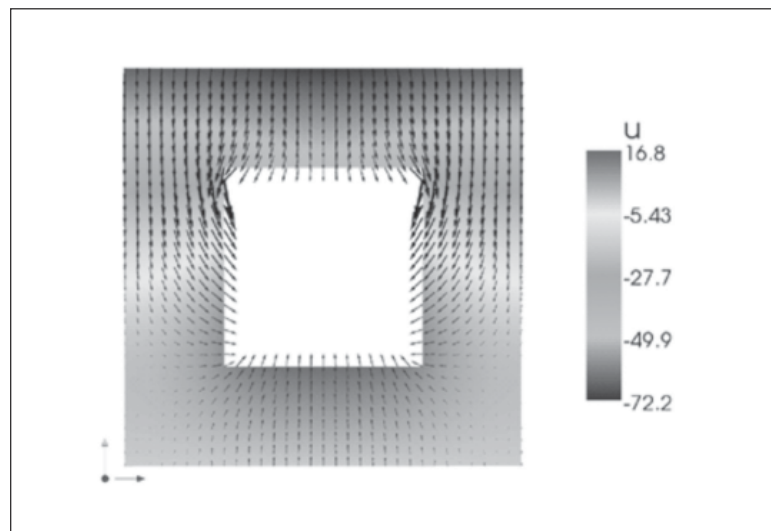


FIGURA 9
Post-Procesamiento de la solución de la ecuación de Laplace para Flujo potencial



CONCLUSIONES

En este trabajo se logra evidenciar que la computación paralela permite disminuir el tiempo de ejecución de un proceso computacional. Para presentar esta característica, se implementó un algoritmo paralelo para resolver un sistema de ecuaciones lineales por el método de Gauss y para resolver un problema de flujo potencial mediante la ecuación de Laplace por el método de elementos finitos. La solución se comparó entre la programación serial y la programación paralela para evaluar los tiempos de ejecución en cada caso.

Se mostraron diferentes opciones para paralelizar programas computacionales que se usan para calcular soluciones en problemas de ingeniería. Se codificaron soluciones mediante el uso de mecanismos de partición del problema, comunicación entre tareas y agrupación de datos para balancear los procesos.

Los resultados obtenidos muestran los beneficios de la programación paralela, en el sentido en

que acelera la solución, pero se evidencia que es necesario comprender ampliamente los mecanismos y herramientas que permiten paralelizar aplicaciones o códigos computacionales. En los casos expuestos se mostró que utilizar programación paralela tiene beneficios importantes por la reducción en el tiempo de ejecución de los programas. Sin embargo para la solución de la ecuación de Laplace para flujo potencial no se obtuvo una aceleración tan significativa dado que muchas porciones del código computacional no son paralelizables.

BIBLIOGRAFÍA

Chapma B, Jost G, Van Der Pas R, "Using Openmp", Massachusetts Institute of Technology, 2008, ISBN-13: 978-0-262-53302-7.

Graham P, OPENMP A Parallel Programming Model For Shared Memory Architectures, Edinburgh Parallel Computing Center, The University of Edinburgh, March 1999.

PACHECO P, Parallel Programming with MPI, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA, 1997, ISBN 1-55860-339-5.

CHANDRA C, DAGUN D, KOHR D, MAYDAN D, MACDONALD J, MENON R, Parallel Programming in OpenMP, Morgan Kaufman Publishers, 2001, ISBN 1-55860-671-8.

QUINN M, Parallel Programming in C with MPI and OpenMP, Mc Graw Hill, Oregon, USA, 2004, ISBN 0-07-2882256-2.

Texas Advanced Computing Center (TACC), Introduction to Parallel Programming on Ranger and Lonestar, 2009, NSF OCI-0749334.

Golum G, Van Loan C, Matrix Computations, Third, edition, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1996, ISBN 0-8018-5414-8.

Kwon Young, Bang Hyochoong, The Finite Element Method Using Matlab, Second Edition, Crc Press, ISBN: 0849300967.

DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE MATERIALES EN ENGRANAJES CÓNICOS ESPIRALES E HIPOIDALES

SEBASTIÁN GALINDO LÓPEZ

sgalindo@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

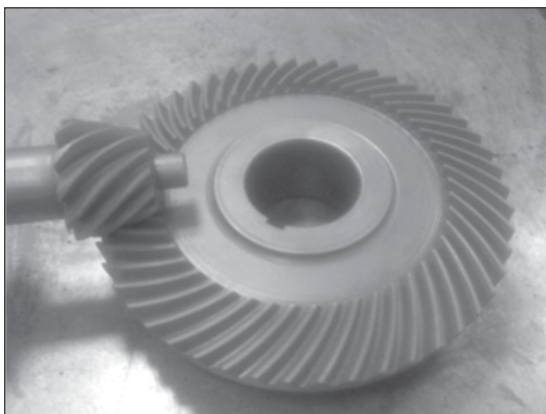
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR PRINCIPAL

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO

SECTOR BENEFICIADO

UNIVERSIDAD EAFIT



RESUMEN

Este documento pretende mostrar los elementos básicos y necesarios para poder obtener la geometría y realizar un análisis de resistencia de materiales a engranajes cónicos espirales e hipoides. Este proceso se realiza partiendo desde comprender bien cuáles son las geometrías a trabajar, sus posibles variaciones geométricas, pasando por el proceso de manufactura, hasta llegar al análisis de resistencia de materiales.

Todo este proceso con el fin de dar un acercamiento a un tema que a nivel nacional es de poco conocimiento y esta poco difundido.

ABSTRACT

This document presents the basis to be able to obtain the geometry and to make a material strength analysis of spiral bevel and hypoid gears. This process is made starting from understanding well which are geometries to work, it's possible geometric variations, through the manufacture process, to arriving at the material strength analysis.

All this process with the purpose of giving an approach to a subject that at national level has a low level of knowledge and it's not spread.

PALABRAS CLAVE

Engranajes cónicos espirales e hipoides, fresado de cara, face hobbing, resistencia a flexión, resistencia al picado.

KEYWORDS

Spiral bevel gear and hypoid gears, face milling, face hobbing, bending strength, pitting resistance.

INTRODUCCIÓN

En un entorno donde las maquinas están presentes en diferentes ámbitos y sectores, la utilización de mecanismos permite realizar un sinfín de movimientos, trayectorias y transmitir potencia para ser utilizada de una forma útil. Dentro de estos mecanismos un elemento esencial son los engranajes, los cuales son de gran importancia en la transmisión de potencia.

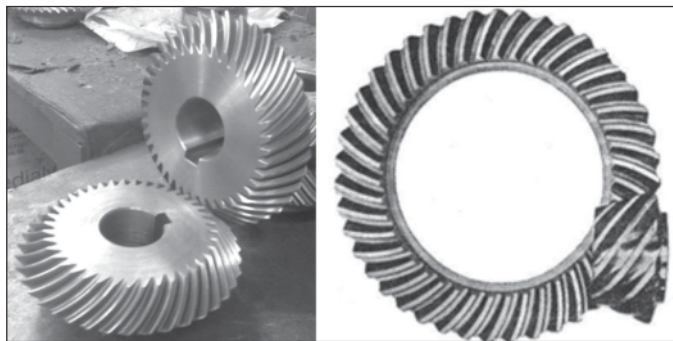
Cuando en la transmisión de potencia es necesario el cambio de dirección del eje de salida es necesario hacer uso de elementos con geometrías especiales, como es el caso de los engranajes cónicos. Dentro de esta familia se encuentran los engranajes cónicos espirales y los hipoidales, los cuales tienen la posibilidad de transmitir potencia en un rango de ángulos entre ejes muy variado.

ENGRANAJES CÓNICOS ESPIRALES E HIPOIDES

Los engranajes cónicos espirales al igual que los cónicos rectos comparten gran parte de su geometría, teniendo como variante que sus dientes poseen una curva oblicua. Esta característica ocasiona que el contacto entre los dientes comience en un extremo y progrese suavemente hacia el otro extremo. Como resultado sucede que los dientes se superponen y por tanto el movimiento es transmitido de forma más suave, reduciendo ruido y vibraciones (MOTT, 2006).

Los engranajes hipoides son similares en su forma general a los engranajes cónicos. Sin embargo, estos funcionan con ejes que no se interceptan. Los dientes son curvados y oblicuos, y los ejes están en ángulo recto por lo general (Arrow Gear Company, 2008). La superficie de paso de un engranaje hipoide es un hiperboloide de revolución, a causa de esto reciben su nombre (Gemini, 1998).

FIGURA 1
Engranajes cónicos espirales e hipoides



(Gemini, 1998)

MÉTODOS DE MANUFACTURA

Generado

El proceso básico en la fabricación de engranajes cónicos e hipoides es la generación en la cual por lo menos un miembro de cada juego debe ser generado.

La teoría de generación implica un engranaje imaginario generador, que puede ser una corona, el engranaje compañero, o algún otro cónico o hipoide. La pieza de trabajo se coloca de forma que ruede con el engranaje generador, los dientes de la pieza son envueltos por los del generador. (STOKES, 1992).

FIGURA 2
Generación engranajes



(STADTFELD, 2001)

ESFUERZOS Y RESISTENCIA DE ENGRANAJES

Para el cálculo de resistencia y esfuerzos en engranajes cónicos espirales e hipoides se tiene en cuenta los mismos elementos que se utilizan para engranajes cilíndricos, en los cuales se determina la resistencia a la flexión tomando el diente del engranaje como una viga en voladizo. Para los esfuerzos superficiales se trata a partir de esfuerzos hertzianos causados por el contacto de dos superficies cilíndricas.

A continuación se presentan las formulas que la AGMA propone para el cálculo de la resistencia al picado y el esfuerzo a flexión en los dientes del engranaje. Adicionalmente se presenta la fórmula para determinar la potencia transmisible de acuerdo a los dos criterios de falla.

ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE ESFUERZOS DE CONTACTO

La siguiente ecuación permite calcular los esfuerzos superficiales del engranaje:

$$S_c = C_p \sqrt{\frac{2T_P}{Fd^2l} K_o H_v K_m C_s C_{xc}}$$

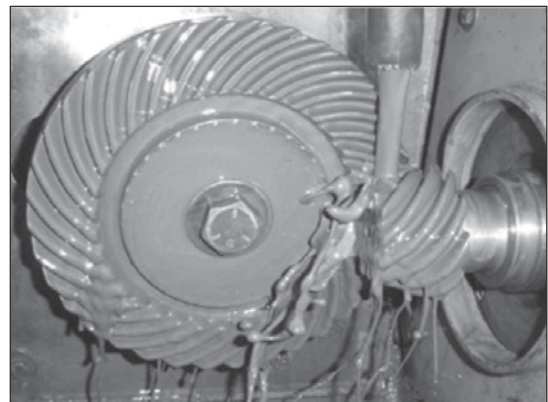
(AGMA, 2003)

$$\sigma_H = Z_E \sqrt{\frac{2000T_1}{bd_e^2 Z_l} K_A K_v K_{HB} Z_x Z_{xc}}$$

LAPEADO

Este proceso tiene por objeto abrillantar y pulir las superficies de los dientes, para mejorar las condiciones de carga y deslizamiento entre los mismos. El engranaje y el piñón son montados en la máquina lapeadora, engranados con una carga ligera y controlada mientras se hace circular entre ellos mediante bombeo re circulante, una mixtura de aceite de corte y un finísimo polvo abrasivo.

FIGURA 3
Lapeado



Donde:

$$C_p(Z_E) = \text{Es coeficiente elástico } \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]^{0,5} \left(\left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]^{0,5} \right)$$

$C_s(Z_x)$ = Es el factor de tamaño

$T_P(T_1)$ = Es el torque de operación del pinón, lb in (n m)

$K_o(K_A)$ = Es el factor de sobre carga

$K_v(K_v)$ = Es el factor dinámico

$F(b)$ = Es el ancho neto de cara, in (mm)

$d(d_{e1})$ = Es el diámetro exterior del pinón, in (n m)

$K_m(K_{H\beta})$ = Es el factor de corona

$I(Z_I)$ = Es el factor geométrico para resistencia al picado; ver anexos

$C_{xc}(Z_{xc})$ = Es el factor de rebajado (crowning factor)

NÚMERO DE ESFUERZO DE CONTACTO PERMISIBLE

La ecuación a continuación permite calcular el valor admisible de esfuerzos de contacto que soporta el material del engranaje.

$$S_{wc} = \frac{S_{ac} C_L C_H}{S_H K_T C_R} \quad \sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} Z_{NT} Z_W}{S_H K_\theta Z_Z}$$

Donde:

$S_{wc}(\sigma_{HP})$ = Es el esfuerzo de contacto permisible, lb/in² (n/mm²)

$S_{ac}(\sigma_{Hlim})$ = Es la resistencia superficial, $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$

$C_L(Z_{NT})$ = Es el factor de ciclos de esfuerzo

S_H = Es el factor de seguridad de contacto

$C_H(Z_W)$ = Es el factor de la relación de durezas

$K_T(K_\theta)$ = Es el factor de temperatura

$C_R(Z_Z)$ = Es el factor de confiabilidad

RESISTENCIA AL PICADO ECUACIÓN DE POTENCIA

Esta ecuación determina la potencia que puede transmitir el engranaje a una velocidad especificada bajo el criterio de resistencia al picado.

$$P_{ac} = \frac{n_P F}{126000} \frac{I}{K_v K_m K_o C_s C_{xc}} \left(\frac{s_{ac} d C_L C_H}{S_H C_p K_T C_R} \right)^2$$

$$P_{az} = \frac{n_1 b}{1,91 \times 10^7} \frac{Z_I}{K_v K_{H\beta} K_A Z_x Z_{xc}} \left(\frac{\sigma_{Hlim} d_{e1} Z_{NT} Z_W}{S_H Z_E K_\theta Z_Z} \right)^2$$

Donde:

$P_{ac}(P_{az})$ = Es la potencia transmisible, hp (kw)

$n_P(n_1)$ = Es la velocidad angular del pinón, rpm

ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE ESFUERZOS A FLEXIÓN

La siguiente ecuación permite calcular los esfuerzos a flexión del diente del engranaje.

$$s_t = \frac{2T_P}{F_d} P_d K_o K_v \left(\frac{K_s K_m}{K_x J} \right) \sigma_F = \frac{2000T_1}{bd_{e1}} \frac{K_A K_v}{m_{et}} \frac{Y_x K_{H\beta}}{Y_\beta Y_J}$$

Donde:

$S_t(\sigma_F)$ = Es el esfuerzo a flexión calculado en la raíz del diente $\frac{Lb}{in^2} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$

$K_o(K_A)$ = Es el factor de sobre carga

K_v = Es el factor dinámico

P_d = Es el paso diametral exterior transversal, in^{-1}

m_e = Es el módulo exterior transversal métrico, mm

$K_s(Y_x)$ = Es el factor de tamaño

$K_m(K_{H\beta})$ = Es el factor de sobre carga

$K_x(Y_\beta)$ = Es el factor de curvatura del diente

$J(Y_J)$ = Es el factor geométrico para resistencia a la flexión, ver anexos

NÚMERO DE ESFUERZO DE CONTACTO PERMISIBLE

La ecuación a continuación permite calcular la resistencia admisible a esfuerzos a flexión que puede soportar el material.

$$s_{wt} = \frac{S_{ac} K_L}{S_F K_T K_R} \quad \sigma_{FP} = \frac{\sigma_{F lim} Y_{NT}}{S_F K_\theta Z}$$

Donde:

$S_{wt}(\sigma_{FP})$ = Es el esfuerzo a flexión permisible, $lb/in^2(n/mm)^2$

$S_{at}(\sigma_{F lim})$ = Es la resistencia a la flexión del material, $lb/in^2(n/mm)^2$

S_F = Es el factor de seguridad a la flexión

$K_L(Y_{NT})$ = Es el factor de ciclos de esfuerzo

$K_T(K_\theta)$ = Es el factor de temperatura

$K_R(Y_Z)$ = Es el factor de confiabilidad

RESISTENCIA A FLEXIÓN ECUACIÓN DE POTENCIA

Esta ecuación determina la potencia que puede transmitir el engranaje a una velocidad especificada bajo el criterio de resistencia a la flexión.

$$P_{at} = \frac{n_p F}{126000} \frac{J K_x}{K_s K_m K_o K_v} \frac{s_{at} d}{P_d} \frac{K_L}{K_T K_R S_F} \quad (\text{AGMA, 2003})$$

$$P_{ay} = \frac{n_1 b}{1,91 \times 10^7} \frac{J K_x}{Y_x K_{H\beta} K_A K_v} \frac{\sigma_{F lim} d_{e1} m_{et}}{1} \frac{Y_{NT}}{K_\theta Y_Z S_F}$$

Donde:

$P_{at}(P_{ay})$ = Es la potencia transmisible, hp(kw)

$n_P(n_1)$ = Es la potencia transmisible, hp(kw)

CONCLUSIONES

Se encontró que dentro de los engranajes cónicos existen una serie de geometrías posibles que hacen que el diseño y su utilización en el mercado sean muy variada. Mostrando la gran importancia que tiene estos elementos en el medio industrial. A partir de lo anterior se confirma la validez e importancia del desarrollo de este proyecto el cual permitió adquirir un conocimiento en un tema que a nivel nacional es poco difundido.

En cuanto a la manufactura de los engranajes cónicos espirales e hipoidales, se determino su grado de importancia en los engranajes, ya que estos tienen una gran influencia en la geometría del engranaje, la cual varía principalmente la forma de los dientes del engranaje y por consiguiente en la resistencia de los mismos.

A partir de la experiencia que se ha tenido en el campo se ve que en cuanto a las técnicas de fabricación el conocimiento que se posee en el país es muy bajo. Se conoce especialmente la técnica Gleason que se refiere al face milling. Respecto a face hobbing el conocimiento del proceso de manufactura es casi nulo.

El conocimiento de los modos de falla que se presentan en los engranes es de gran importancia, ya que estos modos no son exclusivos para engranajes cónicos espirales e hipoides sino que se presentan en toda la familia de engranajes. Adicionalmente al momento de diseñar permite tener una mejor claridad sobre los efectos que

se desean evitar en el engranaje, y así realizar una mejor selección de algunos factores para el montaje de los engranajes, y también realizar un análisis de resistencia de materiales más preciso.

Enfrentarse a la fase de fabricación de un engranaje es muy importante para el diseño y análisis de engranajes cónicos espirales e hipoides, ya que esto permite aclarar y entender mejor, los términos y factores que se manejan en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AGMA. 2005. Design Manual for Bevel Gears (ANSI/AGMA 2005--D03). Alexandria : American Gear Manufacturers Association, 2005. ISBN: 1--55589--818--1.

—. 2003. Rating the Pitting Resistance and Bending Strength of Generated Straight Bevel, Zero/ Bevel and Spiral Bevel Gear Teeth (ANSI/AGMA 2003-897). Alexandria : American Gear Manufacturers Association, 2003. ISBN: I-55589-892-8.

Arrow Gear Company. 2008. Arrow Gear Company. [En línea] 2008. [Citado el: 4 de Enero de 2009.] http://www.arrowgear.com/products/hypoid_gears.htm.

DUDLEY, Darle W. 1994. Handbook of Practical Gear Design. s.l. : CRC Press, 1994. pág. 688. ISBN 1566762189.

—. 1983. Manual de engranajes. Cuarta edición. México : Continental, S:A de C.V., 1983.

Gemini. 1998. Gemini. [En línea] 13 de Febrero de 1998. [Citado el: 25 de Enero de 2009.] <http://gemini.tntech.edu/~slc3675/me361/lecture/grnts4.html>.

- KRENZER, Theodore J, M.S. y HOTCHKISS, Robert G, B.S. 2004. BEVEL AND HYPOID GEARS. [aut. libro] JOSEPH EDWARD SHIGLEY, THOMAS H BROWN y CHARLES R MISCHKE. Standard Handbook of Machine Design. 3 ed. s.l. : McGraw-Hill Professional, 2004.
- MOTT, Robert L. 2006. Diseño de elementos de máquinas. Ed 4. México D.F : Pearson Educación, 2006. pág. 872. ISBN 9702608120.
- OBBERG, Erik, y otros. 2004. Machinery's Handbook. [ed.] Christopher J MCCAULEY. 27 ed. New York : Industrial Press Inc., 2004. ISBN 0-8311-2737-6.
- SHIGLEY, Joseph E, y otros. 2008. Shigley's Mechanical Engineering Design. 8 ed. s.l. : McGraw-Hill Education, 2008. págs. 713-804. ISBN: 0-390-76487-6.
- STADTFELD, Hermann J. 2008. GEAR ENCYCLOPEDIA. [DVD] Rochester, New York, United States of America : Gleason, 2008.
- STADTFELD, Hermann J. Dr. 2006. Face Hobbing-Lapping or Face Milling-Grinding. [En línea] Agosto de 2006. [Citado el: 13 de Noviembre de 2008.] www.gleason.com.
- STADTFELD, Hermann J.,Dr. 2001. The Basics of Spiral Bevel Gears. [En línea] 11 de Enero de 2001. [Citado el: 4 de Noviembre de 2008.] www.geartechnology.com.
- STOKES, Alec. 1992. Manual Gearbox Design. Manchester : Society of Automotive Engineers, 1992. ISBN 0 7506 0417 4.

**ANÁLISIS RCM DE
LA INYECTORA REED H29
PERTENECIENTE A
LA EMPRESA INDUSTRIAS
ESTRA S.A. MEDELLÍN**

LAURA CÉSPEDES ZAPATA

lcesped1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

**ÁREA DE ÉNFASIS
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**ASESOR PRINCIPAL
ROBERTO RAVE SERNA**

**SECTOR BENEFICIADO
INDUSTRIAS ESTRA S.A MEDELLÍN**



RESUMEN

El proyecto inicia describiendo brevemente la fundamentación teórica que se empleó como punto de partida para la para la realización del análisis RCM¹ a la inyectora H29 de Industrias ESTRA S.A., luego enuncia las funciones operacionales que debe realizar dicha máquina con el fin de proceder a ejecutar un análisis de fallas de la inyectora que incluye la identificación de: fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Finalmente, de acuerdo con los resultados del análisis de fallas y las consecuencias de éstas se definen las acciones a realizar para mejorar el funcionamiento del activo mencionado.

ABSTRACT

Initially the RCM theory is described which is the starting point of the project, then are mentioned the operational functions that the injection molding machine should do, therefore is possible to make an FMEA² which identifies: functional failures, failure modes and effects. Finally, depending on the failures analysis results and their consequences, there are defined the tasks to improve the asset's performance.

PALABRAS CLAVE

AMEF³, consecuencia de falla, desempeño deseado, efecto de falla, falla funcional, función operacional, inyectora, modo de falla, RCM.

KEY WORDS

FMEA, failures consequences, desired performance, failure effect, functional failure, operational function, injection molding machine, failure mode, RCM.

1 RCM del inglés Reliability Centered Maintenance que traduce mantenimiento centrado en la confiabilidad

2 FMEA del inglés *Failure Modes and Effects Analysis*

3 AMEF son las siglas de Análisis de Modos y Efectos de Falla

INTRODUCCIÓN

El departamento de Ingeniería de Servicios y Mantenimiento de la empresa Industrias ESTRA S.A. empieza a implementar, a mediados de abril del año 2006, indicadores de mantenimiento basados en la metodología RCM con el fin de medir su desempeño y eficiencia dentro de la empresa. Para complementar la implementación de los indicadores, se realiza un análisis RCM a la inyectora REED H29, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad que el activo tiene actualmente, logrando de esta manera, apoyar el proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad que ha ido implementando el departamento en los últimos años.

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

La información que se muestra a continuación sobre el proceso RCM fue tomada de Reliability Centered Maintenance (RCM) por John Moubray y del Curso de formación en RCM.

El proceso RCM debe responder las siguientes 7 preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y el desempeño deseado del activo en el contexto operacional?
2. ¿En qué formas falla el activo afectando el cumplimiento de dichas funciones?
3. ¿Qué causa cada falla funcional?
4. ¿Qué pasa cuando cada falla ocurre?
5. ¿Qué grado de importancia tiene cada falla?
6. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué se podría hacer si no se encuentra una tarea proactiva viable?

La pregunta 1 se responde al describir la función del activo en términos del desempeño deseado, es decir, en funciones que el usuario desea que la máquina realice.

Las preguntas 2, 3 y 4 hacen referencia a un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) en donde se definen los siguientes ítems:

- Fallas funcionales: que se definen como la incapacidad de cualquier activo para cumplir una función.
- Modos de falla: son cualquier evento que causa un fallo funcional.
- Efectos de falla: describen qué ocurre cuando un modo de falla se presenta.

La quinta pregunta se remite a las consecuencias de las fallas las cuales indican cuánto importa cada modo de falla y se clasifican en:

- Consecuencias de fallas ocultas.
- Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.
- Consecuencias operacionales.
- Consecuencias no operacionales.

