

Volumen 4, Número 13 – Octubre – Diciembre -2017

ISSN 2410-3454

Revista de  
Aplicaciones de la  
Ingeniería

**ECORFAN®**



**ECORFAN-Bolivia**

## **Indización**

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

## **ECORFAN-Bolivia**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

#### **Director Regional**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

#### **Director de la Revista**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

#### **Edición de Logística**

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD

#### **Diseñador de Edición**

TREJO-RAMOS, Ivan. BsC

Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, Volumen 4, Número 13, de Octubre a Diciembre -2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. ISSN-En línea: 2410-3454 Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 31 de Diciembre 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Servicio Nacional de Propiedad Intelectual.

## **Consejo Editorial**

GALICIA-PALACIOS Alexander. PhD  
*Instituto Politécnico Nacional- México*

NAVARRO-FRÓMETA Enrique. PhD  
*Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov-Rusia*

BARDEY, David. PhD  
*University of Besançon-Francia*

IBARRA-ZAVALA, Darío. PhD  
*New School for Social Research-U.S.*

COBOS-CAMPOS, Amalia. PhD  
*Universidad de Salamanca-España*

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD  
*University José Matías Delgado-El Salvador*

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD  
*Universidad de Concepción-Chile*

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD  
*Universidad Industrial de Santander- Colombia-Colombia*

ROCHA-RANGEL, Enrique. PhD  
*Oak Ridge National Laboratory-U.S.*

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD  
*University of Iowa-U.S.*

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD  
*Universidad de la Habana-Cuba*

VERDEGAY-GALDEANO, José. PhD  
*Universidad de Granada-España*

SOLIS-SOTO, María. PhD  
*Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia*

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD  
*Universidad de Santiago de Compostela-España*

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD  
*Université Paris Diderot-Pari- Francia*

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
*Universita Degli Studi Di Napoli Federico II-Italia*

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD  
*Universidad de Guayaquil-Ecuador*

FRANZONI-VELAZQUEZ, Ana. PhD  
*Instituto Tecnológico Autónomo de México-México*

OROZCO-GUILLÉN, Eber. PhD  
*Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica-México*

QUIROZ-MUÑOZ, Enriqueta. PhD  
*El Colegio de México-México*

SALAMANCA-COTS, María. PhD  
*Universidad Anáhuac-México*

## **Consejo Arbitral**

MTT, PhD

*Universidad de Granada-España*

AH, PhD

*Simon Fraser University-Canadá*

AG, PhD

*Economic Research Institute – UNAM-México.*

MKJC MSc

*Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia*

MRCY, PhD

*Universidad de Guadalajara-México*

MEC, PhD

*Universidad Anáhuac-México*

AAB, PhD

*Universidad Autónoma de Sinaloa-México*

EDC, MSc

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-México*

JRB, PhD

*Universidad Panamericana-México*

AGB, PhD

*Instituto de Biotecnología UNAM-México*

ACR, PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México- México*

ETT, PhD

*CICATA-Instituto Politécnico Nacional-México*

FVP, PhD

GHC, PhD

JTG, PhD

MMG, PhD

*Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Economía-México*

FNU, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

GLP, PhD  
*Centro Universitario de Tijuana-México*

GVO, PhD  
*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- México*

IAA, MsC  
*Universidad de Guanajuato-México.*

IGG, MsC  
*Centro Panamericano de Estudios Superiores-México*

TCD, PhD  
*Universidad Autónoma de Tlaxcala-México*

JCCH, MsC  
*Universidad Politécnica de Pénjamo-México*

JPM, PhD  
*Universidad de Guadalajara-México*

JGR, PhD  
*Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla-México*

JML, PhD  
*El Colegio de Tlaxcala-México*

JSC, PhD  
*Universidad Juárez del Estado de Durango-México*

LCL Ureta, PhD  
*Universidad de Guadalajara-México*

MVT, PhD  
*Instituto Politécnico Nacional-México*

MLC, PhD  
*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada-México*

MSN, PhD  
*Escuela Normal de Sinaloa-México*

MACR, PhD  
*Universidad de Occidente-México*

MAN, MsC  
*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato-México*

MTC, PhD

*Instituto Politécnico Nacional –UPIICSA-México*

MZL, MsC

*Universidad del Valle de México-México*

MEC, PhD

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí-México*

NGD, PhD

*UDLA Puebla-México*

NAL, MsC

*Universidad Politécnica del Centro- México*

OSA, PhD

*Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos-México*

OGG, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

PVS, PhD

*Universidad Politécnica de Tecámac-México*

MJRH, PhD

*Universidad Veracruzana-México*

SCE, PhD

*Universidad Latina-México*

SMR, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

VIR, PhD

*Instituto Mexicano del Transporte-México*

WVA, PhD

*Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo-México*

YCD, PhD

*Centro Eleia-México*

ZCN, MsC

*Universidad Politécnica de Altamira-México*

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Aplicaciones de la Ingeniería.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

Como primer artículo está *Modelo dinámico de satisfacción de personal en un hotel del Estado de Hidalgo* por RAMÍREZ, Miriam, ROJAS, Rosa, GARCÍA, Patricia y MONTERRUBIO, Elisa con adscripción en el Instituto Tecnológico de Pachuca, como siguiente artículo está *Administración de la Producción en una Mipyme productora de salsas en Real del Monte Hidalgo* por AVILÉS, Katia, GONZÁLEZ, Jaime, AGUILAR, José y SUÁREZ, Miguel, como siguiente artículo está *Incremento en la productividad con análisis de tiempos y movimientos en una empresa de lencería* por MARTÍNEZ, Luis, OLVERA, Víctor, GONZÁLEZ, Jaime y VELÁZQUEZ, Isaías, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Pachuca, como siguiente artículo está *Metodología aplicada para la determinación de niveles de automatización en manufactura de arneses* por ANAYA-PÉREZ, María Elena, CHAN-AMAYA, Alejandro, RODRÍGUEZ-VEGA, Graciela y PACHECO-RAMÍREZ, Jesús Horacio, como siguiente artículo está *Patrimonio industrial minero en Pachuca, un ejercicio de prospectiva* por LOZADA-AMADOR, Elizabeth, BELTRÁN-MARTÍNEZ, Yoan y ELIZALDE-DOMÍNGUEZ, Continente, como siguiente artículo está *Progresos en los sistemas de manufactura inteligentes según el paradigma holónico* por SIMÓN-MARMOLEJO, Isaías, LÓPEZ-ORTEGA, Omar, RAMOS-VELASCO, Luis Enrique y CRUZ, René, como siguiente artículo está *Revisión Sistemática de factores ergonómicos y su incidencia en la productividad de investigadores en Institución de Educación Superior* por MUÑOZ-HERNÁNDEZ, Raquel y RANGEL-LARA, Saúl, con adscripción en la Universidad Politécnica del Valle de México.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Modelo dinámico de satisfacción de personal en un hotel del Estado de Hidalgo</b> RAMÍREZ, Miriam, ROJAS, Rosa, GARCÍA, Patricia y MONTEERRUBIO, Elisa	1-9
<b>Administración de la Producción en una Mipyme productora de salsas en Real del Monte Hidalgo</b> AVILÉS, Katia, GONZÁLEZ, Jaime, AGUILAR, José y SUÁREZ, Miguel	10-27
<b>Incremento en la productividad con análisis de tiempos y movimientos en una empresa de lencería</b> MARTÍNEZ, Luis, OLVERA, Víctor, GONZÁLEZ, Jaime y VELÁZQUEZ, Isaías	28-40
<b>Metodología aplicada para la determinación de niveles de automatización en manufactura de arneses</b> ANAYA-PÉREZ, María Elena, CHAN-AMAYA, Alejandro, RODRÍGUEZ-VEGA, Graciela y PACHECO-RAMÍREZ, Jesús Horacio	41-51
<b>Patrimonio industrial minero en Pachuca, un ejercicio de prospectiva</b> LOZADA-AMADOR, Elizabeth, BELTRÁN-MARTÍNEZ, Yoan y ELIZALDE-DOMÍNGUEZ, Continente	52-60
<b>Progresos en los sistemas de manufactura inteligentes según el paradigma holónico</b> SIMÓN-MARMOLEJO, Isaías, LÓPEZ-ORTEGA, Omar, RAMOS-VELASCO, Luis Enrique y CRUZ, René	61-76
<b>Revisión Sistemática de factores ergonómicos y su incidencia en la productividad de investigadores en Institución de Educación Superior</b> MUÑOZ-HERNÁNDEZ, Raquel y RANGEL-LARA, Saúl	77-93

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Modelo dinámico de satisfacción de personal en un hotel del Estado de Hidalgo

RAMÍREZ, Miriam†, ROJAS, Rosa\*, GARCÍA, Patricia y MONTEERRUBIO, Elisa

*Instituto Tecnológico de Pachuca, Felipe Angeles Km. 84.5, Venta Prieta, 42083 Pachuca de Soto, Hgo., México*

Recibido Octubre 4, 2017; Aceptado Diciembre 4, 2017

### Resumen

En la presente investigación se propone un modelo dinámico de satisfacción del personal en un hotel del Estado de Hidalgo. La metodología empleada es correlacional y basada en el modelo presa-depredador, para lo cual se recopiló información documental y se aplicó un cuestionario al total del personal que labora en el hotel. Los datos obtenidos permitieron identificar como antecedentes de satisfacción, las variables de remuneración, comunicación, equidad y supervisión. El modelo propuesto incorpora las variables de satisfacción, capacitación (incluye inducción), simula el comportamiento dinámico y muestra los efectos del índice de rotación de personal. De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que al mejorar la remuneración y la comunicación al mismo nivel, la satisfacción del personal se logra en un tiempo de 40 meses, por el contrario si la satisfacción de comunicación y equidad se incrementan en mayor nivel que la remuneración, la satisfacción se alcanza en solo 19 meses. Se concluye que la simulación del modelo dinámico, permite observar los cambios que se presentan en la dinámica de satisfacción del personal, de acuerdo a las decisiones o estrategias tomadas, sin presiones de tiempo o de costo para la empresa.

**Satisfacción, Simulación, Modelo, Personal**

### Abstract

In this article, a personal satisfaction dynamic model in a hotel of the Hidalgo State is proposed. The used methodology in this paper is correlational and it is based on the prey-predator model. In order to use it, documentary information was collected and a questionnaire was applied to the total hotel staff working. The obtained data allowed to identify some satisfaction antecedents, such as: remuneration, communication, equity and supervision. The proposed model incorporates the satisfaction variables, capacitation (including induction), simulation of the dynamic behavior and it shows the effects of the staff turnover index. According with the achieved results, it was observed that with modifications in the remuneration and communication policies, equity and supervision programs, the personnel satisfaction is guaranteed in a time of 40 months, in contrast, if the remuneration policy is modified, but the communication is improved to a greater extent, the satisfaction is reached in only 19 months. It could be concluded that the simulation of the mathematical model, allows the observing of the personnel satisfaction dynamics changes, according to the decisions or strategies whose were chosen, without time or cost pressures for the company.

**Satisfaction, Simulation, Model, Personal**

**Citación:** RAMÍREZ, Miriam, ROJAS, Rosa, GARCÍA, Patricia y MONTEERRUBIO, Elisa. Modelo dinámico de satisfacción de personal en un hotel del Estado de Hidalgo. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017, 4-13: 1-9

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: rojasrauda@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La intensa competencia en las empresas del sector hotelero y la necesidad de gestionar los recursos adecuadamente, propicia que dicho sector se vea obligado a integrar el recurso humano en una cooperación eficaz orientada al logro de los objetivos (SECTUR, 2013). Esto constituye la principal motivación para realizar el presente trabajo. En Pachuca Hidalgo, se cuenta con 34 hoteles (SECTUR, 2013), en donde el servicio hotelero que se ofrece, puede variar dependiendo del tipo de hotel, se proporciona a los clientes servicio de alojamiento y restaurante, también pueden ofertar alquiler de sala de reuniones, banquetes o servicios de animación, y compiten entre sí para atraer un mayor número de visitantes, por lo que se han visto obligados a fortalecer e innovar sus servicios y poder responder a las necesidades del entorno (SECTUR, 2013). Se estima que en los últimos años, el sector turístico proveía trabajo a 5816 empleados, lo que significa que este sector emplea al 5.07% de la población trabajadora de Pachuca, en donde la problemática principal es la insuficiencia en la calidad y cantidad del servicio hotelero ofrecido (SECTUR, 2013).

El sector de servicios se caracteriza por tener un contacto directo con los clientes, sin embargo, en Hidalgo el 79% de las empresas medianas de servicio no capacitan al personal (INEGI, 2014). El hotel caso de estudio se encuentra ubicado en la zona metropolitana de Pachuca y es una organización que tiene como misión proporcionar servicio e instalaciones, orientadas al descanso, diversión y negocio con altos estándares de calidad, es de tamaño mediano de acuerdo al personal ocupado (ENAPROCE, 2015).

En el año 2015 una franquicia reconocida adquirió el hotel, y su nueva administración dispuso cambios en toda la organización, dejando en segundo término al personal, modificando las condiciones laborales y esto repercutió en los factores que influyen en la conducta del personal y afectaron en la satisfacción del mismo. Para estudiar estos efectos, se propone un modelo dinámico de satisfacción de personal que permita la creación de escenarios, basado en el modelo presa-depredador propuesto en 1926 por Lotka – Volterra (Chiang, 2012), en el cual se utiliza un sistema de dos ecuaciones diferenciales de primer orden. Dicho modelo se basa en un proceso de identificación de los elementos que intervienen y la relación que existe entre ellos, en donde se identifican las variables que pueden influir directamente en la satisfacción y en el índice de rotación del personal que labora en el hotel. La simulación del modelo en distintos escenarios proporciona una buena alternativa para orientar al usuario en el diseño de una estrategia, que contribuya a la recreación de diferentes condiciones sin la necesidad de probar y experimentar en el proceso real.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: En la primera parte se presenta la fundamentación teórica que sustenta la investigación, para la cual se consultaron las referencias de diferentes autores; la segunda parte la constituye la metodología empleada para desarrollar este artículo, esta se realizó con un enfoque de investigación correlacional y basada en el modelo presa-depredador. La tercera parte la forma el desarrollo que surge de la identificación y análisis de las variables de remuneración, comunicación, equidad y supervisión, así como también el diseño del modelo propuesto en donde se incorporan las variables de satisfacción y capacitación (incluye inducción) y además se simula el comportamiento dinámico del modelo.

La cuarta parte del artículo incluye el resultado de la investigación en el que se muestran los efectos de las variables de satisfacción en el índice de rotación de personal en distintos escenarios y finalmente las conclusiones.

### **Preliminares**

Locke (1976) propuso que la satisfacción laboral es un estado emocional placentero o positivo resultado de la valoración del trabajo o de las experiencias de trabajo del personal. Así como también, la gestión del recurso humano está influenciada por varios componentes, los cuales inciden en el desempeño de las personas en su área de trabajo (Nyberg, 2014). Las equidades entre estos factores pueden variar en distintos contextos, por lo que es importante analizar las variables que influyen en el comportamiento de los trabajadores a lo largo del tiempo. En este estudio se consideró que para entender la conducta de las personas que laboran en el hotel, se deben tomar en cuenta la motivación y la percepción como factores internos del trabajador, y como factores externos al ambiente organizacional, las reglas, procedimiento de suministro de personal y capacitación (Herzberg, 1959).

Para lo cual se considera que las personas en el desempeño de su función se sienten satisfechas cuando se toman en cuenta los factores internos y externos, es decir que la manera más segura de obtener la satisfacción de los empleados es permitir que los trabajadores perciban que sus esfuerzos son reconocidos, que participan en la toma de decisiones y que se unen esfuerzos para proporcionar un servicio excelente a los clientes (Spinelli, 2000).

El poder de influencia de cada una de las variables que determinan la satisfacción o insatisfacción en el desempeño del personal caso de estudio, depende de las necesidades que percibe el personal y de la gestión del gerente que se encuentra a cargo de la organización. Siqueira (2008) en su estudio de satisfacción laboral, señala que la satisfacción es sensible a las políticas, procedimientos y la justicia en el trabajo. Los bajos niveles de satisfacción conducen a comportamientos orientados a la indiferencia y el ausentismo (Cunha et al., 2007).

Para Robbins (2013) la satisfacción en el trabajo se define como el sentimiento positivo que resulta de la evaluación de las características del que se desempeña en el ámbito laboral, tales como: la interacción con los compañeros y superiores, cumplir las reglas y políticas, alcanzar indicadores de desempeño y vivir en condiciones de trabajo que no siempre son las ideales.

Aunque los procesos en donde se involucra la conducta humana son muy complejos de modelar, se han hecho algunos esfuerzos por representarlos mediante modelos dinámicos (Vikharev, 2013), lo cual permita observar las principales variables que influyen en los cambios que se presentan en el sistema.

La dinámica de sistemas es una metodología que busca entender el comportamiento de sistemas complejos y la evolución de éste a través del tiempo. Para Rosenberg (2015) en el ámbito empresarial, la dinámica de sistemas contribuye a hacer frente a cambios en los procesos empresariales, lo que permite aumentar la flexibilidad de los procesos de negocio y mejorar su rendimiento.

La dinámica de sistemas tiene aplicaciones en entornos en las que intervienen decisiones del ser humano, por ejemplo, Yang (2010) realizó una investigación de los antecedentes y consecuencias de satisfacción en los empleados de 11 hoteles turísticos de Taiwán, se examinaron los efectos del conflicto tales como, el agotamiento, la socialización y autonomía laboral, así como factores que influyen en la satisfacción en el trabajo y los resultados permitieron identificar que la satisfacción en el trabajo contribuyó significativamente en el compromiso de los empleados y en la disminución de los índices de rotación del personal.

Las herramientas de software más demandadas en el mercado para el análisis y realización de simulaciones dinámicas de sistemas son: Vensim, Stella, Power y Ithink, aunque solo Vensim tiene una versión gratuita para uso académico y de investigación (Benavides, 2008).

### Metodología

La investigación realizada tiene un enfoque correlacional y se basa en el modelo presa-depredador. Se recopiló información documental y se aplicó un cuestionario al total del personal que labora en el hotel, con una población de 20 trabajadores. La primera sección del cuestionario consistió en recopilar datos sociodemográficos de la población e incluyó variables como: Género, estado civil, edad, área laboral y escolaridad; en la segunda sección se aplicó un instrumento basado en el cuestionario desarrollado por Meliá (1998) llamado Cuestionario de Satisfacción Laboral S4/82, que contribuye a identificar el problema y hacer un análisis de los elementos que intervienen. La construcción del modelo dinámico de satisfacción laboral se inicia al diseñar el diagrama causal, que sirve como herramienta para mostrar la relación que existe entre las variables (García 2010).

Los valores numéricos de los parámetros usados en el modelo se sustentan con los datos recolectados en el cuestionario aplicado, y la introducción de las ecuaciones en el modelo propuesto se basa en la estructura establecida en el modelo tipo presa-depredador de Lotka-Volterra (Chiang, 2012) dadas a continuación:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= \alpha x - \beta xy \\ \frac{dy}{dt} &= -\gamma y + \delta yx,\end{aligned}\quad (1)$$

en donde:

$x$  = Personal satisfecho,

$y$  = Personal insatisfecho,

$\alpha$  = Tasa de suministro de personal,

$\beta$  = Tasa de insatisfacción de personal,

$\gamma$  = Tasa de decrecimiento de la insatisfacción y depende de la remuneración, la comunicación, equidad y supervisión,

$\delta$  = Tasa de rotación de personal.

La concepción del modelo fue hecha en base a las siguientes consideraciones:

En el modelo original Presa-Depredador, “ $x$ ” y “ $y$ ” son el número de presas y depredadores respectivamente, en nuestro caso “ $x$ ” y “ $y$ ” representan el número de personas satisfechas e insatisfechas, asumiendo la hipótesis de que las personas insatisfechas interactúan e influyen en las personas satisfechas, modificando en éstas últimas su grado de satisfacción y no a la inversa (Eloy, 2006).

En esta situación, la interacción entre estos dos grupos de empleados, se asume como una multiplicación ponderada por un parámetro, para la ecuación dinámica del personal satisfecho ( $x$ ), observe que la interacción entre personal satisfecho e insatisfecho ( $xy$ ) está ponderada por el parámetro  $\beta$ , y debido a que en la ecuación dinámica el factor  $\beta xy$  se resta al término  $\alpha x$  (el cual representa el crecimiento de personal satisfecho), como el factor  $\beta xy$  provoca decrecimiento en el número de personas satisfechas, entonces el parámetro  $\beta$  representa la tasa de insatisfacción laboral. Respecto al parámetro  $\alpha$ , este representa la tasa de crecimiento de la variable  $x$ , por ello dicho parámetro se eligió como la tasa de suministro de personal, asumiendo que el personal nuevo es inducido a su puesto y que inicia totalmente satisfecho. En la ecuación dinámica de la variable  $y$ , la situación es a la inversa: el factor  $-\gamma y$  es decreciente, por lo tanto,  $\gamma$  representa la tasa de decrecimiento de la insatisfacción, el cual está influenciado por factores que hacen crecer el grado de satisfacción del personal, de acuerdo a lo expuesto por Herzberg (1959) en el presente artículo se han considerado la remuneración, la comunicación, la equidad y la supervisión, por lo que  $\gamma$  es el resultado de multiplicar los valores numéricos asignados a dichos factores. El factor  $\delta xy$ , ahora creciente, hace decrecer la dinámica de personas insatisfechas, en este trabajo, se asume que abandonan el lugar de trabajo, por lo que  $\delta$ , representa la tasa de rotación de personal, el cual estará influenciado por los datos históricos de la empresa y por la tasa de empleo en el estado de Hidalgo, esto último debido a que facilita el hecho de insertarse en otra empresa. Los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ , así como los demás elementos numéricos considerados en el modelo, fueron asignados numéricamente de acuerdo con los datos obtenidos en el cuestionario y considerando que un valor de 1 representa el 100% de la tasa. Esto se detalla en la sección de Resultados.

Posteriormente se simularon distintos escenarios en el software libre especializado Vensim, en donde para validar el modelo se compararon los resultados obtenidos en el primer escenario con los datos históricos disponibles, al existir coherencia se consideró que el modelo era el adecuado (Wu, 2014). Se observó la evolución temporal de las variables intervinientes y se identificó la mejor estrategia de acuerdo a los resultados obtenidos.

## Resultados de la investigación

### Datos sociodemográficos

En la Tabla 1, se presentan los resultados de las variables socio-demográficas más relevantes de la población de empleados del hotel (el sexo, la edad, el estado civil, nivel de escolaridad), así como también se consideraron aspectos laborales como el ingreso mensual y la antigüedad del personal en el hotel.

<i>Variables sociodemográficas</i>		
<i>Sexo</i>	Hombre	55%
	Mujer	45%
<i>Estado civil</i>	Soltero	50%
	Divorciado	10%
	Casado	40%
<i>Edad</i>	22 a 29 años	45%
	30 a 39 años	30%
	40 a 49 años	10%
	50 a 59 años	15%
<i>Educación</i>	Sin estudios	5%
	Primaria	0%
	Secundaria	20%
	Preparatoria	25%
	Carrear trunca	5%
	Licenciatura	45%
<i>Salario mensual</i>	Menos de 3000	5%
	3000 a 3999	35%
	4000 a 4999	10%
	5000 a 5999	10%
	6000 a 6999	35%
	7000 a 8000	1%
<i>Antigüedad</i>	Menos de 1 año	45%
	Entre 1 y 2 años	20%
	Entre 3 y 4 años	5%
	Entre 5 y 6 años	10%
	Entre 7 y 8 años	5%
	Entre 9 y 10 años	10%
	Entre 11 y 15 años	5%

**Tabla 1** Variables sociodemográficas

*Fuente: Elaboración propia*

Es importante señalar que de acuerdo a los resultados en la Tabla 1, el 50% de los empleados son solteros, el 45% tiene menos de 30 años y el 30% tiene menos de 40 años; el 45% de la población cuenta con una licenciatura, sin embargo un 5% no tiene estudios. Por otra parte se puede observar que la remuneración mensual del 50% de los empleados es menor a \$5,000.00 pesos, que el 65% de los empleados tiene de antigüedad menos de 3 años y que únicamente el 15% de los empleados tiene más de 9 años de antigüedad trabajando en el hotel. La rotación de empleados en la empresa en el año 2014 fue de 6%, pero en los últimos dos años incrementó en un 30%, fue posible identificar que los empleados que tienen mayor antigüedad, forman parte de la población de trabajadores que no cuentan con estudios, por lo tanto carecen de menos oportunidades para poder cambiar de empleo.

### Satisfacción laboral de los empleados

Los resultados del cuestionario señalan que el 70% del personal se encuentra insatisfecho, el 80% aseguran que no recibieron capacitación inicial al ingresar a la empresa, el 70% no se encuentra satisfecho con su remuneración, el 70% no se encuentra satisfecho con el programa de comunicación implementado, el 85% considera que las condiciones no son equitativas y el 40% considera que la supervisión no es la adecuada. En la Tabla 2 se observa que la remuneración que percibe el trabajador no siempre es proporcional al puesto que desempeña y trae como consecuencia la falta de equidad en la distribución y asignación de los recursos en la empresa (Mladinic 2011). En el caso del encargado de mantenimiento y el ayudante de mantenimiento, con responsabilidades y funciones distintas, tienen una participación en la remuneración del 4% del total de la nómina, así como también un auxiliar contable percibe un 3% y un auxiliar administrativo un 6%.

En relación al nivel educativo un trabajador con carrera trunca, percibe un 15% del total de la nómina y un trabajador que cuenta únicamente con primaria percibe una remuneración del 16%.

*Relación entre remuneración, nivel de escolaridad y puesto*

		Remuneración (%)
<i>Educación</i>	Sin estudios	13%
	Primaria	16%
	Secundaria	16%
	Preparatoria	16%
	Carrear trunca	15%
	Licenciatura	24%
<i>Puesto</i>	División de cuartos	4%
	Contabilidad	7%
	Ayudante de carpintería	4%
	Gerente	8%
	Encargado de lavandería	3%
	Carpintero	4%
	Encargado de mantenimiento	4%
	Ayudante de mantenimiento	4%
	Ama de llaves	5%
	Auditor	6%
	Camarero	3%
	Ventas	7%
	Auxiliar contable	3%
	Recepcionista	6%
	Auxiliar de ventas	6%
	Ayudante de cocina	5%
Auxiliar de admón.	6%	

**Tabla 2** Relación entre remuneración, nivel de escolaridad y puesto, en porcentaje del total de la nómina

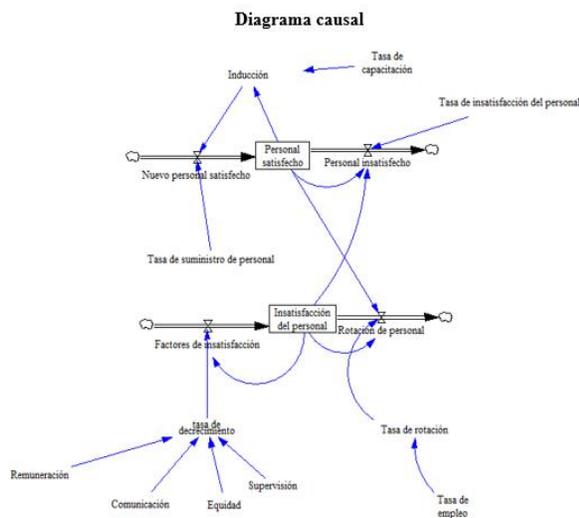
*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos en el cuestionario permitieron diseñar el diagrama causal, que contiene los datos iniciales y muestra la primera simulación con los valores recolectados de cada una de las variables de influencia, como se muestra a continuación:

<b>Datos iniciales de las variables</b>	
$x_0=$	5 personas satisfechas
$y_0=$	15 personas insatisfechas
$\alpha=$	0.06 (0.3 Capacitación* 0.2 Inducción)
$\beta=$	.70
$\gamma=$	0.945 (.30 Remuneración* .30 Comunicación* .15 Equidad* .70 Supervisión)
$\delta=$	0.081 (.30 Rotación * 0.027 Tasa de empleo)

**Tabla 3** Datos iniciales de las variables

Fuente: *Elaboración propia*

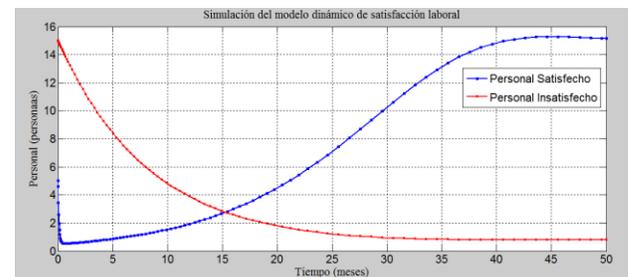


**Figura 1** Diagrama causal

Fuente: *Elaboración propia*

En el primer escenario con los datos iniciales, el modelo predice que si se mantienen las condiciones actuales, el personal insatisfecho, el personal satisfecho y la rotación de personal no presenta cambios significativos, esto valida en cierta forma el modelo.

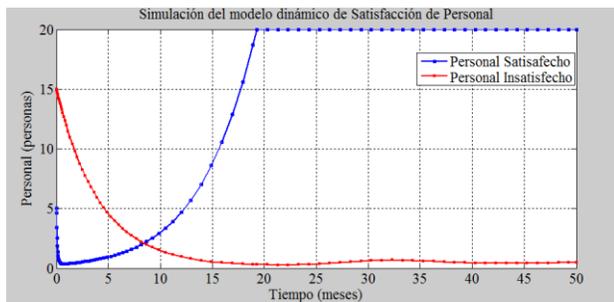
De forma heurística se hacen modificaciones a las variables dinámicas, para conocer el impacto en la satisfacción del personal, los valores utilizados representan las condiciones de satisfacción opuestas a las existentes en los datos iniciales, donde las acciones implementadas incrementan la satisfacción de los trabajadores en la remuneración en 70%, en comunicación 70%, en equidad 85% y supervisión 30%; en el Gráfico 1, se puede observar que hasta los 40 meses se estabiliza la satisfacción del personal, teniendo 15 personas satisfechas, la insatisfacción disminuye 1 persona y durante el proceso de los 40 meses, 4 personas deciden dejar la empresa (no se logran satisfacer con las acciones implementadas).



**Gráfico 1** Propuesta de escenario 2

Fuente: *Elaboración propia*

En el tercer escenario los valores de las variables dinámicas se modifican de la siguiente forma: Remuneración .60, comunicación en .90, equidad .90 y supervisión.50; en el Gráfico 2, se observa que la satisfacción del personal del hotel se logra en 19 meses, con 20 personas satisfechas y durante los 19 meses solamente 3 personas no se logran satisfacer y deciden dejar la empresa.



**Gráfico 2** Propuesta de escenario 3

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Los resultados de la investigación muestran que la satisfacción del personal que labora en el hotel se encuentra influenciada por las variables de remuneración, comunicación, equidad y supervisión. El modelo propuesto permitió simular un segundo escenario en donde los valores de las variables en estado estacionario representan las condiciones opuestas a las iniciales, esto implica que las acciones de mejora que generalmente implementa una organización al identificar sus puntos críticos pueden simularse para conocer anticipadamente los posibles efectos en la satisfacción, evitando el mal uso de los recursos al ejecutar acciones no del todo adecuadas. En el tercer escenario es posible observar que las acciones de fortalecimiento no siempre tienen que orientarse a incrementar en mayor proporción la variable remuneración y que la satisfacción del personal que labora en el hotel se fortalece y se disminuye en menos tiempo cuando las acciones se dirigen a mejorar la comunicación, equidad y supervisión. En conclusión, el estudio pretende contribuir en el fortalecimiento de la gestión del recurso humano del hotel, en la eficacia en la toma de decisiones y asignación adecuada de los recursos.

## Referencias

- Adams, J. S. (1963). Towards an understanding of inequity. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 67(5), 422.
- Andrade, H., Lince, E., Hernández, E., y Monsalve, A. (2011). Evolución: herramienta software para modelado y simulación con dinámica de sistemas. *Revista de Dinámica de Sistemas*, 4(1), 1-27.
- Benavides, F. C., y Pérez, M. (2008). La simulación como herramienta de apoyo a la inteligencia empresarial. *Dialnet*, 1 (22), 55.
- Chiang, S. Y. (2012). An application of Lotka–Volterra model to Taiwan's transition from 200mm to 300mm silicon wafers. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(2), 383-392.
- Cunha, M. P., Rego, A., Cunha, R. C., y Cabral-Cardoso, C. (2007). Manual de Comportamiento Organizacional y Gestión. *Jornadas Hispano*, 21, 964.
- ENAPROCE (2015). *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas*. Recuperado de <http://www.Inegi.org.mx/>
- Eloy, S. &. (2006). La insatisfacción laboral como factor del bajo rendimiento del trabajador. *Quiapakayomoc*, 13(6), 116-122.
- García, M. (2010). *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*. España: JMC.
- Herzberg, F., Mausner, B. y Snyderman, B. (1959). *The Motivation to Work*. New York: Wiley.
- Locke, E. A., y Dunnette, M. D. (1976). Handbook of industrial and organizational psychology. *The Nature and Course of Job Satisfaction*. Chicago, IL: Rand McNally, 1297-1343.

Meliá, J. L., y Peiró, J. M. (1998). *Factores de Satisfacción Laboral S4/82*. Psicología de la Seguridad. España. Recuperado de <http://www.uv.es/seguridadlaboral>

Mladinic, A., y Isla, P. (2011). Justicia organizacional: entendiendo la equidad en las organizaciones. *Psyche, 11*(2).

