

Academia de Diseño y Control de Sistemas






PRESIDENTE: Dr. Víctor Hugo Benítez Baltazar
SECRETARIO: Dra. María Elena Anaya Pérez

ACTA (1/2017-2)

FECHA 08/09/2017

9:00–10:00 H

LUGAR EDIFICIO 5 "M"
AULA 202

| | |
|-------------------------------|--|
| REUNIÓN CONVOCADA POR | Víctor Hugo Benítez Baltazar |
| TIPO DE REUNIÓN | Ordinaria |
| ORGANIZADOR | Víctor Hugo Benítez Baltazar |
| MODERADOR | Víctor Hugo Benítez Baltazar |
| ASISTENTES PERMANENTES | FIRMA |
| María Elena Anaya Pérez |  |
| Víctor Hugo Benítez Baltazar |  |
| Víctor Manuel Herrera Jiménez |  |
| Jesús Horacio Pacheco Ramírez |  |
| Nun Pitalúa Díaz |  |
| ASISTENTES ASOCIADOS | FIRMA |
| | |
| | |
| ASISTENTES INVITADOS | FIRMA |
| NA | |

Temas del orden del día

1. Aprobación de Acta 7/2017-1
2. Revisión de la formación de estudiantes en proyectos de investigación
3. Estancia académica de Nun Pitalúa
4. Registro de Proyectos de investigación
5. Selección de nuevo Presidente de Academia
6. Asuntos generales

1. APROBACIÓN DE ACTA 7/2017-1

| | | | |
|------------------|---|-------|--|
| DISCUSIÓN | Se da lectura a acta 7/2017-1 | | |
| CONCLUSIONES | Se llevó a cabo la aprobación de acta 7/2017-1 (última del semestre 2017-1) | | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO | |
| | | | |

2. REVISIÓN DE LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

| | | | |
|---|--|----------------|--|
| DISCUSIÓN | <p>Benitez: José Emanuel Angulo, alumno del programa de maestría, presentó ponencia en congreso internacional, "Automatización de una planta que realiza el análisis de propiedades térmicas en sistemas constructivos", a quien dirigió para participar en tal actividad. Datos del evento: 4o Congresso Internacional de Desenvolvimento da Engenharia Industrial, 30 e 31 de maio e 1o de junho de 2017 - UNISOCIESC, Joinville, Brasil. Engenharia Industrial: o elo de desenvolvimento social e empresarial. Se anexa copia del artículo.</p> <p>Anaya: Alejandro Chan Amaya, alumno también del programa de maestría, presentó ponencia en un congreso internacional con título "A methodology to determine the level of automation to improve the production process and reduce the ergonomics", Evento: The 6th International Conference on Manufacturing Engineering and Process, llevado a cabo del 27 al 29 Mayo del presente año en Lisboa, Portugal. Se adjuntan copias del certificado de participación del alumno, índice de ponencias del evento, así como del artículo.</p> | | |
| CONCLUSIONES | Aprobado. | | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO | |
| Enviar información al H. Consejo Divisional para seguir con el trámite de aprobación. | Benitez | 5 días hábiles | |

3. ESTANCIA ACADÉMICA DE NUN PITALÚA

| | | | |
|------------------|--|-------|--|
| DISCUSIÓN | <p>Pitalúa: Expone que está invitado a realizar una Estancia en CIATEJ, el 2 al 13 de octubre, del presente año. Compromiso de un producto tipo artículo publicado.</p> | | |
| CONCLUSIONES | Aprobado para que interesado continúe con trámites. | | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO | |
| | | | |

4. REGISTRO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

| | | | |
|------------------|--|-------|--|
| DISCUSIÓN | No se presentaron proyectos de investigación | | |
| CONCLUSIONES | | | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO | |
| | | | |

5. PROPUESTA DE NUEVO PRESIDENTE DE ACADEMIA

| | | | |
|---|--|----------------|--|
| DISCUSIÓN | <p>Benitez: Solicita a quienes estén interesados en tomar la presidencia de la academia que lo expresen de manera voluntaria. Herrera: Expresa su interés por atender la responsabilidad como presidente de academia para los próximos dos años. Anaya: Solicita mantenerse como Secretaria de la Academia.</p> | | |
| CONCLUSIONES | Aprobado | | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO | |
| Comunicar al Jefe del Departamento de la propuesta, obtenida por unanimidad, de parte de los miembros de la academia. | Benitez | 5 días hábiles | |

6. ASUNTOS GENERALES

| | | | |
|-----------|--|--|--|
| DISCUSIÓN | <p>Pacheco: Asistirá a un Congreso Internacional en la cd. de Tucson Az., a impartir una conferencia, del 18 al 22 de septiembre del presente año. Datos del evento: 2017 IEEE International Conference on Cloud and Autonomic Computing (ICCAC). The University of Arizona, Tucson, AZ, USA.</p> | | |
|-----------|--|--|--|

| | | |
|------------------|-------------|-------|
| CONCLUSIONES | Aprobado | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO |
| | | |

| | | |
|--|--|--|
| DISCUSIÓN | Benitez: Propuesta sobre enviar, al secretario(a) de la academia, el archivo que genera el sistema de reporte de actividades y plan de actividades, cada miembro permanente de la academia, con la finalidad de llevar a cabo con mayor agilidad las reuniones en este rubro. | |
| CONCLUSIONES | Aprobado | |
| PLANES DE ACCIÓN | RESPONSABLE | PLAZO |
| Llevar a cabo la actividad propuesta en tiempo y forma | Miembros permanentes de la academia | Siguiente reunión que incluya la actividad en cuestión |

28 MAY

ICMEP CONFERENCE 2017

2017



PARTICIPATION

This Certificate of Participation to acknowledge
your dedication to this conference

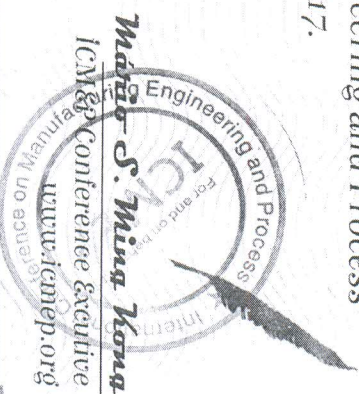
Alexandra Rosa Amaya

Paper Title: A Methodology to Determine the Level of Automation to Improve the Production Process and Reduce the Ergonomics Index (EP0004)

for your excellent oral presentation at the conference and your significant contribution to the success of 2017 The 6th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2017). University Lisbon, Portugal, May 27-29, 2017.

Session Chair

[Signature]



Margarita S. Mingos
ICMEP Conference Executive
www.icmep.org

This site uses cookies. By continuing to use this site you agree to our use of cookies. To find out more, see our [Privacy and Cookies policy](#).