Según el tipo de consecuencia que tenga modo de falla, se definen las acciones a realizar sobre el activo, que corresponden a las preguntas 6 y 7 del proceso RCM.

Las tareas preventivas, como su nombre lo indica, son las que tienen como fin prevenir la ocurrencia de una falla. Por su parte, las tareas predictivas son las que ayudan a predecir la ocurrencia de una falla o a establecer que una falla comenzó a ocurrir. Las tareas "a falta de" se realizan a los activos sino se encuentra alguna tarea preventiva y/o predictiva viable para evitar las consecuencias de una falla.

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA INYECTORA

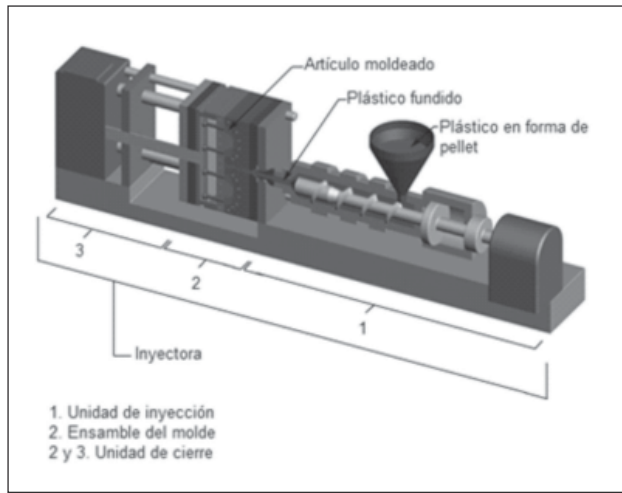
El punto de partida para la realización de un análisis RCM es conocer el funcionamiento de la máquina a la cual se le va a realizar, por lo que a continuación se indica las partes más importantes de una inyectora y sus funciones principales.

La función principal de la inyectora REED H29 es procesar el plástico que entra en forma de pellet, introducirlo en el molde destinado para tal fin y garantizar una fuerza de cierre de hasta 1200 US TON de tal forma que garantice el cierre del molde durante el proceso, para que lo anterior se cumpla, esta máquina se divide en 4 subsistemas principales, donde cada uno juega un papel importante para el correcto funcionamiento de la inyectora:

- Unidad de inyección: se encarga de transportar, fundir, homogenizar e inyectar la materia prima hacia el molde.
- Unidad de cierre: mantiene el molde cerrado durante la inyección de material para garantizar el moldeo de un producto de calidad.
- Sistema hidráulico: los cilindros hidráulicos dan movimiento lineal necesario para la inyección del material y cierre del molde, además le imprime giro al husillo que es el componente principal de la unidad de inyección.
- Sistema de control y potencia: el motor eléctrico genera y transmite la potencia requerida para la operación de la inyectora. El PLC⁴ es el encargado de recibir, procesar y transmitir señales de las variables que se deben controlar dentro del ciclo de inyección.

⁴ PLC del inglés Programmable Logic Controller y es un dispositivo electrónico que permite la automatización de los procesos industriales

FIGURA 1
Esquema general de una inyectora



<http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>

PROCESO DE ANÁLISIS RCM PARA LA INYECTORA H29

El historial técnico del equipo registrado en el software de mantenimiento, las entrevistas y reuniones con el personal del área de mantenimiento de Industrias ESTRA S.A fueron las principales fuentes de información para la realización del análisis RCM.

El primer paso del proceso fue definir los componentes principales de una inyectora y sus respectivas funciones, para luego realizar un análisis de fallas, conocido como AMEF en el cual se identificaron las fallas funcionales con sus respectivos modos y efectos de falla, se encontró que las fallas con mayor posibilidad de ocurrencia en la inyectora H29 y que afectan el cumplimiento de la función principal de la máquina son cortocircuitos en los componentes eléctricos, fugas de aceite, problemas de calibraciones; y piezas reventadas, desgastadas, sucias o mal instaladas; las cuales son de diversos orígenes debido a la complejidad de una inyectora que tiene sistemas eléctrico, hidráulico, mecánico y electrónico.

FIGURA 2
Esquema de cómo se debe recopilar la información del AMEF

SISTEMA				COMPONENTE		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla
1	Se enumeran las funciones del elemento	A	Se indica cómo no cumple la función el elemento	1	Se enumeran los modos de falla posibles para cada falla funcional	Se indica cómo se detecta el modo de falla, sus consecuencias y procedimiento para reparar la falla

Las acciones de mantenimiento propuestas para la inyectora, como resultado del análisis de fallas fueron en su mayoría, tareas “a condición”, que consisten en el chequeo de fallas potenciales para tomar acciones que prevengas las consecuencias de una falla funcional. Adicionalmente, se le recomienda al departamento, capacitar al personal de producción y materia prima con el fin de evitar daños propios del error humano debido al desconocimiento. Otra recomendación es que personal técnico de mantenimiento esté presente durante el montaje de moldes.

FIGURA 3
Esquema de cómo se deben registrar las tareas de mantenimiento propuestas

SISTEMA				COMPONENTE		
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea	Intervalo	Responsable
2B3	Tomado de la hoja de información RCM, resultado del AMEF		Según clasificación del RCM	Qué se propone	Frecuencia inicial con que se debe realizar la tarea	Área o persona que debe ejecutar la tarea

CONCLUSIONES

El RCM es un proceso de análisis que se le realiza a una máquina o equipo con el fin de definir qué se debe hacer para que dicho sistema tenga un óptimo funcionamiento según las necesidades de sus usuarios, en el momento oportuno y con los recursos disponibles y adecuados.

Las funciones que se definieron en consenso con el personal de mantenimiento de la empresa para

la inyectora y cada uno de sus componentes fueron un punto de partida para la realización del análisis RCM, aunque se recomienda que esto haga en común acuerdo con departamentos directamente implicados con la máquina como por ejemplo: producción, materia prima, salud ocupacional y montaje de moldes, con el fin de tener una mejor aproximación con las necesidades del usuario de la inyectora.

Finalmente, aunque el proceso de análisis no ha sido dirigido por un experto en RCM, se ha aprendido sobre el mencionado proceso obteniéndose resultados satisfactorios que pueden aportar al mejoramiento de los indicadores de mantenimiento de la inyectora analizada.

BIBLIOGRAFÍA

AZOM. Injection unit. [citado 7 de febrero, 2009]. Disponible en Internet: http://www.azom.com/work/xJsvgJIA1KoVb360Z4UW_files/image003.gif.

COSTUMPARTNET. Injection molding. [citado 7 de febrero, 2009]. Disponible en Internet: <http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>.

PLASTISTECH. Clamping unit. [citado 7 de febrero, 2009]. Disponible en Internet: <http://www.plasticstech.info/equipment/injection-molding-machine/injectionMolded8.gif>.

SLIDESHARE INC. Terminología del RCM. [citado 10 de marzo, 2009]. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/rcm3/definiciones-de-rcm-presentation>.

WIN SOFTWARE ASOCIADOS LTDA. AM, Administrador de Mantenimiento. [en línea]. Medellín, Colombia. [citado 21 octubre, 2007]. Disponible en Internet: http://www.winsoftware.com.co/sitio/index.php?option=com_content&task=category§ionid=4&id=14&Itemid=30.

SOCIETY OF AMERICAN ENGINEERING. Reliability centered maintenance—RCM: evaluation criteria for reliability centered maintenance. New York: SAE, 1999. (SAEJA1011).

MOUBRAY, John. Reliability centered maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press, 1997. pp. 1-211.

POTSCH, Gerd and MICHAELI, Walter. Injection molding: an introduction. Munich, New York: Hanser Publishers, 1995. pp.1-6, 57-74.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Inyección básica de plásticos. Cali: SENA, 1998.

SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV. Curso de formación de tres días en reliability centered maintenance: versión 2. SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV-ALADON, 1998.

ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA VERTICAL ET - 02

ALEJANDRO TORO LONDOÑO

atorolon@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

CARLOS MARIO TAMAYO E

SECTOR BENEFICIADO

SECTOR DEL EMPAQUE



RESUMEN

La industria del empaque requiere constante intervención del personal de servicio técnico de la empresa, en algunos casos atiende ajustes o mantenimiento que los operarios de la máquina pueden realizar si se tiene la información adecuada. Desde este punto de vista se puede percibir la importancia del manual de mantenimiento.

En este artículo se muestra la importancia que tiene para una empresa el manual de mantenimiento preventivo, debido al soporte que este brinda a los usuarios de la maquina en las labores de operación y puesta a punto.

ABSTRACT

The packaging industry requires constant intervention by the service personnel of the company, in some cases serves adjustments or maintenance of the machine operators can make if you have the right information. From this perspective one can perceive the importance of the maintenance manual.

This article demonstrates the importance for a company manual of preventive maintenance due to the support that gives users of the machine in the work of operation and tuning.

PALABRAS CLAVE

Industria, mantenimiento, manual, operación, puesta a punto, soporte.

KEY WORDS

Industry, maintenance manual, operation, tuning, support.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un manual de mantenimiento preventivo para la empacadora vertical ET- 02.

DESARROLLO

¿Qué ventajas tiene el mantenimiento?

Entre las principales ventajas del mantenimiento, podemos mencionar las siguientes:

- Mejor conservación de los equipos.
- Aumento de la calidad y de la productividad.
- Disminución de paralizaciones imprevistas.
- Disminución de reparaciones.
- Reducción de horas extras de trabajo.
- Reducción de costos.

MITECNOLOGICO@2008

Manuales de Mantenimiento

Los manuales son procedimientos de trabajo que se preparan para ayudar al personal de mantenimiento. Se elaboran teniendo en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos.

Se propone elaborar un manual con lo siguiente:

- Rutinas de mantenimiento preventivo para el equipo.
- Planos generales de la maquina con sus partes.

La fase inicial en la elaboración del manual es determinar quién es su beneficiario inicial y para quien puede ser útil más adelante. (MANTENMEDIDA@2003).

El beneficiario es el cliente, ya que gracias al manual de mantenimiento se pueden manejar estándares de calidad en los procesos post-venta, además de generar confiabilidad en la operación de las máquinas, debido que allí se encontrarán tareas

en pro del bienestar de la máquina, basándose en la filosofía del mantenimiento preventivo.

Al dar una mirada global de los mercados mundiales y, con el estado actual de innovación tecnológica, la finalidad del manual es ofrecer una descripción actualizada, concisa y clara de las actividades contenidas en cada proceso. Pero a causa de esto, jamás podremos considerarlo como concluido y completo, ya que debe evolucionar con la organización. (MITECNOLOGICO@2008).

La disposición final de este manual esta manos del encargado de mantenimiento de la empresa que adquiere la máquina así como la empresa productora.

El objetivo principal para poner en práctica el mantenimiento preventivo es bajar los costos, para esta economía puede asumir distintas formas:

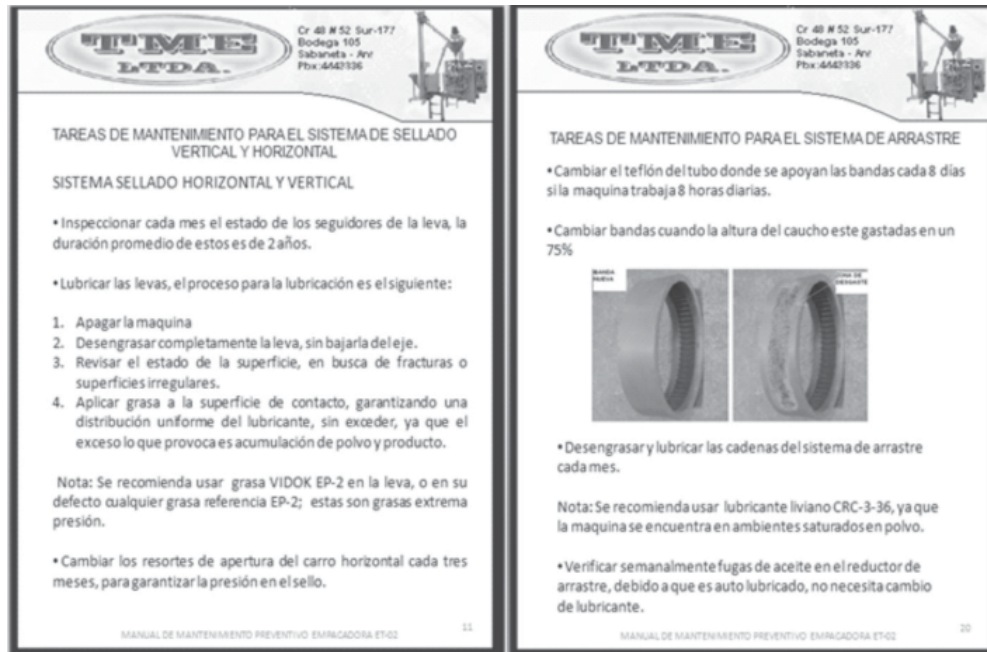
- Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por descomposturas.
- Mejor conservación y duración de las cosas, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa preestablecido, en lugar de hacerlo inopinadamente para componer desarreglos.
- Menos reparaciones en gran escala pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
- Menos ocurrencia de productos rechazados, repetidos y desperdicios como producto de una mejor condición general del equipo.

Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndole así

señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas. Mejores condiciones de seguridad. (NEWBROUGH, E.T, 1974, 413).

En lo concerniente a las rutinas de mantenimiento para la maquina y la forma como se presentan en el manual se muestra lo siguiente:

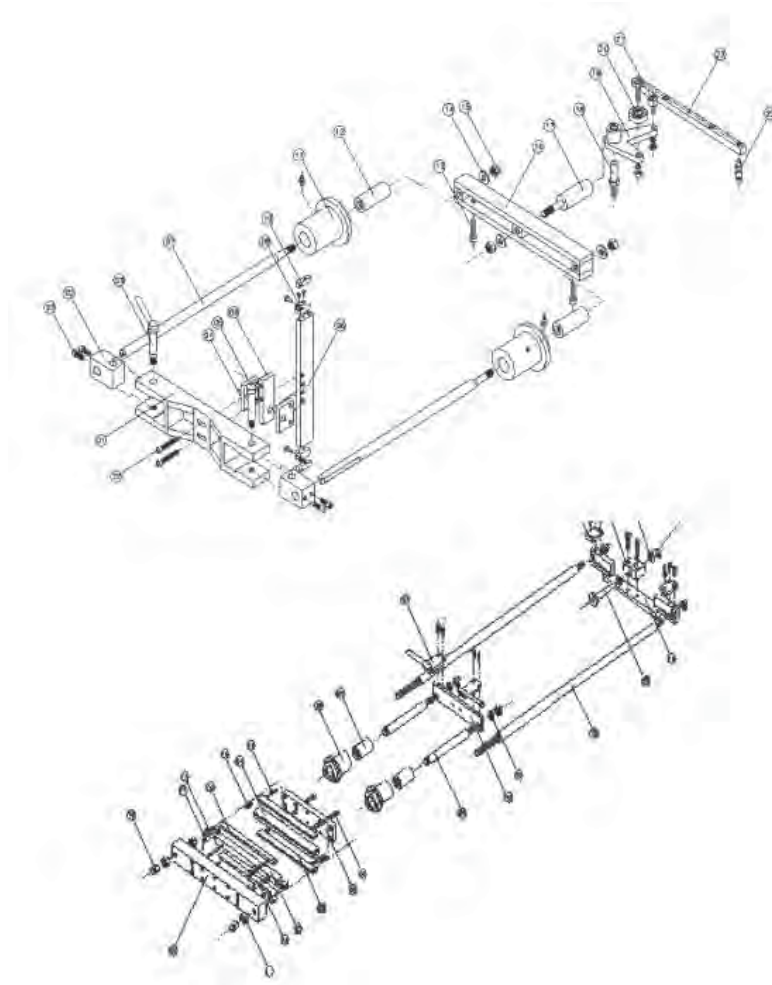
FIGURA 1
Manual concerniente a las rutinas de mantenimiento



Este esquema permite a la empresa plasmar las tareas de mantenimiento y entregarla al cliente de una manera clara.

Por otro lado la vista general de los sistemas proporciona el conocimiento necesario para realizar pedidos al fabricante.

FIGURA 2
Vista general de los sistemas



BIBLIOGRAFÍA

NAVARRO ELOLA, Luis; PASTOR TEJEDOR, Ana C y LACABRERA, Jaime M. Gestión Integral de Mantenimiento. 1 Ed. Barcelona (España): Editorial MARCOMBO, S.A.1997. 120 p. ISBN: 84-267-1121-9.

MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Enfoque Sistémico Kantiano. 1 Ed. Noviembre de 2008. 306 p. ISBN 958-33-8218-3.

PATTON JOSEPH, D Jr. Preventive Maintenance. The international Society for Measurement and Control Instrument Society of America 2 Ed. USA 1995.ISBN 1-55617-533-7.

VALLEJO JARAMILLO, Juan Santiago. Desarrollo, validación, contraste y pronóstico del cálculo CMD. Medellín, 2004, 153 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería Mecánica. Area de mantenimiento.

- OROZCO MONTOYA, Jaime Andrés. Programa evaluador de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para una empresa textil del valle de aburrá. Medellín, 2004, 153 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Eafit. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de mantenimiento.
- WIREMAN, Terry. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. New York, USA. Industrial Press. 1998. 195p ISBN: 0831130806.
- NAVARRO ELOLA, Luis. Gestión Integral de Mantenimiento. Barcelona, España. Marcombo S.A. 1997. 112p ISBN: 8426711219.
- O'CONNOR, Patrick D. T. Practical Reliability Engineering. New York, NY, USA. John Wiley & Sons. 1985. 398p. ISBN: 0471905518.
- RAMAKUMAR, R., Engineering Reliability: Fundamentals and Applications. NJ, USA: Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1993. 482p. ISBN: 0132767597.
- REY Sacristán, Francisco. Hacia la Excelencia en Mantenimiento, Madrid, España: Editorial TGP Hoshin, S.L. 1996. 165p. ISBN: 8495428180.
- ROJAS, Jaime. Introducción a la Confiabilidad. Bogotá. Colombia. Universidad de los Andes. 1975. 214p.
- BAZOVSKY, Igor. Reliability Theory and Practice. USA: Dover Publications Incorporated, 2004. 297p ISBN: 0486438678.
- BLANCHARD, Benjamín S., VERMA, Dinesh., PETERSON, Elmer. Maintainability: a key to effective serviceability and maintenance management: Series Nuevas dimensiones en Ingeniería. USA: Edit. Wiley Interscience. Wiley, John & Sons, Incorporated, 1994. ISBN: 0486438678.
- CÉSPEDES ZAPATA, Lucas, y MEJÍA ISAZA, Santiago. Implementación de un sistema de indicadores para la gestión de mantenimiento de una empresa textilera. Medellín, 2005, 194 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Eafit. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de mantenimiento.
- PEREZ URREA, Juan Camilo, y SERNA RESTREPO, Manuel Felipe. Implementación del programa evaluador cmd (valramor 4) en el sistema de información de mantenimiento cais de la empresa textil fabricato tejcondor. Medellín, 2006, 62 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Eafit. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de mantenimiento.
- DÍAZ MATALOBOS, Ángel. Confiabilidad en mantenimiento, Caracas, Venezuela: Ediciones IESA, 1992. 109p. ISBN 9802710682.
- DOUNCE, E. La Productividad del Mantenimiento Industrial, México D.F, México: CECSA. 1998. 165p. ISBN: 9682610893.
- EBELING, Charles E. An introduction to reliability and maintainability engineering. New York, NY, USA. McGraw-Hill. 1997. 486p ISBN: 0070188521.
- FORCADAS, Jorge. Confiabilidad en los Sistemas. En: Revista SAI. No.4 Vol.1. 1983. ISBN: 01205862.
- GARCÍA, Luís. La disponibilidad como objetivo. En: Ingeniería Química. No.3-20. Enero 1996. p 190.

GNEDENKO, Boris y USHAKOV, Igor. Probabilistic Reliability Engineering. New York, NY, USA. John Wiley & Sons. 1995. 518p ISBN: 0471305022.

JARAMILLO ÁLVAREZ, Juan Felipe, y GONZÁLEZ CALLE, Germán Esteban. Implementación de un sistema CMD en la máquina formadora de Cristalería Peldar S.A. Medellín, 2004, 107 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de mantenimiento.

KELLY, Anthony. y HARRIS, M. J. Gestión del mantenimiento industrial. Madrid, España: Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar. Traducido por Gerardo Álvarez Cuervo y equipo de trabajo. 1998. ISBN: 84-923506-0-1. Traducido de Management Industrial Maintenance Soft. – Edit. Butterworth-Heinemann – USA: 1983. ISBN: 040801377X.

KNEZEVIC, Jezdimir. Mantenibilidad, Madrid, España: Isdefe. 1996. 137p. ISBN: 0412802702.

LEEMIS, Lawrence M. RELIABILITY: Probabilistic Models and Statistical Methods. Englewood Cliffs Prentice-Hall, NJ, USA. 1995. 319p ISBN: 0137215171.

LEWIS, Elmer E., Introduction to Reliability Engineering. Editorial John Wiley & Sons, Inc. 1995. ISBN: 0471018333.

MODARRES, Mohammed, What every engineer should know about reliability and risk analysis. Editorial Marcel Dekker. New York, USA: 1993. ISBN: 082478958X.

NACHLAS, Joel A. Fiabilidad. Madrid, España. Isdefe. 1995. 217p ISBN: 978-84-89338-07-4.

MANTENMEDIDA@2003. OEA Oficina de Ciencia y Tecnología - MANUAL GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A LA MEDIDA, Capitulo 5 El Manual de Mantenimiento. Washington D.C., USA. [en línea] [citado en: 24 de enero 2009]. Disponible en: http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/Manten_medida/ch5_ma.htm.

COLOMBIAPACK@1998. Productora andina de maquinaria Ltda. [en línea] [citado en: 24 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.colombiapack.com/kafesuav.htm>.

MITECNOLOGICO@2008. Currícula y programas desarrollados de todas las carreras para los Institutos Tecnológicos. [en línea] [citado en: 24 de marzo 2009]. Disponible en: <http://www.mitecnologico.com>.

TME@2008. Tecnología en maquinaria de empaque. [en línea] [citado en: 27 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.tme.com.co/home.html>.

AMENDOLA@2003. Luis Amendola, Ph.D. [en línea] [citado en: 29 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.klaron.net>.

OTÁLVARO RESTREPO, Juan Esteban. Mejoramiento de la eficiencia global de máquinas empacadoras verticales. Medellín, 2005, 109 p. Trabajo de grado (Ingeniero de Producción). Universidad EAFIT.

MORA, Luís Alberto; TORO, Juan Carlos y CÉSPEDES, Pedro Alejandro. Gestión de Mantenimiento de Quinta Generación, II Congreso Bolivariano de Ingeniería Mecánica, II COMBI, Ecuador, Julio 23 al 26,2001.

CÉSPEDES GUTIÉRREZ, Pedro Alejandro, y TORO OSORIO, Juan Carlos. Metodología para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en mantenimiento. Medellín, 2001, 134 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Eafit. Departamento de Ingeniería Mecánica. Área de mantenimiento.

BILLINTON, Roy y ALLAN, Ronald. Reliability Evaluation of Engineering Systems, London, Great Britain, Pitman Advanced Publishing Program, 1983, 123p ISBN: 058298890X.

BAJARIA, H.J, Integration of Reliability, Maintainability and Quality Parameters in Design, Warrendale, PA, USA, Society of Automotives Engineers, Inc. 1983, 158p ISBN: 0962922307.

AUBRILAM@2008. Aubrilam Naturellement. [en línea] [citado en: 20 de enero 2009]. Disponible en: http://www.aubrilam.fr/pdf/docs/Manuel_maintenance_ES.pdf

CEPIS@2008. Implementación del mantenimiento preventivo en los sistemas de abastecimiento de agua. [en línea] [citado en: 20 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf>.

FINICOMPRESSORS@2008. Manual uso y mantenimiento compresor pulsar 265 - 285. [en línea] [citado en: 20 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf>.

ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN HOTEL CAMPESTRE

DAVID BRAVO GIRALDO

dbravogi@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR

SANTIAGO VILLEGAS LÓPEZ

SECTOR BENEFICIADO

SECTOR HOTELERO



RESUMEN

El propósito del proyecto es realizar un estudio de pre factibilidad, en este se determina la viabilidad financiera de implementar el hotel campestre en el municipio de Venecia, Antioquia. Esto se logra a través de de un amplio trabajo de campo donde se desarrollaron los estudios necesarios para la pre inversión del proyecto.

ABSTRACT

The main purpose of this project is to conduct a prefeasibility study, in which will be terminated the financial viability to create a rural hotel located in Venecia, Antioquia. This was performed across a broad field, where developed studies were considered necessary for the project pre investment.

PALABRAS CLAVE

Estudio de pre factibilidad, Análisis del entorno, Análisis del mercado, análisis técnico, análisis legal, análisis ambiental, análisis organizacional, análisis financiero, finca hotel, know how.