Nyberg, A. J., Moliterno, T. P., Hale, D., y Lepak, D. P. (2014). Resource-based perspectives on unit-level human capital a review and integration. *Journal of Management, 40*(1), 316-346.

Robbins, S. P. y Judge, T. A. (2013). *Comportamiento organizacional*. México: Pearson Educación.

Rosenberg, Z., Riasanow, T., y Krcmar, H. (2015). A System Dynamics Model for Business Process Change Projects. In *International Conference of the System Dynamics Society, Boston, USA*.

Vikharev, S. (2013). Mathematical model of the local stability of the enterprise to its vendors. *Applied Mathematical Sciences, 7* (109), 5553-5558. doi: 10.12988/ams.2013.38465

Wu, R. (2014). *El modelo presa-depredador y sus aplicaciones a la Economía* (tesis de grado). Universidad de Jaén, España.

Yang, J. T. (2010). Antecedents and consequences of job satisfaction in the hotel industry. *International Journal of Hospitality Management, 29*(4), 609-619.

## Administración de la Producción en una Mipyme productora de salsas en Real del Monte Hidalgo

AVILÉS, Katia†\*, GONZÁLEZ, Jaime, AGUILAR, José y SUÁREZ, Miguel

Recibido Octubre 9, 2017; Aceptado Diciembre 14, 2017

### Resumen

Este artículo presenta la aplicación de técnicas del área de ingeniería industrial en el negocio familiar hidalguense Pastes Tejeda el Serranillo S.A. de C.V., que como resultado de una estrategia de diversificación inició de forma artesanal y empírica el proceso de producción de salsas en el año 2016. A finales de ese año, solicitó que docentes y estudiantes del Instituto Tecnológico de Pachuca desarrollaran un proyecto de investigación aplicada centrado en la administración de la producción con el objetivo de llevar a cabo el diseño e integración de un proceso sistemático para la producción de éstas. El proyecto estuvo conformado por cinco etapas en las que se utilizaron metodologías como 5'S, el diagrama de flujo de operaciones, diagrama de operaciones, la estandarización de procedimientos, redistribución de planta, cálculo de pronósticos, y el diseño de un plan de producción. La identificación de las operaciones, sus secuencias y la estandarización de las recetas favorecieron la eliminación de actividades innecesarias, así como la optimización de recursos. Finalmente se logró reducir la materia prima y producto terminado en el área de almacén con porcentajes del 71 al 98%, eliminando la sobreproducción de salsas, situación que ocasionaba pérdidas económicas a la empresa.

**Administración de la producción, Mipyme, empresa familiar, producción de salsas, plan de producción**

### Abstract

This paper presents the application of techniques in industrial engineering area at the family business Pastes Tejeda el Serranillo S.A. de C.V., that as a result of diversification strategy began in a craft and empirical way the process of production of sauces in the year 2016. At the end of that year, requested that teachers and students of the Instituto Tecnológico de Pachuca Pachuca develop an applied research project centered in the administration of the production with the objective to carry out the design and integration of a systematic process for the production of these. The project consisted of five stages using methodologies such as 5'S, operations flow diagram, operations diagram, standardization of procedures, plant redistribution, forecast calculation, and the design of a production plan. The identification of the operations, their sequences and the standardization of the recipes favored the elimination of unnecessary activities as well as the optimization of resources. Finally, it was possible to reduce the raw material and finished product in the warehouse area with percentages from 71 to 98%, eliminating the overproduction of sauces, a situation that caused economic losses to the company.

**Production management, Mipyme, Family business, production of sauces, production plan**

**Citación:** AVILÉS, Katia, GONZÁLEZ, Jaime, AGUILAR, José y SUÁREZ, Miguel. Administración de la Producción en una Mipyme productora de salsas en Real del Monte Hidalgo. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017, 4-13: 10-27

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: katiacoyoli@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En México el 99.81% de las empresas son micro, pequeñas y medianas (Mipymes) respecto a este porcentaje, la concentración de microempresas representa un 95%. Sin embargo, en relación con su productividad solamente aportan 8% del total de la producción bruta nacional. Por lo que incidir en el fortalecimiento de éstas genera importantes beneficios en la economía nacional.

Respecto a estas Mipymes se destaca que un gran número es de origen familiar. A nivel mundial es desconocido el número exacto de entidades económicas en este rubro, sin embargo, en México el control mayoritario de la propiedad de las empresas es familiar con 67.2% (Instituto Mexicano de Ejecutivos en Finanzas A. C., 2010). Respecto al Estado de Hidalgo de acuerdo con la investigación de Hernández y Mendoza (2007), el 83.3% de las empresas hidalguenses son familiares (Terrones, 2011).

Este tipo de empresas tiene ventajas entre las que destacan el compromiso que se ve reflejado como una responsabilidad, así como la dedicación de sus integrantes debido al orgullo que representa para ellos ser parte del negocio. Sin embargo, también existen diversas problemáticas como son: la rigidez basada en la experiencia de las actividades realizadas en la empresa, los crecientes desafíos comerciales resultado de las prácticas obsoletas, los cambios o transiciones respecto a la persona que maneja la compañía.

En este sentido la administración de la producción en una empresa implica el diseño y mejora de los sistemas involucrados en la generación de los principales bienes y servicios mediante la investigación y ejecución de aquellas acciones tendientes al incremento de la productividad por medio de la planificación, organización, dirección y control en la producción con la finalidad de aumentar la calidad del producto producido en tiempo y a costos mínimos. En este contexto surge esta investigación en el año 2016, cuyo objetivo es diseñar e integrar un proceso sistemático utilizando herramientas de administración de la producción para incrementar la productividad en una empresa familiar productora de salsas ubicada en el municipio de Real del Monte Hidalgo perteneciente a Pastes Tejeda el Serranillo S.A. de C.V. Los siguientes apartados de este artículo muestran los conceptos teóricos que fundamentan el trabajo, la metodología con la que se aplicaron herramientas como son la determinación de tiempos estándar del proceso productivo, descripción del proceso, delimitación adecuada de áreas de trabajo, establecimiento de diagramas de operación, estandarización de las recetas para las salsas, cálculo del pronóstico de la demanda, además se incluyen los resultados obtenidos así como las conclusiones del mismo.

## Descripción del problema

La empresa carecía de la administración de las operaciones en la producción de salsas, lo que originó una sobreproducción y excedente en el inventario de materia prima-producto terminado, esta situación generaba altos costos de almacenamiento; aunado a lo anterior la falta de estandarización en las actividades provocó tiempos muertos ocasionando pérdidas económicas y falta de competitividad a la empresa.

**Fundamentos teóricos****Administración de la producción**

Es el diseño y la mejora de los sistemas que crean y producen los principales bienes y servicios centrándose en la investigación y ejecución de las acciones tendientes a generar una productividad mediante la planificación, organización, dirección y control en la producción con la finalidad de mejorar la calidad del producto. Incluye la adquisición de insumos y luego la verificación de su transformación en productos o servicios demandados por los clientes (Muñoz, 2009).

**Objetivos de la administración de la producción**

Una empresa puede enfocar su sistema de producción en las siguientes dimensiones básicas:

- Bajos costos de producción.
- Mejores tiempos de entrega (just in time).
- Mejor calidad en la manufactura del producto y servicio.
- Innovación y flexibilidad (adaptación a nuevas tecnologías).

**Alcance de la administración de la producción**

- Administración de las operaciones y la competencia global.
- Organización de operaciones competitivas.
- Estrategias de operaciones hacia una ventaja competitiva.

- Administración de la demanda.
- Decisiones acerca del diseño del producto.
- Estrategias para el desarrollo de la capacidad.
- Ubicación y distribución de planta.

De acuerdo con Vilcarromero (s.f.), también es fundamental la flexibilidad en cuanto a la innovación, adopción de nuevas tecnologías y adaptación de las operaciones en las diferentes actividades basadas en los siguientes puntos:

- Diseño del proceso de producción
- calidad en el proceso
- administración de proyectos
- administración de inventarios
- planeación de las operaciones
- administración de planta
- administración del flujo de materiales

**Pronóstico**

Para Heizer y Render (2009), es la ciencia de predecir eventos futuros por medio de diversos modelos matemáticos a través de datos históricos como la venta de meses anteriores. Al realizar un pronóstico se debe tomar en cuenta el horizonte de tiempo que puede ser a corto, mediano o largo plazo. Los tipos de pronóstico son: económicos, tecnológicos y de la demanda.

**Enfoque del pronóstico**

Hay dos tipos de panoramas para realizar el pronóstico, el cualitativo que incorpora factores como la intuición, las emociones, experiencias personales y el sistema de valores de quien toma las decisiones. Por otro lado, se encuentran los cuantitativos que emplean modelos matemáticos para pronosticar la demanda. La metodología para realizar un pronóstico es la siguiente:

- Determinar el uso del pronóstico.
- Selección de los aspectos a pronosticar.
- Determinación del horizonte de tiempo del pronóstico.
- Selección de los modelos del pronóstico.
- Recopilación de datos.
- Cálculo del pronóstico.
- Validación e implementación de resultados.

**Pronósticos en un plan de producción**

Los pronósticos además de ser útiles para la administración de los procesos de igual manera lo son para la cadena de valor. En la cadena de valor la empresa necesita los pronósticos para coordinarse con sus clientes y proveedores. En el nivel de los procesos los pronósticos de producción se necesitan para diseñar los diferentes procesos que se llevan a cabo en toda la organización para identificar y solucionar los cuellos de botella internos entre otros problemas. (Krajewski, Ritzman, y Malhotra, 2009).

Generar un Plan de Producción va de la mano con los pronósticos ya que permiten saber que productos se necesitan en un periodo de tiempo determinado con anticipación y de esta manera reducir los inventarios de materia prima en proceso y del producto terminado. En ese sentido, de acuerdo a Heizer y Render (2009) el plan de producción va a permitir el desarrollo del Plan Maestro de Producción (PMP) que servirá para satisfacer la demanda y cumplir con la programación de la producción.

**Estrategia del proceso**

Es el enfoque que adopta una organización para transformar sus bienes y servicios. Aplicar una estrategia del proceso tiene como objetivo encontrar la manera de producir bienes y servicios que cumplan con los requerimientos de los clientes, las especificaciones del producto en cuanto a costo y otras restricciones de la administración (Sanchis y Poler, 2010).

**Enfoque en el producto**

Los procesos de alto volumen y poca variedad corresponden a este enfoque. También son conocidos como *procesos continuos*, ya que cuentan con corridas de producción grandes y continuas. Aquí las instalaciones son organizadas de tal forma que se encuentren alrededor de los productos. Las organizaciones que utilizan este enfoque tienen una capacidad inherente de fijar estándares y de mantener una calidad específica. La naturaleza especializada de la instalación requiere costos fijos altos, pero costos variables bajos esto ayuda a la gran utilización de las instalaciones.

## Análisis y diseño del proceso de producción

Cuando se analizan y diseñan los procesos surgen una serie de preguntas como: ¿el proceso está diseñado para lograr una ventaja competitiva?, ¿el proceso elimina pasos que no agrega valor?, ¿el proceso incrementa al máximo el valor para el cliente?, ¿el proceso permitirá obtener pedidos?

En este sentido existen herramientas que ayudan a comprender el diseño y/o rediseño del proceso. Estas son sencillas formas que hacen posible que tenga sentido lo que sucede y/o debería suceder en los procesos. Enseguida se mencionan algunas de estas herramientas a utilizar (Nacional Financiera, 2004).

### Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones de proceso muestra en orden cronológico todas las operaciones e inspecciones realizadas durante un proceso, así como todas las aportaciones de materia prima y subensambles hechas al producto principal (Figura 1).

Se emplea cuando se estudia:

- El propósito de la operación
- el diseño de la parte o pieza
- las tolerancias o especificaciones
- los materiales
- el proceso de fabricación
- la preparación y las herramientas
- las condiciones de trabajo
- la distribución de las instalaciones (González, 2004).

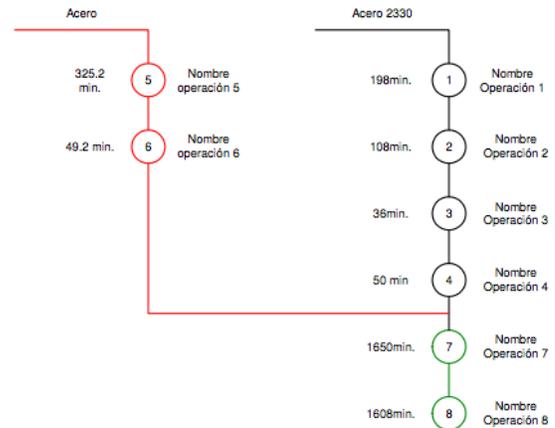


Figura 1 Diagrama de Operaciones

### Diagrama de flujo de proceso

González (2004), en su trabajo describe el diagrama de flujo de proceso como la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las demoras y los almacenamientos (Figura 2). También se le llama cursograma analítico. Se emplea cuando se estudia:

- El manejo de materiales
- la distribución del equipo en la planta
- la maquinaria y equipo necesarios
- los tiempos de demora o retrasos
- los tiempos de almacenamiento
- las tolerancias o especificaciones.

### Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido de actividades complementa el diagrama de flujo de proceso pues permite visualizar los transportes en el plano de las instalaciones de manera que es posible eliminarlos o reducirlos en cantidad y distancia (Lozano y Pinzón, 2011); (Figura 3).

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO OPERATIVO						
PAG	1	DE	1	MEDOTO ACTUAL	x	METODO PROPUESTO
PROCESO: ELABORACIÓN DE EMPANADAS DE POLLO						
RESUMEN						
CANTIDAD TOTAL	OPERACION	TRANSPORTE	ALMACENAMIENTO	DEMORA	INSPECCION	
DISTANCIA TOTAL (mts)						
TIEMPO TOTAL (min)						
ACTIVIDAD	SIMBOLO	TIEM (min)	DIST (mts)	OBSERVACIONES		
1	Entrar a la cocina	0,015	1,3			
2	Abrir la nevera	0,033	0			Se abre la nevera.
3	Tomar la pechuga	0,033	0			Se saca la pechuga del pollo que ya esta previamente pesada en el empaque.
4	Cerrar nevera	0,033	0			Se cierra la nevera
5	Ir al lavadero	0,052	4,6			Se camina hasta el lavadero
6	tomar un recipiente para el agua	0,033	0			
7	meter recipiente a la alberca	0,017	0			
8	Sacar agua	0,017	0			

Figura 2 Diagrama de flujo de proceso

**Selección de equipamiento**

Por último, la selección de equipo y tecnología dependerá de la estrategia de proceso a utilizar, estas decisiones son complejas, ya que existen diversos métodos de producción en casi todas las funciones de operaciones. La selección de equipo requiere considerar costo, calidad, capacidad de la misma y flexibilidad.

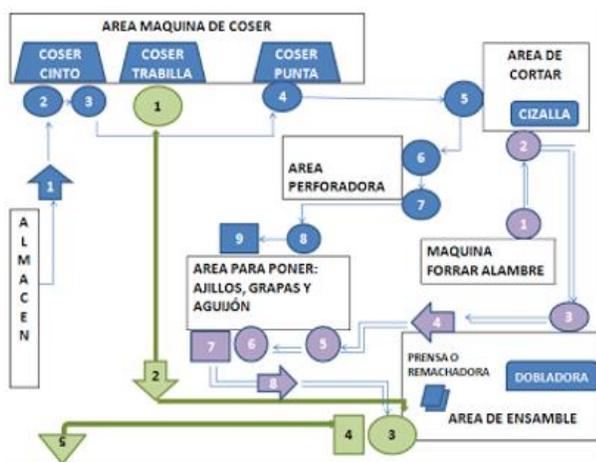


Figura 3 Diagrama de recorrido

**Estrategia de distribución de instalaciones**

Este tema es uno de los más importantes ya que determina la eficacia en un futuro de las operaciones porque se establecen las prioridades competitivas en cualquier organización en relación a la capacidad, flexibilidad, costo, calidad de vida en el trabajo, el contacto con los clientes e imagen. Heizer (2010) menciona que el objetivo de las empresas al realizar una estrategia de distribución es desarrollar una distribución efectiva y eficiente que cumpla con los requerimientos competitivos de la empresa. Para lograr dicho objetivo deben considerar los siguientes aspectos:

- Mayor aprovechamiento de espacio, equipo y persona.
- Mejor flujo de información, materiales y persona.
- Mejor ánimo de los empleados y condiciones de trabajo más seguras.
- Mejor interacción con el cliente.
- Flexibilidad.

**Metodología 5'S**

De acuerdo a Socconini (2009), este método fue desarrollado por Hiroyuki Hirano y es conocido de esta manera porque cada una de las palabras de las etapas comienza en "S" en el idioma japonés. No existe un orden específico para llevar a cabo la aplicación de cada "S", sin embargo, todas estas se deben de cumplir.

**Seiri (Seleccionar):** Consiste en deshacerse los artículos innecesarios en el área de trabajo.

**Seiton (Organizar):** Ordenar los artículos necesarios especificando un lugar para cada cosa.

**Seiso (Limpiar):** Eliminar la suciedad del área de trabajo.

**Seiketsu (Estandarizar):** Conseguir que las actividades y procedimientos se ejecuten de la misma manera.

**Shitsuke (Seguimiento):** Crear un hábito de las actividades de 5'S para asegurar que se mantenga en los lugares de trabajo.

Esta herramienta es utilizada para mantener los lugares de trabajo organizados con el fin de conservarlos funcionales, ordenados, limpios, agradables y seguros con la ayuda de todos los participantes involucrados. El enfoque primordial es para que exista calidad, así como orden, limpieza y disciplina (Juárez, 2009).

### **Cadena de valor en el proceso productivo**

La cadena de valor se refiere al énfasis en cada paso del proceso de la cadena de suministro que lleva productos o servicios a los clientes y debe generar valor. Los movimientos innecesarios, pasos de producción que no hacen falta y el exceso de inventarios, son objetivos que no generan valor al proceso (Chase, Jacobs y Aquiliano, 2009).

### **Principios de la cadena de valor**

Las premisas en las que se enfoca la cadena de valor, de acuerdo a Chase *et. al.* (2009) son:

1. Mantener la cadena de valor en movimiento a máxima velocidad.
2. Eliminar el desperdicio que detiene, vuelve más lenta o distrae la cadena de valor.

3. Concentrarse en eliminar el desperdicio, en lugar de acelerar operaciones que agregan valor.

4. Buscar el desperdicio en la fábrica, la oficina y las operaciones físicas, de procedimientos y técnicas.

### **Desarrollo Metodológico**

En esta sección se describen las cinco etapas llevadas a cabo en esta investigación en base a la administración de la producción. Inicialmente se realizó el análisis de la situación actual en la empresa para conocer las principales afectaciones al proceso productivo. La recolección de información se llevó a cabo mediante la técnica de la observación directa, así como entrevistas al personal que labora en la empresa. También se realizó una descripción de las actividades efectuadas por el área de producción para detectar las principales causas de los problemas que se presentaban en la elaboración de las salsas, analizándose las actividades operativas para determinar las oportunidades de mejora. En los siguientes apartados de este trabajo se describen estas etapas:

### **Diseño y Construcción del diagrama de flujo de operaciones y diagrama de operaciones**

Para llevar a cabo los diagramas, primero se analizaron e identificaron las actividades que se realizan para la elaboración de las salsas, con el fin de determinar aquellas que no agregan valor al producto es decir que no forman parte directa del proceso productivo (Tabla 1) y (Tabla 2).

Actividad		Tiempo (segundos)
Agrega Valor	No agrega Valor	
	Recepción e inspección de materia prima	600
	Almacén de materia prima	0
	Selección e inspección de materia prima	300
	Pesaje de materia prima antes del inicio del proceso	754
	Lavado de materia prima	1140
	Desinfectado de materia prima	731
	Corte de materia prima	526
	Molido de materia prima	5121
	Cocción de salsas	

**Tabla 1** Actividades que no agregan valor al producto

Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente se detectaron aquellas operaciones que lleva más tiempo realizarlas, su distribución, así como la determinación de la estrategia que tiene el proceso para encontrar la manera de producir las salsas cumpliendo con las especificaciones del producto.

La Tabla 1 contiene la primera parte de las actividades del proceso de producción de las salsas, se observa que existen dos actividades que no agregan valor respecto de siete que sí agregan valor al producto y la operación que tarda más tiempo es la de lavado de materia prima con 1140 segundos (19 minutos) para una jornada de trabajo de 8 horas.

Actividad		Tiempo (segundos)
Agrega Valor	No agrega Valor	
	Enfriado de salsas	65880
	Llenado de bolsas	3362
	Sellado de bolsas	2726
	Pasteurización	14031
	Enfriado de bolsas de salsas	4500
	Secado de bolsas	3600
	Etiquetado de producto	130
	Inspección de producto terminado	30
	Traslado al almacén de producto terminado	

**Tabla 2** Actividades que no agregan valor al producto

Fuente: *Elaboración propia*

Respecto a la Tabla 2, en esta se observa que cinco actividades no agregan valor al producto y la actividad que mayor tiempo toma es la de enfriado de salsas con 65880 segundos (18.3 horas) por día de trabajo.

Después se llevó a cabo la construcción del diagrama de operación general que muestra en orden cronológico todas las operaciones e inspecciones realizadas durante este proceso (Figura 4).

Como parte final en esta etapa se realizó el diagrama de flujo de proceso para establecer la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las demoras y almacenamientos incluyendo también las distancias que se recorren de una actividad a otra (Figura 5).

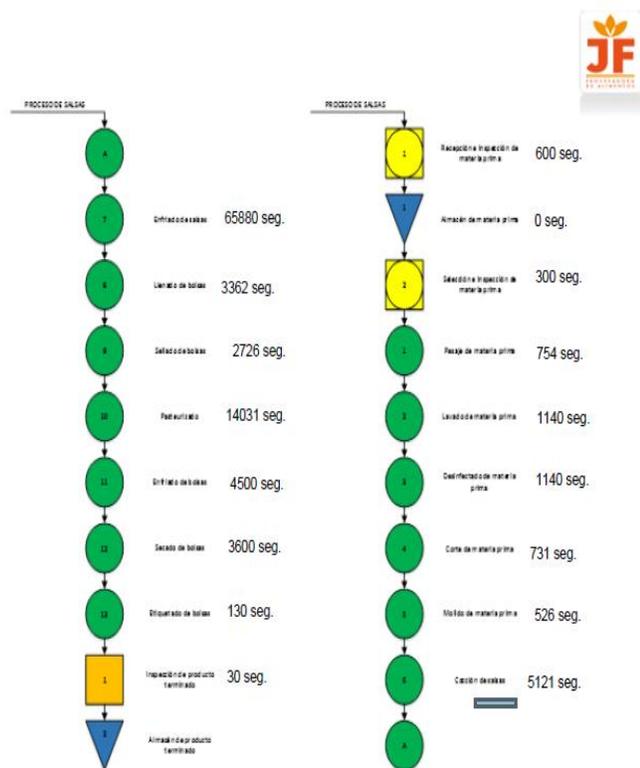


Figura 4 Diagrama de operación general

DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DE PROCESO																				
Ubicación: Pates Tejeda El Serranillo S.A. de C.V.																				
Actividad: Producción de salsas en conserva																				
Fecha:																				
Operador: Varios      Analista:																				
Método: Actual      Propuesto		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resumen</th> </tr> <tr> <th>Actividad</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operación</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Inspección</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Almacén</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Transporte</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Operación/inspección</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>					Resumen		Actividad	Total	Operación	6	Inspección	0	Almacén	1	Transporte	1	Operación/inspección	2
Resumen																				
Actividad	Total																			
Operación	6																			
Inspección	0																			
Almacén	1																			
Transporte	1																			
Operación/inspección	2																			
Tipo: Obrero    Material    Maquinas																				
Comentario:		Distancia (m)		16.10																
Descripción de actividades	Símbolo				Distancia (m)	Tiempo (seg)														
Recepción e inspección de materia prima	●	■	▼	→	3.80	600														
Transporte de materia prima	●	■	▼	→	1.30	10														
Almacén de materia prima	●	■	▼	→	0.00	0														
Selección e inspección de materia prima	●	■	▼	→	0.00	300														
Pesaje de materia prima	●	■	▼	→	2.40	754														
Lavado de materia prima	●	■	▼	→	2.30	1140														
Desinfectado de materia prima	●	■	▼	→	0.60	1140														
Corte de materia prima	●	■	▼	→	3.20	731														
Precocción de materia prima	●	■	▼	→	0.70	1200														
Moldeo de materia prima	●	■	▼	→	1.80	526														

Figura 5 Diagrama de flujo de proceso

Finalmente se estableció el listado de las operaciones básicas del proceso de elaboración de las salsas. Esta actividad se validó con el apoyo del responsable del área de cocina:

1. Recepción e inspección de materia prima.
2. Recepción, descarga, selección y acomodo de la materia prima en el almacén (en este punto se revisa que se cumplan los estándares de calidad).
3. Pesaje de materia prima acorde a la producción pronosticada y los requerimientos de las recetas estandarizadas para cada una de las salsas.
4. Lavado de materia prima conforme a los estipulado en el protocolo para limpieza de la materia prima.
5. Corte de materia prima en rodajas conforme a lo establecido en la estandarización de las recetas.
6. Moldeo de materia prima.
7. Cocción de las salsas.
8. Enfriado de salsas.
9. Llenado de bolsas.
10. Sellado de bolsas.
11. Pasteurización.
12. Enfriado de bolsas de salsas.

13. Secado de bolsas.
14. Etiquetado del producto.
15. Inspección de producto terminado.
16. Traslado al almacén de producto terminado.

### Estandarización de las recetas

En esta etapa se realizó la determinación de las cantidades de los ingredientes que se deben utilizar para la elaboración de los diferentes tipos de salsas mediante pruebas piloto utilizando las recetas artesanales familiares. Las salsas obtenidas fueron muy aproximadas al sabor tradicional que fue verificado por la creadora de las fórmulas (dueña de la empresa).

La estandarización permitió la optimización de los recursos materiales para producir solo lo requerido de acuerdo al pronóstico obtenido, disminuyendo costos de almacenamiento y mermas en forma de producto caduco, favoreciendo también las actividades de planeación, organización y control de los ingredientes de cada salsa.

En la Tabla 3, se aprecia el ejemplo del cálculo que se lleva a cabo en una hoja de Excel mediante una regla de tres simple al introducir un valor para la cantidad pronosticada de 100 litros, (la estandarización de todas las salsas se incluye en el Anexo 1, que por motivos de confidencialidad contiene los ingredientes codificados ya que son fórmulas artesanales familiares). Las diferentes salsas que se elaboran son: salsa verde, salsa mora, salsa huasteca, salsa suiza verde, suiza roja, mole verde, mole poblano y salsa guajillo.

Salsa Suiza Verde							
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (litros)					Cantidad pronosticada (Litros)
		50.00	25.00	12.50	6.25	3.125	
Crema	L	16.00	8.00	4.00	2.00	1.00	100
Leche	L	2.50	1.25	0.625	0.3125	0.156	5
Manchego	KG	1.60	0.80	0.40	0.20	0.10	3.2
SMV	L	50.00	25.00	12.50	6.25	3.125	100
Consomé	GR	10.00	5.00	2.50	1.25	0.625	0.02

Tabla 3 Ejemplo de estandarización de recetas

### Orden en el almacén de materia prima y producto terminado

Al aplicar la metodología 5'S, se determinaron solo los materiales necesarios eliminando de estos espacios lo que no era útil, después se organizaron y ordenaron los materiales asignado un lugar para cada insumo, material o producto terminado (según sea el caso) de acuerdo a su frecuencia de uso, facilitando de esta manera su identificación. También se llevó a cabo la limpieza de los almacenes.

Finalmente se estableció con el personal encargado de esta área que las actividades se llevaran a cabo de la misma forma permanentemente con la finalidad de estandarizar y convertirlas en un hábito. En la Figura 6 y Figura 7, se observa el antes y después de utilizar 5'S en el almacén de producto terminado, en donde aparecen las salsas sin ningún orden y después el espacio visiblemente organizado, clasificado y limpio.



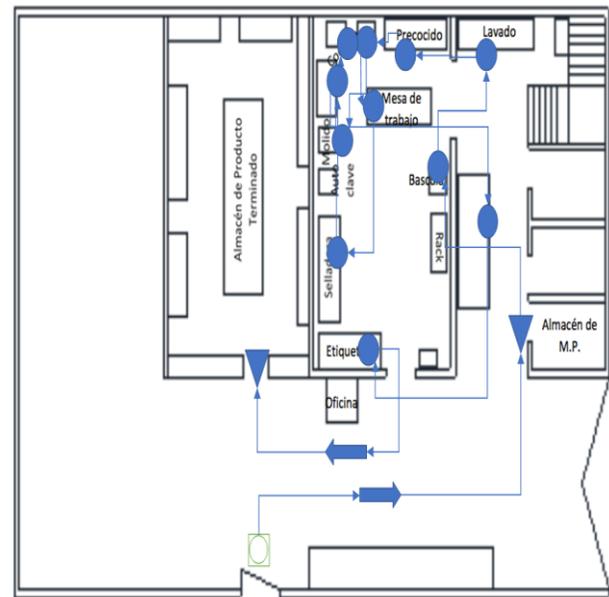
**Figura 6** Almacén de producto terminado antes de utilizar 5'S



**Figura 7** Almacén de producto terminado después de utilizar 5'S

### Análisis de la distribución de planta actual

Se observaron las condiciones de la distribución de planta actual (Figura 8), notando que no hay un flujo continuo del proceso entre las operaciones de molido, cocción, llenado de bolsas (mesa de trabajo) y cocción (donde también se realiza el pasteurizado) lo que genera un mayor recorrido (60 metros) y más tiempo de producción (dos días y medio).



**Figura 8** Diagrama de recorrido actual

De acuerdo con Chase, Jacobs y Aquilano, (2009) y Heizer y Render (2009), se realizó una propuesta de redistribución de planta utilizando la técnica de distribución con enfoque al producto (*Anexo 2*), que favorezca el flujo continuo en el proceso, con esta nueva distribución se reubicarán las operaciones de cocción, molido, sellado, autoclave (sanitización); también se agregarán dos tinas de enfriamiento, una mesa de trabajo y el área de pasteurización, pudiendo lograr un flujo continuo en el proceso y reduciendo así la distancia total de recorrido (50 metros) y el tiempo total de proceso (día y medio) (Figura 9).

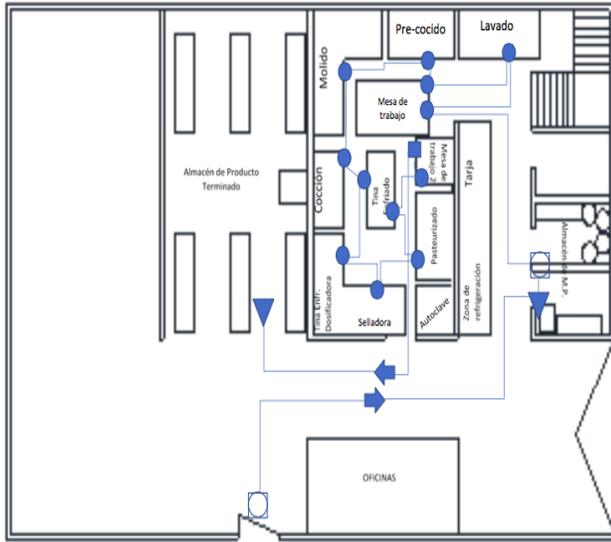


Figura 9 Diagrama de recorrido propuesto

Lo anterior influye directamente en la productividad, ya que se producían 2000 litros mensuales de salsa y con la propuesta la producción esperada es de 2311 litros mensuales (1), obteniendo un incremento del 15.55% de productividad.

$$Pro = \frac{Pe}{Pa} \tag{1}$$

Donde:

Pro =productividad

Pe =producción estimada

Pa=producción actual

### Diseño del plan de producción

En primer lugar, se realizó el cálculo del pronóstico de demanda para la salsa suiza verde por mes (el cual es similar para los otros 7 tipos de salsas). Se utilizaron los métodos de regresión lineal, móvil simple, móvil ponderado y suavizamiento exponencial con los datos históricos de la demanda mensual de octubre 2016 a febrero 2017, los cálculos se realizaron en Excel.

Para el cálculo del pronóstico por el método del promedio móvil simple se empleó (2).

$$Promedio\ móvil = \frac{\sum Demanda\ de\ los\ n\ periodos\ previos}{n} \tag{2}$$

El cálculo del pronóstico por el método del promedio móvil ponderado se obtuvo con (3).

$$Promedio\ móvil\ ponderado = \frac{\sum (Ponderación\ para\ el\ periodo\ n)(Demanda\ en\ el\ periodo\ n)}{\sum Ponderación} \tag{3}$$

Respecto al cálculo del pronóstico por el método de suavizamiento exponencial se empleó (4).

$$Suavizamiento\ exponencial = Pronóstico\ del\ periodo\ anterior + \alpha (Demanda\ real\ del\ mes\ anterior - Pronóstico\ del\ mes\ anterior) \tag{4}$$

donde  $\alpha$  = peso relativo entre 0 y 1 y depende del comportamiento de la demanda del mes anterior

Para el cálculo del pronóstico por el método de regresión lineal se emplearon las ecuaciones normales de la recta de mínimos cuadrados (5), (6) y (7).