Journal of Physics: Conference Series

PAPER • OPEN ACCESS

A methodology to determine the level of automation to improve the production process and reduce the ergonomics index

Alejandro Chan-Amaya, María Elena Anaya-Pérez and Víctor Hugo Benítez-Baltazar
 Published under licence by IOP Publishing Ltd
 Journal of Physics: Conference Series, Volume 885, conference.1



References ▾

+ Article information

Abstract

Companies are constantly looking for improvements in productivity to increase their competitiveness. The use of automation technologies is a tool that have been proven to be effective to achieve this. There are companies that are not familiar with the process to acquire automation technologies, therefore, they abstain from investments and thereby miss the opportunity to take

13 Total downloads

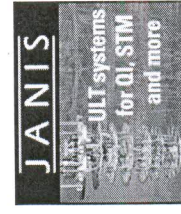
Turn on MathJax

Share this article



Related content

- JOURNAL ARTICLES**
- Devices for Observatory Automation
 - Automation of a Commercial Astronomical Telescope
 - A study on the production processes of granulated iron
 - The Automation of the Wisconsin Echelle Spectrograph
 - INDUSTRIE 4.0 - Automation in weft knitting technology
 - Automation of the electron-beam welding process



Abstract

References

PAPER • OPEN ACCESS

A methodology to determine the level of automation to improve the production process and reduce the ergonomics index

To cite this article: Alejandro Chan-Amaya *et al* 2017 *J. Phys.: Conf. Ser.* **885** 012013

View the [article online](#) for updates and enhancements.

Related content

- [DEVICES FOR OBSERVATORY AUTOMATION](#)
R. K. Honeycutt, B. R. Adams, D. J. Swearingen *et al.*
- [AUTOMATION OF A COMMERCIAL ASTRONOMICAL TELESCOPE](#)
Anthony Mallama
- [A study on the production processes of granulated iron](#)
O I Nokhrina, I D Rozhikhina and I E Khodosov

A methodology to determine the level of automation to improve the production process and reduce the ergonomics index

Alejandro Chan-Amaya^{1, a}, María Elena Anaya-Pérez^{2, b} Víctor Hugo Benítez-Baltazar^{3, c}

Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales Hermosillo, Sonora México. C.P. 83000

^aalejandrochan12@gmail.com, ^belena.anaya@unison.mx,
^cvbenitez@industrial.uson.mx

Abstract. Companies are constantly looking for improvements in productivity to increase their competitiveness. The use of automation technologies is a tool that have been proven to be effective to achieve this. There are companies that are not familiar with the process to acquire automation technologies, therefore, they abstain from investments and thereby miss the opportunity to take advantage of it. The present document proposes a methodology to determine the level of automation appropriate for the production process and thus minimize automation and improve production taking in consideration the ergonomics factor.

1. Introduction

The rapid mechanization and automation development of production process during the last century, was largely driven by human desire to reduce the proportion of manpower and thus improve the productivity of industrial facilities. The industry aims to find approaches that allow the production of high quality products at low cost [1].

Companies are constantly looking for improvements in productivity to increase their competitiveness. The use of automation technology is a tool that has been proven to achieve this, but it does not ensure advantageous results. One of the keys for a successful investment and implementation of automated equipment is the choice of the right technology, the type and level of automation that best suits the company, its needs, objectives and prerequisites. There are companies that are not familiar with this process, therefore, they abstain from investments and thereby miss the opportunity to take advantage of existing technology [2].

In the 80's there was an ambition to create factories that were totally automated, nowadays most of the automatic systems within the manufacturing are semiautomatic, consisting of the combination of automatic and manual tasks [3]. Research has demonstrated the importance of integrating human beings and technology into automated manufacturing to support sustainable and robust manufacturing systems. The relationship between humans and technology can be seen as activities that are performed entirely manually to fully automate, sharing tasks between human and technology. This concept is called levels of automation (LoA) [4].



2. Levels of automation

Automation does not necessarily refer to modernization or technological innovation, For example, updating a computer with a powerfull system does not necessarily constitute automation, therefore, automation can be defined as a device or system that accomplishes (partially or fully) a function that was previously could be carried out by a human operator [5].

Frequently it is said that the progression from manual operations to fully automated operations is done in a single step, that is, when operators are replaced by modern robots or machines. However, this is not entirely true. Manual operations are defined as work done by hand and not by machine, and machines, in the same way are defined as instruments designed to transmit or modify the application of energy, force or movement. The manual term can then be defined as the work done without any tool or support [3]. This implies that automation is not all or none, but can vary across a continuum of levels, from the lowest level of full manual throughput to the highest level of complete automation [5]. Therefore, giving the tools to the user or other support to achieve the task, can be seen as increasing the level of automation [3]. Table 1 shows the different levels of automation. LoA, mechanical and information levels can be interpreted as a 7x7 matrix with 49 possible combinations. The 49 possible solutions are then limited to a relative maximum and minimum level and create a framework of possible solutions (SoPI) based on company goals, ergonomics, environmental issues, investments, among others [6].

Table1. Scale automation levels for mechanical and computerized tasks

| LoA | Mechanical and Equipment Level of Automation (Mechanical LoA) | Information and Control Level of Automation (Information LoA) |
|-----|--|--|
| 1 | Totally manual | Totally manual |
| 2 | Static hand tool | Decision giving |
| 3 | Flexible hand tool | Teaching |
| 4 | Automated hand tool | Questioning |
| 5 | Static machine/workstation | Supervision |
| 6 | Flexible machine/workstation | Intervene |
| 7 | Totally automatic | Totally automated |

3. Case study

In areas of manual operations workers commonly make mistakes in their activities for different reasons, among them: distractions, fatigue and repetitive activities. Because of the above; has a direct impact on production and ergonomics, since in many cases the target is not achieve, thus raising the costs of manufacturing. The industrialization and process automation, especially in the industry of electric harnesses for the automotive market, must be with a very high level of quality and for this it is necessary an exhaustive supervision of each step to be realized during the manufacture.

The present work will be carried out in an automotive industry located in Mexico, the company is dedicated to carry out several processes, and one of them is the tape process of harnesses for automobiles, the process is showed in figure 1. The company seeks to increase its productivity and improve the ergonomic index through making use of technology.

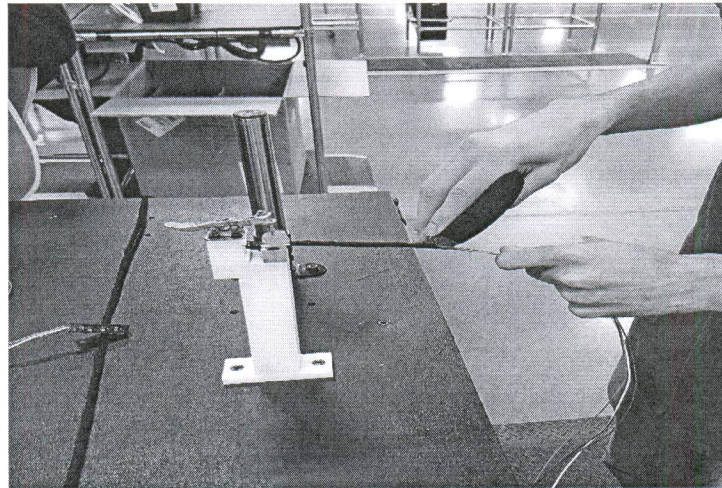


Figure 1. Tape process harness.

It is proposed a methodology that allows to make the selection of the appropriate level of automation which will lead to the result expected by the company, this methodology is based on a previous work developed by the authors Fasth et al. [7] consisting in 4 steps to develop, which is presented in figure 2.