KEY WORDS

Prefeasibility study, analysis of the surroundings, analysis of the market, technical analysis, legal analysis, environmental analysis, analysis organizational, financial analysis, farm hotel, know how.

INTRODUCCIÓN

Los Hoteles campestres se constituyen en lugares esenciales donde se ofrecen servicios de atención especializada acompañada de naturaleza y confort. Un lugar en donde se ofrezcan momentos

de descanso en compañía de la naturaleza para todos aquellos que les guste interactuar y descansar en compañía de ella.

Se pretende realizar un estudio de pre factibilidad para implementar un hotel campestre en el suroeste antioqueño y así analizar si esta es una oportunidad de negocio rentable para los inversionistas.

MARCA

La tusa hotel campestre.

LOCALIZACIÓN

Hacienda “La Loma”, hacienda tradicional del municipio de Venecia la cual fue una de las principales haciendas productoras de café a finales del siglo XIX, el lugar es apropiado para la creación del proyecto por sus construcciones, la finca cuenta con (17) diecisiete habitaciones, (2) dos piscinas y la naturaleza que la rodea la convierte en un lugar estratégico para la localización del hotel campestre. (libre@, 2009).

COMPETENCIA

- Hostería Las dos palmas (Venecia).
- Hacienda la Bonita (Amaga).
- Finca Hotel Rancho Bonito (Amaga).
- Finca hotel la Gabriela (Amaga).
- Hotel Sol Plaza (La pintada).

(Comfama@, 2009),

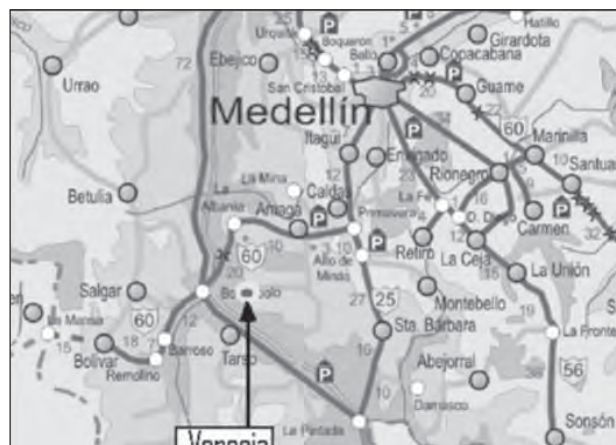
(fincasagroturisticas@, 2009)

PRECIO

Los precios de la competencia ayudan a determinar el valor a cobrar por persona, el precio promedio por adulto de la competencia es de \$91,272.73 y el promedio por niño es de \$71,738.64.

EL precio que se tienen proyectado cobrar por el hotel campestre es de \$140,00 adulto y \$110,00 niño, estos son más altos que el promedio de la competencia debido a que son habitaciones de alto nivel y modernas.

FIGURA 1
Mapa vial Medellín- Venecia



(Antioquia@, 2009)

FIGURA 2
Resultados financieros escenario proyectado

FDC	(413.434.752)	26.766.000	153.322.875	228.555.135	254.281.221	282.795.209
Inversión por Recuperar	(413.434.752)	(469.355.702)	(409.903.968)	(263.329.626)	(61.714.331)	208.738.012
TIO	20%					
VPN	83.887.125					
TIR	26,78%					
RBC	1,083995668					
Ingresos	0	163.800.000	337.837.500	445.945.500	490.540.050	539.594.055
Egresos	(413.434.752)	(137.034.000)	(184.514.625)	(217.390.365)	(236.258.829)	(256.798.846)
VPN Ingresos	1.082.594.889					
VPN Egresos	(998.707.764)					
VPN Acumulado	(413.434.752)	(391.129.752)	(284.655.533)	(152.389.830)	(29.761.926)	83.887.125

CONCLUSIONES

La ubicación del hotel campestre se realiza en Venecia Antioquia, con el fin de aprovechar un lugar de la familia que no está generando ningún ingreso, la Hacienda la Loma cuenta con instalaciones suficientes para instalar un hotel campestre con acomodación doble o individual.

Los estratos socioeconómicos a los que va dirigido el proyecto son el 4, 5 y 6, quienes están en capacidad adquisitiva de acceder a los servicios del hotel, esta afirmación se da a partir de la encuesta realizada por Dinero, en la ilustración 14, donde se muestra el gasto promedio de los colombianos por estrato social, el porcentaje de estos gastos en esparcimiento es de un 25%.

Los principales competidores del proyecto son todos los hoteles y finca hoteles del suroeste antioqueño, los cuales ofrecen servicios similares.

La competencia más cercana del proyecto es la hostería Las Dos Palmas ubicado en la zona urbana de Venecia, no es competencia directa debido a que se trata de un hotel urbano.

La hostería las Dos Palmas en Venecia es un lugar altamente competitivo en aspectos hoteleros, por su reconocimiento de marca y trayectoria en el mercado; en Venecia no hay un competidor directo donde combinen las comodidades de un hotel y las características de una finca.

La competencia del proyecto que está enfocada en el público objetivo se encuentra ubicada en el municipio de Amaga Antioquia (Hotel Hacienda La Bonita, Hotel Rancho Bonito y Finca Hotel La Gabriela).

Los servicios de: televisión, piscina, hamacas, sendero ecológico y un lugar para escuchar música son comunes para todos los hoteles de la región, por ende el hotel campestre debe incluirlos dentro de sus servicios hoteleros.

El hotel campestre para ser competitivo debe trabajar en la atención al cliente y el posicionamiento de marca.

El municipio de Amagá se caracteriza por tener un clima templado y lluvioso, lo cual pone en ventaja al proyecto ya que Venecia posee un clima más cálido.

Los hoteles de la región no tienen la visión que tiene el proyecto de proporcionar un intercambio directo con la naturaleza y los animales, estos se limitan a ser un sitio de descanso con un poco de naturaleza, pero una de las principales características del proyecto es combinar la naturaleza y el descanso con animales propios de las fincas colombianas.

La proyección del hotel es ofrecer ese servicio de naturaleza en compañía de animales (vacas, cabras, chivos, caballos, gallinas, gallinetas, perros, gatos, etc.) aquellos animales domésticos que la legislación colombiana permita tener en cautiverio, como animales domésticos.

La acomodación de las habitaciones es individual y compartida, lo cual permite todo tipo de público dependiendo del presupuesto económico y la cantidad de personas que visiten el lugar.

El área total construida es de 423m², con una distribución que garantiza la ocupación total de 63 personas, acomodadas de a (2) dos personas por cama doble y (1) una por cama sencilla.

La distribución de las instalaciones de la hacienda La Loma son óptimas para la creación del proyecto hotelero, hay espacios esparcimiento (Recreación, descanso) suficientes para las capacidades del hotel.

El hotel para su funcionamiento requerirá de (10) diez personas las cuales se encargaran de todas las necesidades de los huéspedes.

Es necesario reglamentar ante CORANTIOQUIA la concesión de aguas y el permiso de vertimientos antes de iniciar el proyecto.

Para el análisis del proyecto se trabajaron tres escenarios (Excelente – Bueno - Malo), el estimado del proyecto se trabajó en un rango moderado ubicándolo entre el escenario bueno y el malo.

El VPN es de \$83.887.125, explica la generación de valor del proyecto.

La TIR obtenida en el análisis financiero del proyecto fue del 27% EA.

El RBC explica la cantidad de pesos que entran por los que salen y el proyecto ofrece un RBC de 1.08399.

El horizonte de tiempo estimado para recuperar la inversión de los accionistas es de 36 meses, luego de hacer el análisis financiero se puede observar como esta meta no se cumple, el proyecto termina de recuperar la inversión inicial a principio del cuarto año de funcionamiento.

Luego de todos los análisis y los estudios que se hicieron se puede afirmar que el proyecto es viable y se recomienda invertir en este.

BIBLIOGRAFÍA

Antioquia@, M. v. (2009). *vivetumoto*. Recuperado el 18 de 03 de 2009, de Antioquia: <http://www.vivetumoto.com/mapas/mapa-vial-antioquia.php>.

Comfama@. (2009). *Comfama*. Recuperado el 24 de 02 de 2009, de turismo Suroeste Antioqueño: <http://www.comfama.com/contenidos/servicios/Turismo/Regionales/Suroeste%20antioque%C3%B1o/Suroesteantioqueno.asp>.

fincasagroturisticas@. (2009). fincasagroturisticas.com. Recuperado el 08 de 03 de 2009, de FINCA HOTEL LA GABRIELA - Amagá: <http://www.fincasagroturisticas.com/oferta/amaga/lagabriela/index.html>.

libre@, W. I. (08 de 02 de 2009). Wikipedia. Recuperado el 15 de 02 de 2009, de Venecia (Antioquia): [http://es.wikipedia.org/wiki/Venecia_\(Antioquia\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Venecia_(Antioquia)).

ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIO DE LIMPIEZA DE EQUIPOS MÓVILES (ESCALERAS ELÉCTRICAS, ANDENES Y RAMPAS MÓVILES) EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN

MATÍAS GIL GÓMEZ

mgilgome@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ANDRÉS FELIPE BETANCUR BETANCUR

abetan12@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREAS DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

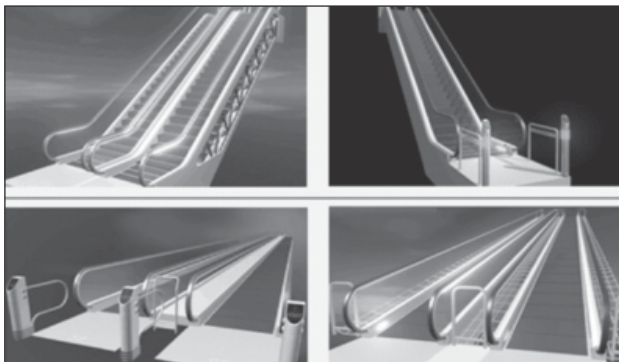
GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR

ELKIN GÓMEZ SALAZAR

SECTOR BENEFICIADO

SECTOR DE SERVICIOS



RESUMEN

Actualmente en Colombia y específicamente en la ciudad de Medellín, el servicio de limpieza de escaleras eléctricas, rampas y andenes móviles se realiza de manera manual, en el proceso de limpieza de estas, el equipo se tiene que inhabilitar por un tiempo determinado que por lo general es muy extenso y además de esto, tienen que ser desarmados por las empresas proveedoras de las marcas y a continuación una compañía de limpieza es contratada por el establecimiento que realizó la solicitud de limpieza, para que esta lave peldaño por peldaño ya sea de manera manual con agua y jabón o con hidro- lavadoras, las cuales con el paso del tiempo debido a la gran presión que estas manejan van deteriorando estos equipos, acortando de esta forma su vida útil y generando potenciales averías derivadas del desgaste de sus componentes. Se propone un nuevo método para realizar el servicio de limpieza de equipos, en el cual se reduce el tiempo de paro y se garantiza una mayor disponibilidad a si como una mayor vida útil de los equipos.

En este artículo se presentan los resultados obtenidos de un estudio de viabilidad para la creación de una empresa prestadora de servicio de limpieza de equipos móviles, estos resultados provienen de los estudios correspondientes a la factibilidad de un proyecto según la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (**ONUDI**), estos estudios son: estudio sectorial, estudio de mercado, estudio técnico, estudio organizacional, estudio legal y evaluación financiera.

ABSTRACT

In Colombia, specifically in Medellín, cleaning services to escalators ramps and electronic sidewalks are performed without controlled automatic structures. During cleaning process all equipment must be turned off for several hours

and vendors have the structures unassembled in order to allow a cleaning company to execute cleaning activities. The cleaning activities are based on combining water pressure with soap and washers. Due to high pressures structures can suffer damage.

The aim of this work is to find a new method to accomplish cleaning activities to the instruments just mentioned. This method attempts to reduce idle times in order to obtain high availability and higher structural life.

This work presents results from feasibility study regarding to service companies that work with mechanical machines. Results come from corresponding studies performed from UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO) project. The evaluations are: Sectorial study, study of market, technical study, organizational study, legal study and financial evaluation.

PALABRAS CLAVE

Escaleras Eléctricas, Rampas Móviles, limpieza, Estudio de Viabilidad, Maquinas.

KEYWORDS

Escalator, moving walks, Cleanliness, Viability study, machines.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende dar a conocer los resultados de viabilidad de una empresa prestadora de servicios de limpieza integral de equipos móviles (escaleras eléctricas, andenes y rampas móviles).

Se proponer para realizar el proceso de lavado de equipos móviles máquinas especializadas y de alta tecnología, diseñadas específicamente para

este proceso, convirtiéndose así en una manera más tecnificada y practica, a diferencia de como se realiza en la actualidad la cual es una manera más lenta y manual.

La limpieza de equipos móviles en la actualidad se realiza en un tiempo estimado de 36 horas, con la nueva tecnología se reduciría este tiempo en un 92%, necesitando sólo de 2 a 3 horas para hacer todo el proceso de limpieza, generando una vida útil más larga de los equipos móviles y brindando un mejor aspecto y confort para el usuario final de estos, así como también una mayor disponibilidad del equipo.

ESTUDIO DE MERCADO

En el mercado objetivo se encuentra cualquier entidad que posea escaleras eléctricas o mecánicas, rampas y andenes móviles. En los lugares donde se encuentran estos equipos son: centros comerciales, almacenes de cadena, aeropuertos, supermercados, terminales de transporte, edificaciones públicas y financieras.

El mercado esta segmentado en 4 grupos los cuales son: Centros comerciales, almacenes de cadena, sistemas de transporte masivo y otros, estos otros son aquellos lugares que no se pueden agrupar con ningún otro mercado de los ya identificados, puesto que son los únicos dentro de su género que poseen equipos móviles.

Mercado 1. Centros Comerciales

El mercado de equipos móviles más grande es el de los centros comerciales ya que cuenta con un gran número de estos instalados allí 299 equivalentes al 76% del total.

Los centros comerciales son uno o varios edificios, por lo general de gran tamaño, que albergan locales y oficinas comerciales, cuyo fin

es centralizarlos en un espacio determinado para así optimizar dicho espacio y concentrar el mayor número de negocios al alcance de las personas.

Mercado 2. Almacenes de cadena

El mercado de los almacenes de cadena es el segundo más grande, tiene 58 equipos móviles instalados que corresponde al 15%.

Los almacenes de cadena por lo general hacen parte de un grupo empresarial que posiciona su marca en diferentes lugares con el fin de estar más cerca de sus clientes, por lo general los almacenes de cadena que utilizan equipos móviles son hipermercados, como Carrefour y Éxito. También almacenes de cadena como Homecenter y Falabella.

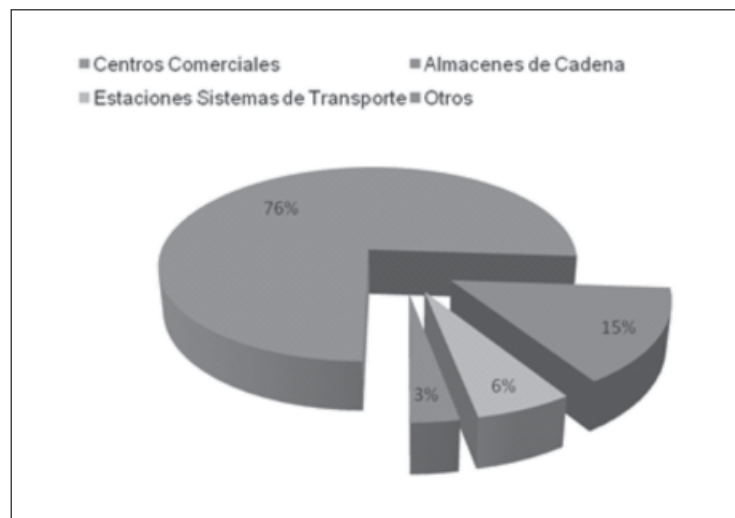
Mercado 3. Estaciones de sistemas de transporte masivo

El mercado número 3 son las estaciones de sistemas de transporte masivo que tienen 24 equipos móviles que representan el 6% de participación, estas estaciones cuentan con equipos móviles debido a la gran afluencia de personas a estos lugares, por lo tanto se hace necesario que en las estaciones más congestionadas tengan estos equipos para darle fluidez al tráfico de personas.

Mercado 4. Otros (Librerías, Casinos, Bancos, Edificios Ejecutivos)

En el mercado 4 llamado “otros” se clasifican las instituciones que no se pueden ubicar en ningún otro mercado, pero que igualmente tienen equipos móviles. En estos centros existen 12 equipos instalados que equivalen al 3%.

FIGURA 1
Segmentación del Mercado



ESTUDIO TÉCNICO

Las escaleras eléctricas, rampas y andenes hacen parte del grupo de equipos móviles, los cuales son mecanismos que hacen la función de transportar sin que las personas tengan que moverse; se usan para trasladar con comodidad y rápidamente un gran número de personas entre los pisos de un

edificio, especialmente en centros comerciales, aeropuertos, estaciones de sistemas de transporte masivo, etc. Los equipos móviles más utilizados son las escaleras eléctricas, luego las rampas móviles y por último los andenes móviles.

Escaleras eléctricas

Las escaleras eléctricas se identifican por tener escalones o peldaños mecánicos los cuales se mueven en conjunto para realizar el transporte de las personas de un lugar a otro, su apariencia es idéntica a una escalera convencional de madera o cemento, de hecho cuando la escalera eléctrica no está en funcionamiento sirve igual para que las personas la utilicen para bajar o subir según sea la necesidad.

Rampas y andenes móviles

Son diseñados para llevar las personas cómodamente en forma plana o inclinada, se utiliza mucho en supermercados para que las personas puedan acceder a otros pisos con sus carritos de compras y / o con paquetes grandes. La diferencia varía de acuerdo a la necesidad y la aplicación

para cada equipo instalado, es decir si se requiere recorrer un trayecto muy largo empujando un carrito de compras, entonces lo que se debe instalar es un andén móvil a 0°. Si por el contrario lo que se pretende es subir o bajar de un nivel a otro se utilizan rampas móviles con inclinaciones leves para que los carritos de compra no se resbalen y causen accidentes.

Máquinas seleccionadas

Las maquinas que se seleccionaron para llevar a cabo el proyecto son las siguientes:

FIGURA 2
Duplex Escalator Combi



FIGURA 3
Rotomac



Inversión en activos

FIGURA 4
Resumen de Inversiones

MAQUINARIA Y EQUIPOS			
Maquinaria	Numero de máquinas	Precio Unitario	Precio Total
Dúplex combi 350	1	\$ 19.907.608,00	\$19.907.608,00
Dúplex combi 550	1	\$ 22.841.776,00	\$22.841.776,00
Cabezote 550	1	\$ 14.505.136,00	\$14.505.136,00
Roto Crean	2	\$ 4.438.476,00	\$ 8.876.952,00
Renault Cango (Nuevo)	1	\$ 34.340.000,00	\$34.340.000,00
TOTAL			\$100.471.472,00

ESTUDIO ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional está dada por la capacidad operativa del proyecto y el mercado meta al cual se va a llegar.

FIGURA 5
Estructura organizacional



ESTUDIO FINANCIERO

En el estudio financiero se tuvo en cuenta todos los costos del proyecto, como la inversión y los gastos de operación, así como también se elaboro el flujo de caja para el proyecto y el inversionista

a precios constantes y precios corrientes para un periodo de 10 semestres con un porcentaje de captura de mercado del 10% para el primer semestre e incrementos del 5% cada periodo.

Principales supuestos

- El Horizonte de vida del proyecto es de 5 años y el estudio va ser realizado por semestres lo que daría un total de 10 semestres.
- El margen de contribución es del 35%, este valor se estableció con base en el flujo de caja del inversionista a precios constantes.
- Los precios constantes trabajados son precios del año 2009.
- Los costos fijos mensuales del proyecto son \$5.729.117
- Los costos de administración mensuales son de \$2.672.426
- Los impuestos son del 33% estos son establecidos por la ley colombiana.
- La TIO es del 15, 17%

- La TIO real es del 18.92%
- El crecimiento de la población será del 1% Semestral.
- Para el primer semestre se captura un 10% del mercado de ahí en adelante incrementos del 5% semestral.
- IPC proyectado 3.26%

A continuación se muestran los resultados de los indicadores financieros calculados para los diferentes flujos de caja.

FIGURA 6
Resumen Indicadores Financieros

Flujo de Caja	Proyecto \$ Constantes	Inversionista \$ Constantes
VPN	\$187,094,477	\$207,946,167
TIR	32.53%	43.41%
BAUE	\$37,523,657	\$41,705,670
RBC	1.2909	1.3015
PRI	2.92 años	2.588 años

Según los resultados arrojados por los diferentes indicadores financieros y la teoría anteriormente mencionada sobre estos, el proyecto es viable.

CONCLUSIONES

Las conclusiones plasmadas a continuación son producto del estudio de viabilidad para la creación de una empresa prestadora de servicio de limpieza de equipos móviles. Estas resultan de los estudios necesarios para observar la viabilidad del proyecto, estudio sectorial, estudio de mercado, estudio técnico, estudio legal, estudio administrativo y estudio financiero, estos son los estudios correspondientes para la toma de decisiones acerca de hacer o no hacer el proyecto.

Como conclusión principal se rescata el hecho que el proyecto es viable desde los diferentes estudios realizados (estudio sectorial, mercado, técnico, legal, administrativo y financiero).

Según la evaluación financiera del proyecto en los flujos de caja del inversionista y del proyecto a precios constantes, este es viable con respecto a los indicadores financieros los cuales son, VPN, TIR, RBC, BAUE y PRI. Teniendo en cuenta que estos resultados son dados por un porcentaje de captura de mercado del 10% para el primer periodo con incrementos semestrales del 5%.

De la evaluación del proyecto con diferentes escenarios se rescata el hecho que el proyecto es viable en el escenario actual y escenario optimista

lo que indica una certeza alta de la buena decisión de realizar este proyecto.

Si el porcentaje de captura del mercado es del orden del 1% (escenario pesimista) o 2% (escenario medio) cada periodo el proyecto ya no es viable financieramente hablando.

Se rescata el hecho de que el precio del servicio está un 60% por debajo del precio más barato conocido por prestación de este servicio, lo que puede inducir a que el porcentaje de captura sea más grande que el proyectado.

Es importante conocer el comportamiento del mercado de acuerdo al sector de la economía en que se encuentra el proyecto, para determinar si existe o no un crecimiento o si este sector está bien posicionado. El sector terciario o de servicios en Colombia fue el que aportó mayor crecimiento en la economía Colombiana en el 2008, en comparación con el tercer trimestre de 2007, esta contribución fue de 1.1 sobre 3.1 que creció ésta.

Es importante tener claro cuál es el mercado objetivo, para poder realizar una buena segmentación y a partir de esto realizar una proyección clara de los mercados meta. Para este proyecto se segmentó el mercado en 4 partes, las cuales son: Centros comerciales, Almacenes de cadena, Terminales de Transporte y otros.

El estudio técnico es importante para conocer las especificaciones técnicas de la maquinaria requerida, cuál debe ser la capacidad operativa del proyecto con base a la proyección de mercado.

Antes de la constitución de la empresa se debe conocer muy bien todos los tipos de sociedades existentes, para determinar cuál es la que más se adapta a las necesidades de la empresa o socios.

Es necesario conocer todos los pasos para la constitución de una empresa, anteriormente para

legalizar una compañía se tenía que realizar en varias instituciones, actualmente en la cámara de comercio se pueden realizar todos los pasos en la taquilla única, agilizando de esta forma el proceso.

Es de suma importancia conocer los derechos y deberes tanto del empleador como del empleado para no tener problemas legales, además se debe pagar las prestaciones sociales de todos los empleados, ninguna persona puede renunciar a las prestaciones sociales y la compañía nunca está exenta de pagarlos.

Para las necesidades e intereses de este proyecto el tipo de sociedad que más encaja es, Sociedad por Acciones Simplificada, esto se debe a que para su constitución no se necesita una escritura pública sino un documento privado, por lo tanto disminuye los costos de constitución, además protege el patrimonio de los socios.

También es rescatable dentro de los resultados del proyecto, que sin lugar a dudas el sector de la economía en el cual se encuentra, el de servicios es un sector que viene en crecimiento y tenderá a conservar esta condición por el empuje de las empresas hacia la tercerización de algunas de sus actividades dentro de su proceso productivo con el fin de disminuir y/o optimizar sus costos.

BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VÉLEZ, Germán. Proyectos: formulación evaluación y control. Cali: AC Editores, 1998. 593p. ISBN 9589648509.

BACA CURREA, Guillermo. Evaluación Financiera de Proyectos. Bogotá: Fondo Educativo Panamericano, 2004. 291p. ISBN 958948929.

BEHRENS, W y HAWRANEK, P M. Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial.