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \tag{5}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \tag{6}$$

$$y = a + bx \tag{7}$$

La Tabla 4 contiene los resultados de los cálculos con los métodos descritos anteriormente observando que los datos históricos utilizados corresponden a los meses de octubre a diciembre 2016, así como de enero a febrero de 2017. Los pronósticos que se calcularon corresponden a cinco meses subsecuentes (marzo a julio 2017).

A	B	C	D	E	F	G	$\alpha$
0.5	OCT. 2016	82				95.6	0.5
0.5	NOV. 2016	102				94.6	
	DIC. 2016	116	92	143.5	116	93.6	
	ENE. 2017	80	109	167.5	116	92.6	
	FEB. 2017	88	98	138.5	98	91.6	
	MAR. 2017		84	128.5	93	90.6	
	ABR. 2017		88	128.5	93	89.6	
	MAY. 2017		88	128.5	93	88.6	
	JUN. 2017		88	128.5	93	87.6	
	JUL. 2017		88	128.5	93	89.6	

Tabla 4 Cálculo de pronóstico con los métodos utilizados

Donde:

A. Ponderación.

B. Mes.

C. Demanda histórica

D. Promedio Móvil Simple.

E. Promedio Móvil Ponderado.

F. Suavizamiento Exponencial.

G. Regresión lineal.

$\alpha$ . Constante de Suavización.

Se utilizó la señal de rastreo que consiste en la suma de los errores o desviaciones de los datos con respecto a las estimaciones para determinar el mejor pronóstico (Tabla 5).

					Móvil simple		Móvil ponderado		Suavizamiento exponencial	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	82									
2	102									
3	116	92	143.5	116	24.00	24.00	-27.50	27.50	0.00	0.00
4	80	109	167.5	116	-29.00	29.00	87.50	87.50	-36.00	36.00
5	88	98	138.5	98	-10.00	10.00	-50.50	50.50	-10.00	10.00
					-15.00	21.00	-165.50	55.17	-46.00	15.33
				L	-0.714		-3.000		-3.000	

Tabla 5 Comparación de pronósticos con señal de rastreo

Donde:

A. Mes.

B. Demanda.

C. Móvil Simple.

D. Móvil Ponderado.

E. Suavizamiento Exponencial.

F. SCEP.

G. DAM

H. SCEP.

I. DAM

J. SCEP.

K. DAM

L. Señal de control.

Como se puede observar en la Tabla 5, el pronóstico seleccionado para hacer el plan de producción es el obtenido por el método de promedio móvil simple ya que la suma de errores de este arrojó una menor desviación (-0.714).

Ahora ya es posible hacer el plan maestro de producción (MPS). Para el caso de la salsa suiza verde con base al pronóstico obtenido en la **Tabla 4** se generó el MPS de los próximos 4 meses (agosto a noviembre 2017), el requerimiento bruto, recepciones planeadas de pedidos tienen el mismo valor que el del pronóstico (ya que se supone vender todas la unidades pronosticadas), se considera un inventario de seguridad del 10% de unidades pronosticadas y la emisión planeada de pedido inicia a partir del periodo 0 que corresponde al mes de julio cuando se solicita el pedido (Tabla 6).

Plan Maestro de Producción (MPS) Salsa suiza verde con inventario de seguridad					
Periodo	0	1	2	3	4
Pronóstico		84	88	88	88
Requerimiento Bruto		84	88	88	88
Inventario de seguridad	93	93	93	93	93
Requerimiento neto		0	0	0	0
Pedidos programados					
Devoluciones					
Recepciones planeadas de pedidos		84	88	88	88
Emisiones planeadas de pedidos	84	88	88	88	0

**Tabla 6** MPS para la salsa suiza verde

Como ya se mencionó el MPS para los otros tipos de salsa se obtiene con el mismo procedimiento ya descrito para la salsa suiza verde.

## Resultados

Los resultados obtenidos con este proyecto iniciaron con la construcción de un diagrama de operación general el cual muestra la secuencia de operaciones desde la llegada de materia prima hasta el empaquetado del producto terminado, así como las inspecciones, tiempos permitidos y materiales utilizados, lo cual facilitó a los trabajadores la estandarización del trabajo.

En cuanto a la estandarización de las recetas de los productos, esta actividad, favoreció las actividades de planeación, organización y control de ingredientes para cada salsa.

En el almacén de materia prima y producto terminado fue posible mejorar las condiciones en las que se encontraban ya que al utilizar las 5'S fue posible limpiar, reorganizar y ordenar los materiales o productos logrando para los trabajadores una fácil identificación y mejor aprovechamiento de esta área.

Particularmente en el almacén de producto terminado se logró eliminar la sobreproducción de salsas, situación que ocasionaba pérdidas económicas a la empresa. La disminución del stock en el almacén de producto terminado se dio en diferentes porcentajes para cada salsa, esta reducción tuvo cifras que van del 98 al 71% de existencias (*Anexo 3*).

Con la distribución propuesta se pretende lograr un manejo eficiente de los recursos, la optimización del tiempo de elaboración y entrega de producto terminado. Finalmente, a través de la obtención de los pronósticos para la salsa suiza verde (que se realizó de igual forma con los otros tipos de salsa), se contribuyó a la reducción de materia prima en almacenes, se logró la optimización de espacios, se facilitó el manejo de materiales y la elaboración de un plan de producción para cada tipo de salsa.

### Conclusiones

La profesionalización de las actividades en una Mipyme tiene un efecto positivo en su competitividad, ya que incide en su sobrevivencia y crecimiento. Se cumplió con el objetivo establecido del proyecto, que es incrementar la productividad utilizando herramientas de administración de la producción en una empresa familiar productora de salsas.

Con la disminución del Stock en el área de almacenes hubo un mejor aprovechamiento de espacios. Con la aplicación de 5's, se benefició a los trabajadores debido a que ahora los almacenes se encuentran en mejores condiciones de operación ya que al estar ordenados la materia prima y producto terminado es posible localizar más fácilmente su ubicación en los almacenes para su uso en las áreas productivas.

En cuanto a la propuesta de la modificación en la distribución de planta se espera contribuya a la fluidez y continuidad del proceso. Finalmente, el plan maestro de producción permite llevar un control de esta, que a la vez también facilita un control de inventarios contribuyendo en cierto modo al incremento de la productividad que hoy en día las Mipymes requieren si desean permanecer en el mercado y ser competitivas.

### Anexo 1. Estandarización de recetas.

Salsa verde						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
SV1	KG	10.00	5.00	2.50	1.25	100
SV2	KG	30.00	15.00	7.50	3.75	60
SV3	KG	3.75	1.88	0.94	0.47	7.5
SV4	KG	2.50	1.25	0.63	0.31	5
SV5	KG	0.27	0.13	0.07	0.03	0.53
SV6	KG	0.50	0.25	0.13	0.06	1
SV7	LT	4.00	2.00	1.00	0.50	8
SV8	LT	0.75	0.38	0.19	0.09	1.5

**Tabla 7** Estandarización de recetas (Salsa verde)

Salsa Mora						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
SMT1	KG	10	5	2.5	1.25	62.5
SMT2	KG	10	5	2.5	1.25	62.5
SMT3	KG	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.625
SMT4	KG	1.8	0.9	0.45	0.225	11.25
SMT5	KG	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.625
SMT6	LT	2	1	0.5	0.25	12.5
SMT7	LT	0.25	0.125	0.0625	0.03125	1.5625
SMT8	KG	0.14	0.07	0.035	0.0175	0.875
SMT9	KG	0.054	0.027	0.0135	0.00675	0.3375

**Tabla 8** Estandarización de recetas (Salsa Mora)

Salsa Huasteca						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
SHT1	KG	0.04	0.02	0.01	0.005	0.25
SHT2	KG	0.04	0.02	0.01	0.005	0.25
SHT3	KG	0.04	0.02	0.01	0.005	0.25
SHT4	KG	0.10	0.05	0.025	0.0125	0.625
SHT5	KG	1.80	0.9	0.45	0.225	11.25
SHT6	KG	20.00	10	5	2.5	125
SHT7	KG	0.05	0.02	0.013	0.006	1.5625
SHT8	KG	0.14	0.07	0.035	0.0175	0.875
SHT9	LT	2.00	1	0.5	0.25	0.3375
SHT10	LT	0.25	0.12	0.062	0.0312	1.5625

Tabla 9 Estandarización de recetas (Salsa Huasteca)

Salsa suiza roja						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
SSR1	KG	40	20	10	5	80
SSR2	KG	0.5	0.25	0.125	0.0625	1
SSR3	KG	3.75	1.87	0.937	0.4687	7.5
SSR4	KG	0.18	0.09	0.045	0.0225	0.36
SSR5	KG	1	0.5	0.25	0.125	2
SSR6	LT	0.5	0.25	0.125	0.0625	1
SSR7	LT	4	2	1	0.5	8
SSR8	KG	0.2	0.1	0.05	0.025	0.4
SSR9	KG	0.28	0.14	0.07	0.035	0.56
SSR10	KG	0.3	0.15	0.075	0.0375	0.6

Tabla 10 Estandarización de recetas (Salsa suiza roja)

Salsa Guajillo						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
SG1	KG	3.00	1.5	0.75	0.375	15
SG2	LT	8.00	4	2	1	40
SG3	KG	0.25	0.125	0.0625	0.03125	1.25
SG4	KG	0.05	0.025	0.0125	0.00625	0.25
SG5	LT	0.10	0.05	0.025	0.0125	0.5

Tabla 11 Estandarización de recetas (Guajillo)

Mole Verde						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
MV1	KG	5	2.5	1.25	0.625	41.6
MV2	KG	0.3	0.15	0.075	0.0375	2.5
MV3	KG	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.83
MV4	KG	0.3	0.15	0.075	0.0375	2.5
MV5	KG	0.4	0.2	0.1	0.05	3.33
MV6	KG	0.4	0.2	0.1	0.05	3.33
MV7	KG	0.4	0.2	0.1	0.05	3.33
MV8	KG	0.3	0.15	0.075	0.0375	2.5
MV9	KG	0.3	0.15	0.075	0.0375	2.5
MV10	KG	0.3	0.15	0.075	0.0375	2.5
MV11	KG	2.5	1.25	0.625	0.3125	20.83
MV12	KG	0.14	0.07	0.035	0.0175	1.166
MV13	KG	0.035	0.01	0.008	0.0043	0.29
MV14	LT	6	3	1.5	0.75	50
MV15	KG	0.004	0.00	0.001	0.0005	0.033
MV16	LT	0.2	0.1	0.05	0.025	1.66

Tabla 12 Estandarización de recetas (Mole Verde)

Mole Poblano						
Ingredientes	Unidad	Cantidad por receta (Litros)				Cantidad pronosticada (Litros)
		50	25	12.5	6.25	
MP1	Kg	1	0.5	0.25	0.125	1.294
MP2	Kg	1	0.5	0.25	0.125	1.294
MP3	Kg	1	0.5	0.25	0.125	1.294
MP4	Kg	1	0.5	0.25	0.125	1.294
MP5	Kg	0.15	0.075	0.037	0.0187	0.194
MP6	LT	0.2	0.1	0.05	0.025	0.259
MP7	Kg	0.14	0.07	0.035	0.0175	0.181
MP8	Kg	0.2	0.1	0.05	0.025	0.259
MP9	Kg	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.647
MP10	Kg	0.4	0.2	0.1	0.05	0.518
MP11	Kg	0.3	0.15	0.075	0.0375	0.388
MP12	LT	15	7.5	3.75	1.875	19.412
MP13	Kg	0.3	0.15	0.075	0.0375	0.388
MP14	Kg	0.3	0.15	0.075	0.0375	0.388
MP15	Kg	0.27	0.135	0.067	0.0337	0.349
MP16	Kg	0.03	0.01	0.007	0.0037	0.039
MP17	Kg	1.5	0.75	0.375	0.1875	1.941
MP18	Kg	0.438	0.21	0.109	0.0547	0.567
MP19	Kg	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.647
MP20	Kg	1	0.5	0.25	0.125	1.294
MP21	Kg	0.25	0.12	0.062	0.0312	0.324

Tabla 13 Estandarización de recetas (Mole Poblano)

## Anexo 2. Técnica de Distribución de producto

Los procesos de alto volumen y poca variedad están enfocados en el producto. Las instalaciones se organizan alrededor de productos. También se conocen como procesos continuos porque tienen corridas de producción grandes y continuas. Productos como vidrio, papel, hojas de estaño, focos, cerveza y tornillos se hacen mediante procesos continuos. Algunos productos como los focos son discretos; otros como los rollos de papel, son no discretos. Solo mediante la estandarización y control efectivo de la calidad las empresas han podido establecer instalaciones enfocadas en el producto. Una organización que produce el mismo pan para *hot dogs* día tras día puede organizar su sistema de producción alrededor del producto, teniendo entonces una capacidad inherente de fijar estándares y mantener una calidad específica, al contrario, una organización que produce bienes únicos cada día, como un taller de impresión (Heizer y Render, 2009).

## Anexo 3. Reducción de Stock por producto

Para reducir el stock, fue necesario recurrir a la suspensión de la producción para que este redujera considerablemente ocasionando también mermas (**Tabla 14**). Es importante destacar que esta acción tuvo que ser realizada porque al momento de iniciar con el proyecto la empresa producía de manera empírica las salsas.

Producto	Stock		Merma	% de reducción
	Antes (enero 2017)	Actual (junio 2017)		
Salsa verde	5987.5	22	44	98.91
Salsa mora	614.5	132	54	77
Salsa huasteca	1020	172	53	82
Suiza verde	1011	64	51	90
Suiza roja	1222	12	47	95
Mole verde	275	0	28	91
Mole poblano	650	0	35	95
Adobo	188	46	29	71
Guajillo	638	0	34	95

**Tabla 14** Reducción de stock por producto.

## Agradecimientos

El Instituto Tecnológico de Pachuca por medio de los docentes y estudiantes que llevaron a cabo esta investigación, agradecen al Gerente General (por motivos de confidencialidad se omite su nombre) de esta empresa el apoyo para llevar a cabo el proyecto de investigación aplicada.

## Referencias

- Chase, R., Jacobs, F., y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones producción y cadena de suministros (12a. ed.). México: Ed. Mc GrawHill.
- Heizer, J. y Render, B. (2009). Principios de Administración de operaciones (7a. ed.). México: Ed. Prentice Hall.
- Juárez, C. (2009). Propuesta para implementar metodología 5'S en el departamento de cobros de la subdelegación Veracruz Norte IMSS. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Maestría en Gestión de la Calidad. Facultad de Estadística e Informática Xalapa.
- Krajewski, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). Administración de Operaciones. (2a. ed.). México: Prentice Hall.
- Lozano, D., y Pinzón, H. (2011). Diseño e implementación de un plan de mejoramiento en el sistema productivo de confecciones Maracuario LTDA. Tesis de Licenciatura. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
- Muñoz, D. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. Cengage Learning. 521p.

Nacional Financiera (2004). Fundamentos de negocio. Recuperado el 17 de mayo de 2017, de [ww.nafin.com/portalfn/content/herramientas-de-negocio/fundamentos-de-negocio/produccion.html](http://ww.nafin.com/portalfn/content/herramientas-de-negocio/fundamentos-de-negocio/produccion.html)

Sanchiz, P., y Poler, R. (2010). Estrategias de gestión de los procesos y operaciones en escenarios de personalización en masa. Memorias de congreso 4th Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIV Congreso de Ingeniería de Organización. Donostia-San Sebastián, 8 de septiembre.

Socconini, L. (2009). Lean Manufacturing. Paso a paso. Tlalnepantla, Estado de México: Norma Ediciones.

Terrones, A. (2011). *Las micro pequeñas y medianas empresas en el Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado el 25 de abril de 2017, de <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4830/>

Vilcarromero, R. (s.f). *La gestión en la producción*. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Recuperado el 29 de junio de 2017, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1321/index.htm>

## Incremento en la productividad con análisis de tiempos y movimientos en una empresa de lencería

MARTÍNEZ, Luis†\*, OLVERA, Víctor, GONZÁLEZ, Jaime y VELÁZQUEZ, Isaías

*Instituto Tecnológico de Pachuca, Felipe Angeles Km. 84.5, Venta Prieta, 42083 Pachuca de Soto, Hgo., México*

Recibido Octubre 20, 2017; Aceptado Diciembre 13, 2017

### Resumen

El presente proyecto se enfoca a incrementar la productividad del área de distribución en una empresa de lencería utilizando análisis de tiempos y movimientos así como otras herramientas de apoyo para su realización. Para este propósito se llevó a cabo una investigación aplicada no experimental cualitativa y cuantitativa, se observó y analizó el proceso actual en el área comparándose con el manual de proceso. Se definieron como variables principales el tiempo del proceso, la cantidad de unidades a procesar en cada pedido, repetitividad de éstas en el proceso, cronometrándose los tiempos de las mismas. Se logró estandarizar y redistribuir el área de proceso, se redujo el tiempo de operación y esto se reflejó en un incremento del 33% en la productividad. El análisis de tiempos y movimientos si influyó en este objetivo porque permitió conocer en tiempo real el avance de cada uno de los pedidos para cumplir en tiempo y forma con su entrega a los clientes y hacer el pago justo del destajo a los trabajadores.

**Productividad, tiempos y movimientos, estandarización del trabajo**

### Abstract

The present project focuses on increasing the productivity of the distribution area in a lingerie company, using time and movement analysis as well as other support tools for its realization. For this purpose a qualitative and quantitative non-experimental applied research was carried out the current process in the area was observed and analyzed in comparison to the process manual. We defined as main variables the process time, the number of units to be processed in each order, the repetition of these in the process, timing the times of the same. It was possible to standardize and redistribute the process area, reduced the operating time and this was reflected in a 33% increase in productivity. The analysis of times and movements if influenced in this objective because it allowed to know in real time the advance of each one of the orders to fulfill in time and form with its delivery to the clients and to make the fair payment of the piece to the workers.

**Productivity, times and movements, standardization**

**Citación:** MARTÍNEZ, Luis, OLVERA, Víctor, GONZÁLEZ, Jaime y VELÁZQUEZ, Isaías. Incremento en la productividad con análisis de tiempos y movimientos en una empresa de lencería. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017, 4-13: 28-40

\*Correspondencia al Autor:( Correo Electrónico: limsolis@yahoo.es)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

La única manera en que un negocio o empresa pueda crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. Esto se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida. Las herramientas fundamentales que generan lo anterior incluye métodos, estudios de tiempos estándares (a menudo conocido como medición del trabajo) y el diseño del trabajo (NIEBEL & FREIVALDS, 2008).

Este proyecto se llevó a cabo en una empresa de lencería específicamente en el área de distribución; el objetivo fué realizar mejoras en las cadenas de distribución para incrementar la eficiencia y control del proceso productivo. Se analizaron los tiempos estándares de los trabajadores, su eficiencia, el flujo del proceso, así como la distribución física en esta área. Se encontró que la secuencia de actividades no contaba con una estandarización lo que no permitía llevar un buen control de las actividades de los trabajadores así como el pago para cada uno de estos. También se detectó tiempos muertos en relación con la búsqueda de faltantes, y en cuanto a la distribución física en esta área se observó que las dimensiones de las mesas y pasillos no son homogéneas ni adecuadas ocasionando retrabajos y tiempo ocioso así como una incomodidad en el trabajador.

El valor agregado que tiene el proyecto es el impacto al incrementar su productividad un 33% con respecto a su producción diaria al reducir tiempos muertos, actividades inecesarias y mejorar el flujo de material en la cadena de distribución.

El proyecto se realizó en dos etapas; iniciando con el diagnóstico general de la cadena de distribución apoyándose con el personal involucrado.

La segunda etapa se constituye con el estudio de tiempos y movimientos, estandarización de las actividades, así como la distribución física del área y propuestas de nuevos dispositivos que le permitirán al trabajador realizar sus actividades de manera eficiente (Determinación de requerimientos).

**Metodología****Diagnóstico general de la cadena de distribución**

El proceso de distribución se conforma de 5 fases, las prendas de cada pedido son surtidas por el almacen, posteriormente en las mesas de cada cadena de distribución (COPEL S.A. DE C.V., GRUPO WALMART, MULTICADENAS, MAYORISTAS, PRICE SHOES) se inspeccionan a detalle, enganchan, entallan, plastiflean (colocar etiquetas y precios a las prendas) y finalmente se empacan para posteriormente ser llevadas al transporte que las enviará a donde sean requeridas.

Dentro del análisis principal del área de distribución designada para el desarrollo del proyecto se detectó a distintas áreas de oportunidad que existen dentro de la misma, el método empleado para identificar las problemáticas, y se utilizó un método cuantitativo de criterio basado en las opiniones que permite medir el impacto que tienen cada una de estas (Tabla 1).

**Áreas de oportunidad en la cadena de distribución**

- Deficiente abastecimiento de faltantes a la cadena de distribución.
- No existe división del trabajo.
- Estandarización inexistente para las operaciones de mesa.
- Deficiente flujo de información entre mandos y operarios.
- Incorrecto uso del espacio.

Área de oportunidad	No. De Empleados	Prioridad
DAF	9	20%
NDT	5	11%
EIMO	14	31%
DFMO	4	9%
IUE	13	29%

**Tabla 1** Diagnóstico general

Donde:

DAF: Deficiente abastecimiento de faltantes a la cadena de distribución.

NDT: No existe división del trabajo.

EIM: Estandarización inexistente entre mando y operarios.

DFMO: Deficiente flujo de información entre mandos y operarios.

IUE: Incorrecto uso del espacio.

En base a los resultados obtenidos en la evaluación aplicada a los trabajadores de la cadena de distribución con respecto al diagnóstico general se determinó dar prioridad a las tres primeras problemáticas que se tenía con respecto al mayor porcentaje. Como principal situación se detectó que no existía una estandarización para las operaciones de mesa, posteriormente había un incorrecto uso en el espacio que se tenía en el área y el último aspecto fue el deficiente abastecimiento de faltantes (ganchos, talleres) que se tenía en las células de trabajo (Gráfico 1).



**Gráfico 1** Prioridad al diagnóstico general

Aunado a lo anterior la inequidad en el volumen de trabajo de las cadenas de distribución impacta la productividad (Tabla 2).

Cadenas de distribución	CO	WA	MC	MY	PS	PT
Piezas diarias	22000	29000	17000	2000	800	70800
Supervisores	2	2	2		1	
Administración	1	2	1	1		
Encargado de área	4	4	2			
Recibocambios y devolución de mercancía	4	4	2	1	1	
Enganchadores operadores de mesa	31	31	24	4	2	
Plastiflechador	6	6	4	1	2	
Empacadores	6	7	4	1	1	

**Tabla 2** Número de personal asignado por cadena

Donde:

CO: COPPEL S.A. DE C.V

WA: GRUPO WALMART

MC: Multicadenas

MY: Mayoristas

PS: price shoes

PT: producción total

Así mismo se estableció el total de trabajadores implicados en producción (Tabla 3)

Total de trabajadores implicados en producción
43
44
32
6
5
130

**Tabla 3** Número total de trabajadores en producción

Posteriormente se calculó el porcentaje respecto al volumen de producción, así mismo se fijó el porcentaje de mano de obra implicado en producción (tabla 4).

Porcentaje de volumen de producción	Porcentaje de mano de obra por cadena
31.07	29.83
40.96	39.78
24.01	22.10
2.82	4.42
1.13	3.87

**Tabla 4** Relación volumen de producción/mano de obra

Con esto se pudo determinar la diferencia de la relación entre volumen de producción/mano de obra de cada cadena de distribución (Tabla 5)

Cadenas de distribución	Diferencia
CO	2.003%
WA	-7.114%
MC	0.604%
MY	1.791%
PS	2.716%

**Tabla 5** Diferencia relación volumen/mano de obra

Se puede apreciar que la cadena WALMART es incompetente ya que tiene una diferencia negativa lo cual influye determinantemente en la eficiencia del sistema.

### Determinación de requerimientos

Esta etapa comprende lo siguiente:

### Análisis y propuestas de mejora

AO	Propuesta
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer secuencia de actividades para operadores (preparar material, inspeccionar, enganchar)</li> <li>- Disminución de la variación de tiempos de proceso</li> <li>- Pagos a destajos equitativos</li> <li>- Control exacto del trabajo por operador</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar dimensiones para homogenizar el área de mesas y área de plastiflechadores</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proveedor de faltantes secundarias:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Despachador de ganchos</li> <li>b) Mejorar el despachador de talleres</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 6** Análisis y propuestas de mejora

Donde:

AO: áreas de oportunidades

1. Falta de estandarización en las operaciones (Definir secuencias de actividades).
2. Dimensiones desiguales en mesa y pasillos.
3. Pérdida de tiempo por búsqueda de faltantes para completar su trabajo.

Se analizaron las 3 temáticas derivadas de esta etapa de diagnóstico.

### Falta de estandarización en las operaciones

Para mejorar un trabajo se debe saber exactamente en que consiste con excepción de trabajos muy simples y cortos, rara vez se tiene la certeza de conocer todos los detalles de la tarea por lo tanto se deben observar todos los detalles y registrarlos, de esta forma se inicia el estudio de las diferentes técnicas que sirven para registrar y analizar cada uno de los niveles del trabajo mencionado.

Un diagrama de proceso es una herramienta de análisis; es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además incluye toda la información que se considere necesaria para el análisis (GARCÍA, 1977).

Con la finalidad de establecer una secuencia de actividades que deben realizar los operadores para disminuir la variabilidad en los tiempos del proceso se construyó el diagrama de flujo de proceso (Figura 1).

La propuesta derivada de este análisis es que cada operador se encargue de preparar su material, inspeccionar, enganchar y colgar el lote completo con la finalidad de tener una mayor eficiencia y control por operador

### Dimensiones desiguales en mesas y pasillos

En la búsqueda de que las operadoras en su mayoría puedan realizar sus actividades con el mayor confort posible e incrementar su eficiencia ya que requiere que se concentren en sus actividades y no en actividades externas que deberían ser realizadas por otras personas, se realizó el análisis a las áreas de trabajo.

Se observó que las dimensiones de las mesas no son uniformes, es decir, algunas mesas son más largas o tienen un ancho más grande generando que algunas de las operadoras tengan un espacio más pequeño para desarrollar sus actividades. De igual manera se ve que las dimensiones de los pasillos también tienen variaciones, por lo que se deben ajustar para homogeneizar el área de mesas (MEYERS, 2006) para evitar que los pasillos consuman la mayor parte del espacio de la planta, de modo tal que la circulación de personal, productos, etc sea eficiente (Figura 2).

Los resultados obtenidos mostraron que las mesas de su área de trabajo no eran las adecuadas por el espacio muy reducido que se tiene ocasionando problemas al momento de realizar sus actividades correspondientes.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO EN MESAS

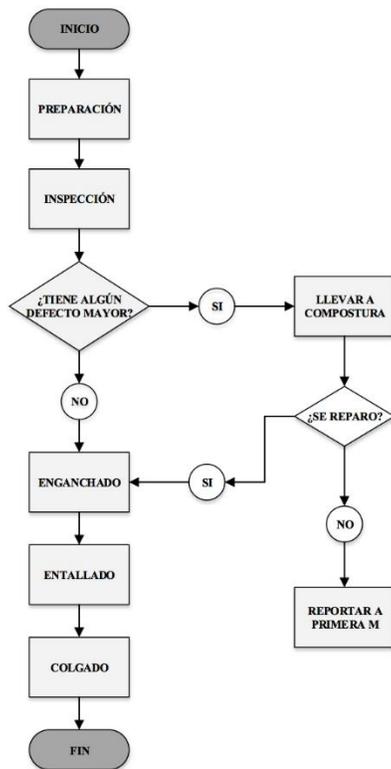


Figura 1 Diagrama de flujo del proceso en mesas

Así mismo se realizó una encuesta al personal para determinar qué tan cómodas eran las condiciones de trabajo en las que están laborando(anexo 1) y estos fueron los resultados(Gráfico 2).

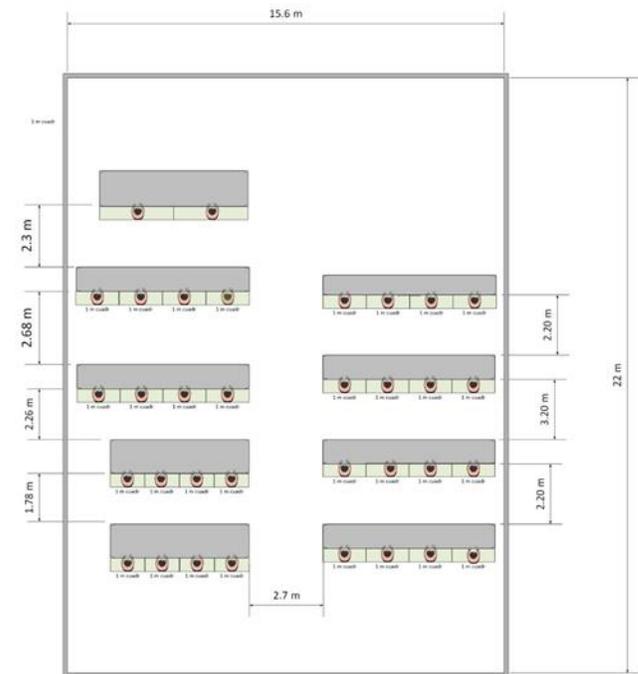


Figura 2 Área de mesas actual

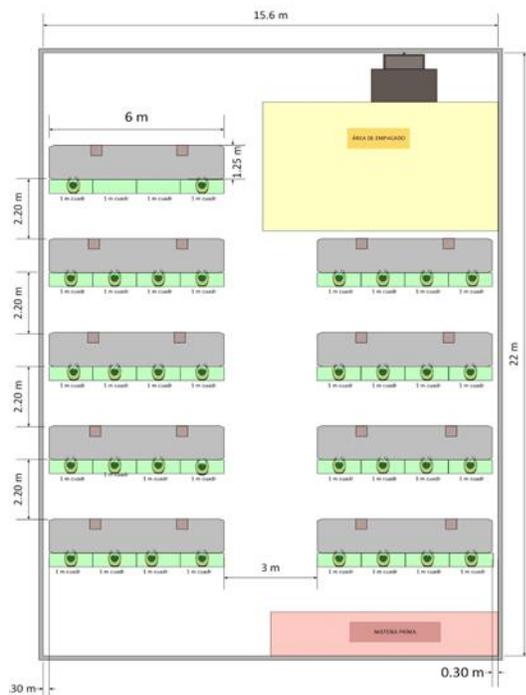
La propuesta para atender esta problemática es que las dimensiones tanto de las mesas como de los pasillos sean homogéneas rediseñando el área (figura 3).



Gráfico 2 Espacio en el área de trabajo

### Pérdida de tiempo por búsqueda de faltantes para completar su trabajo

El movimiento de uno al menos de los tres elementos básicos de la producción (material, hombres y maquinaria) es esencial. Generalmente se trata del material (materia prima, material en proceso o productos terminados).



**Figura 3** Redistribución del área de mesas propuesta

Un aspecto muy importante que a veces se pasa por alto es que el manejo no es una finalidad en si mismo. El mero movimiento de material no cambia en formas o características de éste ni le añade otros elementos. En este sentido no es productivo por lo que se debe buscar la solución partiendo de la base que es necesario determinar el método más conveniente y económico de realizar cada operación productiva y después proyectar un sistema de manejo para conseguir el traslado de material desde y hasta cada operación (MUTHER, 1970).

Se detectó la pérdida de tiempo por parte del trabajador en búsqueda de faltantes para completar su trabajo (Ganchos y talleres), por lo cual se propone el integrar un proveedor de faltantes que le permita al trabajador enfocarse solo en su área de trabajo, este se encargará exclusivamente de suministrar a las mesas los ganchos, los talleres, los lotes de piezas de los racks en las cadenas, así como tareas secundarias (llevar los carros al área de mesas y posteriormente regresar los carros completos al área de plastiflechado). También suministrará a los plastiflechadores las etiquetas y material para poder trabajar sin moverse de su área de trabajo y así poder cumplir con su producción al 100%. Como propuesta secundaria dentro de este punto se sugiere un despachador de ganchos colgado en las barras de las mesas para que las operadoras los obtengan fácilmente, y cuente con un mecanismo de fácil acceso para el proveedor de faltantes quien solo se encargaría de estar supervisando en mesas que el despachador de ganchos tenga suficiente material para que el trabajador pueda realizar sus actividades evitando realizar alguna operación que no le corresponda y así poder aumentar la productividad.

El despachador (Figura 4), tiene las medidas de un ancho de 250 mm un largo de 660 mm y un grosor de 120 mm, específicamente para que los ganchos puedan entrar de manera adecuada y tenga un fácil acceso del nivel de ganchos para el plastiflechador y suministre al trabajador para que éste no tenga que moverse de su área de trabajo.

Posteriormente se analizó el despachador de talleres que se acaba de implementar en la mesa de trabajo número 1, por lo cual se tomó la decisión de encuestar a los trabajadores de la mesa.

Los resultados fueron que el tallerero era de muy poca altura, originando que los talleres se cruzaran y revolvieran haciendo que el operador pierda tiempo separando los talleres para poder poner la talla adecuada a la prenda.

Con los resultados obtenidos anteriormente se determinó que el 84% de los trabajadores están en desacuerdo con las dimensiones actuales del tallerero por considerarlas inadecuadas en su trabajo (gráfico 3).