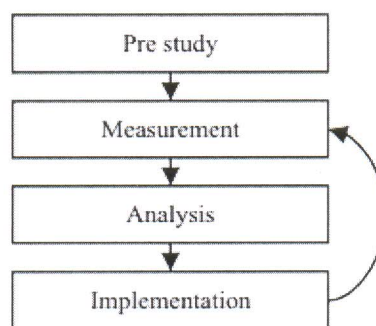


Figure 2. Phases in the measurement methodology [7].

3.1. *Pre study*

This step consists in defining in how it is the current situation of the process to study and to know the characteristics with which the operation is currently being carried out, the following is a list of the tasks that have to be performed in order to complete the current phase:

- Select process to study
- Walk the process and know it
- Perform Value Stream Mapping (VSM) to identify flows and parameters

3.2. *Measurement*

This phase aims to disaggregate each of the activities performed by the operators in each of the workstation stations, as well as to measure the level of automation in the process. The activities to be performed in this phase are shown:

- Ergonomic analysis
- Measurement of automation level
- Document results

3.3. Analysis

This phase of the methodology aims to determine the minimum and maximum level for each of the operations of the work center, with them design different proposals with the improvements that are intended to perform and finally analyze these possible improvements with respect to the parameters that were obtained in phase one, the tasks to be performed are the following:

- Conduct a workshop to determine the minimum and maximum level of automation
- Design of proposals
- Analysis of proposals

3.4. Implementation

The objective of the last phase is to visualize the different proposals that resulted in the previous phase based on the objectives and desire of the company, once selected the proposal will proceed to design the new work center (electrical, mechanical, Location of stations). In this phase, it is intended to make the implementation once the design is finished and to follow up to see the effect that was obtained after the implementation, it is worth mentioning that in this phase it is possible to return to phase two if necessary. This phase is divided into 4 tasks:

- View suggestions
- Station layout
- Implementation
- Tracing

4. Partial results

This chapter presents the partial results of the methodology proposed in the previous section, describing the results to date.

In order to do any work on this process, first step is to understand how it works, this is the goal that has this stage, in other words, information about the number of operators for that work center, the flow of the Parts within the process, the cycle times of each operation.

As a result of this stage was a lay out of the work center shown in figure 3, it can be observed the current design of the work center the location of the operators and the flow of the product and the VSM showing on figure 4.

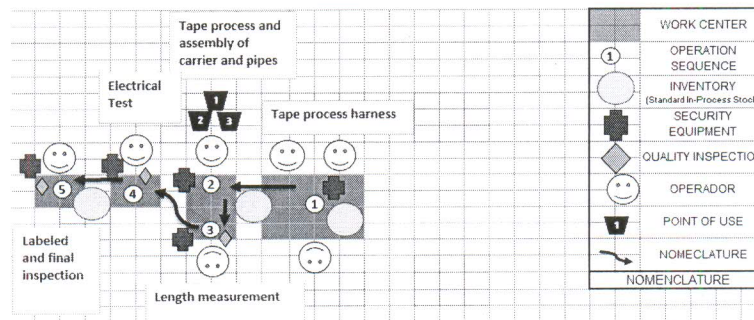


Figure 3. Plan of the work center under study (own design using company format).

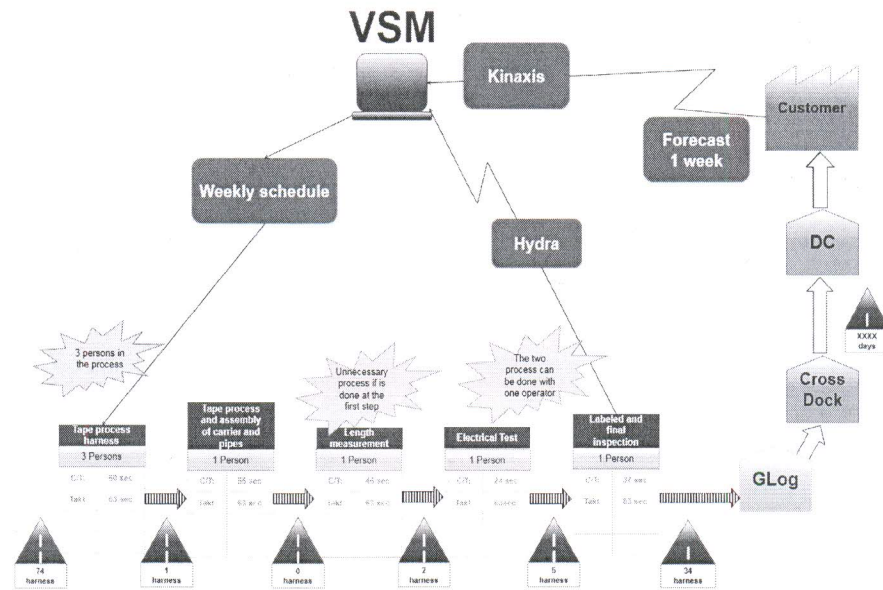


Figure 4. VSM of work center on study (own design using company format).

Developing a VSM, several possible improvements were found, and two of them are intended to be carried out with this project, in both cases reduce the number of operators and consequently the ergonomic index.

Once the process is known and the necessary parameters are obtained, the ergonomic study is carried out (this study was carried out by the Department of Safety and Hygiene), the results are showing on figure 5, where it is say the risk of performing is moderate. One of the company’s goals are to improve this index.

| Section I Scores | Neck | Shoulder | Back | Arm & Elbow | Wrists | Hands | Legs | Static Postures |
|---------------------|---|----------|-----------|-------------|--------|-------|------|-----------------|
| | 15 | 5 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 5 |
| Risk Ranking | Greater than 85 = High 45 to 84 = Moderate 44 or Less = Low | | 45 | | | | | |

Figure 5. Results of the ergonomic study (company format)

Currently, we are working on phase two where the measurements of automation level is carried it out and at the same time, we are looking for different ways to simulate the resulting future solutions.

5. Conclusion

With the implementation to a plant level of automatic systems in the different processes, the company can benefit not only production, but also performance, and product quality, as well as ergonomics. In order to obtain these desired benefits, it is necessary to determine and analyze the level of automation that the process requires for a better result and to achieve minimization of automation costs.

So that the above is possible to know the current situation of the company in terms of flow, times and automation, in order to know the areas of opportunity that has, in this way, make proposals guided by the needs and objectives of the company.

Acknowledgments

This research was supported/partially supported by University of Sonora.

We thank Rodriguez Hector for his assistance in giving the opportunity to develop this project inside the facilities.

References

- [1] Aristova, N.I., 2014. Controlling Automation Level in Robot Production. *Perfect and Stochastic Schemes.* , 75(9), pp.1637–1645.
- [2] Friedler, N., Salonen, A. & Johansson, C., 2013. The automation equipment acquisition process – experienced users’ perspective
- [3] Frohm, J., 2008. Levels of Automation in Manufacturing. , 1(28), pp.1–28.
- [4] Lindström, V. & Winroth, M., 2010. Aligning manufacturing strategy and levels of automation: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 27(3–4), pp.148–159
- [5] Parasuraman, R., Sheridan, T. & Wickens, C., 2000. A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation
- [6] Fasth, A. et al., 2009. SIMTER - A Joint Simulation Tool for Production Development
- [7] Frohm, J., 2008. Levels of Automation in Manufacturing. , 1(28), pp.1–28.