Viena, ONUDI, 1994. 400p. ISBN 9213061668.
CABREJOS DOIG, Belisario. El Mercadeo Industrial en Colombia. Medellín: Universidad EAFIT, 1998. 277p. ISBN 9041191.

GIDO, Jacky CLEMENTS, James P. Administración Exitosa de Proyectos. 3 ed. Australia: Cengage Learning, 2007. 462p. ISBN 9706867139.

MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación formulación evaluación. Santafé de Bogotá: MB Editores, 1997. 366p. ISBN 9589622704.

SAPAG CHAIN, Nassir. Proyectos de inversión: formulación y evaluación. México: Prentice Hall, 2007. 481p. ISBN 970260964X.

ESC@,2009

Wikipedia – Escalera mecánica [En línea] San Francisco – EEUU – 2009. [Consultada 23 de Enero de 2009]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Escalera_mec%C3%A1nica#Caracter-C3.ADsticas>.

ALM@,2009

Escaleras eléctricas – Características de las escaleras eléctricas - [En línea] Madrid – España – 2009. [Consultada 23 de Enero de 2009]. Disponible en: <http://www.escalerasaluminio.com-/tipos/escaleras-electricas.html>.

CRE@,2002

Crearempresa–Herramientasparaemprendedores - [En línea] Bogotá – Colombia – 2002. [Consultada 24 de Enero de 2009]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com-/canales/emprendedora/articulos/49/creaempresajose.htm>.

OTI@,2008

Otis – Sobre Otis - [En línea] Madrid – España – 2008. [Consultada 24 de Enero de 2009].

Disponible en: <http://www.otis.com/site/es-esl/Pages/AboutOtis.aspx>.

RAD@,2009

En las redes del tiempo – Escaleras eléctricas. [En línea]. Monterrey– México – 2009. [Consultada 26 de Enero de 2009]. Disponible en: <http://www.radioredam.com.mx-/grc/homepage.nsf/main?readform&url=/grc/redam.nsf/vwALL/XPAO-6GVMPT>.

HIS@,2009

Lo que su escalera puede ser– Historia de las escaleras. [En línea]. Buenos Aires– Argentina – 2008. [Consultada 26 de Enero de 2009]. Disponible en: <<http://www.eleveescaleras.com.ar-/historia-escaleras.htm>>.

THY@,2007

ThyssenKrupp Elevadores– Productos. [En línea] Madrid – España – 2008. [Consultada 28 de Enero de 2009]. Disponible en: <http://www.thyssenkruppelevadores.com>.

ASC@,2009

Ascender Ingeniería limitada – Mantenimiento preventivo y correctivo para todo tipo de equipos y maquinaria del transporte interno [En línea] Bogotá– Colombia – 2009. [Consultada 28 de Febrero de 2009]. Disponible en: < <http://www.ascenderingenieria.com/quienessomos.htm>>.

ESCA@,2009

Escalator – [En línea] Ciudad de Alabama– Estados Unidos 2009. [Consultada 28 de Febrero de 2009]. Disponible en: < <http://en.wikipedia.org/wiki/Escalator>>.

ACTUA@,2009

Actualícese – [En línea] Ciudad de Bogotá – Colombia 2009. [Consultada 5 de marzo de

2009]. Disponible en:<http://www.actualicese.com/actualidad/2008/12/17/sociedades-por-acciones-simplificadas-el-modelo-societario-que-se-impondra-en-los-siguientes-anos>.

GES@,2009

Gestiopolis – [En línea] Colombia 2009. [Consultada 31 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans-/ger/53/administrador.htm>.

DANE@,2009

DANE – [En línea] Colombia 2009. [Consultada 11 de abril de 2009]. Disponible en: http://www.dane.gov.co/index.php?Itemid=140&id=28&option=com_content§ionid=32&task=-category.

SEN@,2009

SEN– Análisis de sensibilidad en proyectos financieros [En línea] Colombia 2009. [Consultada 31 de marzo de 2009]. [Consultada 19 de Abril de 2009]. Disponible en: < <http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/34/-sensibilidad.htm>>.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE DE UN LAVADERO AUTOMATIZADO DE AUTOMÓVILES

JAIME MARULANDA MUÑOZ

Jmarula4@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

**ÁREA DE ÉNFASIS
GESTIÓN DE PROYECTOS**

**ASESOR
JORGE MARIO GÓMEZ**

**SECTOR BENEFICIADO
SERVICIOS**



RESUMEN

Con el aumento en las ventas de automóviles en la ciudad, se incrementara la necesidad de mantener los vehículos limpios. Actualmente los servicios ofrecidos en la ciudad no cuentan con la tecnología, automatización y la eficiencia que el mercado requiere. Este proyecto se enfoca a ofrecer una alternativa al lavado de vehículos con la más alta tecnología, con el fin de reducir el impacto ambiental que genera el mal uso de los recursos hídricos y químicos en la ciudad, producidos paradójicamente entre otras, por empresas de este tipo.

Este artículo contiene los resultados obtenidos del estudio de factibilidad que busca determinar la factibilidad financiera de un lavadero automatizado de automóviles en la ciudad de Medellín. Esto se logró mediante la recopilación de información a través del estudio técnico, la legislación ambiental requerida, el análisis de la demanda y la evaluación financiera.

ABSTRACT

While the city grows, the sale of automobiles increases, as well as the demand for having clean vehicles. At the moment, the services offered in the city do not count on the technology, automatization and efficiency that this market requires. This project focuses in offering an alternative way to wash vehicles with high tech, which purpose is to reduce the environmental impact that generates the reduction of hydric and chemical resources in the city, usually produced, among others, by companies of this type.

This article contains the results of a study that intends to determine the financial feasibility of an automated car wash in the city of Medellín. It was obtained after researching the technical study, environmental legislation, analysis of the demand and a financial evaluation.

PALABRAS CLAVE

Factibilidad, sin fricción, TIR, VPN.

KEY WORDS

Feasibility, touch free, IRR, NPV.

INTRODUCCIÓN

A medida que el tiempo transcurre el mundo sigue su constante evolución y busca un mejoramiento en todos los campos y aspectos. Esta condición no es ajena al sector empresarial e industrial, el cual busca evolucionar y brindar unas mejores condiciones empresariales, un óptimo aprovechamiento de las materias primas, buscando tasas de productividad eficientes y una mayor empatía con el planeta y su ambiente.

Lo anterior es una razón justificada para analizar los principios básicos del funcionamiento de los lavaderos de automóviles mediante sus especificaciones técnicas, de forma tal que se pueda conocer mejor su infraestructura. A su vez se revisarán y aplicarán algunas normativas legales y ambientales requeridas por el proyecto, para finalizar, basados en el estudio sectorial estratégico y de mercadeo, conociendo la situación actual y la perspectiva de dicho tema, analizando su aplicabilidad económica, técnica e industrial.

Para concluir, la idea del proyecto es visualizar a través de diversos estudios la implementación de una empresa orientada a desarrollar un lavadero de automóviles completamente automatizado con fines productivos y ambientales, desarrollando así una nueva alternativa e idea empresarial, buscando mejorar la calidad de vida, el ahorro de un recurso amenazado como es el agua, y la preservación del medio ambiente.

Estudio técnico

El servicio que se va a prestar va a ser el de lavado exterior de automóviles cuyas características del servicio son las siguientes (denominado Oasis car wash):

- Bajo consumo de agua; se recicla parte del agua utilizada en el proceso de lavado.
- Alto nivel de eficiencia y precisión lavando tres lados del vehículo simultáneamente, basado en que el movimiento de la máquina está precisamente sincronizado.
- Versatilidad, ajustándose a todos los tamaños de los carros, sean pequeños o grandes.
- Ajustable; se puede ajustar la máquina dependiendo de las condiciones climatológicas de la zona.
- Seguro: la programación del sistema está diseñado para proteger el vehículo del usuario.

Estudio de la demanda

Teniendo en cuenta las condiciones en donde se encuentra ubicado el proyecto, los constantes cambios en las condiciones meteorológicas, los costos de realizar una encuesta representativa para el proyecto y la constante fluctuación del mercado, se realizaron las siguientes suposiciones:

- En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá¹ existen alrededor de 404,020 vehículos desde 1970 hasta comienzos de 2009. Solamente se tomaron vehículos de servicios públicos y privados, camperos y camionetas; los buses, camiones y otros vehículos de esta envergadura no se tuvieron en cuenta (Transporte).
- A la cantidad de vehículos obtenidos para el

¹ Comprende los municipios de Medellín, Envigado, Sabaneta, Bello e Itagüí.

Valle de Aburra se le descontara el 10% por motivo de chatarrización, pérdidas totales, venta a otros departamentos, etc. La nueva demanda estimada del proyecto sería de 363,618 vehículos para el Valle de Aburra.

- Se tomara el 0.60% del total de los vehículos en el Valle de Aburra, que equivale a 2,191 vehículos en un mes y 26,172 para el primer año.
- Los datos obtenidos en la sección 5.6.2.2. ayudaran a formarse una idea de la cantidad de vehículos que circulan por la zona de ubicación, y lo que podemos resumir en que si cada dos minutos ingresa un carro al lavadero, en promedio en una hora serian 30 vehículos, que en un mes serian 21,600 vehículos que se atenderían.
- Con los datos relacionados en el punto anterior y con los calculados en la demanda, el proyecto estaría tomando el 10.14% de los vehículos que ingresan a la estación de servicio.

Estudio financiero

Los recursos destinados para la inversión inicial, serán adquiridos por medio de un leasing con Bancoldex para una empresa pequeña de 5 a 7 años, por el 100% de la maquinaria (\$406,537,986.50) y por el aporte del inversionista, que corresponde a la diferencia necesaria para cubrir la inversión total (\$23,500,000.00). La tasa que está dando Bancoldex se calcula de la siguiente manera: (Bancoldex).

El acuerdo al que se ha llegado con la estación de servicio fue la siguiente:

- Se le pagará el 35% de las ganancias mensuales por arrendamiento y el inversionista participara en el 65% de las utilidades.

- El inversionista se hará cargo de los aportes de capital requeridos, negociación e importación de la maquinaria, capacitación a los empleados y del buen funcionamiento de la maquinaria.
- La estación de servicio aportara las obras civiles, la publicidad y la mano de obra, quienes estarán pendientes de que la máquina funcione correctamente y para ayudar a las personas que tengan algún inconveniente con su utilización.

Para calcular el flujo del proyecto y el análisis financiero se hicieron varios supuestos:

- El inversionista aportara \$23,500,000 los cuales se utilizaran de la siguiente manera:
 - \$18,000,000 para materias primas.
 - \$1,500,000 para la aspiradora.
 - \$2,000,000 para el estudio del proyecto.
 - \$2,000,000 para capacitación.
- La tasa de interés de oportunidad (TIO) será igual a la DTF (7.91% E.A).
- La prima de riesgo del proyecto será de 16%, porque es un sector altamente competitivo, requiere poco capital para entrar, baja experiencia administrativa y los riesgos son altos. (Alvarez, 2005).
- La tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) será la tasa que se tomará como referente para realizar los cálculos del VPN, ya que al aumentarle la prima de riesgo a la DTF se cubren sus variaciones a lo largo del proyecto, y se garantiza el que este sea atractivo para realizar la inversión. La tasa se calculó de la siguiente manera: (Baca, 2004).

$$\text{TMAR} = \text{TIO} + \text{prima de riesgo.}$$

$$\text{TMAR} = 7.91\% + 16\% = 23.91\%$$

- La demanda crecerá un 4% cada periodo.
- La maquinaria estará trabajando a un 75% de la demanda establecida en el Capítulo 7 en la sección del estudio de mercado. Esto equivale a lavar 1,636 automóviles mensualmente y 19,635 anualmente.

CONCLUSIONES

En este trabajo de grado la conclusión más importante es la factibilidad del proyecto planteado, ya que se encontró ser viable y rentable, además de ser un proyecto que da valor agregado a los servicios prestados para la comunidad de la ciudad de Medellín.

Es importante tener en cuenta que existe la posibilidad de requerirse abonos de capital extras dependiendo de los resultados obtenidos en los distintos años, lo cual es factible que suceda por lo menos hasta que el proyecto se nivele.

El diseño del espacio y la infraestructura es importante tenerlos en cuenta con el fin de generar eficiencia en los procesos, buscar una disminución en los riesgos profesionales y mejorar la capacidad de atención.

Debe realizarse un estricto control durante la ejecución del proyecto a la correcta implementación de la normatividad ambiental, para lo cual es fundamental tener en cuenta los aspectos legales ambientales establecidos por Corantioquia con respecto a los vertimientos de aguas, buscando cumplir sus preceptos, adaptándose siempre a los nuevos cambios que provengan, de forma tal que se cumpla el objetivo del proyecto de contribuir con el mejoramiento del medio ambiente.

Debe realizarse un seguimiento minucioso de la gestión, calculando cada uno de los indicadores establecidos para la óptima ejecución del proyecto,

determinando diferentes planes de acción en caso de tener desviaciones en cuanto a las proyecciones esperadas.

Evaluar la posibilidad de expansión en la medida en la que el proyecto lo permita, teniendo en cuenta que se deben romper barreras geográficas, buscando llevar el servicio a nivel nacional.

Es importante tener en cuenta que en el momento de implementar el proyecto el estudio de la demanda se debe actualizar y comparar los datos estadísticos que tenga la estación de servicio, para que el proyecto sea lo más cercano a las cifras obtenidas por el autor.

BIBLIOGRAFÍA

Baca, G. (2004). Evaluación financiera de proyectos. (A. Toledo, Ed.) Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Fondo educativo panamericano.

Alvarez, A. (2005). Matemáticas financieras. (A. Useche, Ed.) Colombia, Bogotá: Mc Graw Hill.

Arboleda Velez, G. (1998). Formulación evaluación y control. Cali, Colombia: AC editores.

Behrens, W., & Hawranek, P. M. (1994). Manual para la preparación de estudio de viabilidad industrial. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial.

Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2007). Administración de costos. (A. Becerril, Ed.) México: Thomson.

Mintzer, R. (2003). Start your own car wash. Canada: Entrepreneur press.

Alcaldía de Medellín. (n.d.). From División territorial: <http://poseidon.medellin.gov.co/ConsultaDinamica/mapviewer2.jsf?width=288&height=494>.

Arcila, A. M. (n.d.). El Colombiano. Retrieved 1 de 2 de 2009 from Uso del agua en el Valle de Aburra: http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/U/uso_del_agua_subterranea_en_el_valle_de_aburra/uso_del_agua_subterranea_en_el_valle_de_aburra.asp.

Bancoldex. (n.d.). Retrieved 22 de 3 de 2009 from Tasas de interes: <http://www.bancoldex.com/contenido/categoria.aspx?catID=146>.

CK. (n.d.). Retrieved 4 de 3 de 2009 from www.carkleen.com.au/products/wt/.

DANE. (n.d.). Retrieved 5 de 2 de 2009 from Comercio de vehículos nuevos: <http://dane.gov.co>.

Empresas publicas de Medellin. (n.d.). Retrieved 22 de 1 de 2009 from Agua: <http://eppm.com>.

Estudio colombiano del agua. (n.d.). Retrieved 5 de 2 de 2009 from <http://encolombia.com/medioambiente/Estudiocolombianodelagua/Estudiocolombianoaguas12.htm>.

Hanna car wash. (n.d.). Retrieved 5 de 2 de 2009 from <http://www.hannacarwash.com/index.php/about/history/>.

KKE wash system. (n.d.). Retrieved 3 de 3 de 2009 from http://www1.kkewash.com/automatic_car_wash/kke200_automatic_high_pressure_car_wash_equipment.html.

Ministerio del medio ambiente. (n.d.). Retrieved 7 de 3 de 2009 from Aguas y saneamiento: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=819&conID=1552>.

NS wash system. (n.d.). Retrieved 7 de 3 de 2009 from <http://nswash.com/>.

Oasis car wash. (n.d.). Retrieved 3 de 3 de 2009 from Xp producer & touch free car wash: <http://www.oasiscarwashsystems.com/XP.asp>.

DOCUMENTACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SAP/R3 EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO

ALEJANDRO MESA CORREA

amesaco1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE PROYECTOS

ASESOR

JUAN SAMIR SEPÚLVEDA LONDOÑO

SECTOR BENEFICIADO

SECTOR DEL PLÁSTICO



RESUMEN

El principal propósito del proyecto es generar recomendaciones que puedan ser útiles en próximas estabilizaciones del módulo SD de SAP/R3 en una empresa del sector plástico, con el cual se puedan prevenir inconvenientes y/o errores luego de la salida en vivo.

ABSTRACT

The main purpose of this project is to make recommendations which can be useful for the next SD module stabilization of SAP/R3 in the flexible packaging industry, that can prevent problems and/or mistakes after go live.

PALABRAS CLAVE

ERP, SAP, SD, Ticket, Help Desk.

KEY WORDS

ERP, SAP, SD, Ticket, Help Desk

INTRODUCCIÓN

Con todos los aspectos que se vienen dando en el mundo como lo es la globalización, los tratados de libre comercio entre los países, las premisas que tienen las empresas de perdurar en el tiempo y crecer de manera rentable, la necesidad de estar a la vanguardia tecnológica, etc.

Las empresas deben estar preparadas para asumir y enfrentar todos estos retos y una de las maneras como se está buscando esta preparación es a partir de la correcta administración de la información.

Con la cual se busca tener mayor competitividad, por medio de la eficiencia en todos los procesos, como: reducción de costos logísticos, mejor programación de la producción, planeaciones de mantenimiento más asertivas, reducción de costos en los procesos, tener líneas de producción más eficientes, etc.

Teniendo en cuenta todo esto se puede ver cómo han sido los cambios que han surgido en cuanto al manejo de la información, se ha pasado de tenerla en cuadernos de contabilidad, a tener programas que se ajustan a las necesidades específicas de cada uno de los procesos, lo cual es ineficiente debido a que la información no está integrada entre todos los procesos.

A partir de esto se ha buscado integrar toda la información a través de una ERP, que significa por sus siglas en inglés: Planeación de los Recursos de una Empresa. Es ahí de donde sale SAP que es una empresa alemana que se dedica a hacer este tipo de software con su versión actual SAP / R3.

Esta es la versión sobre la cual se va a documentar el proceso de estabilización con énfasis en el modulo de ventas y distribución SD y se va a hacer a través de la recopilación de los errores o inconvenientes que se presenten durante la etapa de estabilización por medio de Ticket que se ponen a la mesa de la ayuda, la cual se encarga de soportar y resolver todos los problemas relacionados con la infraestructura de software y hardware.

Lo primero que se debe hacer es conocer cuál es el proceso comercial en SAP, el cual se basa en la elaboración de un pedido con todas las implicaciones que este tenga antes y durante su elaboración, luego se hace la entrega del material que se trata de la salida del material del inventario de producto terminado de la empresa y por último está la factura en la cual se deben tener en cuenta todos los acuerdos comerciales pactados con el cliente.

Para los Ticket que se tengan, el procedimiento con el cual se va a trabajar su solución es: primero

explicar cuál es la causa y/o las consecuencias de este, luego se corrige ilustrando la manera como se hace, se le da la solución o respuesta y se verifica que su solución si funcione; cerrando el ciclo del proceso.

Conociendo todo esto, se procede a definir unos objetivos específicos fundamentales para la elaboración del trabajo como lo puede ser el conocer cuáles son los tipos de problemas que se pueden presentar durante esta etapa, ilustrar algunos de los problemas más significativos que puedan ser reflejados a los demás errores, mostrar cual es su solución, definir planes de acción para erradicar la causa raíz del problema y por último generar las recomendaciones y conclusiones obtenidas durante la elaboración del proyecto.

Habiendo hecho todo el estudio y el trabajo necesario se pueden concluir y hacer las siguientes recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de enfrentarse a un proceso de estabilización de SAP.

Primero se debe promover la gestión del conocimiento dentro de las empresas para transferir la experiencia y el conocimiento existente entre los miembros de la compañía.

Se recomienda definir todos los procedimientos, documentarlos y desplegarlos al interior de la compañía y hacerles seguimiento durante la etapa de estabilización.

Una de las bases fundamentales para la estabilización es contar con una Mesa de Ayuda que proporcione orientación y ayude a soportar a los usuarios en lo referente a infraestructura de hardware y aplicativos existentes.

Es de gran importancia contar con la ayuda de la empresa consultora que hace la implementación

de SAP, para gestionar los inconvenientes que se presenten durante la estabilización que requieran de desarrollos especiales o configuraciones en el sistema.

Es fundamental realizar el entrenamiento y la capacitación de todo el personal de la empresa que va a estar ligado a la operación del sistema.

Hay que dejar claro de antemano que algunos de los procesos anteriores van a cambiar radicalmente, unos se van a facilitar, otros se van a "complicar" un poco, otros van a permanecer igual, lo cual puede no cumplir con las expectativas de todo el personal, por lo que se debe hacer un trabajo de aceptación al cambio.

Y por último todos los desarrollos por fuera del estándar de SAP deben ser probados antes de que culmine el periodo de garantía, verificando que cumplan con las necesidades generadas.

BIBLIOGRAFÍA

Azurian@. (2009). Interventoría. Recuperado el 10 de 03 de 2009, de <http://www.azurian.com>.

Group, S. C. (20 de 06 de 2008). Estrategias de producto SAP. Medellín, Antioquia, Colombia.

INC, P. (22 de 11 de 2008). Benchmarking. ERP industry . Cambridge, Massachusetts, USA.

neoris@. (13 de 12 de 2008). Practical Visionaries. Recuperado el 15 de 02 de 2009, de <http://www.neoris.com>.

Proyecto DELTA, A. C. (13 de 04 de 2008). SAP. Medellín, Antioquia, Colombia.

SAP. (15 de 03 de 2009). SAP/R3. Alemania.

SAP@. (2009). SAP. Recuperado el 10 de 03 de 2009, de Biblioteca Ayuda: http://help.sap.com/saphelp_470/helpdata/es/92/df293581dc1f79e1000009b38f889/frameset.htm.

SEPÚLVEDA, J. S. (2008). BUSINESS BLUE PRINT - EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO. Medellín.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA RENOVACIÓN DE TECNOLOGÍA EN HORNOS DE CURADO DE PINTURA ELECTROESTÁTICA EN LA INDUSTRIA DE ELEVADORES

JUAN FELIPE ESCOBAR

Jescob22@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR
DIEGO ROMERO GUZMAN

EMPRESA
COSERVICIOS



RESUMEN

La pintura en polvo electrostática es una alternativa para acabados que brinda unas características superiores con respecto a la pintura líquida, como la resistencia mecánica y la oxidación. Para utilizar este tipo de pintura es necesario contar con un horno de curado para completar el proceso químico de la misma.

En el mercado existen varios tipos de hornos de curado de diferentes especificaciones técnicas y diferentes herramientas de calentamiento, como lo son las resistencias eléctricas, los quemadores de gas y los paneles infrarrojos catalíticos.

Los hornos de curado de convección forzada son hornos relativamente ineficientes en la transferencia de calor que se da desde el emisor, que pueden ser resistencias o quemadores, y la pieza que tiene aplicada la pintura electrostática. En cambio los hornos de curado infrarrojos tienen una alta eficiencia de transferencia de calor, ya que las ondas térmicas viajan a la velocidad de la luz, y atacan directamente la pintura, sin necesidad de calentar el material en el que está fabricada la pieza.

Se realiza un estudio de factibilidad técnico económico para buscar cual es la alternativa más viable de las anteriormente mencionadas para realizar una renovación tecnológica en la planta de la empresa Coservicios S.A, dedicados a la fabricación de elevadores y subestaciones eléctricas.

De acuerdo a la eficiencia de transferencia de los paneles catalíticos y sus bajos costos de operación, se convierten en viable la implementación de esta tecnología para reemplazar el horno de convección forzada continuo que existe actualmente.

ABSTRACT

The electrostatic powder coating is an option for a finish that provides superior characteristics with respect to liquid paints, such as mechanical strength and oxidation. To use this type of painting requires a curing oven to complete the chemical process of it.

In the market there are several types of furnaces for curing different specifications and different tools of warming, such as electrical resistance, gas burners and infrared catalytic panels.

Forced convection ovens are relatively inefficient heat transfer that occurs from the issuer, which may be resistors or burners, and the part that has applied the electrostatic painting. Instead infrared curing ovens have a high efficiency heat transfer, as heat waves traveling at the speed of light, and directly attacking the paint, without having to heat the material of the part.

There is a technical economic feasibility study to find which is the best alternative to do a renovation at the company Coservicios SA, dedicated to the manufacture of elevators and electrical substations.

According to the efficient transfer of the catalytic panels and low operating costs, become feasible to implement this technology to replace forced convection oven exists actually.

PALABRAS CLAVE

Curado de pintura, pintura en polvo electrostática, estudio técnico, operacional y económico, matriz pugh.

KEY WORDS

Curing paint, electrostatic powder coat, technical study, operational and economic, Pugh matrix.