Tomando en consideración los datos anteriores, se propone mejorar el despachador de ganchos haciéndolo más alto y con un escalón más para que los talleres chicos que vayan sobrando, se inserten en ese compartimiento (Figura 5)

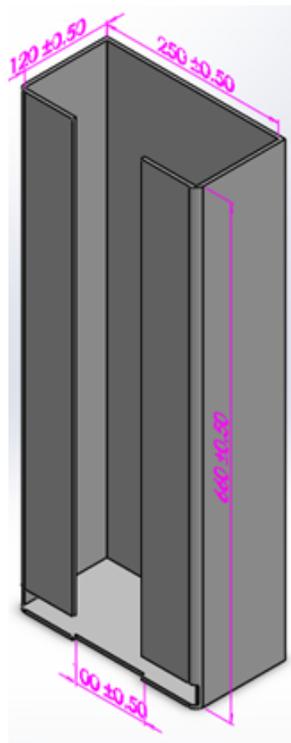


Figura 4 Despachador de ganchos

Al concluir con los dispositivos se pretende tenerlos en un lugar predeterminado (fijo) y tener todo tan cerca como sea posible del punto de uso, esto ayudará a la formación de hábitos y acelera el proceso de aprendizaje para los operadores.



Gráfico 3 Encuesta de los contenedores de talleres

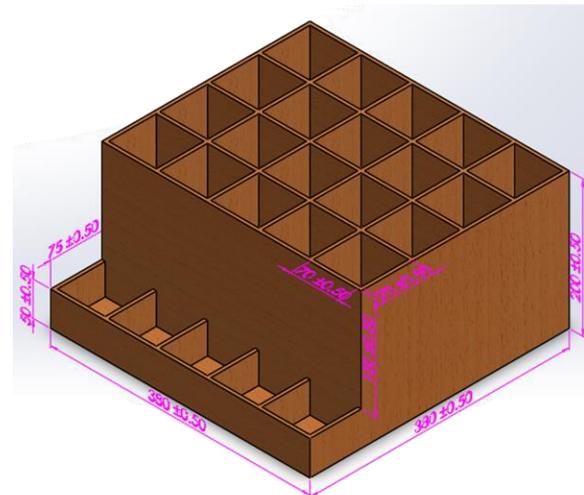


Figura 5 Propuesta en el contenedor de talleres

### Estudio de tiempo de operaciones

Una vez que se implantaron los cambios en las cadenas de distribución se realizó el análisis de los tiempos de operación en cada una de las partes del proceso como inspección, enganchado y entallado, para hacer una comparación de la producción en el estado anterior del área de distribución y el actual.

Este procedimiento se efectuó con el uso de las siguientes expresiones para obtener los resultados que permitan llegar al objetivo.

Primero se calculó el nivelado (anexo 2)

$$NIV = \bar{x}(EOBS * FA) \tag{1}$$

Donde:

NIV = Nivelado

$\bar{x}$  = Promedio

EOBS= Elementos observados

FA = Factor de actuación.

Posteriormente se obtuvo el porcentaje para concesiones y suplementos considerando lo que marca la Organización Internacional del trabajo (OIT), y que en México se refleja en la Ley Federal del trabajo, señalando que para concesiones tales como ir a tomar agua, cubrir necesidades fisiológicas, etc., es un 4% para hombres y 6% para mujeres. Y en cuanto a los suplementos se consideran los factores de actuación (anexo 3), y que en particular para el caso de esta empresa que está en el rango de 476 – 528, se le otorga un 15%, se obtiene un total de 21%.

El estándar se calculó del modo siguiente

$$EST = NIV * CS + NIV \tag{2}$$

Donde:

EST = Estándar

NIV = Nivelado

CS = Concesiones y suplementos

Las fracciones por unidad (FPU), son los tiempos no cíclicos y que aportan el tiempo por pieza, y que en este caso es de uno cada veinte piezas.

El siguiente concepto que es el manual externo es igual al estándar

$$ME = EST \tag{3}$$

Una vez que ya se obtienen los elementos anteriores se procede a calcular el control

$$CONT = \frac{ME}{FPU} \tag{4}$$

CONT= Control

Se suman los valores de control de cada operación, y así ya se puede obtener el tiempo estándar

$$TE = \frac{\sum CONT}{60} \tag{5}$$

Donde:

TE = tiempo estándar.

Finalmente se obtuvo el tiempo por lote

$$TL = TE * No.Lot \tag{6}$$

Todos los resultados obtenidos de estos cálculos se se resumen a continuación(tabla 7)

No.	Elementos	Nivelado	Concesión y supl. (%)	Estándar	Frec. Por unidad	Manual externo	Manual Interno	Tiempo Maquina	Control
1	INSPECCIÓN	247.512	21	299.4895	1/20	299.48952	-	-	14.9745
2	ENGANCHADO	152.04	21	183.9684	1/20	183.9684	-	-	9.19842
3	ENTALLADO	63.496	21	76.83016	1/20	76.83016	-	-	3.84151
4			21	0	1/20	0	-	-	0
5			21	0	1/20	0	-	-	0
6			21	0	1/20	0	-	-	0
7			21	0	1/20	0	-	-	0
8			21	0	1/20	0	-	-	0
9			21	0	1/20	0	-	-	0
10			21	0	1/20	0	-	-	0
SUMA =									28.0144
TIEMPO ESTANDAR =									0.46691
TIEMPO POR LOTE =									56.0288

Tabla 7 Tiempos registrados de réplica

Con toda la información anterior es posible hacer el contraste entre la producción anterior que se calcula con

$$PA = No.L * JL * No.T \quad (7)$$

Donde:

PA = Producción anterior

No.L= Número de lote anterior

JL = Jornada laboral ( horas)

No.T = Número de trabajadores.

Teniendo así un total de 45 trabajadores de mano de obra directa, laborando 8.5 horas por jornada, produciendo un promedio de 90 prendas por hora, dando una producción de 34425 prendas

Y la producción actual cuya información se obtuvo generando la 1ª réplica con los cambios ya mencionados (8)

$$PRI = No.L * JL * No.T \quad (8)$$

PRI = Primera réplica implantada

No.L = Número de lote

JL = Jornada laboral

NoT = Número de trabajadores

El tiempo estándar es de 0.46 minutos por pieza y por lote de 56 minutos, entonces considerando el número de piezas por hora genera un resultado promedio de 120 piezas, lo que da un total de 45900 piezas por jornada.

Con ambos cálculos el comparativo se da a continuación (Tabla 8).

Producción anterior	
Tipo de prenda	Piezas Producidas por día
Resurtido	34425
1ra Replica Implantada	
Tipo de prenda	Piezas Producidas por día
Resurtido	45900

**Tabla 8** Resultados obtenidos

### Resultados

Al incrementar la piezas producidas en una jornada laboral se observó que el porcentaje de productividad se elevo a un 33% con respecto a su producción diaria lo cual se calculó así.

$$IP = \frac{PRI * 100}{PA} - 100 \quad (9)$$

Donde

IP = Incremento de productividad

1RI = Primera réplica implantada

PA = Producción anterior

El diagnóstico general realizado de la cadena de distribución permitió identificar las causas principales que afectaban a la productividad de la empresa, los cuales abarcaban una inexistente estandarización en las operaciones de los trabajadores, un ineficaz manejo en el trabajo ocasionando tiempos muertos y una mala distribución de área, entre otros.

**Anexos**

**Anexo 1**

**Encuesta al personal para determinar que tan cómodas son las condiciones de trabajo con las que estan laborando**

- 1.- ¿Considera que su área de trabajo es adecuada?
- 2.- ¿Su área de trabajo se mantiene limpia mientras está laborando?
- 3.- ¿Considera que las mesas de trabajo tienen el espacio requerido para sus actividades?
- 4.- ¿Cree que los contenedores de talleres tienen la dimensión adecuada para facilitar el trabajo?
- 5.- ¿Un contenedor de ganchos facilitaría la forma de trabajar?
- 6.- ¿Considera que pueden existir mejoras en el proceso?

PREGUNTAS	TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO
CONSIDERA QUE EL ÁREA DE TRABAJO ES EL ADECUADO	3	3	2	5
EL ÁREA DE TRABAJO SE MANTIENE LIMPIO DURANTE LA JORNADA DE TRABAJO	2	3	7	1
CONSIDERA QUE LAS MESAS DE TRABAJO TIENEN EL ESPACIO REQUERIDO PARA SUS ACTIVIDADES	3	3	2	5
CREE QUE LOS CONTENEDORES DE TALLERES TIENEN LA DIMENSION ADECUADA Y FACILITA SU TRABAJO		2	7	4
UN CONTENEDOR DE GANCHOS FACILITARÍA LA FORMA DE TRABAJO	6	6	1	
CONSIDERA QUE PUEDE EXISTIR MEJORAS EN EL PROCESO	6	7		

**Anexo 2**

**Tablas de datos para calcular el nivelado en base al factor de actuación**

ELEMENTOS	1	FA	2	FA	3	FA	4	FA	5	FA
INSPECCION DE LA PIEZA	252.6	100	288.6	80	252.6	100	215.4	120	243	100
ENGANCHADO	151.8	100	154.8	100	192	80	193.8	80	181.2	80
ENTALLADO	41	100	48	100	60.6	80	45.2	100	41.56	100
	445.4	300	491.4	280	505.2	260	454.4	300	465.7	280
	7.42333						7.5733		7.762	
	3333		8.19		8.42		33333		66666	
	Obs. 1		Obs. 2		Obs. 3		Obs. 4		Obs. 5	

donde:

FA = Factor de actuación cuya ponderación depende de la experiencia del cronometrista y la ponderación puede ser de 80, 100 o 120.

El tiempo se cronometró en segundos.

La hoja de nivelado muestra los resultados

Obs	F/A	Obs	F/A	Niv	Obs	F/A	Niv
Elemento No. 1		Elemento No. 2		Elemento No.3			
252.6	1	151.8	1	151.8	41	1	41
288.6	0.8	154.8	1	154.8	48	1	48
252.6	1	192	0.8	153.6	60.6	0.8	48.48
215.4	1.2	193.8	0.8	155.04	80	1	80
243	1	181.2	0.8	144.96	100	1	100
250.44	1	174.72	0.88	152.04	65.92	0.96	63.496
				2.534			1.058266667

**Anexo 3**

**Factores de trabajo**

Esfuerzo: Este concepto permite medir por medio del peso manejado por obrero en su trabajo normal, el grado de esfuerzo realizado.

- 1.- Más de 140 libras
- 2.- Va de 100 a 140 libras
- 3.- Es de 75 a 99 libras
- 4.- Es de 30 a 74 libras
- 5.- Hasta 29 libras

**Monotonía:** Se refiere a la rutina del trabajo.

- 1.- Solamente un trabajo, no hay cambios
- 2.- Más de un trabajo diferente, pero no más de 4 al día
- 3.- Usualmente de 5 a 8 trabajos al día
- 4.- Generalmente de 9 a 15 trabajos diferentes por día
- 5.- Más de 15 trabajos diferentes al día

**Riesgo:** Se refiere al tipo de tensión mental y nerviosa, debido al peligro, así como la necesidad del uso del equipo de seguridad. Es una guía de lo peligroso de una ocupación.

- 1.- Debe usar equipo de protección en el cuerpo y piernas durante el ciclo de trabajo
- 2.- Debe usar anteojos y guarda piernas durante el ciclo de trabajo entero
- 3.- U otro equipo de lentes, guantes, y guarda piernas durante el ciclo de trabajo
- 4.- Debe usar equipo de protección ocasional
- 5.- No necesita equipo de protección en su trabajo normal

#### **Unidades manejadas:**

- 1.- 409 unidades o más
- 2.- De 190 a 409 unidades
- 3.- De 88 a 189 unidades
- 4.- De 41 a 57 unidades

- 5.- Menos de 40 unidades

**Ruido:** Se refiere a la cantidad y frecuencia de sonidos emanados del equipo usado en trabajo.

- 1.- Ruido estrepitoso constante con muy poco cese
- 2.- Ruido estrepitoso la mayor parte del tiempo, con algún cese
- 3.- Algo de ruido en el trabajo, pero no estrepitoso
- 4.- Ruido molesto, pero intermitente
- 5.- Muy poco ruido

**Polvo:** La cantidad de polvo al que el individuo está expuesto en la jornada de trabajo:

- 1.- Cubre la ropa y el cuerpo, y es de naturaleza pegajosa, no se quita sacudiéndola
- 2.- Cubre la cara y las manos, en su mayor parte pegajosa
- 3.- Polvo en la ropa, manos y cara que molesta, pero puede sacudirse fácilmente
- 4.- Generalmente en las manos solamente
- 5.- Muy poco polvo

La tabla siguiente nos muestra los rangos que se deben tomar en cuenta para el tipo de empresa en base a los puntos generados por los factores seleccionados a evaluar para los suplementos

Para el caso de esta empresa se seleccionó el rango de 476 a 528 puntos lo que da un porcentual de 15.

Valor de puntos	
Rango de puntos	por ciento
900-1000	33
810-899	30
725-809	27
654-724	24
587-653	21
529-586	18
476-528	15
428-475	12
386-427	9
Hasta - 385	6

### Agradecimiento

Agradecemos al Gerente de producción de la empresa de lencería Ing. Manuel Godinez por el apoyo, disponibilidad y confianza depositada en cada uno de los integrantes del equipo para llevar a cabo este proyecto.

### Conclusiones

Respecto al proyecto realizado dentro de la cadena de distribución de la empresa de lencería se concluye lo siguiente:

Con las propuestas e implantación en la cadena de distribución se pudo observar que hubo un aumento en la productividad

La estandarización permite a cada uno de los operadores seguir una secuencia de actividades con la finalidad de aumentar la eficiencia. Se logró homogeneizar la distribución del área de mesas y pasillos teniendo un mayor confort en cada una de ellas, así mismo el trabajador podrá realizar sus actividades en los pasillos de manera correcta evitando algún accidente.

Y por último el proveedor de faltantes eliminará actividades innecesarias que los operadores realizaban, enfocándose en su trabajo correspondiente, teniendo así una mayor eficiencia al implantar los dispositivos que les permitirá tener una mayor ergonomía eliminando tiempos muertos reduciendo los movimientos de sus tareas específicas.

### Referencias

GARCÍA Criollo, Roberto. (1977). ESTUDIO DEL TRABAJO. Ginebra, suiza: Alfaomega.

MEYERS Fred. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. México: PEARSON EDUCACIÓN.

MUTHER, Richard. (1970). Distribución en Planta. Barcelona: Hispano Europea.

NIEBEL, Benjamin., & Freivalds, A. (2008). Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares Y Diseño del Trabajo. BUENOS AIRES: Alfaomega.

## **Metodología aplicada para la determinación de niveles de automatización en manufactura de arneses**

ANAYA-PÉREZ, María Elena<sup>†\*</sup>, CHAN-AMAYA, Alejandro, RODRÍGUEZ-VEGA, Graciela y PACHECO-RAMÍREZ, Jesús Horacio

Recibido Octubre 26, 2017; Aceptado Diciembre 15, 2017

### **Resumen**

La migración hacia procesos más eficientes es una opción común entre las empresas al buscar incrementar la productividad y competitividad, siendo la tecnología de la automatización una herramienta útil para tal fin. La consideración respecto a la decisión de si una tecnología es la adecuada y si el nivel de automatización cumple con las necesidades y objetivos de la empresa, son puntos indispensables para determinar la inversión e implementación de equipos automatizados exitosamente. Este trabajo presenta la aplicación de una metodología propuesta a un caso de estudio llevado a cabo en una empresa fabricante de partes para la industria automotriz. Las estaciones de trabajo incluyen áreas dedicadas al enteipado de arneses, siendo susceptibles a errores. La finalidad de esta aplicación es proporcionar una propuesta de opciones de automatización en distintos niveles, y sugerir el tipo de equipo a involucrar en el diseño y la implementación de un sistema automatizado flexible, así como una aproximación de la inversión a realizar para cada caso. Finalmente, en los resultados, se presentan los niveles de automatización obtenidos con la opción seleccionada por la empresa, de acuerdo a su criterio particular de evaluación.

**Nivel de automatización, sistema flexible automatizado, enteipado**

### **Abstract**

The migration to more efficient processes is a common option among companies when seeking the increase in productivity and competitiveness, with automation technology being a useful tool for this purpose. Consideration regarding the decision as to whether a technology is adequate and whether the level of automation meets the needs and objectives of the company are indispensable points to successfully determine the investment and implementation of automated equipment. This paper presents the application of a methodology proposed to a case study carried out in a manufacturer of parts for the automotive industry. The workstations include areas devoted to the The purpose of this application is to provide a proposal for automation options at different levels and to suggest the type of equipment to be involved in the design and implementation of a flexible automated system, as well as an approximation of the investment to be made for each case. Finally, in the results, the levels of automation obtained with the option selected by the company are presented, according to its particular evaluation criterion.

**Level of automation, automated flexible system, tapping**

**Citación:** ANAYA-PÉREZ, María Elena, CHAN-AMAYA, Alejandro, RODRÍGUEZ-VEGA, Graciela y PACHECO-RAMÍREZ, Jesús Horacio. Metodología aplicada para la determinación de niveles de automatización en manufactura de arneses. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017, 4-13: 41-51

\*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: elena.anaya@unison.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

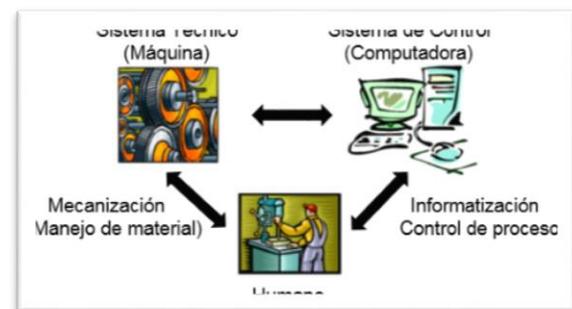
## Introducción

Las estrategias de ensamble de producción básicas se clasifican en: sistemas de ensamble manual, sistemas de ensamble flexibles automatizados, y sistemas de ensamble dedicados automatizados. Estos tres sistemas pueden ser clasificados de acuerdo a sus diseños básicos, flexibilidad, tamaño de lote, volumen de producción y número de variantes. Para unir los requerimientos de producción y flexibilidad, se han desarrollado e implementado sistemas innovadores de ensamble flexibles y automáticos (FAS, por sus siglas en inglés). Esos sistemas se han hecho flexibles gracias a las mejoras realizadas en la tecnología robótica y en los sistemas de control junto con hardware/software para visión artificial. El principal motivante para llevar a cabo el diseño y el desarrollo de FAS es minimizar los costos unitarios de producción, aunque puede ser contraproducente si el sistema no es correctamente diseñado y administrado, aumentando los costos de la automatización (Rosati, Faccio, Carli & Rossi, (2013).

En la literatura se encuentra que, para hacer una cercana vinculación entre hombre y máquina en tareas de ensamble cooperativas, se debe hacer uso de los puntos fuertes de ambos lados (Lien & Verl, 2009). Normalmente, un sistema de ensamble automatizado ofrece algunas ventajas tales como el funcionamiento sin interrupciones, alta productividad para tareas de montaje simples, y la reducción significativa o en su totalidad de la fatiga del trabajador. Por otro lado, un ser humano proporciona capacidades sensoriales incomparables para tareas de manipulación complejas, y es capaz de adaptarse rápidamente a las nuevas secuencias del proceso, pero está restringido en fuerza y precisión. Las estaciones de trabajo cooperativas combinan las ventajas de un sistema humano y uno automatizado (Zanchettin, Ceriani, Rocco, Ding & Matthias, 2016).

Una de las claves para una inversión e implementación de equipos automatizados exitosa, es la elección de la tecnología adecuada, el tipo y nivel de automatización que mejor se adapte a la empresa, sus necesidades, sus objetivos y los requisitos previos (Friedler, Salonen & Johansson, 2013).

Se tiene la idea de que la mayoría de los procesos automatizados en manufactura, implican solamente la automatización de tareas mecánicas. Sin embargo, esas tareas son controladas principalmente por computadoras para un rendimiento óptimo. Por lo tanto, es importante reconocer que la automatización en la fabricación puede ser vista como dos clases básicas de automatización: primera mecanización, y segunda informatización. La figura 1 muestra la separación de estas dos clases. La informatización se define como la sustitución de las tareas cognitivas, tales como los procesos sensoriales humanos y la actividad mental. Con la mecanización se entiende a la sustitución de la potencia muscular humana, como la transformación de materiales y energía (Frohm, Lindström & Bellgran, 2005).



**Figura 1** Separación de clases en mecanización e informatización

Investigaciones han demostrado la importancia de la integración de los seres humanos y la tecnología en la manufactura automatizada, para el apoyo a los sistemas de manufactura sostenibles y robustos.

La relación entre los seres humanos y la tecnología puede ser vista como actividades que se realizan de forma totalmente manual a completamente automatizadas compartiendo las tareas entre el ser humano y la tecnología. Este concepto se denomina niveles de automatización (LoA, por sus siglas en inglés) y se refiere a tareas mecanizadas y cognitivas asignadas en una escala de referencia del 1 al 7 como se muestra en la tabla 1. (Lindström & Winroth, 2010).

LoA	Mecánico y equipo	Información y control
1	Totalmente manual	Totalmente manual
2	Herramienta estática de mano	Decisión
3	Herramienta flexible de mano	Enseñanza
4	Herramienta automática de mano	Cuestionamiento
5	Máquina estática	Supervisión
6	Máquina flexible	Intervenir
7	Totalmente automatizado	Totalmente automatizado

**Tabla 1** Niveles de automatización (LoA)

En Fasth, Stahre y Dencker (2008), se propone una metodología basada en la tabla 1. Entre algunos estudios que se han realizado para aplicar esta metodología, se tiene el presentado por los autores Windmark, Gabrielson, Andersson y StCEhl (2012), en el cual se concluyó que el factor de automatización no es una variable definida, ya que varía para cada sistema de producción y esto depende de donde se encuentre el proceso. Otro estudio fue el presentado por los autores Morioka y Sakakibara (2010), para un nuevo diseño de celda interactuando un robot y un operador humano para realizar tareas en colaboración, concluyendo que la nueva celda de producción acelera la velocidad a la cual un operador puede trabajar y reduce los errores de ensamble.

La presente investigación se ha realizado teniendo la oportunidad de presentar la metodología propuesta por Fasth et al. (2008), en una aplicación real. Esta aplicación fue presentada como un problema a resolver y se solicitó una propuesta de solución para determinar el nivel o niveles de automatización adecuados para un proceso de enteipado de arneses. Hasta la documentación de este artículo se han obteniendo resultados satisfactorios en la etapa de simulación, que se espera vayan dirigidos a un diseño e implementación que logren los objetivos de la empresa.

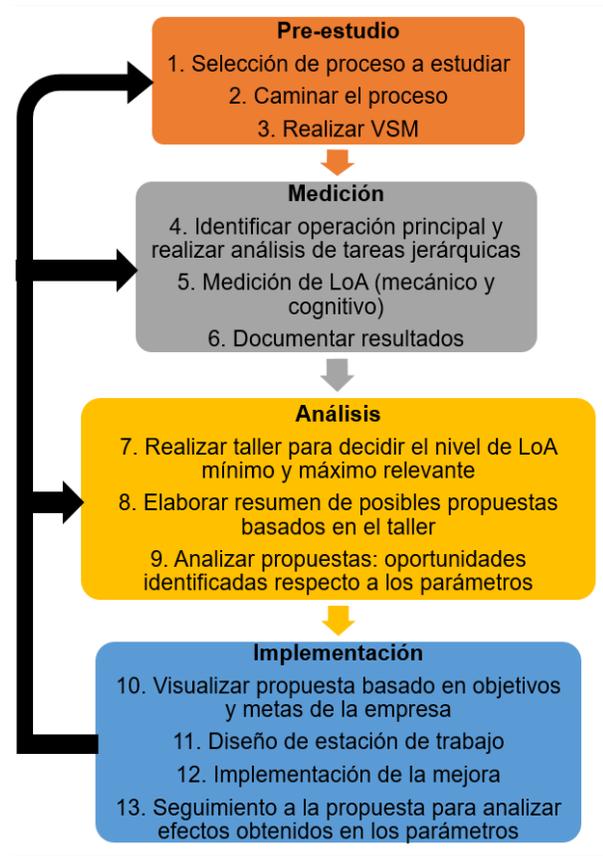
## Metodología

La metodología para la medición del nivel de automatización de los sistemas de ensamble está basada, de acuerdo a Fasth et al. (2008), en el proyecto DYNAMO con algunas adecuaciones, y ha servido como fundamento para mostrar el desarrollo en las etapas de medida y análisis con las cuales se ha proporcionado una visualización del sistema de ensamble. En la figura 2 se muestra el diagrama de la metodología con cada uno de sus pasos, así como la secuencia que ha de seguirse a lo largo del proyecto. Esta metodología, como se puede observar, tiene una secuencia y orden definidos, sin embargo en cualquier momento es posible regresar a pasos previos, lo que depende de los resultados que se vayan obteniendo a lo largo de la implementación del proyecto. Se cuenta con cuatro fases y cada una de ellas con varias actividades a realizar.

A continuación, se presenta el desarrollo de cada una de las fases, presentadas en el diagrama de la figura 2, aplicadas al caso de estudio con la finalidad de que el lector pueda apreciar la aplicación de la metodología.

### Fase 1: Pre-estudio

Esta fase tiene como objetivo definir la situación actual del proceso en estudio y conocer las características del centro del trabajo. Para poder lograr lo anterior se realizaron varias visitas al centro de trabajo, se estudiaron parámetros como el tiempo de ciclo de cada operación, el flujo del material, se obtuvo información sobre la demanda para los productos que se fabrican en ese centro de trabajo, y se tomó video para estudio a detalle.



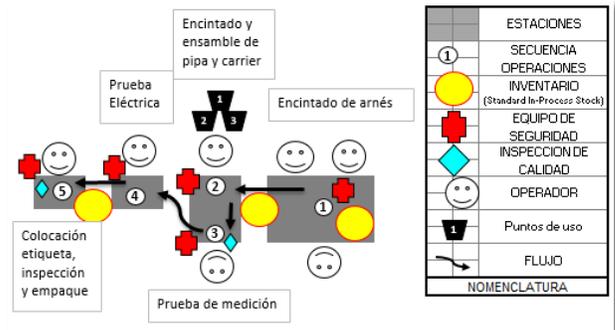
**Figura 2** Diagrama de la metodología para la medición del nivel de automatización de los sistemas de ensamble

Para realizar la etapa de selección de proceso a estudiar, se tomaron en cuenta los factores de factibilidad, dificultad de automatización y objetivos de la empresa.

Por solicitud de la empresa, se seleccionó un centro de trabajo en el cual se manufacturan arneses, mismos que son enteipados en su totalidad y requieren del ensamble de diferentes componentes en sus extremos. Este centro de trabajo produce una familia de productos conformada por cinco números de parte distintos, cuya principal variante es la longitud del arnés.

Una vez definido el proceso a estudiar, se sigue con la segunda etapa, en la que se lleva a cabo un recorrido por el proceso con la finalidad de conocer cómo funciona. Es necesario conocer el número de operadores con que se cuenta, el flujo que tienen las piezas dentro del proceso, así como los tiempos de ciclo de cada operación.

La tercera etapa sugiere realizar un Mapeo de la Cadena de Valor (VSM por sus siglas en inglés), sin embargo, debido al tipo de estación de trabajo seleccionada, el VSM fue sustituido por el diagrama de layout del proceso del centro de trabajo mostrado en la figura 3, que incluye el número de operadores y flujo de proceso, entre otra información relacionada al centro de trabajo.



**Figura 3** Diagrama de layout de proceso en estudio

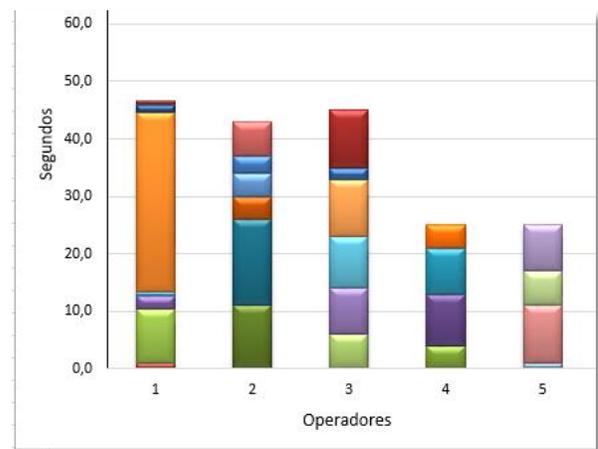
Fase 2: Medición

En esta fase se pretende estudiar cada uno de los movimientos que realiza el operador en las estaciones de trabajo y medir el nivel actual de automatización que las estaciones de trabajo presentan. Con información de tareas jerárquicas proporcionada por la empresa, se analizaron y estudiaron los diferentes movimientos utilizados en cada operación con la finalidad de visualizar los movimientos que se podrían aplicar a los niveles de automatización. En este análisis se utilizó el video filmado en la fase 1. El resultado que arrojó ese análisis sobre los tiempos de movimientos se aprecia en la tabla 2.

Operación	Seg. Ciclo	Asignación por Operadores				
		1	2	3	4	5
Tomar cable	1.0	1.0				
Quitar cinta	9.3	9.3				
Colocar arnés en fixture	2.3	2.3				
Tomar cinta	0.7	0.7				
Encintar	31.3	31.3				
Enrollar cable	0.7	0.7				
Mover cable terminado	1.3	1.3				
Tomar cable	3.0		3.0			
Colocar arnés	11.0		11.0			
Colocar zapeta	15.0		15.0			
Quitar arnés	4.0		4.0			
Colocar carrier	6.0		6.0			
Colocar cable terminado	4.0		4.0			
Toma de cable	6.0			6.0		
Inspección de arnés principal	8.0			8.0		
Inspección de ramificaciones	9.0			9.0		
Inpección de carriers	10.0			10.0		
Embobinado	10.0			10.0		
Colocar producto terminado	2.0			2.0		
Tomar cable	4.0				4.0	
Colocar arnés en fixture	9.0				9.0	
Prueba eléctrica	8.0				8.0	
Quitar arnés de fixture	4.0				4.0	
Tomar cable	1.0					1.0
Inspección de carrier	10.0					10.0
Colocar etiqueta	6.0					6.0
Embobinar	8.0					8.0

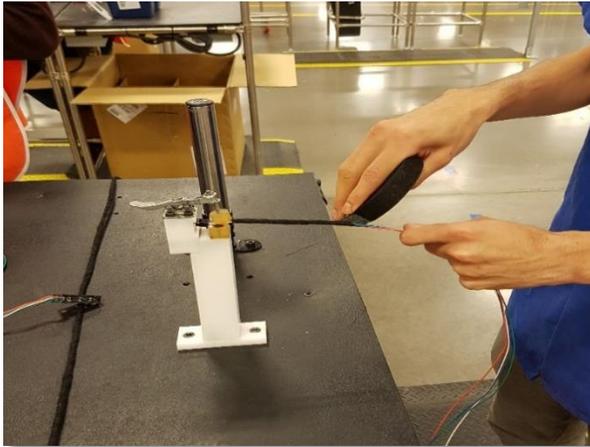
**Tabla 2** Tiempos de cada movimiento realizado

Mediante los tiempos de operación de cada uno de los movimientos que realizan los operadores en las diferentes estaciones, se obtuvo la gráfica 1, en la cual se observa que la tarea de encintado (color naranja en las barras del operador 1), es la de tiempo más extenso, lo que significa que cualquier cambio que se realice a esta operación representará un cambio significativo en el ritmo de producción.



**Gráfico 1** Grafico de los tiempos de cada movimiento

La etapa cinco referente a la medición del nivel de automatización, es importante realizarla antes de iniciar con la implementación de cambios en el centro de trabajo, ya que es necesario conocer en qué estado o nivel de automatización se encuentra, así se observó de qué manera se hace el trabajo y cómo se maneja la información para la toma de decisiones. En este caso se consideró una estación del centro de trabajo, ya que es en la que se pretende implementar la mejora. La figura 4 muestra una fotografía de como se realiza el trabajo y qué es lo que se utiliza para llevar a cabo esta operación. De acuerdo a la tabla 1, la operación de interés, encintado, puede ser considerada en el nivel 1 de automatización en la sección mecánica, ya que el trabajo es totalmente manual y lo único que ayuda al operador es un dispositivo para sujetar el extremo sin utilizar herramientas manuales.



**Figura 4** Operación de encintado

En lo que respecta a la manera en la que se toman las decisiones, los operadores tienen órdenes e instrucciones de trabajo previamente definidas utilizadas para realizar sus actividades. Según los autores Lindström y Winroth (2010), el utilizar solo una orden de trabajo como decisión se considera que se encuentra en el nivel 3 de automatización en la sección de información, así, con estos dos resultados se concluye que la estación de encintado se encuentra en el nivel 1-mecánico y nivel 3-información, por consiguiente a partir de esos niveles se toma el punto de inicio para realizar las propuestas de solución, descartando las que se encuentren en niveles anteriores a este.

Antes de pasar a la siguiente fase, se tiene la etapa seis de la fase 2, en la que se documentan los resultados y lo cual ha sido presentado anteriormente.

### Fase 3: Análisis

En esta fase se determinó el nivel mínimo y máximo de automatización en el que se ubica a la estación bajo estudio, con esto se pretenden desarrollar las opciones a presentar a la empresa y analizar cuál podría ser la indicada para implementar.