**Automatización de una planta que realiza el análisis de propiedades
térmicas en sistemas constructivos.**
**Automation of a plant that performs the analysis of thermal properties
in construction systems.**

Jesús Emmanuel Angulo Urbina (UNISON) angulo13231@gmail.com.

Víctor Hugo Benítez Baltazar (UNISON) vbenitez@industrial.uson.mx.

Ana Cecilia Borbón Almada (UNISON) acborbon@dicym.uson.mx.

Jesús Horacio Pacheco Ramírez (UNISON) jpacheco@industrial.uson.mx.

María Elena Anaya Pérez (UNISON) elena.anaya@industrial.uson.mx.

***Resumen:** La presente investigación tiene como principal objetivo, utilizar herramientas de automatización en una planta que realiza el análisis de propiedades térmicas en sistemas constructivos. Los estudios térmicos que lleva acabo este tipo de tecnología, se implementan, con la finalidad de obtener mejores materiales en el área de la construcción, los cuales aseguren un confort térmico al interior de las edificaciones. Las variables comúnmente a obtener en el estudio son el flujo de calor, la conductividad térmica y la resistencia térmica. El objetivo principal del artículo, es proporcionar una metodología de solución, la cual servirán para mejorar el sistema actual. Las actividades a mejorar son la compactación del sistema constructivo por medio de un mecanismo neumático, operación importante para la realización de la medición, y en la programación de una interfaz que recolecte, almacene e intérprete la información obtenida por un grupo de sensores de temperatura.*

***Palabras-claves:** automatización; propiedades térmicas; interfaz hombre máquina.*

***Abstract:** The main objective of this research is to use automation tools in a plant that performs the analysis of thermal properties in construction systems. The thermal studies that carry out this type of technology, are implemented, with the purpose of obtaining the best materials in the construction area, which assure a thermal comfort to the interior of the buildings. The variables commonly obtained in the study are heat flux, thermal conductivity and thermal resistance. The main objective of the article is to provide a methodology of the solution, which serves to improve the current system. The activities to be improved are the compaction of the construction system by means of a pneumatic mechanism, the important operation for the realization of the measurement, and the programming of the interface that collects, store and interpret the information obtained by a group of temperature sensors.*

***Keywords:** automation; Thermal properties; Interface.*

1. Introducción

La presente investigación tiene como principal objetivo, utilizar herramientas de automatización en una planta que realiza análisis de propiedades térmicas en sistemas constructivos. El interés que existe para hacer uso de la planta es, por las condiciones climáticas extremas que se presentan tanto en invierno como en verano en las ciudades del noroeste de México y específicamente en la ciudad de Hermosillo, donde las construcciones no siempre son adecuadas para la región, esto ocasiona problemas de falta de confort térmico al interior de las edificaciones y un mayor consumo de energía eléctrica por la climatización artificial. Por tales

razones es necesario conocer cuáles sistemas constructivos son los más adecuados para la región.

Debido a las oportunidades de mejora que presenta la planta, se propone en este estudio la implementación de un sistema automatizado y de una interfaz que intérprete y almacene los valores obtenidos, estas aplicaciones tienen como finalidad disminuir el consumo de tiempo para la obtención de las propiedades térmicas.

El proyecto se realizará dentro de los laboratorios de investigación del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora, donde se desarrollan investigaciones acerca de las propiedades térmicas de sistemas constructivos.

A continuación, se mostrarán las secciones que proporciona el documento, iniciando por el marco teórico del artículo, donde se presentará la teoría en relación a la temática de la investigación; los antecedentes y descripción del problema, presentando la problemática que se desea abordar; la metodología, en la cual se definirán los pasos a seguir para la resolución de la problemática; y la propuesta.

2. Marco teórico

Se le conoce como sistema constructivo al conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea ésta de sostén (estructura) de definición y protección de espacios habitables (cerramientos) de obtención de confort (acondicionamiento) o de expresión de imagen y aspecto (decoración). Es decir, el sistema como conjunto articulado, más que el sistema como método. En este sentido, cabe destacar que los sistemas suelen estar constituidos por unidades, éstas por elementos, y éstos a su vez se construyen a partir de determinados materiales (Monjo, 2005).

Los estudios térmicos en sistemas constructivos no son recientes, durante años diferentes centros de investigación han desarrollado métodos para conocer sus propiedades de esta manera obtener mejores materiales con respecto a los sistemas de construcción (Alamea, 2014). El procedimiento estándar para obtener las propiedades térmicas se describe en la norma ASTM C 177-4, como "Método estándar de prueba para las mediciones del flujo de calor en estado estable por medio del aparato de placa caliente protegida". Este método requiere que la temperatura en estado estacionario (la temperatura deje de variar en el tiempo), en una pared vertical plana, con un flujo de calor controlado, arreglado de tal forma que suministre un flujo unidireccional y uniforme, creando un diferencial de temperaturas en la pared para diferentes temperaturas de operación y condiciones de frontera adecuadas (Borbón, 2010).

Los 3 valores comúnmente a estudiar son:

- el flujo de calor. Se considera como la transferencia de calor por unidad de tiempo y por unidad de área o la potencia, rapidez de transferencia de calor por unidad de área.
- la conductividad térmica. Se describe como una medida de la capacidad de transferir energía térmica, al imponerle un gradiente de temperatura.
- la resistencia térmica. es la capacidad de los materiales de oponerse al flujo de calor, es la razón entre el espesor y la conductividad térmica (Yunus, 2011).

2.1. Sistemas de control

El término sistema se emplea para describir un conjunto de componentes que interactúan, alrededor de los cuales se dibuja una frontera imaginaria de modo que solo es de interés la interacción entre la entrada o entradas y sus salida o salidas, sin necesidad de detallar las interacciones entre los componentes que lo forman (Bolton, 2016).

Los sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado, son los dos tipos de sistemas de control existentes. Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto (Bolton, 2016), estos proporcionan un mejor sistema de gestión cuando no existe información proveniente de la salida del sistema (Kogan, 2009). Dentro de este tipo de sistemas, la información fluye unidireccionalmente y la salida del sistema no influye en la entrada (Sun et al., 2013)

La diferencia entre un sistema de lazo cerrado a un sistema de control en lazo abierto, es que el sistema de lazo cerrado para que sea más exacto y más adaptable, es le hace una conexión o retroalimentación desde la salida hacia la entrada del sistema. Para obtener un control más exacto, la señal controlada se debe enviar una señal actuante proporcional a la diferencia de la entrada y la salida a través del sistema para corregir el error que se esté generando (Kuo, 2010).