INTRODUCCIÓN

Ingeniería mecánica es una de las carreras más completas donde se trabajan muchos aspectos técnicos relacionados con todo tipo de elementos y leyes físicas; uno de los más importantes dentro del plan académico es el relacionado la gestión de proyectos. Los procesos productivos y la evaluación de todo tipo de ideas a nivel económico para una empresa están presentes en casi todos los campos de acción, en los cuales se puede desempeñar un ingeniero mecánico, en otras palabras, se puede encontrar en casi todas las empresas un departamento que tenga que ver con el análisis y estudio de nuevos proyectos, reformas a las máquinas existentes dentro de la planta o simplemente discusión de nuevas ideas.

En el medio podemos encontrar una tendencia a cambiar muchos de los artefactos, mecanismos y objetos tecnología con el fin de ganar en productividad o economizar costos de producción, y estos desarrollos, brindan una variedad de posibilidades en el mundo de la pintura electrostática, desde su aplicación hasta su curado, ya que esta viene proporcionando propiedades mayores con un costo más bajo.

PINTURA ELECTROSTÁTICA

La Pintura en Polvo es una mezcla homogénea de cargas minerales, pigmentos y resinas en forma sólida, en forma de partículas finas que se aplica con un equipamiento especial pistola electrostática para polvo-en el que se mezcla con aire y se carga eléctricamente. Las partículas cargadas eléctricamente se adhieren a la superficie a ser pintada, que está a tierra. Las partículas de Pintura en Polvo que permanecen adheridas a la pieza por carga estática son inmediatamente calentadas en un horno donde se transforman en un revestimiento continuo. Cuando la pintura se

funde los componentes químicos, en este caso las resinas, reaccionan entre sí formando una película. El resultado es un revestimiento uniforme, de alta calidad, adherido a la superficie, atractivo y durable.

HORNOS DE CURADO

Existe una clasificación principal de estos hornos de acuerdo al tipo de operación:

Convección

Estos hornos consiguen llegar a la temperatura de curado a través del calentamiento del aire dentro del recinto donde se colocan las piezas. Para lograr esto, se pueden utilizar tanto quemadores de gas como resistencias eléctricas y sistemas de recirculación de aire para generar la convección forzada.

A su vez, estos hornos se pueden utilizar en forma estática (trabajo por tandas o lotes) o en forma continua (línea continua de producción).

Radiación

La técnica que estos hornos utilizan para lograr la temperatura necesaria es la radiación infrarroja. La presencia de calor radiante es prácticamente imperceptible y el secreto de su funcionamiento reside en la absorción de la radiación por los objetos.

Los hornos infrarrojos eléctricos son, por lo general, continuos debido a que las piezas deben estar en contacto directo con la radiación (situación que no es posible en los hornos por tandas convencionales).

ELECCIÓN TÉCNICA DEL HORNO

La referencia que se tendrá para realizar la comparación entre los diferentes hornos pro-

puestos, será el horno que se encuentra en funcionamiento en la empresa Coservicios S.A, para garantizar que el horno que consiga el mayor puntaje, indiferente a cual sea, técnicamente sea superior al actual.

La tabla mostrada en la figura 1, se tienen los valores de las especificaciones técnicas del horno actual, las que nos servirán para cualificar fácilmente si se tiene una ventaja o no frente a los hornos propuestos dentro de la matriz Pugh.

FIGURA 1
Especificaciones técnicas horno actual

	Horno a Gas continuo (Actual)
Dimensiones (HxDxW) (mm)	4500 x 23500 x 3670
Ancho Máximo pieza (mm)	1000
Alto Máximo Pieza (mm)	2570
Temperatura máximo(°C)	200
Sistema de apagado	Automático/Manual
Sistema de encendido	Automático/Manual
Control de temperatura	Digital
Tipo de alarma	Luz, Sonido
Potencia (Kw)	400
Consumo de gas (Kw/h)	400
Consumo de energía (Kw/h)	30
Tiempo de curado (min)	25
Piezas x minuto	3

(Coservicios, 2004)

Se realiza la matriz Pugh, para luego analizar los resultados y seleccionar el mejor horno técnicamente entre los tres opcionados.

FIGURA 2
Matriz de análisis Pugh

Criterio	Nivel	Referencia	Propuestas		
			Horno por resistencia conveccion forzada	Horno a gas y conveccion forzada	Horno infrarrojo
		Horno actual			
Dimensiones (HxDxD) mm	3		+	+	+
Ancho Máximo Pieza	4		-	+	+
Alto Máximo Pieza	4		-	-	+
Temperatura Máximo	5		+	+	+
Sistema de Apagado	1		S	S	S
Sistema de Encendido	1		S	S	S
Control de Temperatura	2		-	-	S
Tipo de Alarma	2		S	S	S
Potencia de Servicio	4		-	-	-
Consumo de Gas	5		+	+	+
Consumo de Energía	5		-	+	+
Tiempo de Curado	5		+	+	+
Piezas x Minuto	5		-	-	+
Suma de positivos			4	6	8
Suma de negativos			6	4	1
Suma de similares			3	3	4
Positivos cargados con nivel			18	27	36
Negativos cargados con nivel			24	15	4
TOTAL			-6	12	32

ESCENARIOS DE USO

La empresa COSERVICIOS S.A cuenta con una planta de producción propia, en la cual se fabrican el 80% de las partes que componen como tal el elevador. Además de esto, la empresa cuenta con una unidad de negocio adicional de subestaciones eléctricas. Esta unidad de negocio tiene el nombre de IMELEC, la cual requiere el servicio de pintura electrostática para la totalidad de las piezas fabricadas.

Para efectos de acabados y/o corrosión, todas estas partes deben estar pintadas con pintura electrostática por las prestaciones y calidad anteriormente descritas que proporcionan este tipo de pinturas. Es por esto que todas estas piezas

deben pasar por el horno de curado. Y este será el volumen de producción referente para cuantificar y valorar los hornos propuestos, y verificar que cumpla con los requerimientos internos de la planta sin afectar la productividad de la misma.

La necesidad productiva para la planta de elevadores es de 60 elevadores mes, los cuales se programan en cantidades de 15 semanalmente. Para la planta de subestaciones la necesidad productiva es de 30 subestaciones mes, las cuales se programan igualmente semanal con un promedio de 7 a 8 subestaciones semanales.

Además de pintar ambos procesos productivos, se debe suministrar el servicio de pintura al departamento de servicio técnico, el cual se

encarga de realizar el servicio mantenimiento e instalación de los elevadores y subestaciones: Básicamente el servicio que se debe prestar tiene que ver con re-procesos en la pintura por golpes, mal uso, deterioro y defectos de acabado que se dan en los edificios o zonas donde se encuentran ubicados los equipos.

ESTUDIO ECONÓMICO

El horno por convección forzada continuo que se encuentra actualmente en operación fundamentalmente genera gastos de funcionamiento por los dos elementos necesarios para desarrollar las temperaturas requeridas y la convección forzada del aire dentro del mismo, como lo son el suministro de gas y el suministro de energía. Además de esto se debe tener en cuenta la mano de obra necesaria para la operación del mismo.

Para cuantificar los consumos que realiza el horno en su funcionamiento se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Elementos que consumen gas.
- Elementos que consumen energía.
- Tiempo de funcionamiento mensual.
- Mano de obra por operación.

Para la compañía Coservicios S.A, tener en operación el horno de curado de pintura elec-

tróstática a gas por convección forzada continua tiene un costo integral de \$19'662.965 por mes.

En cuanto al horno infrarrojo adquirir los elementos tecnológicos desde Greensburg como lo son los paneles catalíticos, el tablero de control y el software. Y fabricar el horno de curado en Medellín por medio de la empresa PREMAC, la cual está certificada por la compañía CCI Thermal para realizar este tipo de trabajos. Toda la fabricación es guiada directamente por CCI thermal, con aprobación de planos, materias primas y garantía.

FIGURA 3
Adquisición horno

Concepto	Valor
Tablero de control, software y paneles catalíticos	US\$ 79.750,00
Gastos de importación	US\$ 19.937,50
Manufactura por Premac	US\$ 45.846,00
Valor total	US\$ 145.533,50

(CCI, 2008)

Para la compañía Coservicios S.A, tener en operación el horno infrarrojo de paneles catalíticos tendría un costo integral de \$7'668.335 por mes.

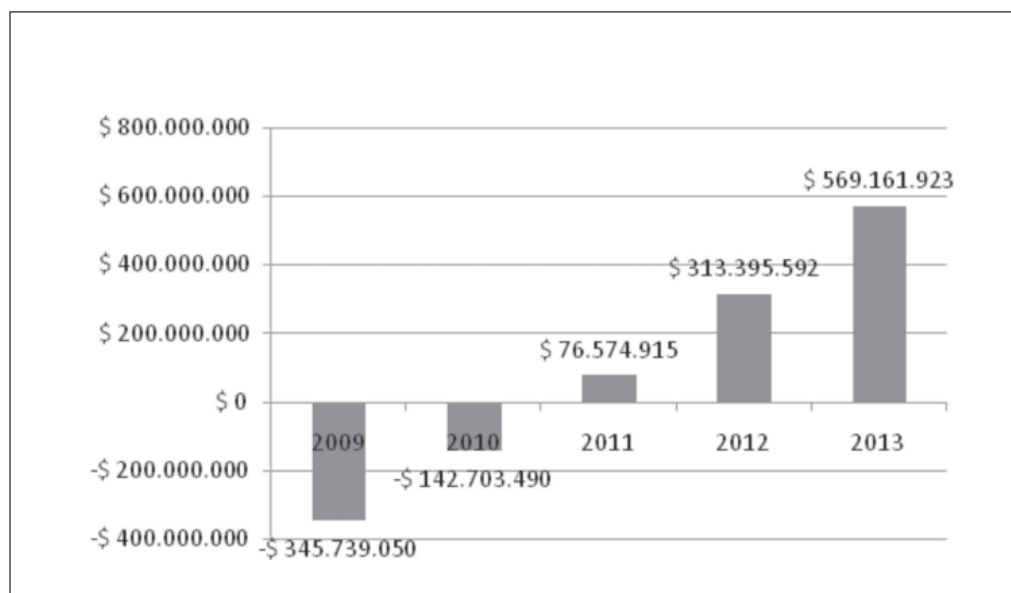
En la figura 4, se aprecia la recuperación de la inversión teniendo como parámetros los ahorros en los costos del sistema nuevo versus el anterior.

FIGURA 4
Costos de operación

	2009	2010	2011	2012	2013
COSTOS SISTEMA ACTUAL					
Consumo de gas	-	\$ 147.109.476	\$ 158.878.234	\$ 171.588.493	\$ 185.315.572
Consumo de energía	-	\$ 56.168.208	\$ 60.661.665	\$ 65.514.598	\$ 70.755.766
Mano de obra	-	\$ 23.129.232	\$ 24.979.571	\$ 26.977.936	\$ 29.136.171
Mantenimiento	-	\$ 9.548.664	\$ 10.312.557	\$ 11.137.562	\$ 12.028.567
TOTAL COSTO ACTUAL	-	\$ 235.955.580	\$ 254.832.026	\$ 275.218.589	\$ 297.236.076
COSTOS SISTEMA PROPUESTO	-				
Consumo de gas	-	\$ 70.612.548	\$ 76.261.552	\$ 82.362.476	\$ 88.951.474
Consumo de energía	-	\$ 21.407.472	\$ 23.120.070	\$ 24.969.675	\$ 26.967.249
Ahorro de área	-	-\$ 59.100.000	-\$ 63.828.000	-\$ 68.934.240	-\$ 74.448.979
TOTAL COSTO PROPUESTO	-	\$ 32.920.020	\$ 35.553.622	\$ 38.397.911	\$ 41.469.744
TOTAL AHORRO	-	\$ 203.035.560	\$ 219.278.405	\$ 236.820.677	\$ 255.766.331

Elaboración propia, 2009

FIGURA 5
Retorno de la inversión y de utilidades



El retorno de la inversión se daría en un plazo de 20 meses.

CONCLUSIONES

Para poder hablar de hornos de curado, se deben tener clara la información técnica de la pintura, debido a que esta, nos dará los parámetros y variables necesarias que se deben tener en cuenta para poder seleccionar un horno que cumpla técnicamente con las necesidades que requiera la pintura.

Con este estudio se evalúa la factibilidad de que Coservicios S.A adquiera un horno de curado. El análisis se efectuó para optimizar el proceso productivo y disminuir los costos operacionales.

El curar 9620 m² de pintura electrostática tiene un costo para la compañía de \$19'662.965 por mes, y el cual se busca disminuir para conseguir, beneficios económicos, aumento en la productividad y optimización de espacios al interior de la planta.

El sistema que mejor se acomoda a las necesidades de la empresa Coservicios S.A es el horno infrarrojo de paneles catalíticos, ya que cumple con los requerimientos de producción, aumentándolo además en un 40% y disminuyendo los costos operacionales a un 30% del costo operacional del horno de curado actual.

El proyecto de renovación tecnológica es viable, puesto que la inversión inicial se recupera en 20 meses.

La disminución del área del proceso lo convierte en un elemento que da agilidad al proceso de pintura, además que entrega a la compañía una zona de la que podrá disponer sin incurrir en costos extras de bodegaje.

Con el montaje del horno de curado infrarrojo por paneles catalíticos, la empresa podría pensar en la automatización del proceso de pintura, por

medio de pistolas automáticas, las cuales generan un aumento en la velocidad de aplicación de la pintura, aumentando así la productividad de manera considerable.

Si la productividad generada con esta renovación tecnológica es mayor que la demanda interna de la empresa, se podría pensar en prestar un servicio a terceros de aplicación de pintura en polvo electrostática, el cual sería un ingreso extra considerable, puesto que el metro cuadrado pintado en compañías nacionales tiene un costo alrededor de \$5.300 x m².

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2002. 34 p. NTC 1486.

Incropera F., Dewitt D., (1999) Fundamentos de transferencia de calor, convección y radiación, USA.

Gómez A. (2002) Estudio de factibilidad para la adquisición de un sistema de impresión para el mercado de carpules utilizados en el envasamiento de anestesia. Medellín: EAFIT.

Jaramillo, F., Sánchez, A. (2007) Estudio de prefactibilidad para la modernización del equipo utilizado en el procesamiento de baquelita en la empresa plásticos J.M. Medellín: EAFIT.

Astigarraga J. (1999) Hornos industriales de inducción. Bogotá: Mc Graw hill.

Moreno M. (2006, julio 10) CALTEC HORNOS Recuperado mayo 15, 2008, para hornos: catálogos.

<http://www.caltec.com.ar/Acrobat/Folletos/Horno%20a%20conveccion.pdf>.

Pennisi M (2004, mayo 15) FINISHING.COM the home page of finishing industry recuperado mayo15, 2008, Para pintura electrostatic.

<http://www.finishing.com/Library/pennisi/powder.html>.

Arnum (2005) PINTURA ARNUM Marzo,2009.

http://www.arnum-as.com.ar/index_archivos/pinturas.htm.

Martin J (2009) Vulcan catalytic system, Noviembre 2008 para hornos: catálogos.

<http://www.vulcancatalytic-ltd.com/controls.htm>.

Bernier D. (2009) Airex industries Abril 2009 para hornos catálogos.

http://www.airex-industries.com/product_industrial_oven_electrical.htm.

ESTUDIO Y PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UN TALLER MONOMARCA PARA MOTOS

CAMILO PUYO RESTREPO

cpuyores@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

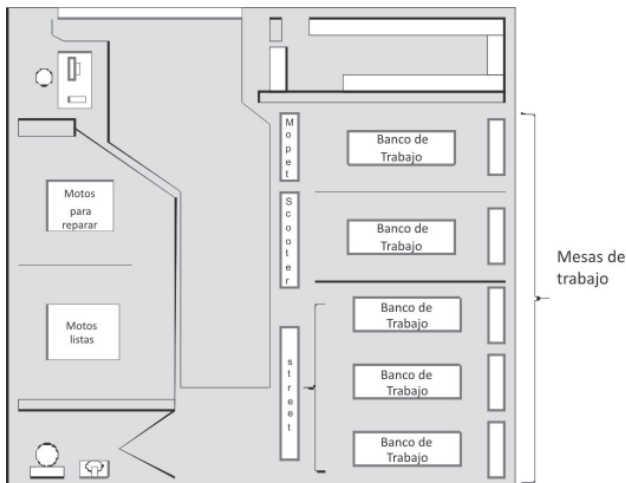
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR

RICARDO SÁNCHEZ ÁNGEL

SECTOR BENEFICIADO

SECTOR DE TRANSPORTE



RESUMEN

El proyecto plantea un esquema de taller para motocicletas, enfocado en el buen servicio que se le debe presentar al usuario durante la intervención de su vehículo en el taller. Este modelo es algo completamente novedoso y nuevo en su segmento, está estructurado en diferentes puestos de trabajo dependiendo del modelo de la moto, al segmento que esta pertenece ya sea scooter, moped o street.

Se logran disminuir los tiempos ociosos de los operarios durante la ejecución de un trabajo, así se le entrega un mejor servicio al cliente, se otorga una mejor calidad de trabajo y se obtiene una mejor rentabilidad en el negocio.

ABSTRACT

This project proposes a different scheme for a motorcycle workshop, this is based on the most important thing in the workshop is going to be the good service to the customer, while his bike is being repair. This scheme is something really new and completely different in the segment of motorcycle workshops. Inside the shop, is going to be different workplaces that depends on the segment that the bike belongs to like: scooter, moped or street.

With this scheme of work inside the shop, selecting the best place to work, special tools and the different spare parts, the shop is managed to reduced the idle times, giving a better customer service, a better quality in the service, a better price for the service, and also work and gives a better profitability to the business.

With all these the customer is happy and is going to return to the shop the next time he needs a repair or a periodic maintenance.

PALABRAS CLAVE

Productividad, Eficiencia, Tiempo Ocioso, Servicio al cliente, Cumplimiento.

KEY WORDS

Productivity, Efficiency, Idle time, Customer Service, Compliance.

INTRODUCCIÓN

El servicio es parte vital del éxito en las ventas de un producto, ya que es un activo y un valor agregado que se refleja en la aceptación y cotización de un bien en el mercado.

Además de respaldo de marca, servicio significa: abastecimiento oportuno y suficiente de repuestos, recursos humanos capacitados y listos para dar toda la información que el usuario del producto requiera, y literatura técnica clara y suficiente para uso de los mecánicos. En otras palabras, servir es garantizarle al cliente que el producto que lleva es íntegro, con calidad y buen respaldo.

Con el desarrollo de este proyecto, se quiere compartir las políticas de mejoramiento que se implementaron en el Área de Servicios, con el fin de que todos los productos gocen de la calidad y el respaldo de un equipo que trabaja unido por la excelencia.

Se considera que los talleres de servicio deben ser embajadores de la calidad que pregonan e implementan. Por lo tanto, temas como la capacitación adecuada de su personal, la dotación de herramientas y equipos, la eficiencia administrativa y, lo más importante, su actitud de servicio, son vitales porque ellos reflejan lo que son y ofrecen. CALIDAD Y SERVICIO.

Actualmente la venta de motocicletas ha tenido un incremento numeroso. Una de las razones

es la fácil financiación que ofrecen las entidades financieras, obteniendo el usuario un crédito a una tasa de interés supremamente baja, y una fácil aprobación del crédito.

En nuestro país hay ciertas entidades que aprueban el crédito inmediato. Los requisitos son mínimos, como devengar el mínimo (\$496.000) y llevar de empleado 6 meses sin importar el tipo de contrato que este posea. Las cuotas se vuelven tan mínimas que solo con el subsidio de transporte pagan la cuota. En el mercado se encuentran cuotas desde \$2,199 pesos diarios.

Las motocicletas se hacen muy atractivas para los individuos, ya que son un medio de transporte individual, muy económico por su poco consumo de combustible y sus usuarios dejan de ser víctimas del alto tráfico de la ciudad. Así, el usuario posee un activo, y el dinero invertido en él, deja de ser desechado como lo es con el transporte público.

Toda esta variación en ventas genera una mayor demanda para el mantenimiento de las motocicletas. Sin embargo, en Medellín, muchos de los talleres de motos no tienen las instalaciones óptimas para tener una rotación alta del producto. Este impacto está creando una mala imagen a los usuarios de motocicletas, en el cual entra a competir el servicio.

Necesidades del usuario de una motocicleta

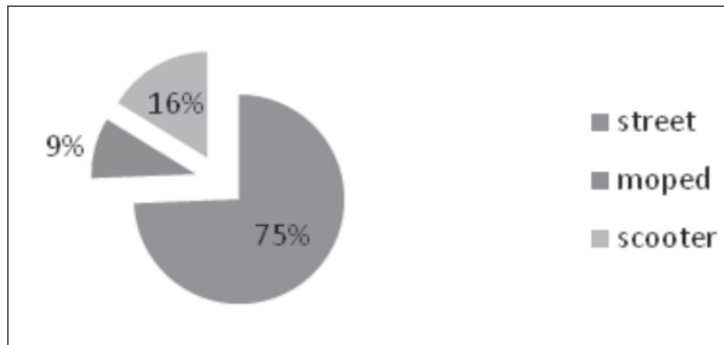
Ofrecerle al cliente un excelente servicio, es un reto constante, pues muchas de las reparaciones de las motocicletas, son producto de un accidente y es difícil detectar todas las fallas a simple vista. En el proceso de reparación, se pueden encontrar fallas en el motor y factores que pueden demorar el servicio, como la falta de herramienta, la falta de personal especializado en partes específicas de la moto (electricistas, soldadores, ajustadores), y la disponibilidad y consecución rápida de repuestos.

Debido a todos estos inconvenientes que se presentan con frecuencia, se ve la necesidad de crear un taller monomarca para ser más ágil y eficaz en el servicio.

Con este esquema, se busca darle una solución a este tipo de inconvenientes que representan tropiezos importantes, a la hora de satisfacer las necesidades de los clientes.

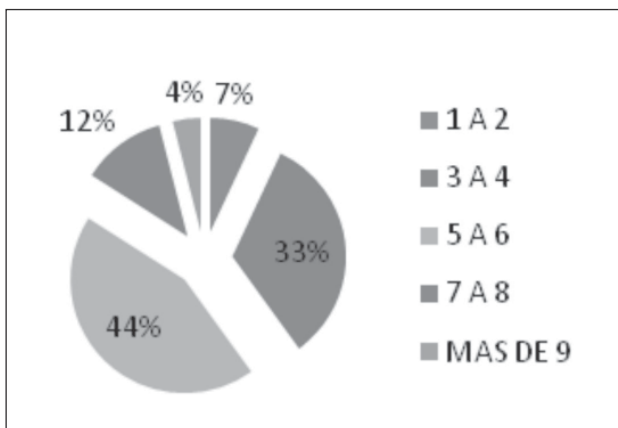
Para lograr una respuesta rápida a las exigencias del cliente, se pretende hacer un puesto de trabajo para cada estilo de moto, equipado con su herramienta especializada. Así el técnico no tendrá tiempo ocioso, mejorando su calidad y eficiencia.

FIGURA 1
Participación por modelo



En cuanto a la participación de los modelo se encontró que el 75% de los encuestados tiene motocicletas tipo street, el 16% scooter y un 9% moped.

FIGURA 2
Ingreso anual de la motocicleta al centro de servicio

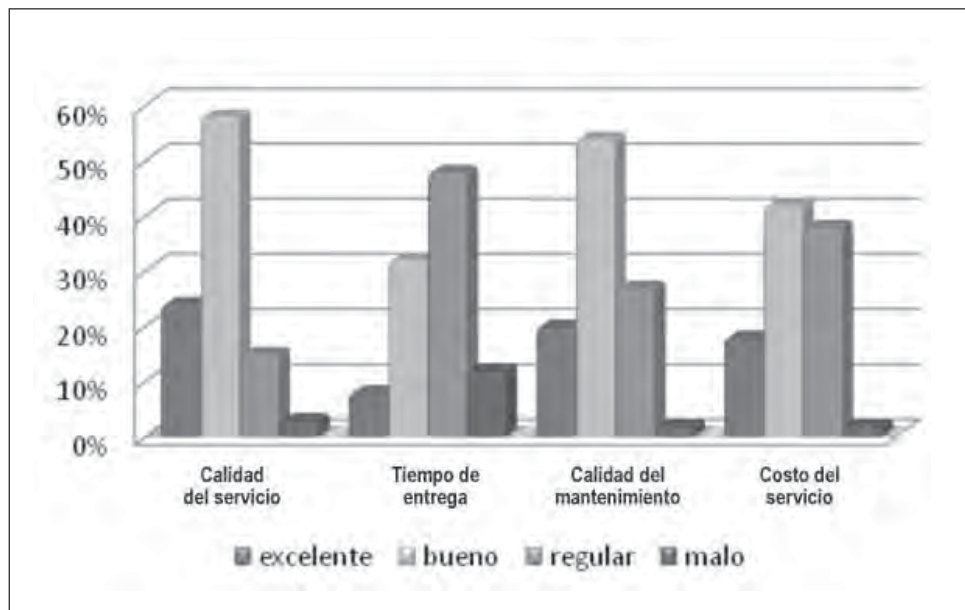


El 44% de los encuestados, ingresan su motocicleta al taller de 5 a 6 veces al año. El 33%, de 3 a 4 veces al año. El 12% de 7 a 8 veces al año. El 7% de 1 a 2 veces al año y el 4% lleva su motocicleta más de 9 veces al año.