Para asignar los niveles mínimos y máximos de automatización, en la fase 2 se determinó el estado actual de la estación como nivel 1 en trabajo mecánico y nivel 3 en trabajo cognitivo o de información. El nivel 7 mecánico y de información no fue factible ya que esa estación surte a otras áreas.

Otros factores a considerar respecto a las metas de la empresa es que desea modificar la operación de enteipado actual, tomando en cuenta que se lleve a cabo por un sistema de encintado semiautomático o automático, por lo que como mínimo debe estar en nivel 4 de tarea mecánica.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó que el nivel de automatización mínimo era 4 para tareas mecánicas y 3 para tareas cognitivas y como máximo 6 para ambas tareas, obteniendo la tabla 3 en la cual se muestra de forma resumida la información proporcionada.

LoA	Mecánico	LoA	Información
4	Herramienta de mano automatizada.	3	Enseñanza
5	Máquina estática/estación de trabajo.	4	Cuestionamiento
6	Máquina flexible/estación de trabajo.	5	Supervisión
-	-	6	Intervenir

**Tabla 3** Nivel relevante mínimo y máximo de automatización

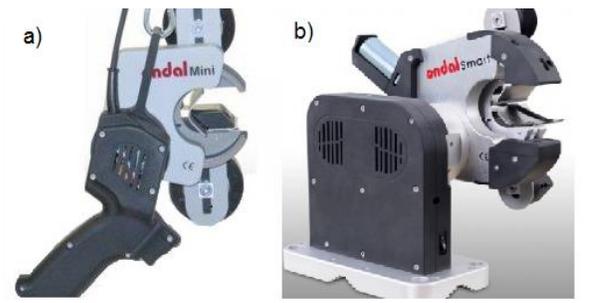
Se procede a obtener las propuestas de diferentes mejoras, teniendo determinado el nivel mínimo y máximo de automatización relevante, se realiza un cuadro de posibles propuestas para dar solución al problema con el que se está trabajando, quedando como se observa en la tabla 4.

Mecánico	Información
Herramienta de mano automatizada	Instrucción de trabajo.
	Sistema que cuestione si la operación está lista para comenzar.
	Alarma en caso de un mal funcionamiento.
	Sistema que corrija errores de forma automática.
Máquina estática/estación de trabajo	Instrucción de trabajo.
	Sistema que cuestione si la operación está lista para comenzar.
	Alarma en caso de un mal funcionamiento.
	Sistema que corrija errores de forma automática.
Máquina flexible/estación de trabajo	Instrucción de trabajo.
	Sistema que cuestione si la operación está lista para comenzar.
	Alarma en caso de un mal funcionamiento.
	Sistema que corrija errores de forma automática.

**Tabla 4** Información sobre opciones de propuestas

Se tienen doce posibles propuestas para resolver el problema, sin embargo, no se asegura su factibilidad debido a que algunas no se podrán llevar a cabo de forma física debido a la naturaleza del proceso, ya que es necesario que para cada una de las propuestas (si es posible aplicarse de forma física) se lleve a cabo una evaluación de los costos de la inversión para poder ser aplicado.

La etapa nueve sobre el análisis de propuestas de mejoras se lleva a cabo una vez que se tiene el cuadro de posibles soluciones. Conforme a esto se comenzó por buscar tecnología que pudiera realizar ese trabajo. Entre ellas se encontró máquinas enteipadoras de mano y enteipadoras montables de mesa, ambas automáticas (figura 5). Debido a que cualquiera de esas dos opciones cumple perfectamente con el nivel mínimo de automatización requerido, se decidió por la presentada en la figura 5 b), enteipadora automática montable de mesa.



**Figura 5** a) Enteipadora automática de mano, b) Enteipadora automática montable de mesa

Esta opción representa el nivel más bajo permisible para la implementación, por lo que fue considerada para elaborar las propuestas económicas derivadas para el incremento de los niveles de automatización, las cuales se muestran en la tabla 5.

Opción de Sistema	Descripción y Observaciones	Costo
1 Enteipadora automática con instrucción de trabajo.	a) Presión de pedal regulador de velocidad de máquina, por operador, a la vez que coloca el arnés en la máquina y lo desplaza a su ritmo. b) Operador con acceso a instrucciones de operación.	\$USD8000
2 Enteipadora automática y sensores de posición.	Además de lo descrito en la opción 1 a), detección de colocación incorrecta del arnés, a través de un sistema de sensores.	\$USD8350
3 Enteipadora automática con control de velocidad automático.	Adicional a la opción 2, tendrá predeterminada la velocidad de giro de la enteipadora.	\$USD9100
4 Enteipadora con control de velocidad automático y sistema de movimiento lineal.	Control de velocidad de giro y de movimiento lineal por el sistema para realizar el enteipado. Dispositivos de seguridad.	\$USD12500
5 Enteipadora con control de velocidad automática y sistema de velocidad automática con pantalla.	En esta solución, el giro de la enteipadora y el movimiento lineal serán automáticos. Sistema capaz de identificar la posición y detenerse cuando haya recorrido la distancia deseada. Componentes principales: servomotor, controlador, PLC y pantalla, con el objetivo de registrar diferentes números de parte. Dispositivos de seguridad.	\$USD25500

**Tabla 5** Análisis de propuestas y precios.

#### Fase 4: Implementación

En esta última fase se realizó la selección del sistema a implementar, con el análisis de las diferentes propuestas obtenidas en la fase tres. En un análisis sencillo, se puede seleccionar la propuesta de menor requerimiento económico. No obstante, el costo de implementación no es el único factor que la industria toma en cuenta para la selección de la propuesta, por lo que la empresa seleccionó la opción 5 de las propuestas indicadas en la tabla 5, para ser implementada. La decisión se fundamentó en lo siguiente:

- El trabajo se realizará de forma estándar, debido a que la operación tiene más alto nivel de automatización y el operador se involucra menos en ella.
- Posibilidad de incremento en la variedad de números de parte a manufacturar de este tipo de proceso, los cuales actualmente son manufacturados en otras plantas de forma manual.
- Reducción de cantidad de operadores: actualmente se requieren 3 operadores en la estación de trabajo bajo estudio. Mediante la implementación de la propuesta de automatización se necesitará solamente un operador.
- Disminución del nivel de riesgo ergonómico, mismo que impactará directamente en la salud del trabajador y por ende, tendrá un efecto positivo en los indicadores de número de errores y lesiones.

#### Resultados

Para efectos del análisis del funcionamiento de la línea de producción, después de la implementación se realizó una simulación utilizando el software FlexSim.

En la figura 6 se puede observar la corrida de la simulación y el flujo del producto. En la gráfica 2 se presentan los tiempos y la cantidad de producto que se encuentra en trabajo en proceso y en la gráfica 3 se observa el porcentaje del tiempo de procesamiento y el de tiempo de espera de los operadores. En la gráfica 3, el proceso de encintado sería la implementación que se propone teniendo un 95.0% del tiempo procesando. Por otro lado, las operaciones de prueba eléctrica y etiquetado tienen un tiempo de trabajo de: 36.2% y 57.0% respectivamente.

En el gráfico 2 se presentan los tiempos y la cantidad de producto que se encuentra en proceso.

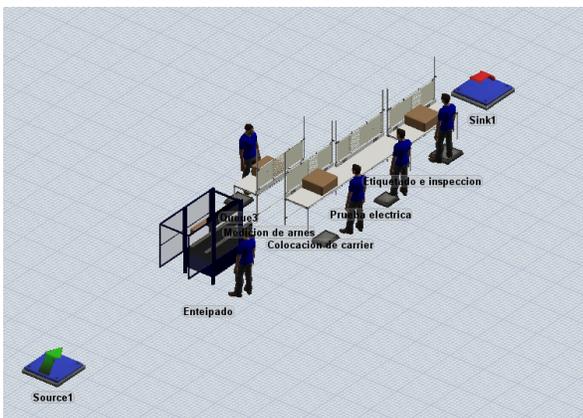


Figura 6 Simulación de la línea de producción de enteipado de arnés

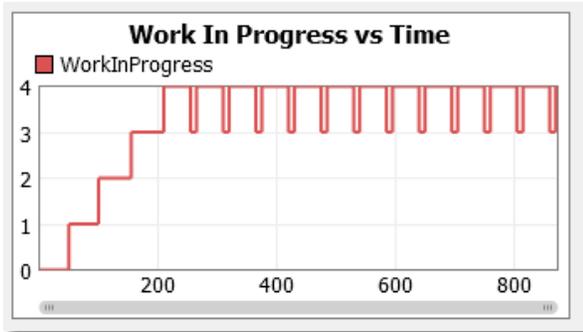


Gráfico 2 Trabajo en proceso contra tiempo

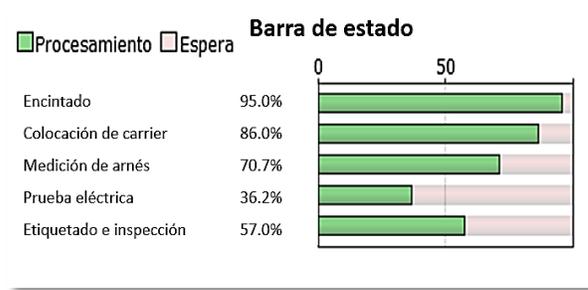


Gráfico 3 Porcentaje de tiempo de procesamiento y tiempo de espera del operador

Es oportuno tomar en cuenta la eficiencia para disponer de otro factor cuantitativo a considerar en la toma de decisiones. La empresa determina la eficiencia de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% Ef = (Hrs. ganadas / Hp) * 100 \quad (1)$$

En donde *Hrs. ganadas* son las horas estándar representadas por la producción obtenida y *Hp* son las horas promedio reales invertidas en esa producción. Sustituyendo en la ecuación (1) las horas invertidas promedio de 9 observaciones tomadas en la operación de encintado (procedimiento interno de la empresa) y obteniendo una producción equivalente a 22.7 horas ganadas, se tiene lo siguiente:

$$\% Ef = (22.7/44.7)(100) = 51\%$$

La eficiencia esperada de la estación de encintado, de acuerdo a los resultados de la simulación observados en la gráfica 3, sería del 95.0%.

### Discusión de resultados

La figura 3 muestra que en total, la operación de enteipado tiene tres operadoras, una en prueba eléctrica, otra en etiquetado y una más en inspección.

En los resultados obtenidos (gráfica 3), el proceso de enteipado con la opción de nivel de automatización 5, tendría una eficiencia del 95.0 %, lo que representa un fuerte impacto en la capacidad de producción de la estación y disminución del porcentaje de tiempo de ocio. También debe observarse, que la operación de prueba eléctrica y etiquetado tienen un tiempo de espera bastante elevado con 36.2% y 57.0% respectivamente. Otra parte a considerar, es la evaluación de la inversión a efectuar respecto al tiempo de recuperación, que de acuerdo al análisis llevado a cabo por la empresa (confidencial), sería de un año.

### Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad de Sonora y a la empresa en donde se llevó a cabo la aplicación de la metodología, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

### Conclusiones

Con este trabajo de aplicación de la metodología para determinar las opciones de nivel de automatización en la manufactura de arneses, específicamente en la operación de enteipado, se muestra la viabilidad para la implementación de las propuestas de automatización. Es importante mencionar la gran utilidad de la metodología empleada, para lograr una adecuada visualización de las distintas oportunidades de mejora, que muestre el detalle necesario para llevar a cabo toma de decisiones en beneficio de la mejora en el proceso de manufactura. En el caso de estudio considerado en la presente investigación, se logró una reducción de tres a una operadora.

En la discusión se menciona el alto porcentaje de tiempo muerto en las operaciones de prueba eléctrica y de etiquetado e inspección, con un promedio aproximado, entre ambos casi del 50%, por lo cual como trabajo futuro, se planea tomar estas áreas para aplicar la metodología con la finalidad de analizar y evaluar las opciones que de ese estudio se deriven. Al igual que la evaluación económica del cambio a la opción de nivel de automatización seleccionada. Es también importante mencionar que introducir un análisis ergonómico para cada nivel de automatización obtenido, es otra área de futura actividad para continuar probando y mejorando la metodología.

### Referencias

- Fasth, Å., Stahre, J. & Dencker, K. (2008). Measuring and analysing Levels of Automation in an assembly system. In *Manufacturing Systems And Technologies For The New Frontier*, 1, pp.169-172. [https://doi.org/10.1007/978-1-84800-267-8\\_34](https://doi.org/10.1007/978-1-84800-267-8_34)
- Friedler, N., Salonen, A., & Johansson, C. (2013). The automation equipment acquisition process – experienced users' perspective. In *International Conference on Production Research. 22nd International Conference on Production Research*. Recuperado en <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:mdh:diva-22287>.
- Frohm, J., Lindström, V. & Bellgran, M. (2005). A model for parallel levels of automation within manufacturing. *Proceedings of the 18th International Conference on Production Research*. Fisciano, Italy.
- Lien, T. & Verl, A. (2009). *CIRP Annals - Manufacturing Technology Cooperation of human and machines in assembly lines*. Volumen 58, pp.628–646.

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.

Morioka, M. & Sakakibara, S. (2010). A new cell production assembly system with human–robot cooperation.pdf.

Rosati G., Faccio M., Carli A. & Rossi A. (2013). Fully flexible assembly systems (F-FAS): a new concept in flexible automation. *Assembly Automation*. Volumen 33. Issue: 1, pp.8-21. <https://doi.org/10.1108/01445151311294603>

Windmark, C., Gabrielson, P., Andersson, C., & StCEhl, J.E. (2012). A Cost Model for Determining an Optimal Automation Level in Discrete Batch Manufacturing, *Procedia CIRP* (3), pp.73-78. ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.014>

Zanchettin, A., Ceriani, N., Rocco, P., Ding, H. & Matthias, B. (2016). Safety in Human-Robot Collaborative Manufacturing Environments : Metrics and Control. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* . Volumen 13(2), pp.882–893. DOI: 10.1109/TASE.2015.2412256.

## Patrimonio industrial minero en Pachuca, un ejercicio de prospectiva

LOZADA-AMADOR, Elizabeth<sup>†\*</sup>, BELTRÁN-MARTÍNEZ, Yoan y ELIZALDE-DOMÍNGUEZ, Contiente

Recibido Octubre 24, 2017; Aceptado Diciembre 12, 2017

### Resumen

Pachuca forjó su historia junto con la explotación de sus minas. Edificios y sitios provenientes de ese pasado minero se pueden encontrar dentro del paisaje urbano, algunos amenazados por el abandono y el olvido. Al mismo tiempo está latente la posibilidad de recuperar ese legado arquitectónico y urbano y con ello a la ciudad y sus habitantes. Se proyecta el futuro de esos lugares que derivaron de la industria minera, conservándolos como símbolos culturales, a partir de la identificación de los sitios y un análisis general de su situación actual. Mediante el ejercicio FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) se plantean propuestas o acciones estratégicas que permitan el acercamiento de la comunidad a su patrimonio industrial minero hacia la recuperación del mismo como referente histórico y equipamiento urbano que genere identidad colectiva y repercuta en un reforzamiento, aprecio y superación de la propia cultura.

**Patrimonio industrial minero, bienestar social, identidad**

### Abstract

Pachuca forged its history along with the exploitation of its mines. Buildings and sites from that mining past can be found within the urban landscape, some threatened by neglect. At the same time it is latent the possibility of recovering that architectural and urban legacy and with it to the city and its inhabitants. The future of these places, which are derived from the mining industry, are projected as cultural symbols, based on the identification of the sites and a general analysis of their current situation. Through the SWOT (strengths, opportunities, weaknesses and threats) exercise, proposals are presented or strategic actions that allow the community to approach its industrial heritage mining to the recovery of the same as a historical reference and urban equipment that generates collective identity and affects a reinforcement, appreciation and improvement of one's own culture.

**Mining industrial heritage, social welfare, identity**

**Citación:** LOZADA-AMADOR, Elizabeth, BELTRÁN-MARTÍNEZ, Yoan y ELIZALDE-DOMÍNGUEZ, Contiente. Patrimonio industrial minero en Pachuca, un ejercicio de prospectiva. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2017, 4-13: 52-60

\*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: elozada@uaeh.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La importancia de conservar el patrimonio arquitectónico histórico, inicia su argumentación formal desde el siglo XIX. Esa teoría con el paso del tiempo se ha llegado a especializar en temas específicos como el patrimonio industrial. Teóricamente la conservación de edificios históricos tiene efectos sociales positivos. Partiendo de ese marco teórico se plantea una estrategia para reforzar la identidad cultural de los habitantes de Pachuca al reconocer su patrimonio de su pasado minero, que generó gran riqueza pero que no se vio reflejada en la población local sino en sus explotadores. Mediante el método FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) se analiza el contexto para proponer acciones concretas que en el futuro lleven al reconocimiento del patrimonio y la recuperación física y cultural de los lugares que aún sobreviven de ese pasado.

## Marco teórico

La teoría de la restauración arquitectónica empezó en el siglo XIX con los escritos de Viollet Le Duc y John Ruskin. Ya en 1931 sobresale la Carta de Atenas que considera que *“la protección de los monumentos es un derecho de la colectividad...”* (Comisión Internacional de la Cooperación Intelectual, 1931, págs. 1, 3) y agrega que lo que garantiza la conservación del patrimonio, viene del afecto y respeto del pueblo, de ahí que el entendimiento y significado del mismo, debe inducirse desde la infancia. En 1964 la reconocida Carta de Venecia insiste en lo siguiente: *La humanidad, que cada día toma conciencia de la unidad de los valores humanos, las considera (las obras monumentales de los pueblos) un patrimonio común.* (UNESCO, 1964, pág. 1) Agrega que la conservación arquitectónica se ve favorecida por funciones útiles a la sociedad.

El avance en la concientización de edificios históricos lleva a referir el surgimiento del Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial, TICCIH (por sus siglas en inglés), de cuyos congresos se derivan las cartas de Nizhny Tagil y de Monterrey. En la primera se afirma que *“el Patrimonio Industrial tiene un valor social como parte del registro de vidas de hombres y mujeres... y como tal, proporciona un importante sentimiento de identidad.....el papel del patrimonio histórico puede ser importante en la regeneración económica de áreas en declive,”* (ICOMOS, 2003, págs. 2-3) además de que la reutilización puede proporcionar estabilidad psicológica a las comunidades que perdieron su fuente de empleo una vez que la industria declinó. Por su parte, la Carta de Monterrey, refiere que: la protección de los conjuntos industriales, junto con su patrimonio inmobiliario, documental y las manifestaciones intangibles... *“constituye una labor relevante para rescatar y revalorar los elementos que constituyen la memoria colectiva de una comunidad.”* (ICOMOS MEXICANO, 2006, págs. 1-4) Añade que el patrimonio industrial está fuertemente vinculado a la población, por ser el motor principal de la conformación de la identidad comunitaria, de ahí que es importante fortalecer las iniciativas de preservación patrimonial provenientes de la sociedad civil, por el impacto que tiene en la conformación de la identidad de la comunidad. De manera que, teóricamente el impacto social negativo procedente de la decadencia de una industria, puede aminorarse con la recuperación del patrimonio que lego, contribuyendo a restituir la economía y la estabilidad psicológica de la comunidad afectada.

## Patrimonio industrial minero de Pachuca.

La minería en Pachuca inicia a mediados del siglo XVI y actualmente continúa de manera incipiente, sin ser la base de la economía local.

Durante este tiempo de explotación, se ha acumulado una herencia urbano-arquitectónica que por el constante cambio tecnológico, parte de la misma ha sido modificada o abandonada. De ese legado, se ha podido identificar varias edificaciones y sitios. La ubicación y nombre actual se enumera en la figura 1 y el estado de conservación se indentifica con las letras siguientes:

- A) Uso para la industria minera, propiedad de la Compañía Real del Monte y Pachuca, operada por Minera del Norte de AHMSA. (AHMSA, Altos Hornos de México S. A., 2017)
- B) Uso original como casa habitación, originalmente pertenecientes a empresarios mineros.
- C) Sitio restaurado, en buen estado de conservación. Algunos presentan modificaciones radicales del estado original.
- D) En desuso, prácticamente en abandono, con mal estado de conservación

(\*) Sin corroborar, no se cuenta con acceso

(1) La industria ferrocarrilera, aunque puede considerarse un caso de estudio aparte, llego a ser en Pachuca el sostén de la minería en su funcionamiento básico, principalmente por el suministro de insumos. Minería y ferrocarriles fueron un binomio notable desde 1870. (Ortega, 2015, pág. 224)

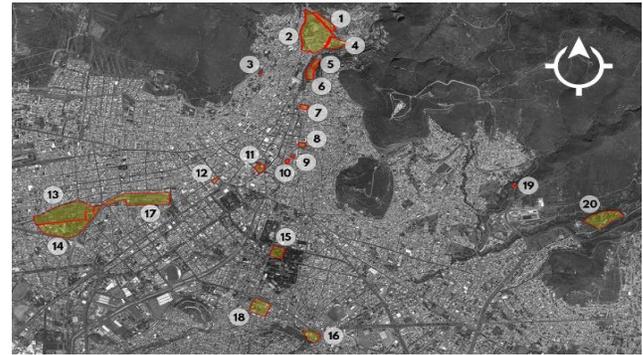


Figura 1 Ubicación de Sitios en mapa de Pachuca, norte

Fuente: *Elaboración propia 2017*

Sitio (Nombre actual)	Siglo	Uso y estado De conservación
1. Mina san juan pachuca	XIX	A
2. Hacienda de loreto	XIX	A
3. Mina el porvenir	XX	D
4. Club universitario real del monte	XVII	C
5. Conjunto habitacionl (vdto. Nvo. Hgo.)	XX	C
6. Ex escuela de platería	¿?	D*
7. Cajas reales	XVIII	D
8. Casa rule	XIX	C
9. Casa habitación	XX	B*
10. Museo de minería	XIX	C
11. SISTEMA DIF ESTATAL(antes Fomento Minero)	XX	C
12. Sindicato minero	XX	C
13. Almacén general de maestranza	XX	D
14. Conjunto habitacional, maestranza	XX	B/C
15. Conjunto habitacional (madero)	XX	B
16. Mina el alamo	XX	D*
17. Centro cultural el ferrocarril (1)	XIX	C
18. Instalaciones de la comisión federal de electricidad, cubitos	XX	C*
19. Mina la minerva	XIX	D
20. Conjunto habitacional, san lunes	XX	B
21. MINA CAMELIA (Comunidad de Camelia)	XX	D
22. MINA EL PARAÍSO (Comunidad de Camelia)	XX	A
23. VESTIGIOS DE LA HACIENDA DE BENEFICIO DE SAN BUENAVENTURA (Camino a El Cerezo)	XVII	D
24. Subestación eléctrica y ruinas de casas habitación de sus encargados.(mineral de la reforma)	XX	C

Tabla 4 Nombre y ubicación de sitios

Fuente: *Elaboración propia 2017*

### Las FODA del Patrimonio industrial minero de Pachuca

El método FODA, ha sido recomendado como estrategia rápida de desarrollo de una ciudad. (Bandarin & Van Oers, 2012, pág. 224). Es un análisis cualitativo que da un panorama general de uno o varios de los diferentes aspectos físicos y sociales que conforman una ciudad. Con este procedimiento se pueden ordenar las características urbanas, que permiten tener una prospectiva y aportar directrices para solucionar la problemática detectada (Gobierno del Estado de Yucatán, 2011) En el caso de estudio, el método se aplica para analizar la situación actual que presenta la infraestructura histórica minera considerada un patrimonio de la ciudad de Pachuca, el cual no está totalmente aprovechado.

Las fortalezas (f), que se identifican son las siguientes:

f1. Restauración, catalogación y registro. Es una labor amplia que empezó oficialmente en 1984 con el Archivo Histórico y Museo de Minería A. C., AHyMM, A.C. (Oviedo & Gràcia, 2015, pág. 271), institución que resguarda el archivo histórico de la Compañía Real del Monte y Pachuca ubicado dentro del Museo de Minería, edificio restaurado por la misma institución. También se cuenta con el Catálogo de Patrimonio Cultural de Hidalgo (Lorenzo & Vergara, 1998) donde se incluyen sitios de la industria minera.

f2. Referente histórico e identitario. La arqueología industrial es la raíz de la conservación de este patrimonio. Permite conocer la historia de la minería y de las costumbres en diferentes épocas. Son también símbolos materiales de la comunidad que hizo de Pachuca, una ciudad sobresaliente en la producción de plata.

f3. Presencia física notoria y ubicación estratégica. Al haber sido centros de trabajo, los complejos mineros son puntos de referencia que por lo regular sobresalen en el paisaje urbano por algún elemento propio de las construcciones, que no es lo común dentro de la ciudad.



**Figura 2** Mina San Juan Pachuca

*Fuente: Elaboración propia 2014*

f4. Patrimonio original. Pachuca comparada con otras regiones mineras, no le fue heredado un patrimonio colonial extraordinario como Guanajuato o Zacatecas, sin embargo, lo valioso de esta región radica en sus grandes complejos mineros y su maquinaria.



**Figura 3** Mina Paraíso, Pachuca

*Fuente: Elaboración propia 2017*

f5. Patrimonio y paisaje natural. El Distrito minero se inició sobre la Sierra de Pachuca (Saavedra & Sánchez, 2007) así, el entorno natural conforma una vista única. El reciente nombramiento que obtuvo la región por la UNESCO como Geoparque Mundial de la Comarca Minera de Hidalgo, se destaca la riqueza y diversidad natural de la zona (Trejo, 2017).



Figura 4 Vestigios Ex Hacienda San Buenaventura

Fuente: Elaboración propia 2017

Las debilidades (d), son las siguientes:

d1. Resguardo parcial del patrimonio. Por la decadencia de la minería, existe abandono de algunos de los inmuebles que les esta ocasionando despojo y maltrato en su estructura física debido a su escasa o nula vigilancia.



Figura 5 Subestación Eléctrica en Bo. San Guillermo

Fuente: Elaboración propia 2017

d2. Insolvencia de instituciones públicas y privadas. Las limitaciones económicas y jurídicas de las instituciones para la atención y cuidado del patrimonio, es una realidad que se manifiesta ante la situación de degradación que presentan parte de los edificios. El vacío legal se debe también a que bajo la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, el patrimonio industrial queda desamparado ante la falta de una declaratoria por parte del INAH o INBA.

d3. Desinterés ciudadano. Aspecto evidenciado en el bajo consumo cultural del estado de Hidalgo de apenas el 17.11 %, y Pachuca, apenas con 18.17%, con visita a museos de 15% (Guerrero, 2017) y poca participación en las festividades o tradiciones culturales.

Las oportunidades (o), que se enlistan a continuación, se derivan de las fortalezas correspondientes detectadas:

o1. Catalogación y reconocimiento. Dentro del proceso de registro de los bienes industriales aún quedan pendientes, donde se puede involucrar no solo a los especialistas, sino también a miembros de la comunidad con una capacitación, para iniciar el registro integral de este patrimonio específico.

o2. Aprovechamiento de los lugares abandonados como equipamiento cultural y catalizador de desarrollo urbano y social. Pachuca ha crecido hacia el sur y en esa zona es notoria la mayor inver e invertido en complejos culturales y mejoramiento urbano principalmente al sur de la ciudad. Al norte, sigue pendiente mayor impulso a sitios culturales.

Con la rehabilitación de sitios industriales como equipamiento cultural, que acualmente ocupan un espacio identificable dentro de la comunidad, se generaría mayor participación cultural y al mismo tiempo el resguardo y recuperación de edificios abandonados.

o4. Valorización de sitios y concientización por el cuidado del ecosistema. Debido a que una parte edificada del patrimonio, ha quedado inmersa en la naturaleza, un acercamiento a los vestigios construidos es al mismo tiempo una aproximación al ecosistema y a su valoración y conservación viéndolos no como sitios degradados, sino con la perspectiva de su originalidad y grandeza arquitectónica en contexto con la naturaleza.

Las amenazas que se identifican, provienen de las debilidades y son las siguientes:

a1. La ruindad. Existe la posibilidad de llegar a tener solo restos de algunos complejos, solo reconocibles por fotografías, textos o gráficos. La valoración a destiempo provoca la pérdida de edificios patrimoniales.

a2. Saqueo y vandalismo. Debido a que los sitios no están debidamente resguardados física y legalmente, los ciudadanos no conciben su importancia; por lo tanto los inmuebles son vulnerables teniendo maltrato, sustracción de materiales y bienes muebles de su interior.

a3. Imponderables; fenómenos difíciles de predecir de eventual aparición como:

Desastres naturales. Eventos naturales agresivos como los huracanes que históricamente han hecho estragos en las edificaciones, más en este caso donde predominan las techumbres de lámina y estructura de madera.

Incendios. Por los residuos de soluciones inflamables en los edificios abandonados y los que están en uso, siempre existe un riesgo. Un incendio reciente en la Hacienda de Loreto, sienta un precedente, el cual daña una estructura de madera del siglo XVIII. (Mota & Cantera, 2015), así, se pierde un importante testimonio arquitectónico en los edificios históricos.

Hundimientos. Debido a la comunicación subterránea que se fue estableciendo en todas las minas con cerca de 3500 km de túneles. En la colonia Minerva, Mineral de la Reforma, un hundimiento se atribuyó ser una zona minera. (Rico, 2016).

Después de este análisis que arroja un panorama general de la situación del patrimonio minero de la región, las acciones que se plantean, buscan un efecto de patrimonialización, término que obedece a la interacción de distintos agentes sociales que propician un conjunto de intervenciones con las que se significa especialmente un elemento o conjunto de elementos tangibles o intangibles. No se centra en los elementos patrimoniales, sino en el propio hecho social de convertir parte de la realidad en patrimonio. (Hernández & Ruíz, 2016, pág. 1) De tal forma que se busca lograr ese vínculo no solo visual, sino consciente que se obtiene al conocer y cuidar un bien material.

## Resultados

Ante el reconocimiento de esta realidad, las acciones que se plantean son las siguientes:

f1+o1. Registro, inventario y catalogación con rigor metodológico y científico en colaboración conjunta.

Retomando los sitios catalogados existentes, es necesario complementar el registro con sitios faltantes agregando características arquitectónicas, métodos constructivos, bienes muebles y maquinaria del interior. (Instituto del Patrimonio cultural de España, 2009, pág. 16) Esta tarea debe ser en colaboración conjunta: investigadores, instituciones públicas, propietarios y voluntariado, es fundamental, pues se propicia conocimiento y acercamiento al patrimonio.

f2+o2+o4. Fomentar el conocimiento de la historia de la minería local. Aparte de la catalogación, se propone lo siguiente:

Visitas escolares en grupo, de todos los niveles a sitios recuperados, los que están en proceso y el paisaje natural. Desde la infancia propiciar el contacto con el patrimonio, también a los jóvenes principalmente de licenciaturas a fines como: historia, arquitectura, metalurgia, ingeniería, paisajistas y ambientalistas para generar vínculos de colaboración en la recuperación de los sitios.

Relacionar elementos intangibles y tangibles de la cultura minera. Conmemorar fechas especiales relacionadas con el pasado industrial y realizar eventos como por ejemplo la Feria de la Plata y el Festival Internacional del Paste de Real del Monte, donde existe participación de la comunidad. En Pachuca podrían empezar a considerarse fechas memorables en los sitios históricos, como forma de significar el patrimonio.

d2+o4. Legislación. Siempre habrá mayor seguridad cuando existan penalizaciones por los robos o daños a los que esta expuesto el patrimonio. Como bienes patrimoniales comunitarios el agravio es mayor que si solo se ven como inmuebles ajenos.

d1+a3. Medidas de seguridad ante los desastres naturales y antropogénicos. En los sitios que siguen activos, Protección Civil promueve y regula al respecto, sin embargo, los que se encuentran sin uso actual, deben ser dotados de medidas precautorias para evitar desastres, como podrían ser refuerzos estructurales, manejo de residuos combustibles, puertas de seguridad, retiro de vegetación parásita y basura, entre otras.

o2+o4. Plan de recuperación como parte del desarrollo urbano. El patrimonio arquitectónico ha sido catalizador de desarrollo en diferentes ciudades de México y el mundo, lo mismo podría suceder en Pachuca si se realiza un plan que parta de los lugares situados en las colonias más desfavorecidas, como por ejemplo: la Mina Camelia, los restos de la Hacienda de Buenaventura, Mina el Álamo o Mina El Porvenir. Al mismo tiempo se puede crear un itinerario turístico que produciría derrama económica en la zona.

## Conclusiones

El patrimonio industrial adquiere esa condición, hasta que es realmente puesto en valor, mientras, no es más que infraestructura ajena a la población que no genera ningún beneficio. Las propuestas que se obtuvieron, representan el inicio de un plan de recuperación patrimonial, que a largo plazo pueden significar un mejor futuro para esos bienes y para la población, sin embargo, este es un tema de organización y voluntad de diferentes sectores sociales, que no se puede postergar por mucho tiempo pues va en detrimento de los sitios y los habitantes al no obtener los efectos sociales positivos de saberse herederos de un legado. Es necesario realizar un estudio más detallado de todos los bienes que se encuentran en la región para generar un registro que sirva de base para plantear un recorrido con impacto territorial y social.

Este proyecto es a largo plazo y requiere la visión interdisciplinaria, este ejercicio es parte de ella.

### Referencias

AHMSA, Altos Hornos de México S. A. (2017). MINOSA, Minera del Norte, S.A. de C.V. Obtenido de <http://www.ahmsa.com/minera-del-norte>

BANDARIN, F., & VAN OERS, R. (2012). El paisaje urbano histórico, la gestión del patrimonio en un siglo urbano. Madrid: Abada Editores.