2.2. Elementos de control

Los elementos de sistemas control que generalmente se utilizan son PLC y microcontroladores. Antes de la aparición del controlador lógico programable (PLC), los sistemas de automatización se controlaban por una combinación de relés, temporizadores, secuenciadores y controladores de lazo cerrado o por una computadora personalizada para controlar el sistema de automatización (Sakakura, 2016). Los PLC son sistemas de control que se utilizan principalmente en la automatización de fábricas o industrias con procesos electromecánicos. Estos sistemas son programados con lenguajes específicos llamado IEC 61131-3[11], Y se han convertido en los principales equipos de control en las industrias. El éxito de los sistemas PLC ha dado lugar a la presencia en el mercado de una amplia gama de marcas y modelos, cada uno con sus propias características (Banó et al, 2014).

2.2.1. Monitoreo de temperatura

Para poder llevar acabo un control de temperatura es necesario contar con un sensor de temperatura, en la actualidad hay muchas formas de medir la temperatura con todo tipo de sensores de diversas naturalezas. La ingeniería de control de procesos ha inventado, perfeccionado e innovado a la hora de disponer de sensores que ayuden a controlar los cambios de temperatura en procesos industriales, siendo los sensores de tipo eléctrico los que más extensión tienen hasta hoy (Fraden, 1996).

2.2.2. Adquisición de datos

El propósito de la adquisición de datos es medir un fenómeno físico como voltaje, corriente, temperatura, entre otros. Para que los datos sean correctos, estos deberán ser obtenidos en condiciones idóneas, para la correcta interpretación (González et al, 2011). Entre los adquirentes de datos, el data logging se considera un caso especial, ya que en su uso común el data logging es un dispositivo autónomo de adquisición de datos que no requiere conexión o interacción en tiempo real con un PC para realizar su función (Judd, 2013). El data logger ha sido utilizado en varios experimentos para obtener registros, y de esa manera crear los bancos de datos necesarios para los estudios, esto con la finalidad de obtener diferentes propiedades de la muestra en estudio (Lin et al, 2001).

La adquisición de datos es el primer paso esencial para poder llevar el análisis de un fenómeno, y se requieren de varios pasos para la adquisición de apropiada de datos, como lo son:

- Determinación de la finalidad de la medición.
- Selección del parámetro o parámetros de medición: desplazamiento, velocidad, aceleración, temperatura, entre otros.
- Selección de los instrumentos de medición.

- Selección de los transductores para la medición.
- Determinación del tipo específico de datos requeridos.

Toma de mediciones: hay que determinar el orden más eficiente para la toma de mediciones, vigilar la aparición de resultados inesperados, estar preparado para tomar mediciones adicionales, revisar los datos obtenidos para asegurar su validez (Avendaño et al., 2011)

La interfaz gráfica del usuario (GUI, por sus siglas en inglés) es aquella parte que a base de imágenes y gráficas permite al usuario tener interacción con el proceso de manera visual y sencilla. Las GUI-s pueden ser programadas en diferentes lenguajes de programación. Un programa utilizado es MATLAB mediante el uso de la herramienta GUIDE, la cual permite desarrollar interfaz de manera amigable (Fernández, 2007).

2.3. Sistemas neumáticos

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según los gases ideales.

Al comprimirse el aire también comprime todas las impurezas que contiene, tales como polvo, hollín, suciedad, hidrocarburos, gérmenes y vapor de agua. Es vital eliminarlas en los procesos de producción de aire comprimido, en los compresores y en el de preparación para la alimentación directa de los dispositivos neumáticos (Guillén, 1993).

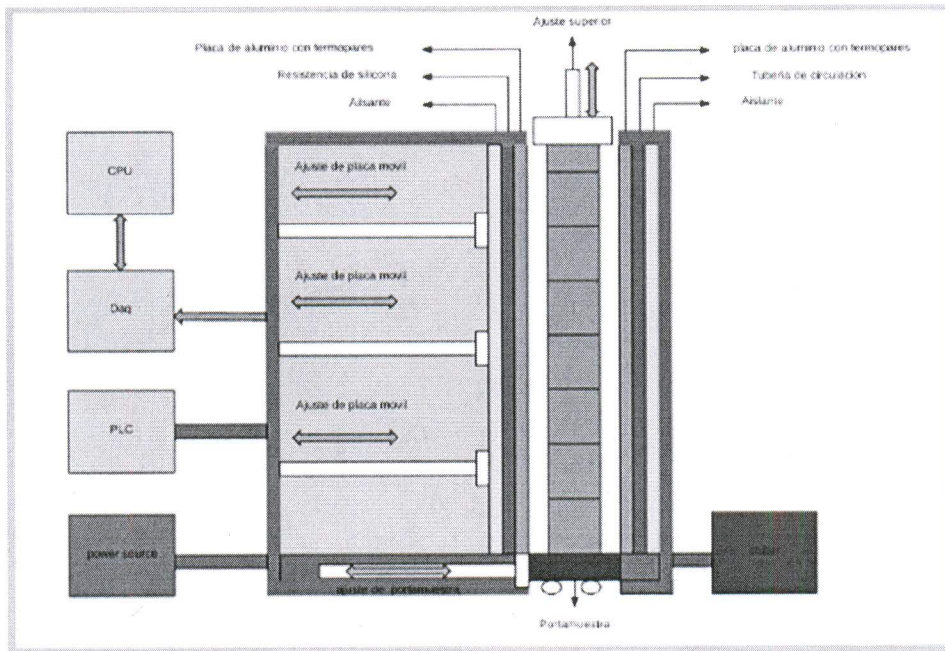
3. Justificación

El proyecto se desarrollará en el Laboratorio de Investigación 2 ubicado en las instalaciones experimentales del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora. El laboratorio realiza mediciones para las empresas del ramo de la construcción, que está interesada en realizar análisis de propiedades térmicas en sus sistemas constructivos.

La planta que realiza el análisis de propiedades térmicas de sistemas constructivos conocida como TR-01, fue diseñada para que se realicen las mediciones mediante el método de Sistema de Medición de Placa Caliente, el cual está basado en un modelo físico en el que se considera un flujo unidireccional, para ello se cuenta con dos placas una caliente y otra fría que presionarán con fuerza constante y uniforme al sistema constructivo que se coloque entre ellas para sus análisis. Se sabe que, por especificaciones de diseño, la placa fría se mantiene fija y la placa caliente deberá tener un movimiento horizontal dirigido hacia la placa fría, y entre medio la muestra. Posteriormente, un grupo de sensores miden la temperatura del sistema durante un periodo de tiempo determinado, con la finalidad de adquirir información necesaria para describir el índice de resistencia y conductividad térmica del sistema en estudio (Figura 1).

El TR-01 presenta una compactación del sistema de manera manual. La cual atrasa la colocación correcta del sistema constructivo, por el alto consumo tiempo de elaboración. Además, el sistema actual no cuenta con una interfaz que recolecte, almacene e intérprete la información obtenida por el grupo de sensores de temperatura colocados en las placas. Estas oportunidades de mejora se deberán realizar. Lo anterior dificulta el proceso de análisis de los sistemas constructivos provocando que no se realice de la manera más eficiente.