Con esto, se puede concluir, que el 77% de las personas encuestadas, llevan su motocicleta al taller, de 3 a 6 veces al año

En general las personas están satisfechas con la calidad del servicio que les ofrece su Centro de servicios actual y hay unos pocos que no están completamente satisfechos, que lo consideran regular. Sin embargo, al incrementar la productividad con los puestos de trabajo y organizándolos de acuerdo a la referencia de cada motocicleta, la calidad del servicio prestado será mayor, al estar en capacidad de prestar un servicio especializado, con las herramientas adecuadas y especializadas para cada moto.

FIGURA 3
Satisfacción del taller actual



El tiempo de entrega es considerado por la mayoría como regular. Sin embargo, al incrementar la productividad con los puestos de trabajo al organizarlos de acuerdo a la referencia de cada motocicleta, el tiempo de un mantenimiento puede disminuir, lo que pondría al taller en una posición más competitiva frente al mercado y recuperar a los clientes que no quedan totalmente satisfechos con el tiempo del servicio.

Reparaciones

La gran mayoría de las reparaciones corresponden a problemas de frenos, suspensión, motor y lubricación. Este tipo de trabajos no duran más de una o dos horas.

El desgaste natural de los componentes, los cuales tienen una duración limitada, como son cadenas, mangueras, bombillos, fusibles, pastas y bandas

de frenos, disco de embrague, rodamientos en general, cambio de aceites y lubricantes, y Llantas, son otros de los trabajos que se realizan en los talleres, y no tardan más de 1 hora.

Herramienta Especializada

La herramienta especializada es el pulmón principal de este proyecto, de ella depende hacer y lograr una buena labor.

Esta no se encuentra en el mercado local, es importada directamente de India, Taiwán y Estados Unidos. Se debe hacer una selección particular, por sus altos costos. Esta herramienta debe ser ubicada estratégicamente, ya que se va a contar con un puesto de trabajo para cada modelo de motocicleta, así se logra un íntegro y eficaz trabajo. Estas herramientas son diseñadas para hacer reparaciones rápidas y seguras.

Almacén de repuestos

Los talleres de servicio no están obligados a tener un almacén de repuestos. Sin embargo, es conveniente incluirlo para ofrecer a los clientes un mejor servicio. La venta de repuestos ofrece rentabilidad y le da valor agregado al negocio.

La venta de repuestos originales es el pilar fundamental del servicio post venta de cualquier vehículo, maquinaria o dispositivo. La ausencia de repuestos de una manera oportuna, económica, de buena calidad y permanente es una de las más importantes fisuras que pueden ocasionar el desprestigio de una marca o un producto, desacelerando su curva de crecimiento o inclusive hacerla desaparecer del mercado.

CONCLUSIONES

Un 73% de las personas encuestadas, llevan sus motos a talleres autorizados. Esto indica que ya hay mucha conciencia por parte de los usuarios de calidad y servicio, prefiriendo este tipo talleres antes de llevar sus motos a talleres no autorizados o a solicitar mecánica a domicilio.

Las principales causas de reparación y mantenimiento de una motocicleta, frenos, suspensión, motor y lubricación.

El análisis DOFA, arrojó como fortaleza el tener en las instalaciones un almacén de repuestos, para poder disminuir el tiempo de espera del cliente ahorrándole dinero. La mayoría de los talleres no lo tiene, lo que aumenta no solo el tiempo de entrega de la moto, sino que aumenta los costos al tener que recurrir a intermediarios para conseguirlos. Por no tener un almacén de repuestos bien constituido, la satisfacción del cliente puede disminuir, haciendo que busque otras opciones de servicio.

Muchos talleres de servicio no tienen en cuenta la importancia de tener toda la herramienta espe-

cializada para cada tipo de motocicleta. Esto hace no solamente que el tiempo de reparación sea mayor y poco productivo, sino que el cliente no quede satisfecho con el servicio del taller. Algunas de las herramientas especializadas, son difíciles de conseguir, lo que podría retrasar el proceso de reparación o mantenimiento, largas horas. Muchas de las herramientas son importadas, y no se consiguen en el país.

BIBLIOGRAFÍA

GERLIN, Henrich. Alrededor de las maquinas herramientas. España: Editorial Revertè, S.A., 1982. ISBN 84-291-6050-7.

MANUAL DE SERVICIOS AUTEKO, 2006.

MANUAL DE CALIDAD DE AUTEKO, 2007.

SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica. Sexta Edición. Ciudad de México: Editorial Mc Graw Hill, 2004. ISBN: 9701036468.

Máquina modular multifuncional. [En Línea] – Citado Agosto 15 de 2005. Disponible en: < <http://www.thecooltool.com>>.

Interempresas. Guía para la compra de maquinaria. [En Línea]. Citado Agosto 28 de 2005. Disponible en: <http://www.interempresas.net/PrimeraPagina/>.

Enciclopedia Encarta (2008). Sistemas de un automóvil. [En Línea]. Disponible en: <http://mx.encarta.msn.com>. [Citado Abril 2008].

Motocicletas Auteco: www.auteco.com.co.

Fábrica productora de motocicletas Bajaj: www.bajajauto.com.

Fábrica productora de motocicletas Kymco: www.kymcousa.com.

INTRODUCCIÓN

La universidad EAFIT tiene la misión de contribuir al progreso social, económico, científico y cultural del país a través del desarrollo de programas de pregrado y posgrado. Esta no es una misión típica de una universidad que tiene la búsqueda del conocimiento humano como un fin en sí mismo, sino la de una institución de educación superior de tercera generación que va en procura de un desarrollo sostenible. Adicionalmente, esta misión establece que tiene la intención de realizar procesos de investigación científica y aplicada, en interacción permanente con los sectores empresarial, gubernamental y académico.

El desarrollo de un spin off o un Start up permite dar una mayor proyección a los resultados de Investigación y a su vez a los investigadores para que a partir de unos productos o capacidades desarrolladas en el interior de grupo de investigación GEMI se puedan crear oportunidades de negocio o nuevas empresas con alto valor agregado que realmente impacten de manera positiva el medio empresarial.

DESARROLLO DEL TEMA

El trabajo de grado pretende apoyar a la universidad en el esfuerzo por radiar de una manera más efectiva y profunda los distintos actores que intervienen en el proceso de generación y recepción del conocimiento para de esta forma lograr de manera amplia el desarrollo de su misión. Esto implica la creación de una oportunidad de negocio que compile todos los elementos que intervienen en el proceso de generación del conocimiento así como también las posibles formas como estos podrán ser trasladados a la sociedad en general con miras a una posterior comercialización a través de una empresa que surja del Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI).

Este grupo cuenta con más de 10 años de experiencia en investigaciones aplicadas y se encuentra clasificado por Colciencias en la categoría C, tiene un semillero de investigación DIAGNOSTIKA, en donde se forman los nuevos investigadores y ha recibido varios premios por sus proyectos, aportándole también reconocimiento a la universidad.

Toda esta experiencia lo ha llevado a una interrelación con las empresas, lo que le permite desarrollar nuevos proyectos investigativos, con la confianza de obtener resultados satisfactorios, además de prestar consultorías o capacitaciones a estas empresas con las que se ha trabajado y a otras del sector.

En este momento el GEMI tiene la capacidad de ofrecer este tipo de consultorías y capacitaciones en los temas trabajados durante los proyectos de investigación, lo que le permite estar al día en esos conocimientos e impactar de una manera positiva en la sociedad, produciendo un cambio en la forma de generar conocimiento desde las universidades hacia las empresas.

Dada la trayectoria del grupo y los contactos establecidos se han podido realizar alianzas institucionales, tanto nacionales como internacionales y con el medio académico y el empresarial.

Por su parte el laboratorio de mecánica experimental es el soporte académico y práctico para las investigaciones del grupo GEMI y el desarrollo de la maestría en ingeniería mecánica, además de otras áreas de la universidad, lo que le ha permitido tener una gran variedad de equipos de última tecnología y ponerlos al alcance de la academia y de las empresas, para ejercer la docencia y la investigación aplicada.

FIGURA 1
Análisis gráfico (Ideal vs Autoevaluación) Línea Diagnóstico Técnico

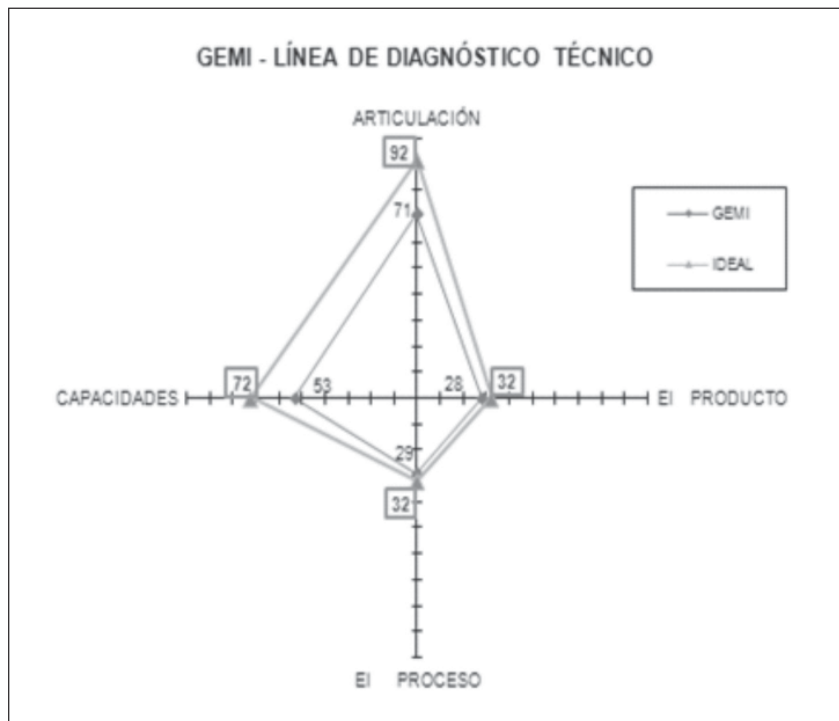


FIGURA 2
Fases en la creación de una Empresa-Concepto



(USC@, 2008)

De igual forma el gobierno nacional, departamental y municipal, están comprometidos a través de sus planes de desarrollo, con la investigación aplicada que se realiza en Colombia por parte de las universidades y centros de investigación, dando estímulos económicos y reconocimiento para ellos, además del impulso fuerte que se les da a las ideas innovadoras que son las que generan un valor agregado en la producción de bienes o

prestación de servicios y pueden permitir un mayor desarrollo, crecimiento tecnológico, apropiación de tecnología, creación de empleo, en síntesis una transformación en la sociedad.

Haciendo uso de la herramienta metodológica de análisis de los grupos de investigación facilitada por el CICE, se realizó el diagnóstico del GEMI, específicamente la línea de Diagnóstico Técnico,

desde cuatro (4) grandes variables; Articulación del grupo hacia la universidad y hacia el mercado, los procesos, las capacidades y los productos.

De igual manera existen algunas tareas con las cuales puede mejorar a nivel de productos o resultados ofrecidos por parte del grupo de investigación como lo es el lograr realizar un análisis adecuado sobre sus futuras temáticas de investigación, agilizar los procesos de comercialización de productos y servicios con el apoyo de dependencias de la universidad como lo son Convenios y Contratos y el CICE, y articular todos los miembros del grupo de investigación respecto a los procesos y a la orientación estratégica de la universidad.

Es importante destacar que existe un número mayor de aspectos que han sido considerados y analizados respecto a las variables evaluadas dentro del GEMI. Estos se encuentran al interior del trabajado de grado y pueden ser consultados por el lector para obtener una mayor información.

Por todo lo anterior se encuentran tres productos o líneas de acción definidas para ser comercializadas mediante la prestación de servicios o venta de productos, estas son:

- Línea de Negocio de Sistema Portátil de Diagnóstico y Pesaje.
- Línea de Mantenimiento Preventivo.
- Línea de servicios de ingeniería.

La posible comercialización de productos y capacidades puede iniciarse a nivel de Colombia en empresas como el Cerrejón, que dispone de una vía férrea de una longitud cercana a los 150km y por la cual transporta carbón hasta el puerto marítimo ubicado en la Guajira. Otra opción estaría en la concesión del Tren de occidente,

allí empresarios Antioqueños harán parte de este proyecto que comunicaría a buenaventura con la Feliza (Caldas), también están dentro de las opciones dos multinacionales, Drummond y Glencore, dedicadas a la explotación de carbón en el norte del país.

Otro posible producto tienen que ver con el mantenimiento de Máquinas hidráulicas, puesto que en Colombia y específicamente Antioquia, se están realizando proyectos como la construcción de las hidroeléctricas Pescadero Ituango, Porce III y Porce IV, y de una serie de minicentrales hidroeléctricas durante los próximos seis años, lo que se visualiza como un mercado muy interesante, desde el punto de vista nacional, donde se puede incursionar aprovechando la experiencia que se ha adquirido a través del desarrollo de proyectos con EPM y que soportarían los ofrecimientos en esta área.

Por último los servicios de ingeniería los cuales incluirían asesoría, consultoría, mediciones y montaje de pruebas, que se pueden ofrecer a la industria en general y resaltando la idea central consistente en que a través de este tipo de servicios y análisis se mejora la disponibilidad de las máquinas y por ende la producción de las empresas. Igualmente estas asesorías y servicios son de gran ayuda para aquellas empresas que fabrican maquinaria en serie, en este sentido esta idea proporcionaría elementos de análisis que le permitirán verificar la viabilidad de un equipo para su posterior producción.

El modelo de negocio establecido por el presente trabajo de grado, se centra en la conformación de una nueva empresa con tres líneas de acción, que se dan a partir de un Start up con las capacidades productos y servicios desarrollados por el grupo GEMI que funcionaría como su unidad de I + D y en donde la Universidad y al CICE lo respaldarían en sus inicios.

Esta idea de negocio surge como resultado de aplicar una metodología de detección de capacidades, innovación, productos tecnológicos desarrollados en cada una de sus investigaciones y la relación del grupo con el medio industrial, para definir entonces oportunidades de negocio y posteriormente su plan estratégico.

Todos aquellos productos y servicios que se ofrecen van encaminados a la reducción de costos en el sostenimiento y mantenimiento de los equipos usados para el transporte, para la generación de energía o para aumentar la vida útil de los equipos o mejorar su desempeño; ofreciendo así una solución de conocimiento y seguimiento de los costos operacionales de los respectivos mantenimientos.

Con el desarrollo e implementación de las unidades de negocio se estaría impulsando el empleo a través de la contratación de personal especializado, se conocerán nuevos problemas al trabajar con la industria, que podrían impactar en la maestría en ingeniería mecánica ofrecida por EAFIT, en la medida que la empresa ponga en consideración estos problemas a través de proyectos de investigación; Desde el punto de vista ambiental se disminuiría el impacto que tiene el recambio permanente de piezas o elementos que sufren desgaste por mal uso o por malas conformaciones técnicas.

Es de vital importancia la retroalimentación que tendría esta nueva empresa por parte del grupo GEMI quien sería su unidad de investigación y desarrollo. La universidad EAFIT le daría soporte, es decir, que a pesar de ser un nuevo negocio no dejarían de trabajar mancomunadamente produciendo un crecimiento empresarial y académico, en la medida que el trabajo de esta empresa traerá nuevas preguntas para el grupo de investigación.

Esta nueva empresa funcionaría con un personal administrativo que se encargue de la consecución de los clientes y un personal técnico que puede ser inicialmente el mismo que trabaja actualmente en el grupo GEMI, como sabemos que el grupo anualmente realiza investigaciones superiores a los mil millones de pesos, podemos hablar de una facturación en el primer año de 260 mil dólares entre servicios y productos de ingeniería.

CONCLUSIONES

Es importante entender la transferencia de tecnología como un mecanismo institucional creado con el objetivo de promover la interacción de la universidad con el sector productivo, en especial con la empresa, y con el gobierno. Surge con el ánimo de tener una actuación más clara y efectiva de las universidades públicas y privadas con las distintas necesidades de la sociedad a través de aspectos tales como la transferencia de resultados de investigación, comercialización de la tecnología y el licenciamiento de productos y/o servicios.

Por todo lo anterior los grupos de investigación eafitenses cada día se encontrarán más activos y con mayor reconocimiento tanto en el ámbito nacional como internacional, y por ende sus productos de investigación irían en aumento, beneficiando a las empresas, a otros grupos de investigación y a la sociedad, pues la investigación aplicada es la mejor herramienta para crecer e innovar en nuestro medio y es a lo que se enfoca la universidad EAFIT y esta nueva empresa se convertiría en el trampolín para lograrlo.

La industria en general deben ver a la universidad como su posible centro de investigación, los laboratorios cada vez van a ser más robustos y mejor equipados lo que le permite a esas empresas reducir costos en sus proyectos de investigación y contar con diferentes equipos para hacer una

serie de pruebas que aumenten la productividad y competitividad logrando un mayor desarrollo del país.

Existen dos (2) grandes categorías técnicas en las cuales se puede sintetizar los productos y servicios que ofrece el GEMI, estas son: sistemas de monitoreo de variables estáticas y sistemas de monitoreo de variables dinámicas. Para todos y cada uno de los servicios que componen estas categorías existe una ficha técnica o un manual de usuario o de funcionamiento el cual está disponible permanentemente para ser consultado e igualmente para ser entregado a futuros clientes de estos.

A nivel de recursos es importante destacar que los equipos con los que se cuenta en la actualidad están en capacidad de ser aprovechados en una mayor proporción, esto hace parte de una posible línea de atención o servicio que podría ser ofrecida a la industria en general y a otras instituciones de educación superior.

Finalmente se destaca el hecho de que el grupo dispone de un buen número de productos y servicios que pueden ser ofrecidos y para los cuales no es necesario realizar desembolsos de grandes sumas de dinero. Hoy es posible asegurar que estos están en un alto grado de madurez y que su ofrecimiento solo depende ajustarlos a las características específicas que requiera el cliente para su uso.

Es importante destacar que existe un número mayor de aspectos que han sido considerados y analizados respecto a las variables evaluadas dentro del GEMI. Estos se encuentran al interior del trabajado de grado y pueden ser consultados por el lector para obtener una mayor información.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE MEDELLÍN. Plan de Desarrollo 2008 – 2011, Medellín es Solidaria y Competitiva. [En línea]: página Web. Medellín, Colombia: 2009. (Citado 20 marzo 2009). http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_desarrollo/P_desarrollo.jsp?idPagina=380.

CALAMEO. Modelos de Spin Off. [En línea] 2009. (Citado: 1 de marzo 2009) <http://es.calameo.com/books/000010653ef11c768f75c>.

CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN. Empresas Industriales Antioqueñas. [En línea]. Medellín, Colombia: 2009. (Citado 12 Abril 2009). <http://www.camaramedellin.com.co/>.

CASTAÑEDA HEREDIA, Leonel Francisco. Profesor Investigador Universidad EAFIT. Medellín: entrevista realizada el 3 de marzo 2009.

COLCIENCIAS. Grupo de investigación GEMI. [En línea] Bogotá: 2009. (Citado: 3 de marzo 2009) <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/jsp/gruplac.jsp>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010, Estado Comunitario desarrollo para todos. [En línea] Bogotá: (citado: 16 marzo 2009) <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/tabid/54/Default.aspx>>.

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. Creación de EMGEA. [En línea]. Medellín. (Citado: 04 Abril 2009) <http://www.antioquia.gov.co/noticias/abril2009/16balance.html>.

MCKINSEY & COMPANY. Manual de plan de negocio Mckinsey 2001.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Centrales Hidroeléctricas en Colombia. [En línea]. Bogotá, Colombia: 2009. (Citado 20 Abril 2009). <http://www.minminas.gov.co/minminas/sect>.

MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Diagnostico del sector Transporte. [En línea]. Colombia: 2008. (Citado: 5 Abril 2009) <http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Estadisticas/DIAGNOSTICO_TRANSPORTE_2008.pdf>

UNIVERSIDAD EAFIT. “Manual para la creación de empresas innovadoras en América Latina”. Medellín. 2009. 78 páginas.

UNIVERSIDAD EAFIT. Laboratorio de Mecánica Experimental. [En línea]. Medellín: 2009. (Citado: 2 marzo 2009). http://www.eafit.edu.co/EafitCn/Centro_Laboratorios/docentes/laboratorios/Lab+Mecanica+Experimental.htm.

_____ Minicentrales hidroeléctricas en Colombia [En línea]: Medellín, Colombia. (Citado 20 Abril 2009).

<<http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/TESIS/T333.7932CDC824/anexos.pdf>>.

_____ Visión. [En línea]. Medellín: 2009. (Citado: 25 febrero 2009) <http://www.eafit.edu.co/autoevaluacion/vision.htm>.

UNIVERSIDADDESANTIAGODECOMPOSTELA. “De la investigación al desarrollo de un nuevo concepto de negocio” [En línea]: página Web. Medellín: 2009. (Citado: 18 Abril 2009) http://emprendia.es/documentos/GuiaSpinOff_es.pdf.

UNIVERSIA. Spin-off: una nueva forma de emprender, una forma de investigar [En línea]. 2009. (Citado: 1 marzo 2009) <http://investigacion.universia.es/spin-off/index.htm>.

IMPLEMENTACIÓN DE 5'S EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

DAVID ANTONIO ECHAVARRÍA ROMERO

dechava1@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ASESOR PRINCIPAL

JUAN SANTIAGO VALLEJO JARAMILLO

SECTOR BENEFICIADO

COMPAÑÍA PRODUCTORA DE SALSAS S.A



RESUMEN

El proyecto muestra la implementación de las 5'S, la cual se fundamenta en comprometer el talento humano de la compañía bajo los valores de responsabilidad, autodisciplina y mejoramiento lo cual se refleja en la calidad de los productos y servicios que se suministran al cliente.

Estos valores los reúne una filosofía proveniente del Japón llamada 5'S, ésta se sustenta en la investigación de un balance armónico y sostenible de los intereses de todos los involucrados con la organización; su alcance es la búsqueda continua de la satisfacción de las personas que componen la empresa, proporcionando un ambiente de trabajo limpio, ordenado, higiénico, agradable y seguro; mediante herramientas sencillas que motiven a los empleados a generar un cambio cultural y un entorno productivo.

ABSTRACT

The project shows the implementation of the 5's, which is based on compromising the human talent of the company under the values of responsibility, and self improvement which is reflected in the quality of products and services that are delivered to the customer.

These values together a philosophy from Japan called 5'S, it builds on research of a harmonious and sustainable balance of interests of all involved with the organization, its power is the continuous pursuit of the satisfaction of the people making up the company, providing a work environment clean, tidy, hygienic, pleasant and safe, through simple tools that motivate employees to generate a cultural change and a productive environment.

PALABRAS CLAVE

MPT (Mantenimiento Productivo Total), 5'S, implementación, organización, responsabilidad, mejoramiento, calidad.

KEY WORDS

TPM, 5'S, implementation, organization, responsibility, improvement, quality.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la perfección comprende un proceso que radica en aceptar un nuevo desafío cada día. Dicho proceso debe ser progresivo y continuo. Debe reunir todas las acciones que se ejecuten en la empresa a todos los niveles de la organización.

Las empresas deben investigar filosofías que permitan visualizar un horizonte más extenso, buscando siempre la excelencia y la invención llevándolas a aumentar su competitividad, reducir los costos, orientando los esfuerzos a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

El secreto de las compañías de mayor éxito en el mundo radica en poseer estándares de calidad altos, tanto para sus productos como para sus empleados.

¿Qué son las 5'S?

Es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual y grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas, equipos y la productividad.

Las 5'S son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan por S y que van todos en la dirección de conseguir una fábrica limpia y ordenada. Estos nombres son:

ORGANIZAR Y SELECCIONAR (Seiri)

Se trata de organizar todo, separar lo que sirve de lo que no sirve y clasificar esto último. Por otro lado, se aprovecho la organización para establecer normas que permitan trabajar en los equipos sin sobresaltos.

FIGURA 1

Evaluación de los elementos



En su implementación se eliminó elementos innecesarios de la planta, se liberó áreas que estaban siendo ocupadas por éstos. En total se despejó 6 m² distribuidos en su mayoría en áreas que estaban siendo ocupadas por el producto no conforme y materia prima obsoleta que llevaban un tiempo considerable en la planta.