LORENZO Monterrubio, A., Lorenzo Monterrubio, C., & Vergara Hernández, A. (1998). Catalogo del Patrimonio Cultural del Estado de Hidalgo Región I y II Tomo II (1a ed., Vol. 1). Pachuca, México: JAMSA S.A.de C.V. Comisión Internacional de la Cooperación Intelectual. (1931). Carta de Atenas. Atenas.

Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos. (1986). LEY FEDERAL SOBRE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS, ARTÍSTICAS E HISTÓRICAS. México, México.

GUERRERO, J. B. (2017). Consumo cultural hidalguense es de apenas 17.11%. El Independiente. Obtenido de <https://www.elindependientedehidalgo.com.mx/consumo-cultural-hidalguense- apenas-17-11/>

HERNÁNDEZ, M., & RUÍZ, E. (2016). Consumo Patrimonial: entre el mercado y la cultura. Chungara, 1-11. Obtenido de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-73562016005000034&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-73562016005000034&script=sci_arttext)

IACUB, R. (2011). Identidad y envejecimiento. Buenos Aires: Paidós.

ICOMOS MEXICANO, A. C. Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. (2006). Carta de Monterrey sobre Conservación del Patrimonio Industrial. Carta de Monterrey sobre Conservación del Patrimonio Industrial. Monterrey, Nuevo León, México.

ICOMOS México. (2016). Primer congreso Internacional sobre Conservación de Sitios Mixtos. CARTA PUEBLA (MÉXICO) SOBRE CONSERVACIÓN DE SITIOS MIXTOS, (pág. 7). Puebla.

ICOMOS, Consejo Internacional de Monumentos y sitios. (2003). Carta de Nizhny Tagil. Carta de Nizhny Tagil. Nizhny Tagil.

Instituto del Patrimonio cultural de España. (2009). Carta de el Bierzo para la conservación del Patrimonio Industrial Minero. Bierzo, España: Ministerio de Cultura.

MACÍAS, J. M. (2012). Patrimonio y lógica difusa. Recuperado el 14 de agosto de 2017, de <http://www.saber.es/web/biblioteca/libros/la-catedral-de-leon-el-sueno-de-la-razon/html/pdf/g2.pdf>

MERCADO, M., & Hernández Oliva, A. V. (2010). El proceso de construcción de la identidad colectiva. Convergencia (53), 229-251.

MOTA, D., & Cantera, S. (2015). Controlan incendio en mina en Pachuca. El Universal. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2015/05/27/controlan-incendio-en-mina-en-pachuca-hidalgo>

ORTEGA, J. (2015). Minería y ferrocarriles en la región de Pachuca y Real del Monte durante el Profiriato. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

OVIEDO, B., & Gràcia, D.-F. (2015). Patrimonio Industrial y Desarrollo Regional, rescate, valorización, reutilización y participación social. México: AHYMM A.C. TICCIH México.

RICO, J. L. (2016). Estabilizarán tiro de mina en Pachuca, tras hundimiento. El Sol de México. Obtenido de <https://www.elsoldemexico.com.mx/republica/186424-estabilizaran-tiro-de-mina-en-pachuca-tras-hundimiento>

RUSKIN, J. (1849). La lámpara de la memoria. En J. Wiley (Ed.), Las siete lámparas de la arquitectura (págs. 146-167). New York: 161 Broadway.

SAAVEDRA Silva, E. E., & Sánchez Salazar, M. T. (2007). Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX. Investigaciones Geográficas, boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 82-101.

TREJO, L. E. (2017). Aprueba UNESCO Geoparque Mundial de la Comarca Minera en Hidalgo. El Independiente. Obtenido de <https://www.elindependientedehidalgo.com.mx/aprueba-unesco-geoparque-mundial-la-comarca-minera-en-hidalgo/>

UNESCO, Centro Internacional de estudio para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales. (1964). Carta de Venecia. Venecia.

LE DUC Viollet, E. E. (1866). "Restauration". En C. Chanfón Olmos, Eugene Emmanuel Viollet le duc, (1914-1879) su idea de restauración (2a. parte) (págs. 57-80). México.

## Progresos en los sistemas de manufactura inteligentes según el paradigma holónico

SIMÓN-MARMOLEJO, Isaías\*†, LÓPEZ-ORTEGA, Omar, RAMOS-VELASCO, Luis Enrique y CRUZ, René

Recibido Octubre 9, 2017; Aceptado Diciembre 15, 2017

### Resumen

El objetivo del presente artículo, es describir la evolución, tendencias y novedades de los sistemas de manufactura inteligentes desarrollados según el paradigma holónico. Los resultados del análisis claro y sistemático de una selección de artículos hallados en la literatura, suscitan el concepto de manufactura holónico desde el punto de vista conceptual, y muestran que, entender e integrar holones en una plataforma bajo la tecnología de sistemas de múltiples agentes (Multi-Agent Systems, MAS) que representen dispositivos físicos (máquinas, robots, cintas transportadoras, almacenes, productos, etc.) y entidades no físicas (órdenes de clientes, órdenes de manufactura, planes de producción, programas globales de producción, entre otros) de un sistema de producción no es una tarea fácil, sobre todo porque las pocas aplicaciones industriales cubren una amplia gama de dominios y la mayoría de las arquitecturas reportadas en la literatura se encuentran en ambientes académicos, de laboratorio y no en plantas de producción reales. Por otro lado, se describen aportes críticos que llevan a nuevos investigadores a discernir cuál/cuáles son los modelos teóricos, que se considera apropiados y confiables para modelar sistemas holónicos. El artículo concluye que la tecnología de los Sistemas Holónicos de Manufactura (Holonc Manufacturing Systems, HMS) es un campo de investigación activo, que permite incluir diferentes áreas del conocimiento para su implementación en aplicaciones reales, temas de interés futuros en la investigación.

**Sistemas de manufactura tradicionales, sistemas de manufactura flexibles, sistemas de manufactura inteligentes, sistemas de manufactura holónicos**

### Abstract

The objective of this article is to describe the evolution, trends and innovations of the intelligent manufacturing systems developed according to the holonic paradigm. The results of a clear and systematic analysis of a selection of articles found in the literature raise the concept of holonic manufacturing from the conceptual point of view and show that understanding and integrating holons in a platform under the technology of Multi-Agent Systems (MAS) representing physical devices (machines, robots, conveyors, warehouses, products, etc.) and non-physical entities (customer orders, manufacturing orders, production plans, among others) of a production system is not an easy task, especially since the few industrial applications cover a wide range of domains and most of the architectures reported in the literature are found in academic, laboratory and not actual production plants. On the other hand, we describe critical contributions that lead new researchers to discern which/which are the theoretical models, which are considered appropriate and reliable to model holonic systems. The article concludes that Holonic Manufacturing Systems (HMS) technology is an active field of research, which allows the inclusion of different areas of knowledge for implementation in real applications, topics of future interest in research.

**Traditional manufacturing systems, Flexible manufacturing systems, Intelligent manufacturing systems, Holonic manufacturing systems**

**Citación:** SIMÓN-MARMOLEJO, Isaías, LÓPEZ-ORTEGA, Omar, RAMOS-VELASCO, Luis Enrique y CRUZ, René. Progresos en los sistemas de manufactura inteligentes según el paradigma holónico. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2017, 4-13: 61-76

\*Correspondencia al Autor: (Correo Electrónico: isaias.simn@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la última década se observan cambios significativos en el entorno de manufactura: pasan de economías locales hacia economías globales, con necesidades de clientes pidiendo productos de mayor calidad a menores costos, altamente personalizados y con un ciclo de vida corto (Leitão y Restivo, 2006), por lo que los sistemas de manufactura tradicionales, basados en estructuras jerárquicas de control habituales y rígidas, ya no pueden hacer frente a estos exigentes desafíos (Nagel et al., 1991, N.R.C., 1998). Es por esto que actualmente para que un sistema de manufactura sea competitivo en el mercado bajo estas consideraciones, deberá adoptar características y estrategias globales que vayan desde las funciones de diseño de fabricación hasta el envío del producto que impliquen inteligencia, flexibilidad, calidad, adaptabilidad a los cambios del entorno, rapidez de respuesta y robustez contra la ocurrencia de disturbios, mismas que se han convertido en la clave del éxito en muchas organizaciones (Araújo et al., 2015, Nahmias, 2013, Rosenzweig y Easton, 2013).

Para lograr tal efecto, la automatización es un indicador clave en la manufactura, el auto-comportamiento de las máquinas industriales logra menores costos de operación, niveles de producción más altos y productos que cumplen con la calidad y necesidades de los clientes desde el diseño hasta el envío de los mismos. Sin embargo, aunque la tecnología de un Sistema de Manufactura Flexible (SMF) proporcione todas estas ventajas, la automatización no es suficiente para brindar una verdadera ventaja competitiva.

En este sentido, Oztemel (2010) menciona que nuevos métodos de fabricación están surgiendo hacia sistemas de manufactura totalmente automatizados y no tripulados, que podría ser muy flexible, reconfigurable, reutilizable, e interoperables, así como autónomos e inteligentes considerados como una de las formas útiles de tratar con las expectativas del cliente. Así, en un intento de modelar sistemas de manufactura fundamentados en analogías de la naturaleza o sistemas de organización social, las tendencias evolutivas en el tema siguen aumentando hacia el diseño de sistemas de manufactura con capacidad de auto-organizarse basados en módulos autónomos, biotecnología y conceptos holónicos que permitan una mejor gestión de la producción (Tharumarajah et al., 1996).

Sin embargo, esta nueva tecnología que no sólo es cada vez más compleja de controlar sino que también presenta una serie de problemas de decisión, junto con los cambios ambientales con incrementos dinámicos, actividades complejas y disturbios en el sistema, imponen nuevas restricciones en función de programación, que deben adaptarse en consecuencia a pesar de las capacidades y bondades hasta ahora alcanzadas, razón por la que concebir y analizar esta analogía desde el punto de vista teórico práctico requiere del entendimiento de la evolución, tendencia y terminología que comprende este nuevo paradigma para aprovechar al máximo los beneficios que contrae el concepto de manufactura holónica.

En las siguientes secciones se presenta los orígenes del concepto holónico, la sección 2 provee información de los SMI incluyendo un análisis de los cambios y progreso histórico de los sistemas de manufactura.

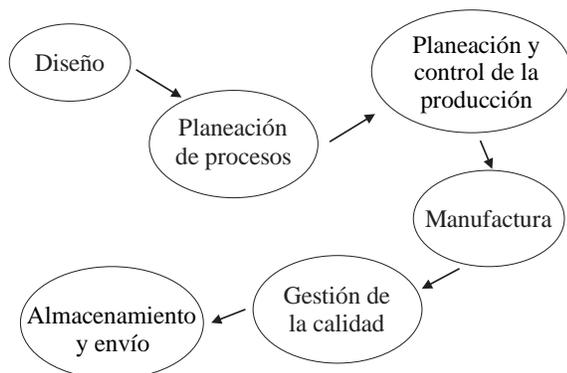
También son revisadas tecnologías fundamentales de inteligencia artificial para establecer la base de los MAS (sección 3). Seguido a esto, en la sección 4 se mencionan las características básicas de los HMS, sus entidades constituyentes y se proporciona la arquitectura respectiva. La sección 5, resalta las bondades de MAS en beneficio de los HMS. Finalmente el documento resalta en el apartado 6 y 7 un resumen y las conclusiones puntuales de este nuevo paradigma.

### Evolución de los sistemas de manufactura

Esta sección, provee una revisión general de los cambios que han venido sufriendo los Sistemas de Manufactura Tradicionales (SMT), hasta lo que son los Sistemas de Manufactura Inteligentes (SMI). Información más detallada al respecto puede encontrarse en Oztemel (2010).

### Sistemas de manufactura tradicionales

Para entender los enfoques comunes de los SMI, es importante hacer una revisión de los SMT. Este tipo de sistemas recibe entradas (material, conocimiento, energía, recursos humanos, etc.) y transforma éstas internamente mediante diferentes procesos para finalmente entregar un producto terminado a la salida, véase la Figura 1.



**Figura 1** Componentes de un sistema de manufactura tradicional (Oztemel, 2010)

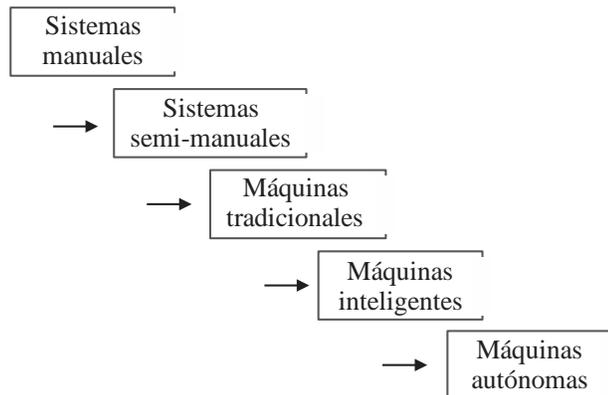
Cada componente, se constituye de un conjunto de actividades con el fin de obtener un producto terminado, esta misma serie de etapas, tienen la intención de mantener la calidad general de los procesos de fabricación y del mismo producto procesado en coordinación con máquinas y equipos presentes en el sistema de producción.

### Cambios en los sistemas de manufactura

En este entendido y para seguir al margen de la competencia, Oztemel (2010) afirma que los avances en los SMT se han relacionado tanto con máquinas y sistemas de producción tecnológicos, como con otros aspectos que influyen en su desempeño:

- Cambios tecnológicos en los sistemas mecánicos de producción.
- Métodos de manufactura.
- Cambios en la planeación de la producción y administrativos.
- Cambios ambientales.
- Cambios gerenciales.
- Expectativa y necesidades de los clientes.

Respectivo a los *cambios tecnológicos en los sistemas mecánicos de producción*, actualmente, las operaciones de mecanizado se han transforman en sistemas autónomos capaces de manejar actividades de manufactura relacionadas con todos lo aspecto de producción y cuestiones medioambientales, como tal, los progresos tecnológicos incluyen tanto cambios en la tecnología de manufactura como infraestructura respectiva, la Figura 2 muestra tendencias históricas a lo largo de esta línea.

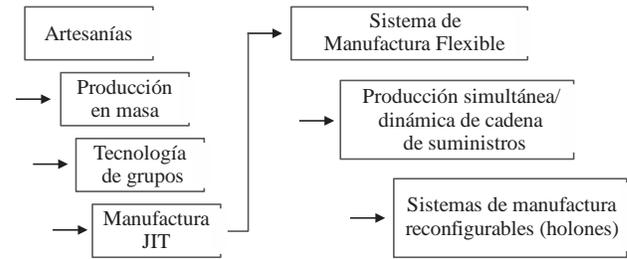


**Figura 2** Evolución en los procesos de producción (Oztemel, 2010)

En paralelo a los avances presentes en los sistemas de mecanizado, nuevos productos y procesos de producción también están siendo establecidos en las siguientes áreas:

- Sistemas de información y automatización.
- Prototipado rápido.
- Sistemas de manufactura inteligentes y autónomos.
- Materiales inteligentes.
- Nano y biotecnologías.
- I+D en procesos y productos.

Los cambios en los métodos de manufactura, también son evidentes en los sistemas de manufactura. La Figura 3, señala el progreso que se ha venido dando hasta nuestros días.



**Figura 3** Evolución en los métodos de manufactura (Oztemel, 2010)

La Figura 3, muestra que los respectivos cambios están en marcha, y no es difícil prever fábricas totalmente no tripuladas y máquinas virtuales que dominen a los sistemas de manufactura, los cuales podría ser muy flexibles, reconfigurables, reutilizables, e interoperable, y la tendencia a evolucionar en este aspecto todavía sigue aumentando con los HMS.

Por otro lado, los cambios en la planeación de la producción y administrativos contraen nuevas aportaciones, pasando de la Planeación Individual de Productos a Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP), Planeación de Recursos de Manufactura (MRP II), Manufactura Just in Time (JIT), Planificación de Recursos Empresariales (ERP), Administración de Recursos Empresariales (ERM), Administración Estratégica de Recursos Empresariales (SERM), Manufactura Ágil y Esbelta, hasta el actual paradigma E-Manufacturing para los sistemas de información basados en entornos globales que permite a los diseñadores de productos una mejor y más fácil comunicación, haciendo posible compartir y colaborar durante el desarrollo de nuevos productos. Al mismo tiempo, la integración también permite a los empleados llevar a cabo sus actividades de forma remota (De Souza et al., 2010).

Por otro lado, los desarrollos ecológicos o cambios ambientales en las áreas de fabricación son regulados por órganos responsables de hacen todo lo posible para mantener la seguridad del medio ambiente y proporcionar normas que no contravengan con la salud y el medio ambiente. Actualmente, el calentamiento global, la contaminación del aire, el análisis de factores ambientales, etc., son la principal preocupación de los sistemas de producción, es aquí donde los sistemas inteligentes pueden ser muy útiles para manejar los requisitos y mantener los espacios de producción bajo regulaciones ambientales.

Los cambios gerenciales. Son otro motivo de preocupación, que tiene un efecto potencial sobre los sistemas de producción. El progreso en los enfoques de gestión desde el comienzo de la revolución industrial ha evolucionado pasando de la administración en talleres, administración por objetivos, hasta la administración estratégica, vistos estos como cambios dramáticos en los últimos 100 años.

Otro factor de suma importancia son sin duda las expectativas y necesidades de los clientes quienes se convirtieron con el paso de los años en elementos claves de la ventaja competitiva. Hoy en día algunos productos incluso desvían la atención de las nuevas expectativas de los clientes, que a su vez impulsan nuevos enfoques aplicados a los sistemas de producción, esta tendencia hacia la compra de productos realizada por los clientes evoluciona desde la compra de cualquier producto disponible en el mercado, lo que se desea comprar, selección alternativa de productos, búsqueda de productos con capacidad múltiples hasta productos que sean capaces de satisfacer sus necesidades futuras.

A manera de conclusión al tema, Oztemel, (2010) afirma que los avances en los SMT y la combinación de la enorme cantidad de variables que se pueden observar, han recibido mucha atención en investigación e industria alrededor de todo el mundo, por lo que ya no es una fantasía pensar que existen sistemas inteligentes los cuales pueden ser considerados como una de las formas útiles de tratar con las expectativas del cliente, quienes van desde cuestionar al clientes para diseñar los productos según necesidades particulares hasta producir exactamente el diseño sedeado. La integración de los sistemas de manufactura y realidad virtual con la que cuentan hoy en día algunos sistemas productivos de clase mundial pueden lograr de manera fácil que esto suceda, razón por la que investigaciones recientes buscan garantizar sistemas de control con niveles de rendimiento mínimo en el caso de circunstancias imprevistas, predecir el comportamiento de las órdenes individuales, el uso generalizado de sistemas de control en entornos industriales (uso de la información global), etc. Sin embargo, lo anterior tiene su origen en técnicas de inteligencia artificial las cuales se han utilizado en la manufactura inteligente desde hace más de veinte años (Botti y Giret, 2008).

### **Sistemas de manufactura inteligentes e inteligencia artificial**

Los equipos de expertos de la industria, científicos e ingenieros de las naciones industriales más importantes del mundo, trabajaron juntos desde 1992 hasta 1994 para construir y probar un marco para la colaboración internacional en Sistemas de Manufactura Inteligentes (Botti y Giret, 2008). Los SMI son los que realizan las funciones de manufactura como si los operadores humanos estuviesen haciendo el trabajo (Kusiak, 2000), y están equipados con un nivel suficiente de inteligencia (técnicas de Inteligencia Artificial, IA) para realizar estas actividades.

La IA, es considerada como una rama de la computación y relaciona un fenómeno natural con una analogía artificial a través de programas de computador el cual trata con comportamiento inteligente y es capaz de exhibir este mismo (Shen et al., 2001).

Shen et al. (2001) refieren que en 1965 con el proyecto DENTRAL, la inteligencia artificial desarrollo el campo de Sistemas Expertos (SE), quienes pueden imitar la capacidad mental del hombre y relacionar reglas de sintaxis del lenguaje hablado y escrito sobre la base de la experiencia, para luego hacer juicios acerca de un problema, cuya solución se logra con mejores juicios y más rápidamente que el ser humano (Kusiak, 2000). Por ejemplo, el conocimiento es procesado en lugar de los datos, algoritmos tradicionales se sustituyen por algoritmos heurísticos; y en lugar de representación numérica, representación simbólica se toma como el foco principal, con lo que es posible exhibir comportamiento inteligente al tomar decisiones sobre la base de los conocimientos disponibles, realizar acciones con conocimiento incierto e incluso inexacto e incompleto (Oztemel, 2010).

Por otro lado, es importante hacer notar que un SE es un tipo particular de Sistemas Basado en Conocimiento (Knowledge-Based Systems, KBSs) y este a su vez es un tipo de sistema inteligente en el sentido de almacenar, gestionar y estar relacionado con el saber o las capacidades humanas (Villena et al., 2012). Al hablar de KBSs en general, simplemente se está haciendo referencia a que lo más importante del sistema es el conocimiento que almacena y que gestiona, es decir, una visión estructural. Modelar el contenido de los mensajes a intercambiar entre pares de los KBSs es un problema semántico (significado, sentido o interpretación de signos lingüísticos).

Seguido a esto y derivado del problema para almacenar datos o conclusiones particulares e intentar compartir conocimiento entre localidades singulares las investigaciones en el área dieron origen a un nuevo paradigma de nombre “Inteligencia Artificial Distribuida”, misma que involucra estudios de distribución de procesos inteligentes sobre entidades independientes (Shen et al., 2001). De esta manera, la inteligencia artificial se enfocó inicialmente en el comportamiento de entidades singulares, mientras que la inteligencia artificial distribuida se interesó en el comportamiento de la interacción de múltiples entidades llamadas agentes.

### Sistemas de múltiples agentes

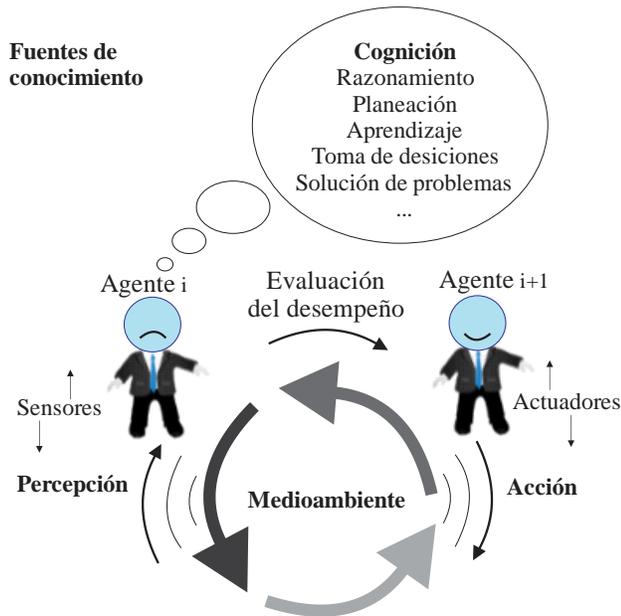
A principios de los noventa, los agentes y los sistemas basados en agentes comenzaron a convertirse en un importante tema de investigación que pronto llegó a ser uno de los temas más interesantes y con mayor financiamiento en el área de informática. Aspectos de interés destacan que la investigación basada en agentes no solo atrajo a investigadores en áreas de informática, sino que también a científicos destacados en otras disciplinas de investigación básica, como sistemas de producción, ingeniería de control, biología, sociología, etc. (Unland, 2015). En lo que refiere a sectores industriales, D’Inverno et al. (2001) menciona que debido a la enorme necesidad de intentar cumplir los requisitos impuestos actualmente a las empresas de la industria, se introducen por primera vez el paradigma de agentes de software inteligentes en el campo de la Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) y su utilización en el área de fabricación, con el objetivo de diseñar sistemas complejos distribuidos como una técnica para entender y simular sociedades o bien sistemas de producción.

Bellifemine et al. (2004) puntualiza que no existe una definición única para definir a un agente pero describe que todas las definiciones coinciden en que un agente es esencialmente un componente de software especial que tiene la autonomía que proporciona una interfaz interoperable a un sistema arbitrario y/o se comporta como un agente humano, trabajando para algunos clientes en la búsqueda de su propia agenda. Un grupo de estos agentes componen a un sistema de múltiples agentes (MAS), mismo que pueden modelar sistemas complejos e introducir la posibilidad de que los agentes tengan objetivos comunes o contrapuestos, estos agentes pueden interactuar unos con otros tanto indirectamente (actuando sobre el medio ambiente) o directamente (a través de la comunicación y la negociación), además, los agentes pueden decidir cooperar para beneficio mutuo o pueden competir para servir a sus propios intereses.

De acuerdo con Unland (2015), un agente inteligente es un sistema (o entidad computacional) que resuelve problemas y está orientada a objetivos, es caracterizado entre otras cosas por su autonomía, proactividad y su habilidad para comunicarse, en el ejercicio de sus funciones previstas. Ser autónomo significa poder llevar a cabo tareas complejas de forma independiente y a menudo a largo plazo. Ser proactivo implica que pueden tomar la iniciativa para llevar a cabo una tarea determinada, incluso sin un estímulo explícito de un usuario externo; y ser comunicativo permite la interacción con otras entidades para ayudar en la consecución de sus propios objetivos y de los demás. El modelo arquitectónico de una aplicación orientada agente es intrínsecamente igual a igual, así cualquier agente es capaz de iniciar la comunicación con cualquier otro agente o ser objeto de una comunicación entrante en cualquier momento.

Pueden poseer tanto sistemas de hardware como de software y son capaces de incorporar más de una tecnología de IA, estos pueden aprender y trabajar al mismo tiempo, mediante la percepción de su medio ambiente con la ayuda de sensores y actuadores. La arquitectura general de un agente se presenta en la Figura 4.

Como se observa en la Figura 4, hay tres componentes principales: percepción, cognición y acción. La percepción recibe entradas provenientes del medio ambiente a través de sensores y las transmite al módulo de la cognición para ser procesadas, este proceso puede incluir filtros y priorizar de acuerdo con el orden de importancia. La cognición implica procesar la información percibida y en consecuencia se toma una decisión, este proceso puede requerir de distintos métodos de sistemas inteligentes tales como aprendizaje e implantación; el mecanismo de la cognición de un agente también puede hacer frente a situaciones inesperadas y adaptarse a nuevas situaciones lo más rápido posible. Por lo tanto, una arquitectura altamente dinámica y flexible debe ser establecida. La acción lleva a cabo la orden recibida de la cognición mediante los respectivos actuadores; por ejemplo, cuando un robot realiza cambios en su operación o se detiene conforme se encuentra una barrera delante.



**Figura 4** Arquitectura general de un agente inteligente [7]

Una vez que el agente actúa, podrían cambiarse las señales ambientales y con ello nueva información se generaría, esto inmediatamente puede ser avistado por la percepción, y la acción respectiva se genera para que los efectores puedan operar nuevamente.

Si es necesario, un agente puede ser móvil, con la capacidad de viajar entre distintos nodos de una red informática, puede ser veraz, proporcionando la certeza de que no va a comunicar deliberadamente información falsa, puede ser benevolente, siempre tratando de llevar a cabo lo que se pide de él, puede ser racional, actuando siempre con el fin de alcanzar sus metas y nunca para evitar que sus metas se logran, y puede aprender, adaptarse a su entorno y adaptarse a los deseos de sus usuarios, entre muchas otras habilidades (Oztemel, 2010).

De esta manera, la tecnología de agentes ha sido objeto de un amplio debate en la investigación dentro de la comunidad científica desde hace varios años, observando, aplicaciones recientes vinculadas a sistemas multi-agentes en amplias variedades de aplicaciones comerciales que van desde sistemas relativamente pequeños para la asistencia de personal hasta sistemas complejos con misión crítica como sistemas industriales en temas de control de procesos, diagnósticos del sistema, manufactura, logística transporte, gestión de redes, etc.

### Sistemas holónicos de manufactura

El concepto holónico se originó a partir de la obra del autor y filósofo húngaro Arthur Koestler quien intentó capturar el comportamiento de los sistemas complejos, considerando sus entidades constitutivas de ser tanto totalidades y partes al mismo tiempo (Koestler, 1967). Para describir una unidad básica de la organización en los sistemas biológicos y sociales, Koestler inventó la palabra "holón", que viene de la combinación de la palabra griega "holo" que significa todo o entero, y del sufijo "on" que significa una parte o una partícula, donde como integrantes de una organización social, los holones se comportan "en parte como totalidades y completamente como partes", según la manera en que se observen, Koestler también propuso el concepto de Open-Ended Hierarchy (OEH) o Jerarquía Indefinida como una arquitectura formada de holones, llamada holarquía (Babiceanu y Chen, 2006). El concepto evolucionó de holón, holarquía a fabricación holónica y con los años a HMS mismo que a la fecha es un importante avance en el campo del control descentralizado para un SMI (Araúzoa et al., 2015,).

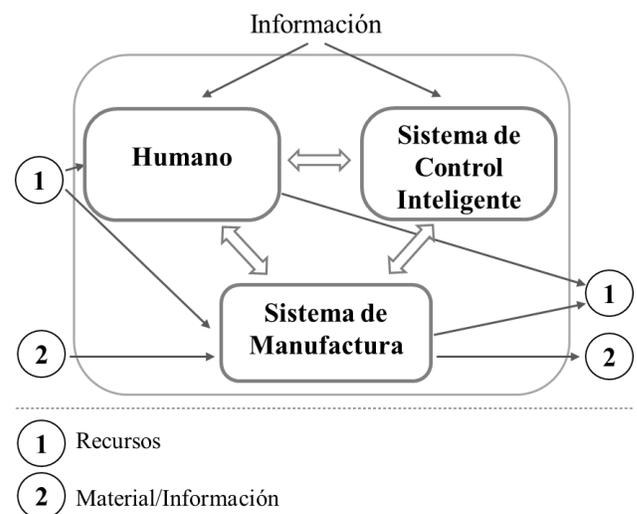
La idea de utilizar el concepto holónico en el diseño de sistemas de fabricación surgió a principios de 1990 en el programa de SMI como una solución para hacer frente al aumento de la frecuencia en los cambios que afecta a todo el mundo de los negocios incluido el sector manufacturero (Babiceanu y Chen, 2006). Para 1994 un consorcio de investigadores con más de 30 socios; académicos e industriales de Australia, Canadá, Europa, Japón y Estados Unidos aprobaron la manufactura holónica como parte de un proyecto internacional de SMI, cuyo objetivo fue desarrollar las herramientas y la aplicación del concepto holónico en el mundo real de la industria manufacturera, y así obtener los beneficios potenciales que ofrecen organizaciones holónicas como "la estabilidad en la ocurrencia de perturbaciones, la capacidad de adaptación frente a los cambios y el uso eficiente de los recursos disponibles" (Van Brussel et al., 1998). Para guiar la investigación en el área, los participantes del consorcio SMI, establecieron una serie de definiciones de trabajo claves en las entidades constitutivas de los sistemas holónicos (Christensen, 1994):

**Holón:** Es un bloque de construcción autónomo y cooperativo de un sistema de fabricación para la transformación, transporte, almacenamiento y/o validación de la información u objetos físicos, se compone en parte de procesamiento de información y a menudo es una parte de procesamiento físico, puede o no ser parte de otro holón del mismo rango, de orden superior o inferior que proporcione el procesamiento necesario, la información y las interfaces humanas con el mundo exterior (véase Figura 5).

**Holarquía:** Un sistema de holones que pueden cooperar para lograr una meta u objetivo.

El sistema se divide básicamente en la parte de procesamiento físico y la parte de procesamiento de la información, ambas constituyen un conjunto de componentes holónicos (holarquía). La parte de procesamiento físico transforma la materia prima en productos terminados a través de las actividades autónomas y cooperativas de los componentes holónicos. Los datos requeridos en los procesos físicos se generan y determinan en la sección de procesamiento de la información, que también se constituye de un conjunto de componentes holónicos.

**HMS:** Una holarquía que integra toda la gama de actividades de fabricación, desde la entrada de materia prima al sistema de producción, el diseño, la planeación, producción, calidad, inventarios hasta la comercialización del producto terminado, reflejada como una empresa de manufactura ágil.



**Figura 5** Modelo de actividad genérica de un holón (Christensen, 1994)

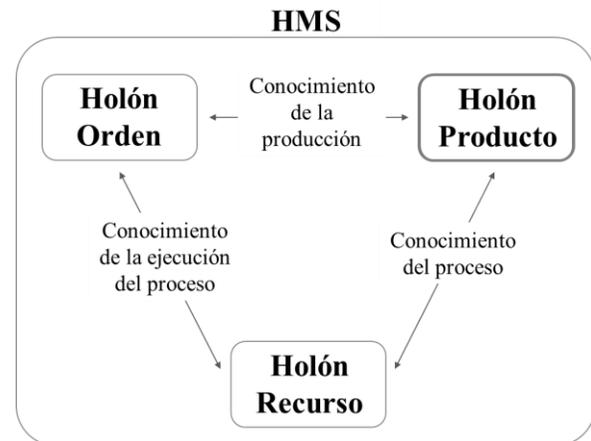
Dichas características hacen de un holón un bloque de construcción que está diseñado para reflejar el hecho de que las distintas unidades de manufactura se comporten de una manera autónoma, cooperativa, auto-organizada y reconfigurable:

- Autonomía: Capacidad de una entidad para crear y controlar la ejecución de sus planes y/o estrategias.
- Cooperación: Un proceso por el cual un conjunto de entidades desarrolla planes mutuamente aceptables y ejecuta estos planes.
- Auto-organización: Es la capacidad de las unidades de fabricación para reunirse y auto-organizarse con el fin de alcanzar una meta de producción.
- Reconfigurabilidad: Capacidad funcional de una unidad de fabricación para ser simplemente alterada de una manera oportuna y rentable.