Figura 1 - Diagrama de la planta



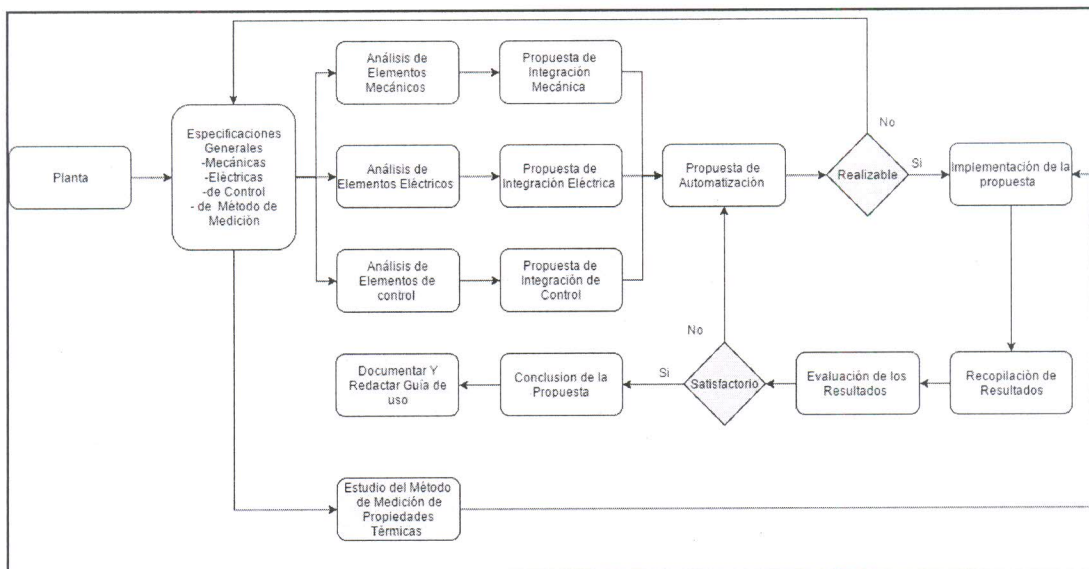
Fuente: Elaboración propia (2017)

4. Metodología

En este apartado se mostrará la metodología a implementar para la resolución de las mejoras planteadas. Debido a la naturaleza de la situación tratada, el objetivo, variables y entorno se optará por un análisis de tipo cuantitativo por medio de un diseño experimental.

El modelo de solución que se utilizará dentro de este documento se ilustra en la figura 2, la cual estará compuesta por 4 fases: análisis del sistema general de la planta, propuesta de integración y propuesta de automatización, implementación y evaluación de la propuesta, y conclusión y desarrollo de la documentación.

Figura 2- Metodología.



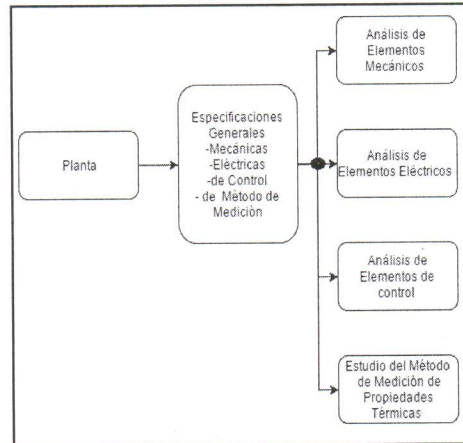
Fuente: Elaboración propia (2017)

4.1. Fase 1

La fase uno o especificaciones y análisis técnico (Figura 3), es la etapa de lectura e investigación, con la finalidad de tener conocimiento de cuáles son las especificaciones necesarias para el funcionamiento adecuado de la planta, se contemplarán todos los componentes, dispositivos, software y hardware que componen. En la investigación será necesario: el estudio técnico en relación planta de medición de propiedades térmicas, factores que afectan el funcionamiento, pruebas de evaluación; además de manuales, formatos, códigos y entre otros elementos que vaya relacionado con la operación de la planta.

En esta fase también se hará distinción entre los diferentes tipos de elementos en la que está compuesta; elementos mecánicos, eléctricos y de control, para facilitar el estudio.

Figura 3 - Fase 1

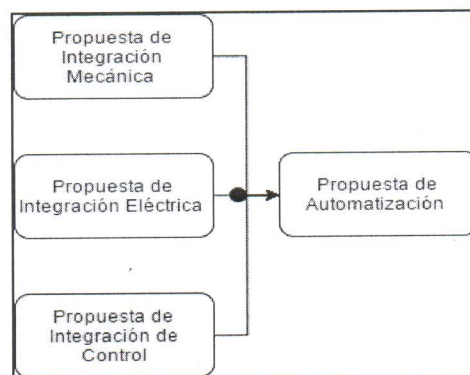


Fuente: Elaboración propia (2017)

4.2. Fase 2

Se compone de la propuesta de integración para cada uno de los elementos que conforman la planta, para la formación de una propuesta de automatización, se contemplarán todos los componentes, dispositivos, software y hardware utilizados (Figura 4). La toma de selección se debe realizar bajo el criterio si es factible su implementación (diseño, costo-beneficio, tiempo) y si cumplen especificaciones generales que se estudiarán en la fase 1.

Figura 4. Fase 2.



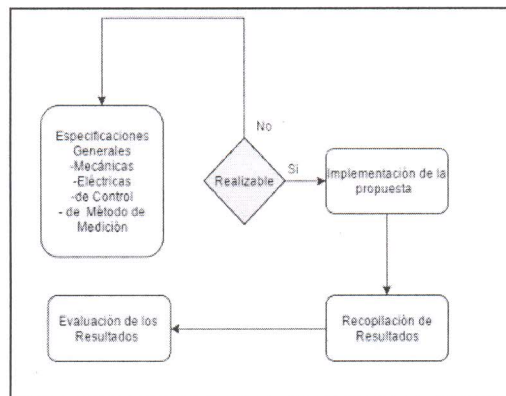
Fuente: Elaboración propia (2017)

4.3. Fase 3

Fase de implementación, recopilación y evaluación de pruebas (Figura 5). Se debe evaluar la planta en base a las operaciones que desempeña, por lo que el diseño de las pruebas se hace en base a criterios como: procesamiento de señales, transmisión de datos, entradas y salidas, conversión analógico-digital, criterios de sistemas de control, entre otros. Los sistemas van expuestos a perturbaciones o factores no controlables que minimizan el desempeño del controlador.

Se recopilan los datos obtenidos y se someten a evaluación, aplicando criterios de confiabilidad y robustez. Debido al número de pruebas, basándose en los estados de operación y los factores de perturbación, cada una de ellas se debe de concluir de manera individual, donde se proporcione un análisis detallado de la evaluación, terminando si se alcanza el nivel de satisfacción esperada.

Figura 5 - Fase 3



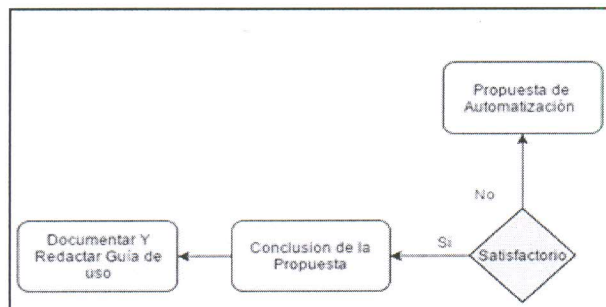
Fuente: Elaboración propia (2017)

4.4. Fase 4

En esta fase del modelo y una vez obtenido resultados que sean satisfactorios tras la evaluación y que la planta esté en funcionamiento, se deberán realizar conclusión sobre la eficiencia de la propuesta planteada y presentar la documentación correspondiente, de lo contrario se deberá regresar a la etapa de propuesta de automatización, para los cambios correspondientes (figura 6).