ORDENAR (Seiton)

Se sacó lo que no sirve y se establecieron normas de orden para cada cosa. Además, se instalaron las normas a la vista para que sean conocidas por todos y en el futuro permitan practicar la mejora de forma permanente.

Así pues se situó los objetos de trabajo en orden, de tal forma que sean fácilmente accesibles para su uso, bajo el eslogan de “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.

FIGURA 2
Identificación de estanterías (Antes)



FIGURA 3
Identificación de estanterías (Después)



En la implementación de esta S, se observó una gran variedad de referencias de productos lo que implica tener muchas etiquetas de identificación de producto en inventario, las cuales, desde hace un largo tiempo se han almacenado en una estantería con pocas divisiones y muy grandes. Para mejorar el almacenamiento de éstas, se hizo una mejor distribución de la estantería para aprovechar mejor el espacio. La estantería estaba dividida en nueve espacios en las cuales se almacenaban

las etiquetas de identificación de producto y otros elementos. Cada espacio se identificó con el nombre característico de cada tarjeta de manera que cualquiera sepa donde están las etiquetas correspondientes a los diferentes productos.

LIMPIAR (Seiso)

Se realizó la limpieza inicial con el fin de que el operario se identifique con su puesto de trabajo y equipos que tenga asignados.

No se trata de hacer brillar los equipos, sino de enseñar al operario como son sus equipos por dentro e indicarle, en una operación conjunta con el responsable, donde están los focos de suciedad de su máquina.

Así pues, se logró limpiar completamente el lugar de trabajo de tal forma que no haya polvo, salpicaduras, virutas, etc., en el piso, ni en las máquinas y equipos.

FIGURA 4
Aseo del puesto de trabajo



Para su implementación, se definió una rutina de limpieza la cual consiste en barrer el puesto de trabajo por los alrededores de la máquina, al finalizar el turno, entregar al compañero del turno siguiente los elementos limpios, completos y en su lugar.

Seiketsu: MANTENER LA LIMPIEZA.- A través de gamas y controles, iniciar el establecimiento de los estándares de limpieza, aplicarles y mantener el nivel de referencia alcanzado. Así pues, esta S consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos, así como mediante de controles visuales de todo tipo.

Con estas actividades se logro integrar las tres primeras eses a las labores diarias de cada operador y así impulsar la organización, el orden, la limpieza y tenerlas siempre presente.

Shitsuke. RIGOR EN APLICACIÓN DE CONSIGNAS Y TAREAS.- Se realizo la autoinspección de manera cotidiana. Cualquier momento es bueno para revisar y ver como estamos, establecer las hojas de control y comenzar su aplicación, mejorar los estándares de las actividades realizadas con el fin de aumentar la fiabilidad de los medios y el buen funcionamiento de los equipos de oficinas. En definitiva, ser rigurosos y responsables para mantener el nivel de referencia alcanzado, entrenando a todos para continuar la acción con disciplina y autonomía.

La disciplina es diferente de los cuatro primeros pilares, en el sentido de que no es visible y no puede medirse pues existe en la mente y voluntad de las personas y sólo con su conducta se muestra su presencia; es por esto que se hizo gran énfasis en promoverla con algunas herramientas para lograr que se implemente con éxito debido a la importancia que tiene en el mantenimiento de las demás S; entre estas herramientas se incluyen: tareas generales 5'S, radar 5'S, cartelera 5'S.

FIGURA 5
Avisos

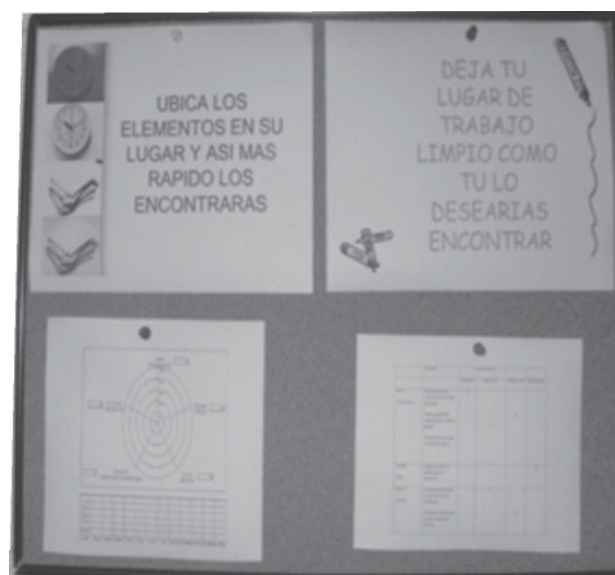


FIGURA 6
Formato de autoinspección

CALIFICACIÓN SEIKETSU																	
Compañía Productora de Salsas S.A.					Elaborado por:					Fecha:							
LUGAR	SEIRI					SEITON					SEISO					TOTAL	TOTAL ANTERIOR
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Planta de Producción #1																	
Planta de Producción #2																	
Empaque Sachet																	
Producto para Despacho																	
Producto Terminado																	
Materia Prima Empaque																	
Materia Prima																	
Laboratorio de Calidad																	
Empaque General																	
Zona de Archivo																	
TOTAL																	

FORMATOS DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

El proyecto permite en su parte final la creación de formatos de evaluación y tareas, los cuales afianzan los principios de las 5'S, donde la retroalimentación y participación de todo el personal involucrado en el proceso de mejora de la planta es indispensable.

Estas acciones ayudan al mejoramiento continuo de la implementación, las cuales requieren una inspección y evaluación constante que se

pueden realizar teniendo en cuenta las mejoras alcanzadas.

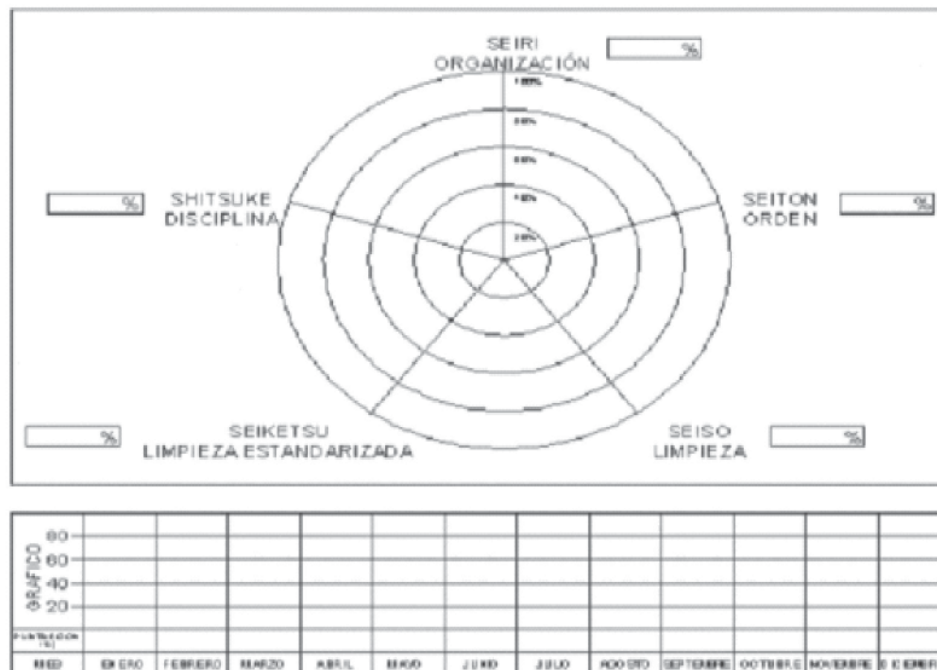
Las tareas 5'S que cada operador debe cumplir en su lugar de trabajo, se estableció rutinas de actividades en las que se involucra todo el personal de la planta y se planean a largo plazo.

El radar 5'S se compone de cinco círculos concéntricos los cuales se dividen en cinco partes iguales correspondientes a cada uno de los pilares; este tiene como objetivo medir los avances o retrocesos logrados mes tras mes en cada una de las S.

FIGURA 7
Rutinas y lista de tareas

	TAREAS	FRECUENCIA			
		SEMANAL	MENSUAL	BIMESTRAL	SEMESTRAL
SEIRI Organización	Eliminar elementos innecesarios del puesto de trabajo. Hacer campaña de tarjetas rojas en toda la planta. Revisar orden en todos los sitios de trabajo.	X	X	X	
SEITON Orden	Reponer letreros de identificación de elementos.				X
SEISO Limpieza	Limpieza general de la maquina sin estar en movimiento. Limpieza de estructuras, paredes, ventanas y puertas.		X	X	

FIGURA 8
Avances y retrocesos logrados mensualmente



MEJORAS ALCANZADAS

La implementación de las 5'S fue una práctica enriquecedora, debido a que admitió interactuar con los diferentes niveles organizacionales y así lograr ventaja de las opiniones y sugerencias de cada persona.

Las áreas de trabajo se encuentran más despejadas y limpias, las herramientas de trabajo se encuentran mejor ubicadas y de forma más ordenada. Estos hechos ayudan a que el lugar de trabajo sea un sitio más agradable y el ambiente laboral sea más ameno.

Con las rutinas de limpieza establecidas en la implementación, el operador que antiguamente se dedicaba a limpiar toda la planta, incluidos puestos de trabajo, ahora se concentra en la limpieza de las áreas comunes dejando la limpieza de cada puesto de trabajo a los responsables asignados.

Como reflejo de la satisfacción con la implementación se notó un cambio considerable en el estado de ánimo de los operadores y la forma de realizar sus tareas.

Con la implementación de las 5'S, se alcanzo zonas seguras y agradables, consiguiendo que las personas tengan una mejor disposición y se comprometan más a cumplir mejor sus actividades cotidianas, reduciendo errores de operación inducidos por suciedades en máquinas o por equivocación en la selección de elementos mal clasificados.

CONCLUSIONES

Es primordial que todas las áreas estén comprometidas con la implementación y que exista una permanente comunicación entre ellas para que el interés estimule a las personas que no tengan un completo convencimiento de los resultados a obtener.

La metodología aplicada en el proceso de implementación fue apropiada ya que estuvo dirigida a estimular, lograr y reconocer la colaboración de las personas, tomar decisiones mediante el aporte de ideas, sugerencias y soluciones.

Para conservar el nivel alcanzado con la implementación de las 5'S es necesario fortalecer su seguimiento a través de apoyos visuales como registros fotográficos del antes y del después, rutinas de aplicación como las Tareas 5'S, actividades promocionales y evaluaciones periódicas. Lo cual permite que existan nuevas ideas y propuestas para superar los percances y efectuar una mejora continua.

La Organización, el Orden y la Limpieza, a pesar que demandó más tiempo en su ejecución, fue el segmento con más aprobación de los empleados y que tuvo más cooperación, gracias a que sus resultados pueden ser observados fácilmente, por otro lado la implementación de la Limpieza Estandarizada y la Disciplina pueden ser más difíciles, por la resistencia al cambio de los operarios, pues se debe conseguir el trabajo continuo de estos hacia los estándares y actividades planteados por el sistema de las 5'S.

Por medio de la implementación de Seiri, Seiton y Seiso, las áreas en la planta se encuentran libres de objetos innecesarios, los pasillos están libres y limpios, los elementos están clasificados, lo que hace que la labor de los operarios sea más eficiente.

Se recomienda la ampliación de la zona de almacenamiento de producto terminado y producto para despacho en la planta para evitar posibles accidentes causados por la forma no adecuada de almacenamiento de éstos.

BIBLIOGRAFÍA

IMAI, Masaaki. Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba). Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A., 1998. ISBN 958-600-798-7.

HIRANO, Hiroyuki. 5'S para todos: 5 Pilares de las fábricas visuales. Madrid: TGP Hoshin, 1996. ISBN 84-87022-28-6.

REY SACRISTAN, Francisco. Las 5'S orden y limpieza en el puesto de trabajo. Fundación Confemetal. Madrid – España. 2005. ISBN: 84-96169-54-5.

REY SACRISTAN, Francisco. Mantenimiento Total de la producción (TPM) proceso de implantación y desarrollo. Fundación Confemetal. Madrid – España. 2001. ISBN: 84-95428-49-0.

SHIROSE, Kunio. TPM para mandos intermedios de fábrica. Productivity Press Madrid – España. 2000. ISBN: 84-87022-11-1.

Cero Averías. [En línea]. 2009. [Citado el 19 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.ceroaverias.com>.

Documentos online y obtenidos en el curso de TPM de la universidad EAFIT dictado por el profesor Juan Pablo Agudelo.

**ESTRUCTURA AUTOPORTANTE
PARA ASCENSORES DE
PERSONAS CON MOVILIDAD
REDUCIDA PARA LA EMPRESA
COSERVICIOS S.A.**

JUAN CAMILO OCAMPO VÉLEZ

jocampov@eafit.edu.co

Departamento de Ingeniería Mecánica

ÁREA DE ÉNFASIS

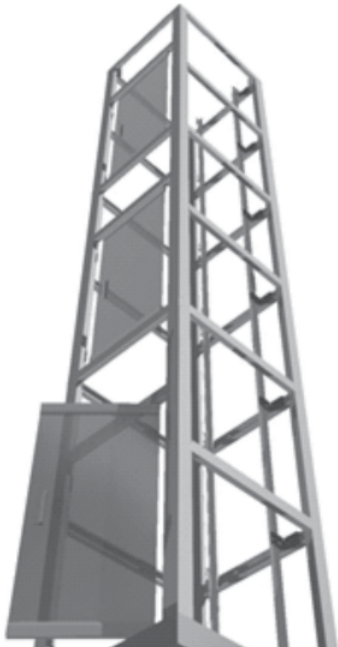
DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS

ASESOR

SERGIO ARISTIZÁBAL RESTREPO

SECTOR BENEFICIADO

COSERVICIOS S.A.



RESUMEN

El presente trabajo ilustra el proceso de diseño de una estructura autoportante que hará las veces de pozo para ascensores destinados principalmente a personas con movilidad reducida, los cuales tendrán una capacidad máxima de 350 kg. y una velocidad entre 0.1 y 0.2 m/s.

Para llegar a la solución final se hace una investigación sobre los diferentes tipos de estructuras que existen en el mercado colombiano y mundial. Luego se analizarán las diferentes formas y geometrías necesarias para dar una idea de la estructura que se fabricará en Coservicios y se realizarán los respectivos cálculos y planos, además de la construcción de un prototipo a escala real que se utilizará para hacer pruebas necesarias en pos de futuras mejoras.

ABSTRACT

This project illustrates the process of the design of a self-supporting structure that will serve well for elevators used primarily for people with reduced mobility, which will have a maximum capacity of 350 kg and a speed between 0.1 and 0.2 m/s.

To reach the final solution is an investigation into the different types of structures that exist in the Colombian and global market. Then, will analyze the different geometrical forms necessary to give an idea of the structure will be built at Coservicios and carried out the respective calculations and drawings, plus the construction of a scale prototype that will be used to pursue evidence needed for future improvements.

PALABRAS CLAVE

Estructura autoportante, PMR (personas con movilidad reducida), diseño, ascensores.

KEY WORDS

Self-supporting structure, people with reduced mobility, design, elevators.

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos de aplicación de la Ingeniería Mecánica es el Diseño de elementos, máquinas, equipos e instalaciones para el beneficio de la sociedad, mediante el análisis de necesidades, formulación y solución de problemas técnicos y apoyo en desarrollos científicos para prestar un servicio adecuado mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles.

Este trabajo busca documentar el proceso de diseño de una estructura autoportante para ascensores en la empresa COSERVICIOS S.A., teniendo en cuenta los procesos de selección de materiales, proveedores, manufactura y costos.

Para alcanzar el objetivo principal, se parte de una investigación sobre los diferentes fabricantes que ofrecen este tipo de estructuras y luego se enfoca el diseño en base a los requerimientos tanto de los clientes internos como externos de la compañía, analizando las normas que apliquen y evaluando las diferentes alternativas de solución que se vayan presentando, siguiendo los distintos métodos de diseño de productos que existen.

Todo esto se complementará con modelaciones en 3D, cálculos y análisis por medio de Métodos de Elementos Finitos para validar materiales, geometrías y fuerzas involucradas en la estructura para lograr la seguridad requerida tanto para el producto como para el usuario final.

JUSTIFICACIÓN

Apenas en el año 2006, el Metro de Medellín era usado diariamente por algo más de 370.000 personas. De ellas, 300 (el 0.079 %) con movilidad

reducida (usuarios discapacitados). En ese mismo año en la ciudad habían aproximadamente 12.000 personas con este tipo de problema y si todos utilizaran el Metro serían el 3.08% de los usuarios (usuarios discapacitados potenciales).

En Colombia existe un decreto emitido por el Ministerio de Transporte (Decreto 1660 de 2003) en el cual se obliga a las empresas de transporte a adecuar sus instalaciones para facilitar el ingreso de personas con movilidad reducida.

Debido a esto, Coservicios S.A. que es una empresa que desarrolla e implementa sistemas de transporte vertical como ascensores, escaleras mecánicas y rampas móviles, quiere ampliar su participación en este mercado con un producto que permita facilitar el acceso de personas con discapacidad a estaciones, plataformas elevadas o edificios que no posean sistemas de elevación.

Dicho producto será una estructura autoportante, la cual es una estructura modular que ofrece una solución sencilla, rápida y práctica en la instalación de ascensores tanto en edificaciones existentes que no poseen pozo como en edificios en construcción en los que no se prevé habilitar un hueco de obra o en edificios antiguos en proceso de rehabilitación o remodelación.

Con ello se consigue disponer de un soporte sólido, resistente y de fácil instalación que permite reducir tiempos de montaje y algunas de las tareas de interventoría de obra civil como la constante revisión de medidas del hueco del ascensor.

PROCESO DE DISEÑO

Diseño conceptual

En esta etapa se procede a esclarecer las funciones esenciales que debe satisfacer el producto final. Luego, se evalúan las posibles combinaciones de principios funcionales para así poder determinar una solución viable.

ESTRUCTURA FUNCIONAL

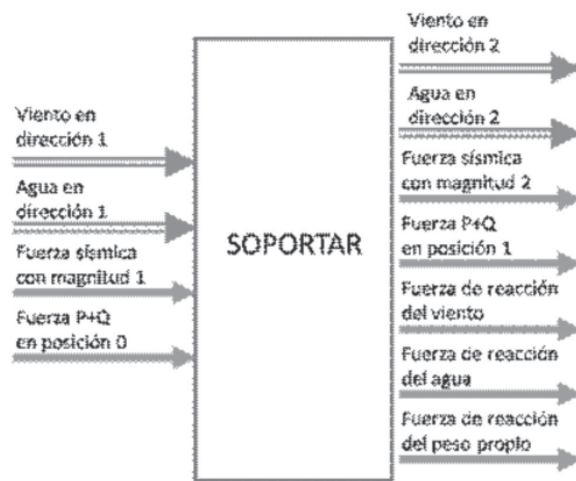
Las estructuras son elementos constructivos cuya misión fundamental es la de soportar un conjunto de cargas, ya sean debido a su propio peso, a cargas de funcionalidad o de acciones externas.

Dentro de las cargas de funcionalidad se incluyen las que actúan sobre la estructura en cuestión, como por ejemplo la cabina del ascensor y las personas.

Las acciones externas son las producidas por la temperatura (dilatación, contracción), el viento, la nieve (si aplica), los sismos, etc.

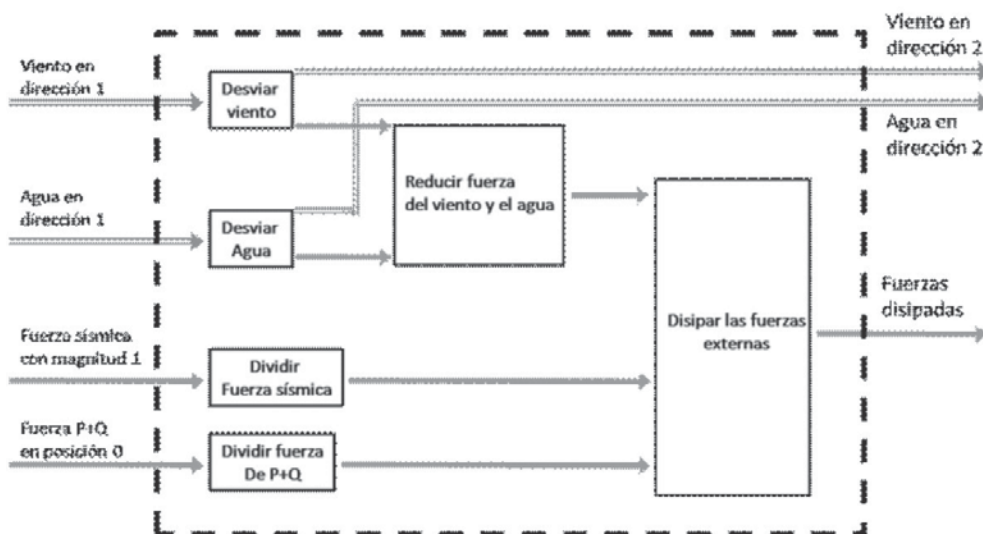
La forma más adecuada de representar la función principal de un sistema es por medio de una caja negra, la cual ilustra en forma general cómo dicha función transforma las entradas de materia, energía o información en salidas.

FIGURA 1
Caja negra



Luego de tener las entradas y salidas definidas, es necesario analizar cómo es el proceso de conversión dentro de la caja negra. Para esto, la función principal debe ser descompuesta en funciones secundarias que ayuden a visualizar el proceso completo. En la caja transparente de la figura 2 se pueden ver los flujos más detalladamente.

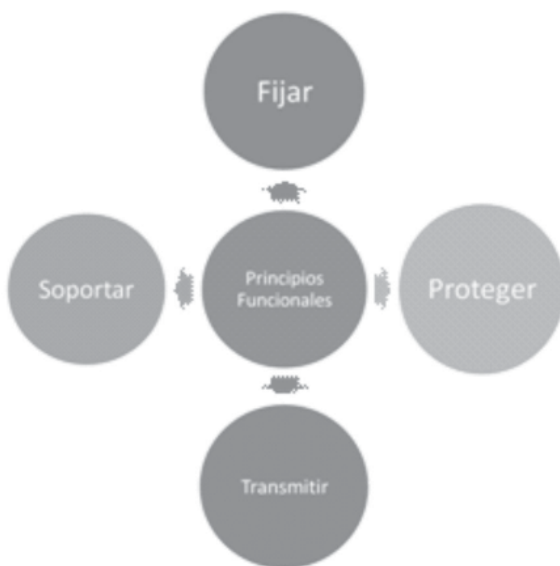
FIGURA 2
Caja transparente



ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Ya que se conocen las funciones secundarias del sistema, es importante definir las posibles alternativas que cumplen con dichas acciones y que esclarecen el funcionamiento de los subsistemas existentes.

FIGURA 3
Principios funcionales



DISEÑO DE DETALLE

Luego de combinar las alternativas propuestas y analizar y evaluar las diferentes posibilidades de diseño, se procede a verificar la opción seleccionada por medio de un Análisis de Elementos Finitos, el cual permitirá validar el diseño escogido y dar la certeza de su estabilidad, resistencia y seguridad.

FIGURA 4
Esfuerzo de Von Mises

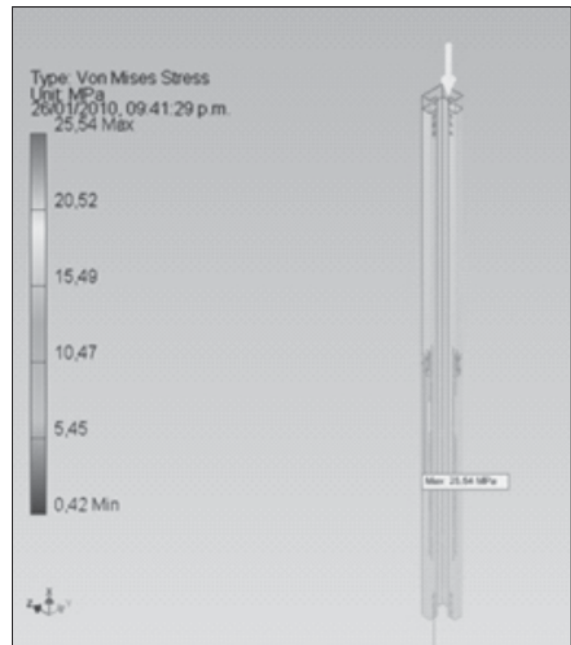
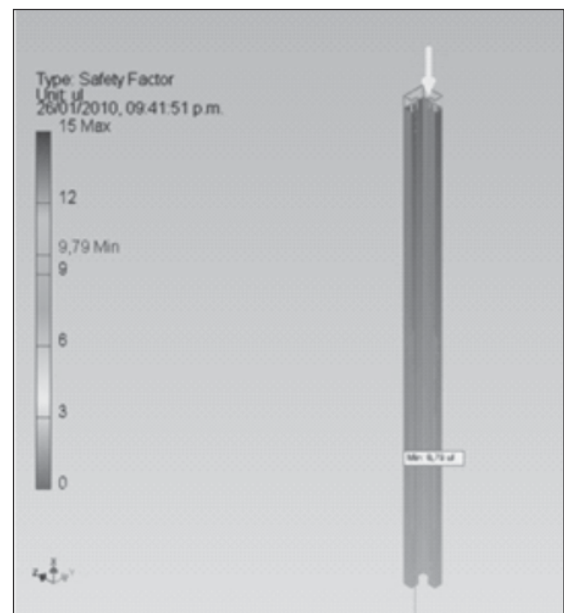


FIGURA 5
Factor de seguridad



CONCLUSIONES

Una buena manera de iniciar cualquier proyecto de diseño es consultando información que permita sentar bases sobre el producto que se desea. La búsqueda en internet, catálogos de diferentes marcas de ascensores y sobre todo las visitas a obras, permitieron esclarecer el problema desde un principio e identificar factores relevantes como geometrías y materiales en el proceso de diseño de las estructuras autoportantes.