### Estructura de un HMS

En Van Brussel et al. (1998) se describe la arquitectura de un HMS con referencia en tres tipos de holones básicos: holones orden, holones producto y holones recurso, cada uno de ellos es responsable de un aspecto de control de fabricación, ya sea logística, planificación tecnológica, o capacidades de recursos, respectivamente. Estos holones están estructurados utilizando conceptos orientados a objetos como la agregación y la especialización. Dichos holones son controlados por un holón denominado Staff empleando una estructura de sistemas expertos en su apoyo. La estructura permite el uso de algoritmos centralizados y la incorporación de sistemas heredados.

Así en Van Brussel et al., (1998) se desarrolló la arquitectura Product-Resource-Order-Staff Architecture (PROSA), que se refiere a los diferentes tipos de holones constituyentes. La Figura 6, muestra la constitución de un HMS u holarquía de manufactura compuesta por los holones base.



**Figura 6** Bloques de construcción básico de un HMS y sus relaciones (Van Brussel et al., 1998)

Como se muestra en la Figura 6, estos tres tipos de holones intercambiar conocimientos sobre el sistema de manufactura. El holón producto y el holón recurso se comunican y se transmiten el conocimiento del proceso, mientras que el mismo holón producto y holón orden intercambio conocimientos de producción, y el holón recurso con el holón orden comparten el conocimiento de la ejecución del proceso. En la Figura 6, se puede observar que la información es bidireccional, es decir que cualquiera de los holones tiene información y conocimiento del HMS.

Por otro lado, Leitão y Restivo (2006) propone una arquitectura de control definida como ADaptive holonic COntrol aRchitecture (ADACOR), la cual tiene como objetivo contribuir en la mejora del desempeño de los sistemas de control de manufactura en términos de reacción ágil ante emergencias y cambios de las empresas caracterizados por frecuentes perturbaciones. El enfoque de la arquitectura ADACOR, es a nivel de planta y en sistemas de manufactura flexibles especialmente organizados con producción job shop. ADACOR propone cuatro tipos de holones de manufactura de acuerdo con sus funciones y objetivos: productos (HP), tareas (HT), operativo (HO) y un holón supervisor (HS), entre los cuales hay diferentes tipos de interacciones durante el ciclo de vida de una orden de producción, como se muestra en la Figura 7.

En la Figura 7, los holones producto, colocados en el nivel de planificación de procesos interactúan con los holones tarea, puestos a nivel de administración, para el intercambio de información de productos y planificación de procesos, además, los holones producto interactúan indirectamente con holones operativo y supervisor durante la elaboración de planes de procesos alternativos, esto es necesario para verificar que los holones operativo están disponibles en la planta, finalmente para la coordinación global y optimizado, los holones tarea interactúan con los holones supervisor colocados a nivel de coordinación.

Tomando las bases anteriores, pero desde otro enfoque, uno de los artículos más recientes y de gran importancia para la presente investigación es Barbosa et al. (2015), inspirado en teorías biológicas y evolutivas, y a través de la auto-organización y principios del caos, la estructura holónica ADACOR<sup>2</sup> se propone como una evolución de la arquitectura de control holónica ADACOR, la nueva estructura busca lograr un sistema reconfigurable con capacidad evolutiva por lo que considera la introducción de un mecanismo de auto-organización de dos vectores: la auto-organización del comportamiento, que se encuentra a nivel micro y que permite al sistema responder sin problemas a perturbaciones, y la auto-organización estructural, que se muestran a nivel macro la cual admite al sistema reaccionar drásticamente, con ello el sistema ADACOR<sup>2</sup> logra una multitud de configuraciones dinámicas. La Figura 8 muestra cómo se dan estos cambios de manera general.

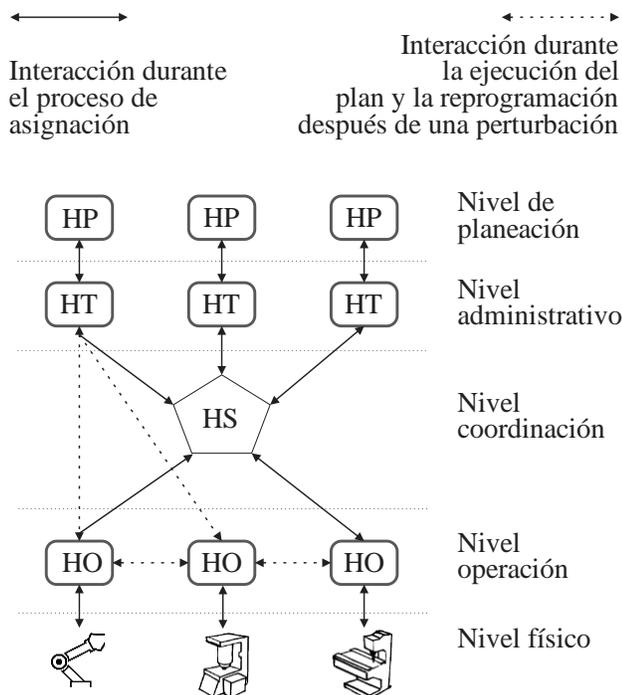
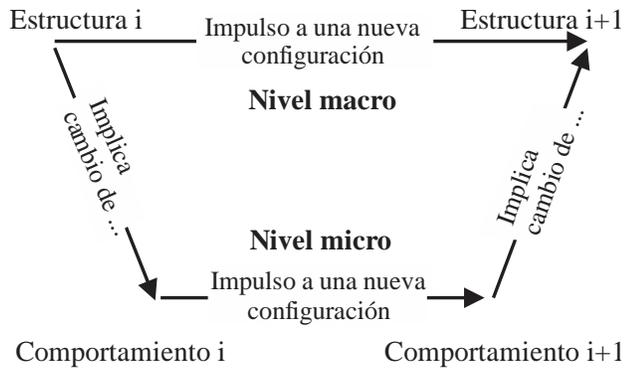


Figura 7 Holones clase ADACOR en interacción (Leitão y Restivo, 2006)

El módulo aborda dos tipos de componentes de auto-organización y comprende principalmente el seguimiento, el descubrimiento, el razonamiento, el aprendizaje, un estabilizador de nerviosismo y componentes despachador.



**Figura 8** ADACOR2: Interacción entre los niveles micro y macro (Barbosa et al., 2015)

### Comportamiento de las entidad de un HMS

A manera de ejemplo, se da al lector una visión deliberada al extremo con el fin de poner de relieve los elementos clave de un HMS. En un principio, un sistema de manufactura holónico sólo se compone de un conjunto de holones operativo, no organizados que forman a un holón supervisor. A la llegada de un pedido, el holón supervisor crea un holón tarea que empieza a negociar con los holones operativo la prestación de determinados procesos de producción. Durante el proceso de negociación, el holón tarea exige propiedades específicas de la tarea u operación por realizar, tales como calidad o rendimiento, mientras que los holones operativo tratan de maximizar su utilización. Al final de la negociación, los holones operativo se organizan para formar la línea de producción necesaria y el holón orden inicia la creación de holones producto a procesar.

Seguido a esto, holones producto entran en la holarquía de manufactura y negocian de inmediato recursos físicos con el fin de conseguir ser procesados. Una vez que estas operaciones se han realizado en un recurso físico, la pieza de trabajo reinicia la negociación con las (próximas) operaciones restantes. Tanto en la estructura ADACOR como en ADACOR<sup>2</sup> en estado estacionario, los holones están organizados en una estructura jerárquica, la actividad general del holón supervisor juegan el papel de coordinación y optimizan la programación de sus subordinados organizados en grupos, su trabajo es mantener una negociación permanente entre holones tarea y holones operativo asegurando que la carga de holones producto se distribuyan de manera eficiente en los recursos físicos disponibles para alcanzar los objetivos globales de esta holarquía, el sistema funciona con forme a esta configuración hasta que se detecta una perturbación. Sin un holón operativo sufre la perturbación éste detecta primeramente el problema e intenta recuperarse a nivel local mediante la realización de un autodiagnóstico, si la recuperación del mismo no tiene éxito, su factor de autonomía se incrementa y se propaga la necesidad de reorganización a otros holones en el sistema, compartiendo la carga de trabajo como sucede en los sistemas biológicos cuando existe un daño, más información puede consultarse en Van Brussel et al., (1998), Leitão y Restivo 2006, Barbosa et al. (2015).

De esta forma, los HMS están diseñados a través de módulos autónomos, cooperativas e inteligentes capaces de reconfigurar los sistemas de fabricación de forma automática en respuesta a nuevos requerimientos del sistema o cambios ambientales del mismo, tales como perturbaciones externas que pudieran afectar el comportamiento de las máquinas. Sin embargo, es importante hacer notar dos aspectos de la manufactura holónica:

- Estrategias de control en tiempo real basados en eventos.
- Procesamiento de información distribuida.

Las dos características antes descritas logran que los HMS sean capaces de alterar la configuración de las máquinas y los programas de producción de acuerdo con las necesidades inmediatas e inherentes, lo que es importante puesto que con esto se permite por ejemplo; la manipulación de averías en los equipos, reprogramación en tiempo real, etc., logrando así un sistema de manufactura suficientemente ágil para hacer frente a cambios inesperados.

### **MAS como plataforma en el modelado de HMS**

Bajo estos supuestos y para evaluar la arquitectura antes descrita, se han desarrollado diversos experimentos de simulación, donde es importante comentar que tanto PROSA, ADACOR, ADACOR<sup>2</sup>, como otras arquitecturas propuestas, utilizan la tecnología de sistemas de múltiples agentes mediante un sistema middleware totalmente distribuido de nombre JADE (Java Agent DEvelopment framework), respetando plenamente las especificaciones FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). Así mismo, para lograr la inteligencia de los holones se ha utilizado un motor de reglas implementado en la plataforma Java Expert System Shell (JESS). La principal razón de la tecnología de agentes tiene su fundamento en lo siguiente:

### **Tecnología de los HMS**

Pese a los avances tecnológicos alcanzados a la fecha, los MAS desarrollados no consideran el impacto global de un sistema de producción, por lo que los resultados obtenidos no son realistas, además de que existen dos diferencias marcadas entre las entidades constitutivas de un MAS y un HMS:

- La primera de ellas está relacionado con la agregación de holones en la arquitectura holónica. Paolucci y Sacile (2005) observaron que “holones en una holarquía son bastante similares a los agentes en un sistema de múltiples agentes, si uno no tiene en cuenta el hecho de que un holón puede contener otros holones”.
- La otra diferencia proviene de las capacidades de modelado de las entidades constitutivas de los dos tipos de sistemas, mientras que los agentes son entidades de software puro y hardware base, los holones pueden incluir sistemas de mayor potencia tanto de hardware como software dentro del sistema modelado.

Pese a estas diferencias, un MAS es la única plataforma identificada como la herramienta de modelado para el desarrollo de sistemas holónicos. Las características de autonomía, cooperación, reactividad y proactividad de los agentes hacen de una organización de agentes o arquitectura MAS una herramienta adecuada para aplicar los conceptos de HMS (Radu y Chen, 2006). Por lo tanto, la investigación respectiva a HMS está fuertemente relacionada con la investigación del MAS en la comunidad de IAD. Como Ulueru et al. (2000) declaró, "el paradigma de sistemas de múltiples agentes parece ser muy adecuado para la implementación de una abstracción holónica en un problema que se distribuye fundamentalmente en la naturaleza".

De esta manera y dado que JADE es la tecnología software de sistemas de múltiples agentes, ampliamente aceptada por la comunidad de sistema holónicos (Leitão y Vrba 2011), los principales proyectos de investigación en el tema ha recurrido a esta plataforma en intención de proporcionar un entorno de ejecución para agentes software. Con ello, es posible la implementación de distintos tipos de holones como agentes JADE, usando para ello la clase Agent proporcionada para tal efecto y acorde con las especificaciones FIPA, y una serie de librerías Java que facilitan implementar los principales componentes de los agentes: los comportamientos y las interacciones (Araújo, 2015). Así, esta clase Agent, que tiene ya implementadas las funcionalidades básicas de los agentes (búsqueda de otros agentes, comunicación, gestión de comportamientos, gestión de la línea de espera de mensajes, etc.), se extiende para crear las clases que representan cada tipo holón de un sistema de manufactura (holones productos, holones tareas, holones operativo y holones supervisor), añadiendo en cada caso los comportamientos e interacciones descritos en el apartado anterior.

### **Resumiendo**

Es así, como la aplicación de los conceptos holónicas a la fabricación fue motivada inicialmente por la incapacidad de los SMT para hacer frente a la evolución de los productos dentro de instalaciones de manufactura existentes y para mantener los niveles de rendimiento satisfactorios fuera de las condiciones de funcionamiento normales, y dado que el concepto de HMS combina las mejores características de la organización jerárquica y heterárquica, se conserva la estabilidad de jerarquía mientras que se proporciona la flexibilidad dinámica de heterarquía necesaria para operar un sistema de manufactura de la mejor manera posible (autonomía, alta flexibilidad y agilidad) (Botti y Giret, 2008).

Hechas las observaciones anteriores, se puede conceptualizar que el entorno de producción, abarca diferentes dominios de aplicación como el control de la producción, la programación de la producción y la planificación de la producción, lo que resulta adecuado para dar cabida a la aplicación de un sistema de control holónico. No obstante, entender e integrar holones en una plataforma de agentes de software inteligente que represente los componentes físicos de un sistema de producción no es una tarea fácil, sobre todo porque las pocas aplicaciones industriales cubren una amplia gama de dominios y la mayoría de las aplicaciones reportadas se encuentran en ambientes académicos, de laboratorio y no en plantas reales.

### **Conclusion y trabajos futuros**

En este artículo se describen los antecedentes de los HMS iniciando el análisis desde el origen de un SMT hasta la descripción de los sistemas de manufactura flexibles y SMI. Los SMT son difíciles de controlar y predecir debido a razones operativas y estructurales, por otro lado los SMI han venido evolucionando rápidamente y se desarrollan en plazos de tiempo muy cortos, con lo que se hace evidente que los SMI serán dominantes en los sistemas de manufactura mediante la aplicación del paradigma holónico. Por tanto, se puede concluir que la tecnología de los HMS es un campo de investigación activo, que permite incluir diferentes áreas del conocimiento para su implementación en aplicaciones reales.

En este entendido, el objetivo general de la presente investigación busca desarrollar un sistema de control inteligente de la producción haciendo uso del paradigma de manufactura holónico, que permita vincular flexibilidad, modularidad y control descentralizado en sistemas productivos complejos.

Con ello, será posible alcanzar una mejor ventaja competitiva al tomar decisiones adecuadas dentro de un sistema adaptable que haga uso correcto de los recursos limitados.

En consecuencia en un futuro se probará la hipótesis de que mediante el modelo de un sistema generalizado de producción basado en un HMS, es posible desarrollar un sistema de control inteligente de la producción innovador, el cual promueva una línea de base para la fabricación de unidades autónomas, altamente flexibles, ágiles, reutilizables y modulares.

Dentro de los trabajos de investigación por desarrollar son: modelado, análisis, diseño e implementación de un HMS.

## Referencias

- Araújo, J.A.; Martínez, R.; Laviós, J.J.; Martínez, J.J.B. (2015). Programación y control de sistemas de fabricación flexibles: un enfoque holónico. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 12, 58-68.
- Babiceanu, R.F.; Chen, F.F. (2006). Development and applications of holonic manufacturing systems: a survey. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17, 111-131.
- Barbosa, José; Leitao, Paulo; Adam, Emmanuel; Trentesaux, Damien. (2015). Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution. *Computers in Industry*, 66, 99-111.
- Bellifemine, Fabio; Caire, Giovanni; Greenwood, Dominic. (2004). *Developing multi-agent systems with JADE*. Wiley Series in Agent Technology, Series Editor: Michael Wooldridge, Liverpool University, UK. 286 p. ISBN: 978-0-470-05747-6 (HB).
- Botti, Vicent; Giret Adriana. (2008). A multi-agent methodology for holonic manufacturing systems. *Holonic Manufacturing Systems*, Hardcover, XVI, Capítulo 2, 7-20.
- Christensen, J. (1994). *Holonic Manufacturing Systems - Initial Architecture and Standards Directions*. At First European Conference on Holonic Manufacturing Systems, Hannover, Germany.
- D'Inverno, Mark; Luck, Michael. 2001. *Understanding Agent Systems*, Springer-Verlag, Berlin. 191 p. ISBN 978-3-662-04609-8.
- De Souza, J.; Teixeira, E.; Álvares, A.; Ferreira, J. 2010. An internet-oriented management and control system in a distributed manufacturing environment. *International Journal Manufacturing Research*, 5(1) 5-25.
- Koestler, Arthur. (1967). *The ghost in the machine*. Arkana. 384 p. ISBN 9780140191929.
- Kusiak, Andrew. (2000). *Computational intelligence in design and manufacturing*. John Wiley and Sons, 560 p. ISBN: 978-0-471-34879-5.
- Leitão, Paulo; Restivo, Francisco. (2006). ADACOR: a holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control. *Computers in Industry*, 57(2), 21-130.
- Leitão, Paulo; Vrba Pavel. (2011). Recent developments and future trends of industrial Agents. *Lecture Notes in Computer Science*. 6867, p.15-28.
- N.R.C. (U.S.). (1998). *Visionary manufacturing challenges for 2020*. National Academy Press, Washington, DC. 172 p. ISBN 0-309-06182-2.

Nagel, Roger; Dove, Rick; Goldman, Steven; Preiss, Kenneth.; I.I. of Lehigh University; U. States; D. of Defense; O. of Managing Technology. (1991). 21st century manufacturing enterprise strategy. Lacoocca Institute. Lehigh University. Bethlehem, PA., 1, 58 p. ISBN 0-9624866-3-9.

Nahmias, Steven. (2013). Production and Operations Analysis. 6ha Revides edition. London: McGraw Hill Higher Education. 736 p. ISBN 0077159004.

Oztemel, E. (2010). Intelligent manufacturing systems. Editors Benyoucef L., Grabot B. Springer Series in Advanced Manufacturing. 1-41.

Paolucci, Massimo; Sacile, Roberto. (2005). Agent-Based Manufacturing and Control Systems: New Agile Manufacturing Solutions for Achieving Peak Performance. CRC Press, Boca Raton, FL, 270 p. ISBN. 1-57444-336-4.

Rosenzweig, Even; Easton, George. (2013). Tradeoffs in manufacturing? a meta analysis and critique of the literature. Production and Operations Management, 19(2), 127-141.

Tharumarajah, A.; Wells, A.J.; Nemes, L. (1996). Comparison of the bionic, fractal and holonic manufacturing system concepts. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 9(3) p. 217-226.

Ulieru, M.; Stefanoiu, D.; Norrie, D. (2000). Holonic self-organization of multi-agent systems by fuzzy modeling with application to intelligent manufacturing. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 3, 1661-1666.

Van Brussel, Hendrik; Wyns, Jo; Valckenaers, Paul; Bongaerts, Luc; Peeters, Patrick. (1998). Reference architecture for holonic manufacturing systems: PROSA. Computers in Industry, 37(3), 255-274.

## Revisión Sistemática de factores ergonómicos y su incidencia en la productividad de investigadores en Institución de Educación Superior

MUÑOZ-HERNÁNDEZ, Raquel \*† y RANGEL-LARA, Saúl

*Universidad Politécnica del Valle de México, Av. Mexiquense s/n, esq. Av. Universidad Politécnica, Villa Esmeralda, C.P. 54910 Tultitlán de Mariano Escobedo, Méx., México*

Recibido Octubre 6, 2017; Aceptado Noviembre 20, 2017

### Resumen

En la presente investigación se analizan factores Ergonómicos, en el marco del trabajo de investigadores en una institución de Educación Superior del Estado de México. El objetivo del estudio fue identificar si los factores ergonómicos inciden en el desempeño y en la productividad de los investigadores. La muestra estuvo conformada por 35 docentes: 10 mujeres y 25 hombres, de edades entre 33 y 58 años. Para su análisis se determinó como variable independiente la Ergonomía organizacional conformada por tres dimensiones: ergonomía física, ergonomía del factor humano, y ergonomía ambiental. Una vez definidas se llevaron a cabo las evaluaciones correspondientes en cada dimensión y con los valores obtenidos se llevó a cabo el análisis estadístico, ANOVA y el análisis de chi-cuadrado de Pearson. Las variables ergonómicas fueron evaluadas con el método RULA, y con equipo especializado. Los resultados mostraron alta significancia estadística entre las variables. Se concluye que los factores ergonómicos inciden en la productividad de los investigadores.

**Ergonomía organizacional, desempeño académico, productividad**

### Abstract

In the present research, Ergonomic factors are analyzed, in the framework of the work of researchers in an institution of Higher Education in the State of Mexico. The aim of the study was to identify whether ergonomic factors affect the performance and productivity of researchers. The sample consisted of 35 teachers: 10 women and 25 men, aged between 33 and 58 years. For its analysis it was determined as an independent variable the organizational Ergonomics conformed by three dimensions: physical ergonomics, ergonomics of the human factor, and environmental ergonomics. Once defined, corresponding evaluations were carried out in each dimension and the statistical analysis, ANOVA and Pearson's chi-square analysis were performed. The ergonomic variables were evaluated using the RULA method and with specialized equipment. It is concluded that ergonomic factors influence the productivity of researchers.

**Organizational ergonomics, academic performance, productivity**

**Citación:** MUÑOZ-HERNÁNDEZ, Raquel y RANGEL-LARA, Saúl. Revisión Sistemática de factores ergonómicos y su incidencia en la productividad de investigadores en Institución de Educación Superior, Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017, 4-13: 77-93

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jael2222@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos se desarrollan tan vertiginosamente que es muy difícil mantenerse al margen del uso de nuevos equipos e innovaciones, creando la sensación de mayor control sobre el medio o sistemas en los cuales se implementan; sin embargo hay factores que no cambian; como es la naturaleza del ser humano, en lo referente a la vulnerabilidad física y emocional, independientemente del tipo de actividad que desarrolle.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2013), reporta que anualmente ocurren más de 317 millones de accidentes en el trabajo y cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo. El coste de esta adversidad diaria es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), global de cada año, implicando además de las pérdidas humanas, pérdidas financieras.

Los factores de riesgo ergonómico pueden conllevar sobre-esfuerzo físico, movimientos repetitivos o posturas forzadas en el trabajo desarrollado, con la consecuente fatiga, errores, accidentes y enfermedades de trabajo derivados del diseño de las instalaciones, maquinaria, equipo, herramientas o puesto de trabajo y en 2008, la OIT adoptó el Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo y Medio Ambiente, que tiene como objetivo crear conciencia mundial sobre la magnitud y las consecuencias de los accidentes, las lesiones y las enfermedades relacionadas con el trabajo y los riesgos disergonómicos.

En la actualidad la aplicación de la Ergonomía no está muy diversificada y se enfoca básicamente al sector manufacturero, sin considerar que es una herramienta de prevención de accidentes y preservación de la salud de todo tipo de persona que realiza una actividad en el desempeño de sus funciones, contribuyendo a mejorar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo y por consecuencia en el incremento de la productividad.

Las condiciones de seguridad y salud en el trabajo difieren enormemente entre países, sectores económicos y grupos sociales, inclusive entre tipos de trabajo y profesiones, en el caso de México la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), establece los mecanismos (Leyes, Reglamentos, Normas, entre otras), mediante los cuales se rigen las relaciones Laborales y de Seguridad y Salud así como el mantenerlos actualizados según las propias necesidades de la sociedad y vigilar el cumplimiento de los mismos.

“El término *ergonomía* proviene de las palabras griegas *ergon* (trabajo) y *nomos* (ley, norma o doctrina); la primera referencia a la ergonomía aparece en el libro *Compendio de Ergonomía* del polaco Wojciech Jastrzebowski en 1857” (Mondelo, Gregory & Barrau, 1999, p. 16).

La International Ergonomics Association (IEA, 2016), define la ergonomía como la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de la interacción entre los seres humanos y los demás elementos de un sistema, entre los objetivos de la ergonomía está contemplado el logro de la satisfacción en el trabajo, considerando las responsabilidades, actitudes, creencias y valores para el desarrollo personal así como las diferencias individuales y culturales.

Otro enfoque es el que considera la ergonomía como un “elemento educativo del entorno, que facilita la interacción entre el individuo y su ambiente laboral; se traduce en mejor calidad de vida, reducción de posibles accidentes y enfermedades, incremento del bienestar, productividad, cuidado de la salud y medio ambiente” (Ramírez, 2010, p. 97).

Las Instituciones de Educación Superior y en especial las Universidades desempeñan un rol de suma importancia en la formación de recursos humanos para el desarrollo, transferencia y adaptación de tecnología, con el fin de responder adecuadamente a los requerimientos de la sociedad, como factor estratégico de competitividad para el desarrollo nacional. Con base en lo anterior las instituciones de Educación Superior son sistemas en constante transformación y esto cambia las perspectivas de la docencia e investigación tomando un enfoque de productividad en el desempeño académico.

En el presente estudio, se relaciona la ergonomía y el desempeño académico, encontrando que para Márquez (2007) las actividades laborales en el ámbito educativo, deben ser replanteadas: desde la forma de enseñar, los medios utilizados para ello y la infraestructura así como la estructura organizativa de los centros y su cultura, es decir, de las relaciones existentes entre los Investigadores y su ambiente de trabajo, donde el término ambiente, es utilizado en un sentido integral, en el que se incluyen aparatos, herramientas, materiales, métodos y se deriva la necesidad del estudio de los aspectos Ergonómicos.

Con base en lo anterior, surgió el interés por realizar el presente trabajo en una institución de Educación Superior, con la finalidad de conocer la situación laboral que prevalece en los investigadores y se enfoca principalmente a la productividad del desempeño académico y los factores Ergonómicos, por considerar que ésta disciplina está poco explotada en México y más aún, en el sector educativo, donde aparentemente, los investigadores no están expuestos a riesgos en su ámbito laboral, ni son susceptibles a optimizar los recursos y condiciones laborables a través de una cultura ergonómica.

La productividad del desempeño académico ha sido poco estudiada y a la fecha no se ha encontrado un método general para medirla objetivamente; la elección de modelos e instrumentos se dificulta, ya que no existen instrumentos de observación y medición universalmente aceptados. La productividad adquiere características específicas dependiendo del trabajo que se trate, en la educación: más horas de clase, mayor número de publicaciones, de libros o capítulos de libro, conferencias, participación en la gestión universitaria, entre otras actividades. (Martínez, Méndez & Zuñiga, 2011).

Para la OIT, la productividad se relaciona directamente con las condiciones laborales, donde la ergonomía organizacional juega un rol de importancia, al buscar diseñar puestos de trabajo que eviten la fatiga y promuevan el mejor aprovechamiento de los recursos; considerando para ello el diseño de los equipos, del lugar de trabajo y la organización de las actividades; reduciendo así los costos de ausentismo por enfermedades ocasionadas a causa de las restricciones del trabajo, pues se parte del principio que el operador humano rendirá tanto como lo permitan las circunstancias, por consecuencia, si las circunstancias son mejores, la productividad aumenta (OIT, 2012).

En la presente investigación se aborda el tema de la productividad en la educación superior desde la perspectiva de la ergonomía organizacional en el marco del análisis del trabajo en Investigadores universitarios, y el procedimiento para el diagnóstico y pronóstico de sus efectos, así como su valor metodológico en la Institución de educación Superior, considerando el contexto físico y el contexto Organizacional, para identificar su incidencia en la productividad y eficiencia del desempeño académico.

La estructura del trabajo consiste en una breve introducción sobre el contexto actual con su respectiva hipótesis referente a la incidencia de la ergonomía organizacional en la productividad del desempeño académico, se plantea el problema, la justificación del estudio y el objetivo. Posteriormente se enfoca en la obtención de información a través de métodos ergonómicos para la evaluación del factor humano, condiciones físicas y condiciones ambientales. Con los resultados obtenidos se lleva a cabo el análisis estadístico y se concluye aportando algunas recomendaciones.

### **Hipótesis de trabajo**

La Ergonomía Organizacional incide en la productividad del desempeño académico en la Educación Superior.

### **Planteamiento del problema**

Las nuevas tecnologías y equipos de cómputo son imprescindibles como herramientas de apoyo para el desempeño de las actividades de docencia e investigación en las Instituciones de Educación Superior. El problema de la falta de diagnóstico de las enfermedades profesionales ha motivado que la OIT se refiera a ellas como una pandemia oculta.

Además en muchas ocasiones no se advierte el vínculo entre una enfermedad y el trabajo desempeñado, salvo en casos muy evidentes (OIT, 2013).

Los estudios realizados con respecto al área educativa, son relativamente pocos pero de gran impacto destacando en lo internacional las *Reformas educativas en América Latina: balance de una década*, en el marco de la Promoción de las Reformas Educativas de América Latina y el Caribe (PREALC), en el cual se alerta sobre la urgencia de crear las condiciones ergonómicas necesarias para que los Investigadores sean autores y protagonistas como garantía de que las escuelas y las aulas sean los escenarios reales de los cambios educativos. (Gajardo, 2005).

El otro estudio que aborda el tema de los Investigadores pero desde la perspectiva de las condiciones de trabajo Ergonómicas y salud del Investigadores que inciden en la Productividad es *Educación para todos* de la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC), celebrado en la Ciudad de Santiago de Chile; donde mencionan que la presión del trabajo para cumplir con la Productividad genera patologías ocupacionales en los Investigadores siendo las más frecuentes: estrés, enfermedades psicosomáticas (gastritis, úlceras, presión arterial alta), depresión, afonía, várices, problemas respiratorios y gran parte de las afecciones recurrentes caen en el campo de la salud mental como depresión o actitudes compulsivas entre otras. (Ulaergo, 2016).

Con respecto a la Productividad en México, las instituciones de educación superior han desarrollado diversos instrumentos de evaluación para medir la productividad y la eficiencia en el desempeño académico y con base en los resultados establecen directrices para la distribución de los recursos presupuestales e incentivos salariales; además de participar en el Programa para el Desarrollo Profesional Investigadores (PRODEP) que busca profesionalizar a los Investigadores de Tiempo Completo (PTC) para que alcancen las capacidades de investigación-docencia, perfil deseable, desarrollo tecnológico e innovación y consoliden cuerpos académicos.

El Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACYT), el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), las fundaciones y empresas que invierten en investigación, son organismos que han implementado algunos criterios para medir el desempeño de los académicos y establecer indicadores para otorgar permanencia, becas y estímulos. Para este estudio se considera el personal Investigadores de la División de Ingeniería de una Universidad en el Estado de México, donde los dos últimos años, algunos Investigadores han manifestado diversos problemas para cumplir con la productividad el motivo más recurrente han sido malestares físicos que han desencadenado en incapacidades médicas y ausentismo.

Las causas son diversas, entre ellas se encuentran: intervención quirúrgica de vesícula (incapacidad de cuarenta días), problemas gastrointestinales (incapacidad de quince días), infarto al corazón (incapacidad de noventa días), tratamiento de radiación por tumoraciones (incapacidad de noventa días), y ausentismo debido a malestares físicos: oculares, auditivos, y migrañas entre otros.

Además dos Investigadores presentan problemas de articulaciones en las extremidades inferiores y superiores; los malestares en las vías respiratorias son cíclicos y recurrentes además de quince Investigadores de tiempo completo, siete presenta problemas por exceso de peso.

Las áreas de trabajo de los PTC se encuentran en modulos tipo cubículos en las partes laterales de una sala de juntas por lo general concurrida, por lo que el ruido es permanente, siendo un distractor así como la entrada y salida de Investigadores y alumnos. Los muebles de oficina son estandarizados en turno de cuarenta horas semanales. Para alcanzar a cumplir la Productividad, se generan algunas exigencias laborales, tales como la prolongación de la jornada diaria, trabajar en casa en días de descanso para concluir las tareas del trabajo cotidiano y cubrir determinada cantidad de cursos, artículos, conferencias, entre otros.

Por lo general el Investigadores realiza un trabajo sedentario y la mayor parte del tiempo lo desarrolla sentado, leyendo y/o escribiendo frente a una computadora, en consecuencia sufre trastornos por uso de ojos y de adoptar posiciones incómodas o forzadas en la realización de su trabajo. Estos trastornos se consideraran para su estudio ya que pueden tener incidencia con las condiciones en que se desarrolla el trabajo académico en el ámbito de la Ergonomía como un factor relevante; el objetivo primordial es preservar la salud de los Investigadores, disminuir las incapacidades, ausentismo y en segundo lugar como consecuencia un incremento de la productividad del desempeño académico.

Es necesario puntualizar que en este trabajo Productividad científica o Productividad en el desempeño académico será evaluada sobre bases cuantitativas, es decir, sin emitir juicios sobre la calidad de la misma.

Para ello se hará uso de los elementos que utiliza CONACyT en sus respectivas evaluaciones en este caso son parámetros o indicadores de productividad, los cuales aceptados en forma internacional de acuerdo a su impacto y puntuación asignada.