Las conclusiones se harán en base a los resultados obtenidos en la evaluación, el objetivo es demostrar el nivel de mejora que se obtuvo con respecto al estado esta inicial de la planta, de esa manera se podrá justificar la implementación de la propuesta de automatización.

Figura 6 - Fase 4



Fuente: Elaboración propia (2017)

5. Resultados

El estudio se inició con la realización de diseño del diagrama del funcionamiento de la planta (Figura 11) para que de esta manera se pueda visualizar cada uno de los componentes significativos dentro de la planta, principalmente aquellos que corresponde a la parte mecánica, eléctrica, y de control.

Una vez que se ha obtenido la información del estado actual de la planta y el comportamiento de cada una de su área, y en base a eso se procederá a hacer las propuestas de mejora, para que sean evaluadas por los encargados de la planta.

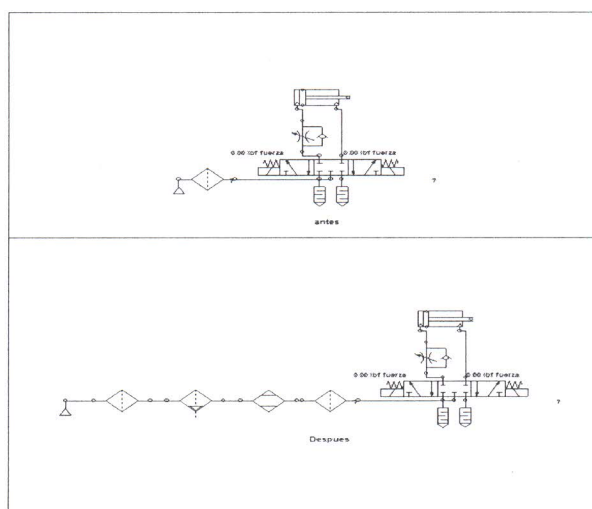
Las propuestas de mejora aprobadas para la realización son:

- Mejoramiento en la alimentación neumática.
- Implementación de un control a lazo abierto, para la colocación de las placas.
- Diseño de una interfaz para manejo de datos.

Mejoramiento en la alimentación neumática. La necesidad de adquirir un equipo para la mejora del suministro del aire comprimido, es para reducir el nivel humedad del aire presente y eliminación de impurezas. El control del nivel de humedad no se había estado controlando, ya que anteriormente ningún dispositivo o maquinaria que hacía uso del suministro de aire requería de algún tipo de filtrado especial, la reducción o eliminación de humedad e impurezas servirá a que el equipo electro neumático que se utilizará en el control de colocación de las placas no presente averías o un desgaste prematuro.

El equipo que fue adquirido para mejorar el suministro de aire consistió en; un filtro y una purga automática los cuales se colocaron a la salida del compresor, el cual se encuentra situado por fuera de los laboratorios, mientras dentro de las instalaciones laboratorios se colocó un secador antes del filtro que ya se contaba con anterioridad (figura 7), la aplicación del equipo ayudo a que el aire fuera adecuado para el uso de componentes electro neumáticos.

Figura 7 - Instalación neumática antes y después de la mejora



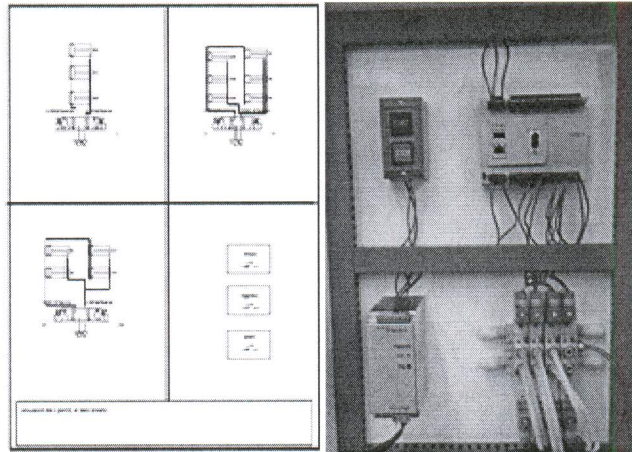
Fuente: Elaboración propia (2017)

Implementación de un control a lazo abierto, para la colocación de placas. Para llevar a cabo la propuesta del cambio de manera manual a automática con la finalidad de que se reduzca el tiempo de montaje, se debe tomar en cuenta la necesidad de que el sistema constructivo debe

estar compactado de tal forma que no existan fugas o disipación de calor por separación de las placas en el sistema constructivo, para lograr lo antes descrito se propuso adquirir un módulo de electroválvulas 5/3 con centro cerrado, las cuales serán conectadas a un grupo de pistones, que generarán los movimientos mecánicos mostrados en la figura 6, con la implementación de este control disminuyó la colocación de las placas en menos de 1 minuto, la conexión entre los pistones y las electroválvulas se ilustra en la figura 8.a.

Las electroválvulas serán controladas mediante un PLC y la señal de entrada será mediante una botonera, para un mejor acceso y control de los componentes, estos se montaron sobre un gabinete (figura 8.b).

Figura 8 - a) conexión neumática, b) dispositivos montados en el gabinete

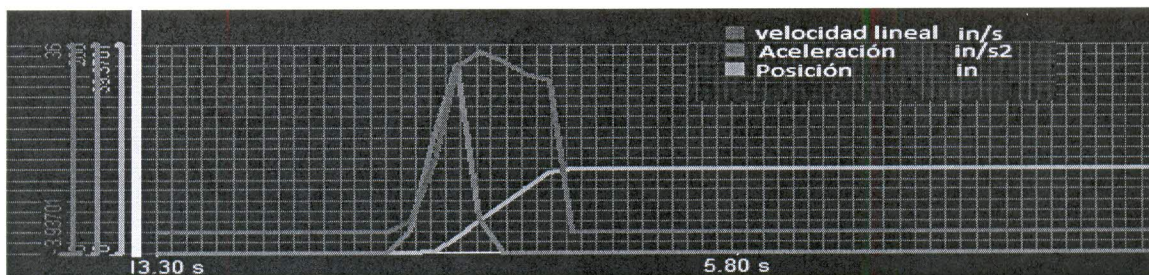


Fuente: Elaboración propia (2017)

Esta nueva colocación de las placas sobre el sistema constructivo no solo disminuye el tiempo de montaje y desmontaje del sistema constructivo, sino también podría estar eliminando disipaciones de calor, que ayudará a disminuir el tiempo de llegada al tiempo estacionario en la medición, menor tiempo indica mayor cantidad de mediciones en un mismo tiempo y menor gasto energético.