El conocimiento de las fronteras que limitan el diseño, así como de las demandas y deseos de la empresa y los clientes, permitieron presentar finalmente una propuesta que satisface dichos requerimientos y cumple con la normativa estipulada.

El hecho de emplear una matriz morfológica facilitó el análisis de las opciones que se tenían antes de entrar en detalles y agilizó el proceso de generación de alternativas.

La construcción de un prototipo real permitió la retroalimentación y validación de la propuesta escogida. Las opiniones tomadas del personal de producción y ensamble ayudaron a mejorar el diseño e ir formando la experiencia que se busca día a día.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO VÉLEZ, Mauricio. Diseño de una bancada para ascensores con cuarto de máquinas para la empresa Coservicios S.A. Medellín, 2006, 196 p. Trabajo de grado (Ingeniero de Diseño de Producto). Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 1: Ascensores eléctricos. Madrid: AENOR, 2001. 177 p. (UNE-EN 81-1).

_____. _____ Parte 2: Ascensores hidráulicos. Madrid: AENOR, 2001. 185 p. (UNE-EN 81-2)

_____. _____ Aplicaciones particulares para los ascensores de pasajeros y pasajeros y cargas. Parte 70: Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad. Madrid: AENOR, 2004. 35 p. (UNE-EN 81-70).

CROSS, Nigel. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design. 2nd ed. Chichester: Wiley, 1994. 179 p. ISBN 0 471 94228 6.

DICTATOR ESPAÑOLA. Estructura modular polivalente Dictator para ascensores: Sistema modular para edificios existentes o de nueva construcción. [Documento electrónico]. (Citada: 13 marzo 2009) <http://www.dictator.es/capitol-2.htm>.

ESCOBAR MEDINA, Esteban. Diseño de un contrapeso para elevadores a tracción de la empresa Coservicios S.A. Medellín, 2006,

167 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de ingenierías. Facultad de Ingeniería Mecánica.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Safety rules for the construction and installation of lifts - Special lifts for the transport of persons and goods - Part 41: Vertical lifting platforms intended for use by persons with impaired mobility. Brussels: CEN, 2008. 97 p. (prEN 81-41).

GALLEGO HENAO, Andrés Uriel. Decreto número 1660 de 2003 [Documento electrónico]. Bogotá: Ministerio de Transporte. 16 junio de 2003. (Citada: 18 marzo 2009) http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Normas/archivo/Decreto_1660_2003.pdf.

HIBBELER, R.C. Mecánica de materiales. 3 ed. México, Prentice-Hall, 1998. 856 p. ISBN 0-13-256983-3.

HILTI, INC. Hilti Norteamérica Kwik Bolt 3. Suplemento Guía Técnica de Producto: Guía para especificaciones e Instalación. Tulsa. Hilti Corporation. 2005. 22 p.

MUÑOZ VÁSQUEZ, Luís Alejandro. Diseño de un bastidor de cabina para equipos de tracción con suspensión 1:1 para la empresa Coservicios S.A. Medellín, 2007, 163 p. Trabajo de grado (Ingeniero de Diseño de Producto). Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto.

PAHL, Gerhard and BEITZ, Wolfgang. Engineering design: a systematic approach. London: The Design Council, 1988. 397 p. ISBN 0 85072 239 X.

TÍTULOS PUBLICADOS EN ESTA COLECCIÓN

Copia disponible www.eafit.edu.co/investigacion

Cuaderno 1 – Marzo 2002

*SECTOR BANCARIO Y COYUNTURA ECONÓMICA
EL CASO COLOMBIANO 1990 – 2000*

Alberto Jaramillo, Adriana Ángel Jiménez,
Andrea Restrepo Ramírez, Ana Serrano Domínguez y
Juan Sebastián Maya Arango

Cuaderno 2 – Julio 2002

*CUERPOS Y CONTROLES, FORMAS DE
REGULACIÓN CIVIL. DISCURSOS Y PRÁCTICAS EN
MEDELLÍN 1948 – 1952*

Cruz Elena Espinal Pérez

Cuaderno 3 – Agosto 2002

UNA INTRODUCCIÓN AL USO DE LAPACK

Carlos E. Mejía, Tomás Restrepo y Christian Trefftz

Cuaderno 4 – Septiembre 2002

*LAS MARCAS PROPIAS DESDE
LA PERSPECTIVA DEL FABRICANTE*

Belisario Cabrejos Doig

Cuaderno 5 – Septiembre 2002

*INFERENCIA VISUAL PARA LOS SISTEMAS
DEDUCTIVOS LBPCO, LBPC Y LBPO*

Manuel Sierra Aristizábal

Cuaderno 6 – Noviembre 2002

*LO COLECTIVO EN LA CONSTITUCIÓN
DE 1991*

Ana Victoria Vásquez Cárdenas,
Mario Alberto Montoya Brand

Cuaderno 7 – Febrero 2003

*ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS BENEFICIOS
DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS EN
COLOMBIA,
1995 – 2000*

Alberto Jaramillo (Coordinador),
Juan Sebastián Maya Arango, Hermilson Velásquez
Ceballos, Javier Santiago Ortiz,
Lina Marcela Cardona Sosa

Cuaderno 8 – Marzo 2003

*LOS DILEMAS DEL RECTOR: EL CASO DE
LA UNIVERSIDAD EAFIT*

Álvaro Pineda Botero

Cuaderno 9 – Abril 2003

INFORME DE COYUNTURA: ABRIL DE 2003
Grupo de Análisis de Coyuntura Económica

Cuaderno 10 – Mayo 2003

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Escuela de Administración
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 11 – Junio 2003

*GRUPOS DE INVESTIGACIÓN ESCUELA DE
CIENCIAS Y HUMANIDADES, ESCUELA DE
DERECHO, CENTRO DE IDIOMAS Y
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ESTUDIANTIL*

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 12 – Junio 2003

*GRUPOS DE INVESTIGACIÓN –
ESCUELA DE INGENIERÍA*

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 13 – Julio 2003
*PROGRAMA JÓVENES INVESTIGADORES –
COLCIENCIAS: EL ÁREA DE LIBRE COMERCIO DE
LAS AMÉRICAS Y
LAS NEGOCIACIONES DE SERVICIOS*
Grupo de Estudios en Economía y Empresa

Cuaderno 14 – Noviembre 2003
BIBLIOGRAFÍA DE LA NOVELA COLOMBIANA
Álvaro Pineda Botero, Sandra Isabel Pérez,
María del Carmen Rosero y María Graciela Calle

Cuaderno 15 – Febrero 2004
PUBLICACIONES Y PONENCIA 2003
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 16 – Marzo 2004
*LA APLICACIÓN DEL DERECHO EN LOS SISTEMAS
JURÍDICOS CONSTITUCIONALIZADOS*
Gloria Patricia Lopera Mesa

Cuaderno 17 – Mayo 2004
*PRODUCTOS Y SERVICIOS FINANCIEROS A GRAN
ESCALA PARA LA MICROEMPRESA: HACIA UN
MODELO VIABLE*
Nicolás Ossa Betancur

Cuaderno 18 – Mayo 2004
*ARTÍCULOS RESULTADO DE LOS PROYECTOS DE
GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN QUE SE GRADUARON
EN EL 2003*
Departamento de Ingeniería de Producción

Cuaderno 19 – Junio 2004
*ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN
EL AÑO 2003*
Departamento de Ingeniería Mecánica

Cuaderno 20 – Junio 2004
*ARTÍCULOS RESULTADO DE LOS PROYECTOS DE
GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA DE PROCESOS QUE SE GRADUARON
EN EL 2003*
Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 21 – Agosto 2004
*ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DE LA AVENIDA
TORRENCIAL DEL 31 DE ENERO DE 1994 EN LA
CUENCA DEL RÍO FRAILE Y
SUS FENÓMENOS ASOCIADOS*
Juan Luis González, Omar Alberto Chavez,
Michel Hermelín

Cuaderno 22 – Agosto 2004
*DIFERENCIAS Y SIMILITUDES EN LAS TEORÍAS DEL
CRECIMIENTO ECONÓMICO*
Marleny Cardona Acevedo, Francisco Zuluaga Díaz,
Carlos Andrés Cano Gamboa,
Carolina Gómez Alvis

Cuaderno 23 – Agosto 2004
GUIDELINES FOR ORAL ASSESSMENT
Grupo de investigación Centro de Idiomas

Cuaderno 24 – Octubre 2004
*REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN
DESDE EAFIT*
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 25 – Septiembre 2004
*LAS MARCAS PROPIAS DESDE
LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR FINAL*
Belisario Cabrejos Doig

Cuaderno 26 – Febrero 2005
PUBLICACIONES Y PONENCIAS -2004-
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 27 – Marzo 2005

EL MERCADEO EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN – 15 AÑOS DESPUÉS -

Belisario Cabrejos Doig

Cuaderno 28 – Abril 2005

LA SOCIOLOGÍA FRENTE A LOS ESPEJOS DEL TIEMPO: MODERNIDAD, POSTMODERNIDAD Y GLOBALIZACIÓN

Miguel Ángel Beltrán, Marleny Cardona Acevedo

Cuaderno 29 – Abril 2005

“OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA DE CIANURO”

Grupo de investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-

Cuaderno 30 – Mayo 2005

EVALUACIÓN A ESCALA DE PLANTA PILOTO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO, BAJO LA FILOSOFÍA “CERO EMISIONES”

Grupo de investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-

Cuaderno 31 – Junio 2005

LA DEMANDA POR FORMACIÓN PERMANENTE Y CONSULTORÍA UNIVERSITARIA

Enrique Barriga Manrique

Cuaderno 32 – Junio 2005

ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2004

Escuela de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica

Cuaderno 33 – Julio 2005

PULVERIZACIÓN DE COLORANTES NATURALES POR SECADO POR AUTOMIZACIÓN

Grupo de investigación Desarrollo y

Diseño de Procesos -DDP-

Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 34 – Julio 2005

“FOTODEGRADACIÓN DE SOLUCIONES DE CLOROFENOL-CROMO Y TOLUENO-BENCENO UTILIZANDO COMO CATALIZADOR MEZCLA DE DIÓXIDO DE TITANIO (TiO₂), BENTONITA Y CENIZA VOLANTE”

Grupo de investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-

Edison Gil Pavas

Cuaderno 35 – Septiembre 2005

HACIA UN MODELO DE FORMACIÓN CONTINUADA DE DOCENTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL USO PEDAGÓGICO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

Claudia María Zea R., María del Rosario Atuesta V., Gustavo Adolfo Villegas L., Patricia Toro P., Beatriz Nicholls E., Natalia Foronda V.

Cuaderno 36 – Septiembre 2005

ELABORACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA EL ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CAMBIO ASOCIADOS CON LA IMPLANTACIÓN DEL TPM EN COLOMBIA

Grupos de investigación:

Grupo de Estudios de la Gerencia en Colombia

Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI)

Cuaderno 37 – Septiembre 2005

PRODUCTOS Y SERVICIOS FINANCIEROS A GRAN ESCALA PARA LA MICROEMPRESA COLOMBIANA

Nicolás Ossa Betancur

Grupo de investigación en Finanzas y Banca

Área Microfinanzas

Cuaderno 38 – Noviembre 2005

PROCESO “ACOPLADO” FÍSICO-QUÍMICO Y BIOTECNOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON CIANURO

Grupo de investigación Procesos Ambientales y

Biotecnológicos -GIPAB-

Cuaderno 39 – Febrero 2006
LECTURE NOTES ON NUMERICAL ANALYSIS
Manuel Julio García R.
Department of Mechanical Engineering

Cuaderno 40 – Febrero 2006
MÉTODOS DIRECTOS PARA LA SOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES SIMÉTRICOS, INDEFINIDOS, DISPERSOS Y DE GRAN DIMENSIÓN
Juan David Jaramillo Jaramillo, Antonio M. Vidal Maciá, Francisco José Correa Zabala

Cuaderno 41- Marzo 2006
PUBLICACIONES, PONENCIAS, PATENTES Y REGISTROS 2005
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 42- Mayo 2006
A PROPÓSITO DE LA DISCUSIÓN SOBRE EL DERECHO PENAL “MODERNO” Y LA SOCIEDAD DEL RIESGO
Diana Patricia Arias Holguín
Grupo de Estudios Penales (GEP)

Cuaderno 43- Junio 2006
ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2005
Departamento de Ingeniería Mecánica
Escuela de Ingeniería

Cuaderno 44- Junio 2006
EL “ACTUAR EN LUGAR DE OTRO” EN EL CÓDIGO PENAL COLOMBIANO, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PROBLEMAS MÁS RELEVANTES DE LA FÓRMULA DEL ART. 29 INCISO 3
Susana Escobar Vélez
Grupo de Estudios Penales (GEP)

Cuaderno 45- Septiembre 2006
ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2004 Y EN EL 2005-1
Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto
Escuela de Ingeniería

Cuaderno 46- Octubre 2006
COMENTARIOS A VISIÓN COLOMBIA II CENTENARIO: 2019
Andrés Ramírez H., Mauricio Ramírez Gómez y Marleny Cardona Acevedo
Profesores del Departamento de Economía
Antonio Barboza V., Gloria Patricia Lopera M., José David Posada B. y José A. Toro V.
Profesores del Departamento de Derecho
Carolina Ariza Z. – *Estudiante de Derecho*
Saúl Echavarría Yepes-*Departamento de Humanidades*

Cuaderno 47- Octubre 2006
LA DELINCUENCIA EN LA EMPRESA: PROBLEMAS DE AUTORÍA Y PARTICIPACIÓN EN DELITOS COMUNES
Grupo de Estudios Penales (GEP)
Maximiliano A. Aramburo C.

Cuaderno 48 – Octubre 2006
GUIDELINES FOR TEACHING AND ASSESSING WRITING
Grupo de investigación – Centro de Idiomas (GICI)
Ana Muñoz, Sandra Gaviria, Marcela Palacio

Cuaderno 49 – Noviembre 2006
APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOCATALÍTICOS PARA LA DESTRUCCIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS Y OTRAS SUSTANCIAS EN FUENTES HÍDRICAS
Grupo de investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-
Edison Gil Pavas, Kevin Molina Tirado

Cuaderno 50 – Noviembre 2006
***PROPUESTAS METODOLÓGICAS EN
LA CONSTRUCCIÓN DE CAMPOS PROBLEMÁTICOS
DESDE EL CICLO DE VIDA DE LAS FIRMAS Y EL
CRECIMIENTO INDUSTRIAL DE LAS MIPYMES***
Grupo de Estudios Sectoriales y Territoriales
Departamento de Economía
Escuela de Administración
Marleny Cardona Acevedo
Carlos Andrés Cano Gamboa

Cuaderno 51 – Enero 2007
***PRODUCTO DE TELEPRESENCIA PARA
LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN
EL ÁMBITO NACIONAL***
Departamento de Ingeniería de Sistemas
Departamento de Ciencias Básicas
Helmuth Treftz Gómez, Pedro Vicente Esteban Duarte
Andrés Quiroz Hernández, Faber Giraldo Velásquez
Edgar Villegas Iriarte

Cuaderno 52 – Febrero 2007
***PATRONES DE COMPRA Y USO DE VESTUARIO
MASCULINO Y FEMENINO EN
LA CIUDAD DE MEDELLÍN***
Departamento de Mercadeo
Belisario Cabrejos

Cuaderno 53 – Febrero 2007
***EL DEBATE SOBRE LA MODERNIZACIÓN
DEL DERECHO PENAL***
Materiales de investigación
Grupo de investigación
Grupo de Estudios Penales (GEP)
Juan Oberto Sotomayor Acosta,
Diana María Restrepo Rodríguez

Cuaderno 54 – Marzo 2007
***ASPECTOS NORMATIVOS DE LA INVERSIÓN
EXTRANJERA EN COLOMBIA: Una mirada a la luz de
las teorías de las Relaciones Internacionales***
Pilar Victoria Cerón Zapata y
Grupo de investigación en Inversión Extranjera:
Sabina Argáez, Lina Arbeláez y Luisa Victoria Euse

Cuaderno 55 – Abril 2007
***PUBLICACIONES, PONENCIAS,
PATENTES Y REGISTROS 2006***
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 56 – Abril 2007
***CAPITAL HUMANO: UNA MIRADA DESDE
LA EDUCACIÓN Y LA EXPERIENCIA LABORAL***
Marleny Cardona Acevedo, Isabel Cristina Montes
Gutiérrez, Juan José Vásquez Maya,
María Natalia Villegas González, Tatiana Brito Mejía
Semillero de investigación en Economía de EAFIT
–SIEDE–
Grupo de Estudios Sectoriales y Territoriales –ESyT–

Cuaderno 57 – Mayo 2007
***ESTADO DEL ARTE EN EL ESTUDIO DE
LA NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL***
María Alejandra Calle
Departamento de Negocios Internacionales
Escuela de Administración

Cuaderno 58 – Diciembre 2008
***ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN
EL AÑO 2006***
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

Cuaderno 59- Octubre 2007

DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS (DNP)

Jorge E. Devia Pineda, Ph.D.

Grupo de investigación Desarrollo y Diseño de Procesos y Productos -DDP-

Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 60- Marzo 2008

ARTÍCULOS DE PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO QUE SE GRADUARON DESDE EL 2005-2 HASTA EL 2007-1

Grupo de investigación en Ingeniería de Diseño

Cuaderno 61- Marzo 2008

MEMORIAS CÁTEDRA ABIERTA TEORÍA ECONÓMICA

Marleny Cardona Acevedo, Danny Múnera Barrera, Alberto Jaramillo Jaramillo, Germán Darío Valencia Agudelo, Sol Bibiana Mora Rendón

Cuaderno 62- Abril 2008

PUBLICACIONES, PONENCIAS, PATENTES Y REGISTROS - 2007

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 63- Junio 2008

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2006

Escuela de Ingeniería

Cuaderno 64- Junio 2008

PROYECTOS DE GRADO INGENIERÍA DE SISTEMAS 2006-2007

Ingeniería de Sistemas

Cuaderno 65- Junio 2008

APLICACIÓN DE LA ELECTROQUÍMICA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Grupo de investigación en procesos ambientales y biotecnológicos

Línea de investigación: Procesos Avanzados de Oxidación

Cuaderno 66- Junio 2008

COMPARATIVE ANALYSES OF POLICIES, LEGAL BASIS AND REALITY OF SME FINANCING IN CHINA AND COLOMBIA

Marleny Cardona A., Isabel Cristina Montes G., Carlos Andrés Cano G., Bei Gao

Grupo de Estudios Sectoriales y Territoriales -ESYT-
Departamento de Economía

Cuaderno 67- Septiembre 2008

ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN EL 2007

Ingeniería Mecánica

Cuaderno 68- Septiembre 2008

EL BANCO DE LAS OPORTUNIDADES DE MEDELLÍN

Caso de investigación

Ernesto Barrera Duque

Grupo de investigación la Gerencia en Colombia

Cuaderno 69- Noviembre 2008

LAS DIMENSIONES DEL EMPRENDIMIENTO EMPRESARIAL: LA EXPERIENCIA DE LOS PROGRAMAS CULTURA E Y FONDO EMPRENDER EN MEDELLÍN

Marleny Cardona A., Luz Dinora Vera A., Juliana Tabares Quiroz

Grupo de Estudios Sectoriales y Territoriales -ESYT-
Departamento de Economía

Cuaderno 70- Diciembre 2008

LA INSERCIÓN DE LA REPÚBLICA POPULAR CHINA EN EL NORESTE ASIÁTICO DESDE LOS AÑOS 1970: ¿HACIA UN NUEVO REGIONALISMO?

Informe final proyecto de investigación

Adriana Roldán Pérez, Melissa Eusse Giraldo,

Luz Elena Hoyos Ramírez y

Carolina Duque Tobón

Cuaderno 71 - Marzo 2009
PROYECTOS DE GRADO 2008
Artículos
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 72 - Abril 2009
**PUBLICACIONES, PONENCIAS, PATENTES,
REGISTROS Y EMPRENDIMIENTOS 2008**
Dirección de Investigación y Docencia
Universidad EAFIT

Cuaderno 73 - Mayo 2009
EL CASO COCA NASA.
*Análisis Jurídico de la política del Estado
Colombiano en materia de comercialización de
alimentos y bebidas derivados de hoja de coca
producidos por comunidades indígenas*
Nicolás Ceballos Bedoya
Grupo de investigación "Justicia y Conflicto"
Escuela de Derecho

Cuaderno 74 - Junio 2009
**ARTÍCULOS DE PROYECTO DE GRADO
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON
EN EL 2008**
Ingeniería Mecánica

Cuaderno 75 - Agosto 2009
**INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE
PRODUCTOS**
Jorge E. Devia Pineda, Elizabeth Ocampo C.,
Astrid Eliana Jiménez R., María Angélica Jiménez F.,
Sandra Milena Orrego L., Ana Lucía Orozco G.
Grupo de Investigación Desarrollo y Diseño de
Procesos y Productos -DDP-
Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 76 - Agosto 2009
**ARTÍCULOS DE PROYECTO DE GRADO
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA DE SISTEMAS
SEMESTRES 2008-1, 2008-2 Y 2009-1**
Departamento de Ingeniería de Sistemas

Cuaderno 77 - Agosto 2009
**ESTUDIO LONGITUDINAL DE LOS PROCESOS
DE IMPLANTACIÓN DE TPM EN UNA EMPRESA
DEL SECTOR AUTOMOTRIZ (SOFASA), Y
LA DINÁMICA DE CAMBIO SEGUIDA**
Gustavo Villegas López, Director del proyecto e
Investigador principal EAFIT
Alfonso Vélez Rodríguez, Investigador principal EAFIT
Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (Gemi)
Escuela de Ingenierías
Departamento de Ingeniería Mecánica
Grupo de Estudios de Gerencia en Colombia
Escuela de Administración
Departamento de Organización y Gerencia

Cuaderno 78 - Noviembre 2009
**SOBRE LA INTERNACIONALIZACIÓN DE
LA JUSTICIA PENAL O EL DERECHO PENAL COMO
INSTRUMENTO DE GUERRA**
Daniel Ariza Zapata
Grupo de investigación Justicia y Conflicto
(Grupo de estudios de Derecho penal y
filosofía del derecho)
Escuela de Derecho

Cuaderno 79 - Enero 2010
**INDUSTRIALIZACIÓN DE LA RIQUEZA VEGETAL:
OPORTUNIDADES SOCIALES Y ECONÓMICAS**
Jorge E. Devia Pineda, Elizabeth Ocampo C.,
Luis Alejandro Betancur G., Juliana Hernández G.,
Juliana Zapata N., Juliana Botero R.,
Ana Lucía Carmona C.
Grupo de investigación Desarrollo y Diseño de Procesos
-DDP-
Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 80 - Marzo 2010
*PUBLICACIONES, PONENCIAS, PATENTES,
REGISTROS Y EMPRENDIMIENTOS 2009*
Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 81 - Abril 2010
*ANÁLISIS DE LA DESERCIÓN ESTUDIANTIL EN
LOS PROGRAMAS DE PREGRADO DE
LA UNIVERSIDAD EAFIT*
Isabel Cristina Montes Gutiérrez,
Paula María Almonacid Hurtado,
Sebastián Gómez Cardona,
Francisco Iván Zuluaga Díaz,
Esteban Tamayo Zea
Grupo de Investigación Estudios en Economía y Empresa
Departamento de Economía
Escuela de Administración

Cuaderno 82 - Mayo 2010
*LOS AVATARES DE UNA GUERRA INNOMINADA
APUNTES ACERCA DE LA CARACTERIZACIÓN Y
DENOMINACIÓN DEL CONFLICTO ARMADO
COLOMBIANO*
Carolina Ariza Zapata
Nataly Montoya Restrepo
Grupo de Investigación Derecho y Poder
Escuela de Derecho

Cuaderno 83 - Agosto 2010
*ARTÍCULOS DE PROYECTO DE GRADO
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON
EN EL 2009*
Ingeniería Mecánica