La base de este estudio es identificar los elementos de la Ergonomía, su interacción con el Investigadores y su efecto en las metas de productividad proyectadas por las instituciones educativas, bajo la interrogante de cómo influye el entorno.

### **Justificación del estudio**

El presente trabajo permitirá conocer los factores Ergonómicos de las condiciones en que se desempeña el trabajo de Investigadores universitario, facilitar el diseño de ambientes, métodos y materiales, permitirá adquirir conocimientos en el estudio de riesgos disergonómicos para la prevención de enfermedades y mejorar los procesos en la ejecución de las actividades diarias, para una mejor calidad de vida de los Investigadoress de educación Superior.

La justificación económica es un requerimiento constante del actual mercado globalizado sin embargo algunos empresarios y directivos se muestran renuentes a invertir en proyectos de ergonomía por desconocimiento de la misma, además el incremento de la producción por Investigadores se ha convertido en uno de los principales objetivos en las Instituciones de educación superior; sin embargo es evidente la necesidad de la intervención ergonómica para conseguirlo sin afectar la salud de los Investigadoress. (Alfaro, 2006).

### **Objetivo general**

Analizar si existe relación entre la Ergonomía Organizacional y la productividad del desempeño académico en la Educación Superior.

### **Metodología**

En esta sección se muestra la forma en que se realizó la recolección de datos de las variables de estudio, para analizar la variable independiente: Ergonomía Organizacional desde la Ergonomía del Factor Humano, Ergonomía Física y Ergonomía Ambiental con relación a la variable dependiente: Productividad, a través del método de análisis de estadística descriptiva e inferencial de las variables cuantitativas, utilizando el diagrama de dispersión, análisis de correlación, análisis de la varianza e inferencia estadística basada en la muestra de estudio.

La muestra se conformo de 35 Investigadoress, de las Direcciones de Ingeniería Industrial y Dirección de Ingeniería en Nanotecnología, y con ellos la representación del 41% de la población total de Investigadoress de tiempo completo, como base para estudios posteriores; fueron encuestados todos los participantes de la muestra seleccionada, con el propósito de obtener información confiable, en los parámetros estadísticos de la Productividad del desempeño académico, en relación con la Ergonomía Organizacional.

Para su análisis se identifican variables agrupadas solo en tres dimensiones: ergonomía física, ergonomía del factor humano, y ergonomía ambiental, las cuales conforman la ergonomía organizacional en relación con la productividad del desempeño académico, que se identifica para este estudio como la suma de productos en un periodo determinado.

En la ergonomía física se aplicó para el diagnóstico inicial método RULA, (Rapid Upper Limb Assessment), con el objetivo de evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo.

Este método consiste en clasificar el cuerpo en dos grupos, el Grupo A que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas) y el Grupo B, que comprende las piernas, el tronco y el cuello. Mediante tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal y en función de dichas puntuaciones, se asignan valores globales a cada uno de los grupos A y B.

Para la evaluación con los investigadores, el primer paso consistió en la observación de las tareas de varios ciclos de trabajo y se determinaron las posturas a intervalos regulares y tiempo en cada una de ellas; con estos datos se estableció el Nivel de Actuación indicando si la postura era aceptable o en qué medida eran necesarios cambios o rediseños del puesto.

Los resultados obtenidos por cada Grupo se pueden observar en la Tabla 1.

GRUPO A: ANÁLISIS DE BRAZO, ANTEBRAZO Y MUÑECA.	
Puntuación del brazo <sup>(1-6)</sup>	4
Puntuación del antebrazo <sup>(1-3)</sup>	3
Puntuación de la muñeca <sup>(1-4)</sup>	4
Puntuación del giro de la muñeca <sup>(1-2)</sup>	1
Actividad muscular <sup>(6-1)</sup>	1
Carga/fuerza <sup>(6-3)</sup>	0
GRUPO B: ANÁLISIS DE CUELLO, TRONCO Y PIERNAS.	
Puntuación del cuello <sup>(1-6)</sup>	4
Puntuación del tronco <sup>(1-6)</sup>	3
Puntuación piernas <sup>(1-2)</sup>	1
Actividad muscular <sup>(6-1)</sup>	0
Carga/fuerza <sup>(6-3)</sup>	0
NIVELES DE RIESGO Y ACTUACIÓN	
Puntuación RULA <sup>(1-7)</sup>	7
Nivel de Riesgo <sup>(6-4)</sup>	4
<b><u>NIVEL DE ACTUACIÓN:</u></b> <u>Se requiere análisis y cambios de manera inmediata.</u>	

**Tabla 1** Resultados de la aplicación del Método RULA

El valor final proporcionado por el método RULA, se denomina Nivel de actuación y es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de adquirir lesiones musculoesqueléticas. Los niveles de actuación propuestos van del nivel 1 al 4, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, y del 5 al 7 que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad. (Diego, 2015).

En el diagnóstico inicial con el método RULA; se observó que el Nivel de actuación tiene el valor más alto que es 7 con nivel de riesgo de 4 que implican análisis más profundo e inmediatos. Con base en estos resultados, se procedió a la medición de condiciones ambientales.

En la Ergonomía Organizacional la evaluación de las condiciones ambientales se realiza con base en la Normatividad vigente en México de la STPS (2014), referentes al Ruido (NOM-011-STPS-2011), Temperaturas (NOM-015-STPS-2011) y Luminancia (NOM-025-STPS-2001).

Las condiciones ambientales se evaluaron con el equipo especializado Science cube Pro.



**Figura 1** Dispositivo Science cube Pro

Fuente SEMAC 2016



**Figura 2** Sensor de temperatura

Fuente SEMAC 2016



**Figura 3** Sensor de Luz

Fuente SEMAC 2016



**Figura 4** Sensor de sonido

Fuente SEMAC 2016

Para la evaluación de Ergonomía Organizacional se aplica el Instrumento de Evaluación para la Ergonomía del Factor Humano basado en el Instrumento de Factores Psicosociales, identificación de situaciones de riesgo, del Instituto Navarro de Salud Laboral. (Lahera & Góngora, 2002).

Estudia cuatro variables relacionadas con el entorno laboral y que afectan a la salud del trabajador y al desarrollo de la tarea a realizar.

Estas variables son:

1. Participación, Implicación, Responsabilidad.
2. Formación, Información, Comunicación.
3. Gestión del Tiempo.
4. Cohesión de Grupo.

Este método de evaluación tiene como objetivo obtener información, respecto a las cuatro variables anteriores, que permita detectar situaciones en la organización desfavorables o muy insatisfactorias, que pueden ser fuente de riesgo para la salud de los trabajadores.

Con el análisis de los resultados obtenidos se adquiere una visión general de la empresa respecto a los factores de riesgo psicosocial. (Lahera & Góngora, 2002).

Se pretende que esto sea el punto de partida para una evaluación específica más concreta en aquellas áreas en las que aparezcan aspectos deficitarios. Además de los cuatro factores mencionados anteriormente, se han incluido tres preguntas con el objetivo de reconocer la vulnerabilidad a la existencia de hostigamiento psicológico en el trabajo.

La metodología a utilizar se basa en la aplicación de una serie de cuestionarios en la empresa a una muestra representativa de la plantilla (se recomienda una muestra en torno al 20-30% del total), condición que se cumple en la presente investigación.

Los resultados obtenidos en cada cuestionario se trasladan a una hoja de valoración y de categorización que permite diagnosticar. El cuestionario lo componen 30 preguntas, con varias alternativas de respuesta y una opción de respuesta cualitativa (Observaciones) que posibilita una aclaración de la respuesta aportada y se han agrupado en cuatro variables con sus respectivos factores: (Lahera & Góngora, 2002).

### **Participación, Implicación, Responsabilidad**

Especifica el grado de libertad e independencia que tiene el trabajador para controlar y organizar su propio trabajo y para determinar los métodos a utilizar, teniendo en cuenta siempre los principios preventivos. Define el grado de autonomía del trabajador para tomar decisiones. Se entiende que un trabajo saludable debe ofrecer a las personas la posibilidad de tomar decisiones.

### **Formación, Información, Comunicación**

Se refiere al grado de interés personal que la organización demuestra por los trabajadores, facilitando el flujo de informaciones necesarias para el correcto desarrollo de las tareas. Las funciones y/o atribuciones de cada persona, dentro de la organización, tienen que estar bien definidas para garantizar la adaptación óptima entre los puestos de trabajo y las personas que los ocupan.

### **Gestión del Tiempo**

Establece el nivel de autonomía concedida al trabajador para determinar la cadencia y ritmo de su trabajo, la distribución de las pausas y la elección de las vacaciones de acuerdo a sus necesidades personales. (Lahera & Góngora, 2002).

### **Cohesión de Grupo**

Definimos cohesión como el patrón de estructura del grupo, de las relaciones que emergen entre los miembros del grupo. Este concepto incluye aspectos como solidaridad, atracción, ética, clima o sentido de comunidad. La influencia de la cohesión en el grupo se manifiesta en una mayor o menor participación de sus miembros y en la conformidad hacia la mayoría.

### **Hostigamiento Psicológico (Mobbing)**

El hostigamiento psicológico en el trabajo hace referencia a aquellas situaciones en las que una persona o un grupo de personas ejerce un conjunto de comportamientos caracterizados por una violencia psicológica extrema, de forma sistemática y durante un tiempo prolongado, sobre otra persona en el lugar de trabajo.

En el supuesto de obtener un punto en alguna de estas tres preguntas se debe profundizar con un cuestionario específico sobre identificación de hostigamiento psicológico en el trabajo con el fin de descartar la posibilidad de que se esté dando esta situación, por sus consecuencias. (Lahera & Góngora, 2002).

La prueba de consistencia del Instrumento de medición de Ergonomía Organizacional, se realizó con el método de consistencia interna basado en el alfa de Cronbach; la precisión de los datos obtenidos del cuestionario y la estabilidad de la medida obtenida en diferentes aplicaciones, es de 0.849, y por tanto mayor a 0.8; y de acuerdo al criterio general de George y Mallery (2003), quienes sugieren que, si el coeficiente de alfa de Cronbach es mayor que 0.8 es aceptable, por lo tanto, el instrumento es consistente.

Se analizaron cada uno de los métodos de evaluación ergonómica para identificar cuál era el más apropiado para esta investigación, optando por elegir la lista de revisión (check list) ya que es un instrumento práctico, rápido y fácil de utilizar para revisar las condiciones de riesgo ergonómico a los que se somete un usuario al desarrollar una actividad, proporcionan la información preliminar que permite identificar las principales áreas o condiciones de riesgo a evaluar con mayor detalle, repeticiones, posturas, condiciones, entre otros factores.

Para la aplicación se llevó a cabo una visita a cada uno de los puestos a estudiar, para conocer el proceso de trabajo, las tareas que se llevan a cabo en la organización y características de trabajo, se selecciono a qué personas o en qué puestos se tomarían los datos, en qué momentos de la jornada, y en qué días de la semana.

Previamente, fue necesario establecer claramente con qué criterios se realizaria esta selección, por lo tanto se recabó información referente al tipo de plaza, cantidad de horas laborables y tipo de personal para poder facilitar la selección de la muestra, para lo cual se realizaron una serie de observaciones y entrevistas generales acerca de los diversos aspectos que son base del procedimiento a seguir., así mismo se aplicó la lista de comprobación básica del sitio de trabajo modificada del Check List emitido por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2003).

Debido a la diversidad de horarios y funciones del personal del área de estudio, una vez seleccionado los criterios se pudo aplicar al trabajo de investigación a 35 Investigadores de la siguiente manera: El Test de Autoevaluación de Puestos de Trabajo, en forma de entrevista para responder las dudas que fueran saliendo durante la aplicación.

La evaluación del ambiente luminoso se realizaron mediciones en los puestos de trabajo seleccionados, utilizando como equipo un medidor de luminancia, el cual proporciona datos de iluminación en luxes, con la siguiente escala:

1. Inadecuada
2. Insuficiente
3. Suficiente
4. Adecuada
5. Muy adecuada

La evaluación del ambiente térmico se midió la temperatura bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco y temperatura de globo, posteriormente los datos obtenidos se ingresaron en un software denominado METRIX, el cual es una herramienta de cálculo que nos permite conocer el Índice de Valoración Medio y el Porcentaje de Personas Insatisfechas con los que se evalúa el Confort Térmico de una Oficina, basado en el método de Fanger (ISO 7730).

El método de Fanger, se enfoca en la evaluación del confort térmico, mediante dos índices denominados Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote) y Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied).

El Voto medio estimado es un índice del promedio de votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto a una situación dada en una escala de sensación térmica basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la diferencia entre la producción interna de calor del cuerpo y su pérdida hacia el ambiente).

El Voto medio estimado es el promedio de la sensación térmica, de los votos individuales y se complementa con el Porcentaje de personas insatisfechas por frío o calor, como entorno desagradable. (Diego, 2015).

Se consideró la siguiente escala:

1. Abatida
2. Media
3. Alta

Para evaluar los espacios de trabajo se realizaron mediciones de los siguientes elementos de trabajo:

- Mesa de trabajo (ancho, largo y alto de la superficie).
- Silla (altura y ancho del respaldo, altura y grosor del asiento).
- Espacio del puesto de trabajo (acceso y salida).

Una vez concluida la toma de datos, se registraron en un formato previamente diseñado y se analizaron conforme a las Normas Técnicas UNE, ISO o EN, Normas Oficiales Mexicanas y de artículos especializados en el tema de países como España, Cuba, Argentina y E.U. Con la información recopilada se elaboró la base de datos en el software SPSS para Windows en la versión 15.0, para poder realizar los análisis de las variables en dicho programa y en el software Amos 16.0. Posteriormente, se obtuvieron las puntuaciones para cada una de las variables latentes, se recurrió a la estadística descriptiva (medidas de tendencia central, variabilidad, normalidad y detección de datos atípicos y ausentes) para limpiar la base de datos y poder obtener la información para evaluar el comportamiento de las variables principales.

## Resultados

El enfoque de la presente investigación, fue el análisis ergonómico y su incidencia en el desempeño académico, y una de las formas más representativas es mediante un diagrama de dispersión y se observa que la información, tiende a una correlación lineal positiva. Como se muestra en el Gráfico 1.

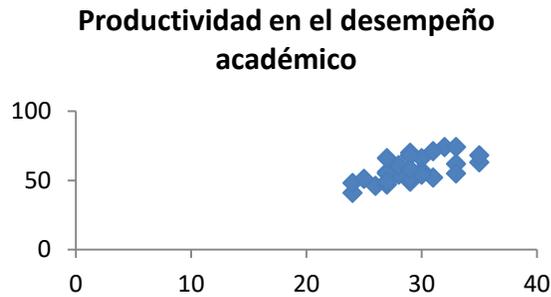


Gráfico 1 Productividad vs desempeño académico

Fuente: Elaboración propia

Derivado de la Hipotesis inicial, en el análisis comparativo, se plantearon las siguientes hipótesis:

Se llevó a cabo un análisis de chi cuadrada con cada una de las variables de la dimensión ergonomía del factor humano y las variables de la productividad en el desempeño académico.

Debido a la gran cantidad de tablas de contingencia generadas por cada uno de los contrastes de factores cruzados entre las variables, se elaboró la Tabla 2, donde se muestra el concentrado del resultado de independencia ( $H_0$ ), o no independencia ( $H_1$ ), entre las variables.

$H_0$ : Son independientes		Chi-cuadrado	$P < ,05$ se rechaza $H_0$
$H_A$ : No son independientes			$P > ,05$ no se rechaza $H_0$
V.D. Productividad	V.I. Ergonomía del Factor humano.	p	Decisión
Mat. de aprendizaje	Participación	,070	no se rechaza
	Formación	,064	no se rechaza
	Gestión de tiempo	,019	se rechaza
	Cohesión	,094	no se rechaza
Artículos Arbitrados	Participación	,091	no se rechaza
	Formación	,087	no se rechaza
	Gestión de tiempo	,035	se rechaza
	Cohesión	,086	no se rechaza
Productos con ISBN	Participación	,043	se rechaza
	Formación	,011	se rechaza
	Gestión de tiempo	,025	se rechaza
	Cohesión	,021	se rechaza
Productos con ISSN	Participación	,059	no se rechaza
	Formación	,045	se rechaza
	Gestión de tiempo	,035	se rechaza
	Cohesión	,046	se rechaza
Ponencias	Participación	,011	se rechaza
	Formación	,032	se rechaza
	Gestión de tiempo	,040	se rechaza
	Cohesión	,001	se rechaza
Tesis dirigidas	Participación	,024	se rechaza
	Formación	,032	se rechaza
	Gestión de tiempo	,00	se rechaza
	Cohesión	,025	se rechaza
Grado de formación	Participación	,065	no se rechaza
	Formación	,069	no se rechaza
	Gestión de tiempo	,019	se rechaza
	Cohesión	,040	se rechaza
Formación de nuevos investigadores	Participación	,087	no se rechaza
	Formación	,056	no se rechaza
	Gestión de tiempo	,00	se rechaza
	Cohesión	,040	se rechaza
Trabajo colegiado	Participación	,025	se rechaza
	Formación	,070	no se rechaza
	Gestión de tiempo	,020	se rechaza
	Cohesión	,043	se rechaza

Tabla 2 Contraste de Hipótesis y chi-cuadrado de Pearson, entre variables de ergonomía del factor humano y variables de productividad

Fuente: Elaboración propia

H<sub>0</sub>: Las variables de la ergonomía del factor humano, son independientes de la productividad del desempeño académico.

H<sub>1</sub>: Las variables de la ergonomía del factor humano, no son independientes de la productividad del desempeño académico.

La regla de decisión para SPSS, es rechazar H<sub>0</sub> si el nivel de significación es menor que 0.05 (Castañeda, Cabrera, Navarro & Wietse, 2010).

El análisis de varianza se muestra en la Tabla 3, donde puede observarse el nivel de significación es de 0.047, que es menor que 0.05, por lo tanto, se rechaza H<sub>0</sub> con un nivel de confianza del 95%, para el rango de valores observados.

Para el contraste de Hipotesis de las variables de ergonomía física y productividad en el desempeño académico, se plantearon las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: Las variables de la ergonomía física: postura estatica, repeticiones, carga mental, son independientes de las variables de productividad del desempeño académico.

H<sub>1</sub>: Las variables de la ergonomía física: postura estatica, repeticiones, carga mental, no son independientes de las variables de productividad del desempeño académico.

La Tabla 4, muestra el concentrado del resultado de independencia (H<sub>0</sub>), o no independencia (H<sub>1</sub>), entre las variables.

ANOVA						
Ergonomía del factor humano, y productividad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter-personas		367,806	30	12,260		
Intra-personas	Inter-elementos	51,538,887	5	10,307,777	785,010	,047
	Residual	1,969,613	150	13,131		
	Total	53,508,500	155	345,216		
Total		53,876,306	185	291,223		

**Tabla 3** Análisis de la varianza (prueba F y significancia) entre ergonomía de factor humano y variables de productividad Investigadores

Fuente: *Elaboración propia*

H <sub>0</sub> : Son independientes		X <sup>2</sup>	P < ,05 se rechaza
H <sub>A</sub> : No son independientes			P > ,05 no se rechaza
V.D. Productividad	V.I. Ergonomía Física	p	Decisión
Mat. de aprendizaje	Postura Repeticiones Carga mental	,384 ,324 ,820	no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub>
Artículos Arbitrados	Postura Repeticiones Carga mental	,035 ,011 ,041	se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub>
Productos con ISBN	Postura Repeticiones Carga mental	,021 ,019 ,035	se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub>
Productos con ISSN	Postura Repeticiones Carga mental	,026 ,012 ,047	se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub>
Ponencias	Postura Repeticiones Carga mental	,043 ,023 ,047	se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub> se rechaza H <sub>0</sub>
Tesis dirigidas	Postura Repeticiones Carga mental	,465 ,142 ,707	no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub>
Grado de formación	Postura Repeticiones Carga mental	,138 ,909 ,355	no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub>
Formación de nuevos investigadores	Postura Repeticiones Carga mental	,830 ,473 ,864	no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub>
Trabajo colegiado	Postura Repeticiones Carga mental	,730 ,456 ,228	no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub> no se rechaza H <sub>0</sub>

**Tabla 4** Contraste de Hipótesis y chi-cuadrado de Pearson, entre variables de ergonomía Física y variables de productividad

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de varianza, el nivel de significancia es de 0.534, que es mayor que 0.05, como se muestra en la Tabla 5, por lo tanto, no se rechaza H<sub>0</sub> con un nivel de confianza del 95%, para el rango de valores observados.

ANOVA						
Ergonomía física, y productividad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig .
Inter-personas		1,820,000	30	60,667		
Intra personas	Inter elementos	31,118,0817	1	31,118,081	1150,505	,534
	Residual	811,419	30	27,047		
	Total	31929,500	31	1029,984		
Total		<b>33749,500</b>	<b>61</b>	<b>553,270</b>		

**Tabla 5** Análisis de la varianza (ANOVA, prueba F y significancia), entre la ergonomía física y la productividad del desempeño académico

Fuente: Elaboración propia

En el contraste de Hipotesis de las variables de ergonomía ambiental y productividad en el desempeño académico se plantearon las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: Las variables temperatura, luminiscencia y ruido, de la ergonomía ambiental son independientes de la productividad del desempeño académico.

H<sub>1</sub>: Las variables temperatura, luminiscencia y ruido, de la ergonomía ambiental no son independientes de la productividad del desempeño académico.

La Tabla 6, muestra el concentrado del resultado de independencia (H<sub>0</sub>), o no independencia (H<sub>1</sub>), entre las variables de ergonomía Ambiental y variables de productividad.

H <sub>0</sub> : Son independientes		X <sup>2</sup>	P < .05 se rechaza
H <sub>A</sub> : No son independientes			P > .05 no se rechaza
V.D. Productividad	V.I. Ergonomía Ambiental.	p	Decisión
Mat. de aprendizaje	Ambiente Luminoso	0.037	<i>se rechaza H<sub>0</sub></i>
	Ambiente térmico	0.004	
	Ambiente sonoro	0.036	
Artículos Arbitrados	Ambiente Luminoso	0.017	<i>se rechaza H<sub>0</sub></i>
	Ambiente térmico	0.014	
	Ambiente sonoro	0.043	
Productos con ISBN	Ambiente Luminoso	0.042	<i>se rechaza H<sub>0</sub></i>
	Ambiente térmico	0.018	
	Ambiente sonoro	0.032	
Productos con ISSN	Ambiente Luminoso	0.029	<i>se rechaza H<sub>0</sub></i>
	Ambiente térmico	0.017	
	Ambiente sonoro	0.013	
Ponencias	Ambiente Luminoso	0.667	no se rechaza H <sub>0</sub>
	Ambiente térmico	0.534	
	Ambiente sonoro	0.781	
Tesis dirigidas	Ambiente Luminoso	0.384	no se rechaza H <sub>0</sub>
	Ambiente térmico	0.737	
	Ambiente sonoro	0.338	
Grado de formación	Ambiente Luminoso	0.700	no se rechaza H <sub>0</sub>
	Ambiente térmico	0.570	
	Ambiente sonoro	0.338	
Formación de nuevos investigadores	Ambiente Luminoso	0.019	<i>se rechaza H<sub>0</sub></i>
	Ambiente térmico	0.031	
	Ambiente sonoro	0.027	
Trabajo colegiado	Ambiente Luminoso	0.267	no se rechaza H <sub>0</sub>
	Ambiente térmico	0.645	
	Ambiente sonoro	0.753	

**Tabla 6** Contraste de Hipótesis y chi-cuadrado de Pearson, entre variables de ergonomía Ambiental y variables de productividad

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de varianza, se muestra en la Tabla 7, que el nivel de significación es de 0.501, que es mayor que 0.05, por lo tanto, no se rechaza H<sub>0</sub> con un nivel de confianza del 95%, para el rango de valores observados.

ANOVA					
Ergonomía Ambiental, y productividad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Si g.
Inter-personas	1372,194	30	45,740		
Intra personas	40468,645	1	40468,645	1071,209	,501
	1133,355	30	37,778		
	41602,000	31	1342,000		
<b>Total</b>	<b>42974,194</b>	<b>61</b>	<b>704,495</b>		

**Tabla 7** Análisis de la varianza (ANOVA, prueba F y significancia), entre la ergonomía Ambiental y la productividad del desempeño académico

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Para su análisis se determino como variable independiente la Ergonomía organizacional conformada por tres dimensiones: ergonomía física, ergonomía del factor humano, y ergonomía ambiental. Una vez definidas se llevaron a cabo las evaluaciones correspondientes en cada dimensión y con los valores obtenidos se llevó a cabo el análisis estadístico, ANOVA, gráficas de dispersión y el análisis de chi-cuadrado de Pearson donde se encontró:

En el Análisis de la varianza (ANOVA, prueba F y significancia), entre la ergonomía del factor humano y productividad del desempeño académico arrojó en cuatro de las nueve variables de productividad niveles de significancia menores a 0.05, por lo tanto, no se rechaza H<sub>0</sub> con un nivel de confianza del 95%, para el rango de valores observados.

Se concluye que las variables de productividad en el desempeño académico, son independientes de las variables de la dimensión ergonomía del factor humano.

En el Análisis de la varianza (ANOVA, prueba F y significancia), entre la ergonomía física y productividad del desempeño académico arrojó en seis de las nueve variables de productividad, niveles de significancia mayores a 0.05, por lo tanto, se rechaza  $H_0$  con un nivel de confianza del 95%, para el rango de valores observados. Se concluye que las variables de productividad en el desempeño académico, no son independientes de las variables de la dimensión ergonomía física. En el Análisis de la varianza (ANOVA, prueba F y significancia), entre la ergonomía ambiental y productividad del desempeño académico arrojó en seis de las nueve variables de productividad, niveles de significancia menores a 0.05, por lo tanto, se rechaza  $H_0$  con un nivel de confianza del 95%, para el rango de valores observados. Se concluye que las variables de productividad en el desempeño académico, no son independientes de las variables de la dimensión Ambiental. Al inicio de esta investigación, se planteó el objetivo de analizar si existía relación entre la Ergonomía Organizacional y la productividad del desempeño académico en la Educación Superior, con base en los resultados obtenidos se concluye que: la Ergonomía Organizacional incide en la productividad del desempeño académico en la Educación Superior.

### Recomendaciones

Para esta investigación, solo se consideró una muestra de la población total de la universidad del Estado de México, lo cual puede servir como base para estudios posteriores donde se incluya toda la población e inclusive otras instituciones de educación superior, y se realicen comparativos de diversos entornos ergonómicos, para la implementación una cultura ergonómica desde una perspectiva del diseño universal e integral.

En la investigación se puede observar que no existen formas únicas de evaluar el desempeño académico en instituciones de Educación superior, solo diversas propuestas y modelos pero ninguno ha sido suficiente, debido a los multifactores y el grado de complejidad inherentes a dicha evaluación, por lo que se recomienda ampliar los estudios al respecto.

En el marco teórico, se abordó la temática sobre el aspecto de la legalidad y Normatividad tan necesarias para la implementación de programas preventivos en el enfoque ergonómico. Una de las limitantes puede ser la falta de personal capacitado y puede verse como un área de oportunidad, en las diversas líneas de investigación de esta disciplina, para la generación de conocimiento en el contexto nacional e internacional.

### Referencias

- Alfaro, K. (2006). *La Ergonomía: Productividad y la prevención de riesgos a la salud*. Extraído el 12 de septiembre, 2016 de Sitio web Ingeniería de Copersa: [www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Ergonomia.pdf](http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Ergonomia.pdf)
- Castañeda, M., Cabrera, A., Navarro, Y. & Wierse, D. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS*. Porto Alegre: Edipucrs.
- CONACYT (2015). *Glosario de términos básicos y recomendaciones para la captura de datos en la solicitud de ingreso y reingreso*. Extraído el 18 de enero del 2017 de: [http://2006-2012.conacyt.gob.mx/SNI/Paginas/SNI\\_Glosario.aspx](http://2006-2012.conacyt.gob.mx/SNI/Paginas/SNI_Glosario.aspx)
- Gajardo, M. (2005). Reformas educativas en América Latina y el Caribe. *Revista Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe*, 7-23.

George D. & Mallery, P. (2003). *A simple guide and reference*. Belmont, CA. Estados Unidos: Wadsworth Publishing Company.

IEA. (2016). *Clasificación de la ergonomía en la Asociación Internacional de Ergonomía*. Extraído el 20 de diciembre de 2016 de Sitio web: [www.iea.cc/whats/index.html](http://www.iea.cc/whats/index.html)

INSHT (2014). *Portal de Ergonomía*. Extraído el 12 de enero de 2015 de sitio web <http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/VAPCOOKIE>

Lahera, M. & Góngora J. (2002). *Factores Psicosociales. Identificación de situaciones de riesgo*. Instituto Navarra de Salud Laboral. Extraído el 9 de julio de 2016 de <http://www.psicologia-online.com/ebooks/riesgos/anexo8.shtml>

Márquez, M. (2007). *Fundamentos de Ergonomía Industrial. Guía Práctica*. Venezuela: Fondo Editorial UNET.

Martínez, S., Méndez, I., & Zúñiga, J. (2011). Sobre la salud de Investigadores universitarios en la UAM Xochimilco. *Revista de la UAM*, (61) 56-70.

Mondelo, P., Gregori, E. & Barrau, P. (1999). *Ergonomía I Fundamentos*. Barcelona: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL. p. 16.

OIT. (2012). Productividad laboral y distribución. *En Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, I 291-298) Suiza: OIT.

OIT. (2013). *La prevención de enfermedades profesionales*. Suiza: OIT.

OSHA (2003). *Programa de Formación de OSHA extensión*. Extraído el 20 de diciembre de 2015 de sitio web <https://www.osha.gov/SLTC/index.html>

Ramírez, C. (2010). *Ergonomía y productividad*. México: Limusa.

SEMAC. (2016). *La Ergonomía*. Extraído el 8 de octubre de 2016, de: <http://www.semac.org.mx/index.php/ergonomia.html>.

STPS (2014). *Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Extraído el 3 de mayo de 2015 de sitio web <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>

Ulaergo (2016). *Historia*. Extraído el 17 de mayo de 2016 de: <http://www.ulaergo.net/internas.php?pg=historia>

## Instrucciones para Autores

---

### [Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor  
*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

(Indicar Fecha de Envio: Mes, Dia, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### **Resumen**

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

#### **Abstract**

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

#### **Keywords**

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman  
y Negritas No.11**

---

**Cita:** Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper.  
Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: )

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para Autores

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

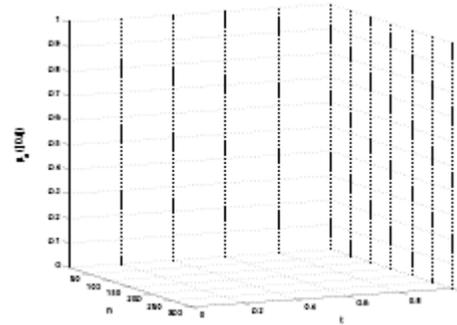
[Titulo en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Articulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas-Editables

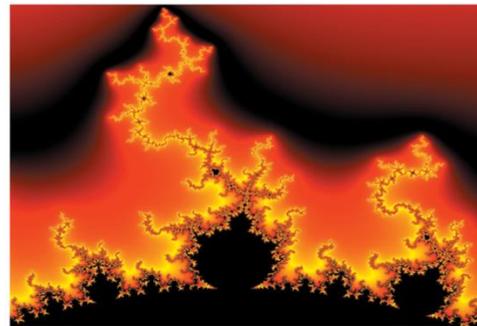
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el titulo en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

## Instrucciones para Autores

---

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

### Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

### Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

### Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

### Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

### Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

### Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

**Formato de Originalidad**



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

## Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

# Revista de Aplicaciones de la Ingeniería

“Modelo dinámico de satisfacción de personal en un hotel del Estado de Hidalgo”

**RAMÍREZ, Miriam, ROJAS, Rosa, GARCÍA, Patricia y MONTERRUBIO, Elisa**

*Instituto Tecnológico de Pachuca*

“Administración de la Producción en una Mipyme productora de salsas en Real del Monte Hidalgo”

**AVILÉS, Katia, GONZÁLEZ, Jaime, AGUILAR, José y SUÁREZ, Miguel**

“Incremento en la productividad con análisis de tiempos y movimientos en una empresa de lencería”

**MARTÍNEZ, Luis, OLVERA, Víctor, GONZÁLEZ, Jaime y VELÁZQUEZ, Isaías**

*Instituto Tecnológico de Pachuca*

“Metodología aplicada para la determinación de niveles de automatización en manufactura de arneses”

**ANAYA-PÉREZ, María Elena, CHAN-AMAYA, Alejandro, RODRÍGUEZ-VEGA, Graciela y PACHECO-RAMÍREZ, Jesús Horacio**

“Patrimonio industrial minero en Pachuca, un ejercicio de prospectiva”

**LOZADA-AMADOR, Elizabeth, BELTRÁN-MARTÍNEZ, Yoan y ELIZALDE-DOMÍNGUEZ, Continente**

“Progresos en los sistemas de manufactura inteligentes según el paradigma holónico”

**SIMÓN-MARMOLEJO, Isaías, LÓPEZ-ORTEGA, Omar, RAMOS-VELASCO, Luis Enrique y CRUZ, René**

“Revisión Sistemática de factores ergonómicos y su incidencia en la productividad de investigadores en Institución de Educación Superior”

**MUÑOZ-HERNÁNDEZ, Raquel y RANGEL-LARA, Saúl**

*Universidad Politécnica del Valle de México*