Para probar el comportamiento de los pistones en la conexión neumática propuesta, se graficó la posición, aceleración y velocidad lineal en cada movimiento, a continuación, se muestra el comportamiento que tuvo los pistones en el segundo movimiento correspondiente al movimiento de la placa caliente (figura 9), se realizó la prueba en este movimiento dado que es donde más pistones se encuentran conectados en una misma electroválvula. Las dimensiones que tienen los pistones son vástago con una longitud máxima de 400 mm y diámetro de 15 mm, y embolo de 40 mm, la presión del aire suministrado es de 8 bares.

Figura 9 – Comportamiento de los pistones del segundo movimiento



Fuente: Elaboración propia (2017)

La grafica muestra que, los pistones logro llegar a su posición máxima en un tiempo aproximado a los 0.30 s, con una velocidad máxima aproximadamente a 36 in/s y aceleración de 180 in/s² en su punto mayor, con la información obtenida se puede probar que con la conexión propuesta los pistones aún tienen una salida rápida. Para prueba final en la implementación se deberá hacer uso de reguladores de caudal, para tener control en la velocidad, ya que si al inicio o final de cada movimiento la velocidad es demasiado alta esta podría provocar vibraciones mecánicas por inercia que lleva los pistones, que podrían provocar ruptura en la muestra o daños en la misma planta.

Diseño de una interfaz para manejo de datos. La interfaz actualmente se encuentra en desarrollo, esta se está realizando mediante el uso del software MATLAB, el cual importa e interpreta los valores adquiridos por el data logger Campbell científico modelo CR7.

El diseño actualmente propuesto consiste en una hoja en forma de reporte donde se podrá capturar información de datos generales, las dimensiones del sistema constructivos y condiciones de temperatura, además de una gráfica del comportamiento de los sensores y el resultado de las propiedades térmicas (figura 10).

Se pretende que una vez terminada la interfaz, ayude a reducir el tiempo de obtención del reporte de las propiedades térmicas y la cantidad de documentos haciendo que este tenga un mejor almacenamiento y sea más fácil su localización.

Figura 10 - Interfaz

The image shows a screenshot of a software interface titled "interfuz". The main window is titled "REPORTE DE MEDICIÓN" and contains a form for "Medición de propiedades térmicas de materiales de construcción". The form is organized into several sections:

- Datos Generales:** Includes input fields for "Nombre", "Fecha", "Material", and "Clave".
- Dimensiones:** Includes input fields for "Alto", "Largo", and "Ancho", each with a unit indicator "m".
- Panel:** A section with three numerical displays: "diferencia de temperatura" (13.1409), "resistencia de calor" (NaN), and "conductividad de calor" (NaN).
- Gráfica:** A section with a plot area and a legend.
- Observaciones:** A text area for notes.

 The interface also features a "Edt Text" button at the bottom.

Fuente: Elaboración propia (2017)

6. Conclusiones

El TR-01 es una tecnología patentada de gran importancia para el laboratorio del Departamento de Ingeniería Civil y Minas, debido al alto interés por sus clientes en saber las propiedades térmicas a la hora de ofrecer un producto, o realizar edificaciones, para que estas sean más sustentables y confortables. Por lo cual cualquier oportunidad de mejora en el sistema debe ser considerada para realizarse.

Se espera que una vez que estén trabajando con las propuestas implementadas, las pruebas muestren que no solo se disminuyen los tiempos de colocación y obtención del reporte de las propiedades térmicas, sino que sirvan para disminuir desviación de temperatura entre los sensores, y además abra la oportunidad de seguir mejorando el sistema hasta poder llegar al

óptimo funcionamiento.

Referencias

- ALAMEA, Aldo. Diseño y fabricación de un dispositivo semiautomático para medición de propiedades térmicas en sistemas constructivos. 114f. Disertación (Ingeniero en Mecatrónica) – Universidad de Sonora, Hermosillo, 2014.
- BANÓ, Angel et al. Automatic translation of Programmable Logic Controllers (PLC) control programs in packaging machinery En: Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT), 2014 9th International, Taipei. Disponible en: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/7048380/>>. Acceso en: 29 mar. 2017.
- BOLTON, W. **Ingeniería de Control**. 2. ed. Mexico, D.F.: Alfaomega, 2016.
- BOLTON, W. **Mecatrónica Sistemas de Control Ingeniería Mecánica**. 5. ed. Mexico, D.F.: Alfaomega, 2016.
- BORBÓN, A.C.; CABANILLAS, R.E. Experimental Determination and Numerical Contrast of Thermal Resistance in a Hollow Concrete Block Wall. **Información Tecnológica**, Hermosillo, v.21, n.6, p.163-176, may. 2010.
- FERNÁNDEZ, Gonzalo. Creación de Interfaces Gráficas de Usuario (GUI) con MatLab. 18f. (cursos de programación)-Universidad de Salamanca, Salamanca, 2007.
- FRADEN, J. **Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications**. 2.ed. Atlanta; American Institute of Physics, 1996.
- GARCIA, Wilbert. Análisis causa raíz mediante vibraciones a compresor aerzen de tornillo. 102f. Disertación (Ingeniero Mecánico Eléctrico)-Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, 2011.
- Guillén, A.S. **Introducción a la neumática**. 1 ed. Barcelona: Marcombo Boixareu Editrola, 1993.
- JUDD, B. Everything You Ever Wanted to Know About Data Acquisition. **United Electronics Industries White Paper**, Massachusetts, v.2, p 1-54, mar. 2016.
- KOGAN, K. Production control under uncertainty: Closed-loop versus open-loop approach. **IIE Transactions**, Ramat Gan, v.21, n.10, p 905-915, ene. 2009.
- KUMAR, L.; JETLEY, R.; SUREKA, A. Source code metrics for programmable logic controller (PLC) ladder diagram (LD) visual programming language. 7th International Workshop on Emerging Trends in Software Metrics, Austin. Mayo 2016 conferencia disponible en: < <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2897699>>. Acceso el: 28 mar. 2017.
- KUO, B.C. **Sistemas de Control Automático**. 7. ed. Mexico, D.F.: PRENTICE HALL, 2010.
- LIN, S.; KEW, P.A.; CORNWELL, K. Two-phase heat transfer to a refrigerant in a 1 mm diameter tube. **International Journal of Refrigeration**, Edimburgo, v.24, n.5, p51-56, ene. 2001.
- MONJO, J.C. La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. procedimientos para su industrialización. **Informes de la Construcción**, España, v.57, n.1, 499-500, nov-dic. 2005.
- SAKAKURA, T.; SHIBA, M.; MUNAKA, T. An Empirical Study of Applying a Reflective-Distributed Memory for Automation Systems. Eighth International Conference on Ubiquitous and Future Networks. 2016, Viena. July 2016 conferencia disponible en: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/7537046/?reload=true>>. Acceso el: 28 mar. 2017.
- SUN, X.; YE, H.; FEI, S. A closed-loop detection and open-loop control strategy for booms of truck-mounted concrete pump. **Automation in Construction**, Nankin, v.31, n.1, p.265-273, may. 2013.
- YUNUS, A.C.; ASFSHIN, J.G. **Transferencia de Calor y Masa**. 4. ed. Mexico, D.F.: McGraw-Hill, 2011.