

Ingeniería Industrial

Actualidad y Nuevas Tendencias



ISSN:1656-8327



- Optimización de la distribución de agua potable rural mediante el uso de la programación lineal** 7-17

Optimizing the distribution of rural drinking water by using linear programming
Mauricio Castillo-Vergara, Felicindo Homero Cortes, Claudia Isabel Vigorena Merino, Rodolfo Andrés Díaz Gomez, Cesar Espindola Arellano
- Variables clave de los sistemas integrados de gestión (SIG)** 18-32

Key variables of the integrated management systems (IMS)
Dunia Geosimir Duque Araque
- Diseño de estrategias de mercado a partir de la medición de calidad de servicio en la empresa Ingeniería de Bombas C.A.** 33-43

Marketing strategies design from the quality service measurement in "Ingeniería de Bombas C.A."
María Angélica Salama, Suely Silva, Leomado Roa
- Uso de software para el entrenamiento en calificación de velocidad para los estudios de tiempos** 44-53

Using software for training speed rating for studies of times
Jadlyn González
- Método de balance de líneas con consideraciones ergonómicas (BLEER) aplicado en una línea de tapicería automotriz** 54-62

BLEER Assembly Balance Lines Method with Ergonomics Considerations applied in a line of automotive upholstery
Emilsy Medina, Ruth Illada
- Utilização da análise de causa raiz e 8D nos atrasos de entrega de ordens de compra** 63-79

Use of root cause analysis and 8D in delivery delays of purchase orders
Felipe Müller Treter, Carla Schwengber ten Caten e Maria Auxiliadora Camarozzo Tinoco
- Artículos de divulgación**

 - ¿Es la responsabilidad social empresarial un constructo multidimensional? Métodos para su estimación** 83-91

CSR is a multidimensional construct? Methods for its estimating
Yeicy Bermúdez Colina
 - Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT: una revisión de literatura** 92-105

Critical success factors to the strategic implementation of PMT: a literature review
Jesús Andrés Hernández Gómez, Salvador Noriega Morales, Lázaro Rico Pérez, Roberto Romero López, Luis Gonzalo Guillen Anaya
 - El dibujo y la expresión gráfica como herramientas fundamentales en la Ingeniería Industrial** 106-113

Drawing and graphic expression as fundamental tools in Industrial Engineering
Manuel Duarte
- Normas para Publicación** 114-115



Directora/ Editora—Fundadora

□ Dra. Ninoska Maneiro Malavé †

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Florángel Ortiz Zavala—Directora/Editora

□ **Dr. Agustín Mejías Acosta—Director/Editor (2011-2013)**

□ **Dra. Minerva Arzola Hamilton.** Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Vicerrectorado Puerto Ordaz, Venezuela

□ **Dra. Ruth Illada García.** Universidad de Carabobo, Venezuela

□ **Dra. Cira Lidia Isaac.** Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba

□ **Dr. Humberto Gutiérrez Pulido.** Universidad de Guadalajara, México

□ **Dra. Edith Martínez Delgado.** Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba

□ **Dra. Karelys Osta Trestini.** Universidad de Carabobo, Venezuela

□ **Dr. Oscar Reyes Sánchez.** Universidad Autónoma de Baja California, México.

□ **Dr. Iván Santelices Malfanti.** Universidad del Bío-Bío, Chile

□ **MSc. María del Rosario Torres.** Universidad de Carabobo, Venezuela

□ **Dr. Vicente Coll S.** Universidad de Valencia, España

Comité Científico (lista parcial)

□ **Emilsy Medina.** Universidad de Carabobo, Venezuela

□ **Jadlyn González.** Universidad de Carabobo, Venezuela

□ **Judith Cavazos.** Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México

□ **Alicia Guerra G.** Universidad de Extremadura, España

□ **Nara M. Stefano.** Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil

□ **Irma Adrianzén.** Universidad de San Martín de Porres, Perú

□ **Oscar Yecid Buitrago Suescún.** Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

□ **María A. C. Tinoco.** Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

□ **Mariela Lezama.** Universidad Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Venezuela

□ **Manuel Benítez.** Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

□ **Víctor Kowalski.** Universidad Nacional de Misiones, Argentina

□ **María Gurruhaga R.** Instituto Tecnológico de Orizaba, México

□ **Juan Carlos Michalus.** Universidad Nacional de Misiones, Argentina

□ **Salvador Noriega Morales.** Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

□ **Luis Cevallos Araneda.** Universidad del Bio-Bio, Chile

□ **Gabriela Mendizábal B.** Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

□ **João Helvio Righi de Oliveira.** Universidad Federal de Santa María, Brasil

□ **Mercedes Erck.** Universidad Nacional de Misiones, Argentina

□ **Sandra Idrovo Carlier.** Universidad de la Sabana, Colombia

□ **Marisela Giraldo.** Universidad de Carabobo, Venezuela

Ingeniería Industrial

Actualidad y Nuevas Tendencias

13



Optimización de la distribución de agua potable rural mediante el uso de la programación lineal

Defining the distribution of drinking water by using linear programming

Mauricio Castillo-Vergara, Federico Herrera-Cordero, Claudia Isabel Viqueira-Morán, Roberto Andrés Díaz-Gómez, César Espinoza-Arellano

18-22

Variables clave de los sistemas integrados de gestión (SIG)

Key variables of the integrated management systems (IMS)

Diana González-Díaz-Álvarez

23-42

Diseño de estrategias de mercado a partir de la medición de calidad de servicios en la empresa Ingeniería de Borrado S.A.

Marketing strategies design from the quality service measurement in "Ingeniería de Borrado S.A."

Marta Angélica Salazar, Saúl Díaz, Leonardo Ríos

44-53

Uso de software para el entrenamiento en calificación de velocidad para los estudios de tiempos

Using software for training generalizing for studies of times

Andrés Fernández

54-62

Método de balance de líneas con consideraciones ergonómicas (BLEEP) aplicado en una línea de tapadora automática

Line balancing method with Ergonomic Considerations applied in a line of automatic tap machine

Enrique Medina, Ruy Saba

63-79

Utilización de análisis de causa raíz e IEC para el estudio de errores de tiempo

Use of causal reason analysis and IEC to identify causes of time errors

Fredy Miller Torres, Catalina Schwengerler-Larrea y María Auxiliadora Carrascosa-Torres

83-91

Actuación de investigación y la responsabilidad social empresarial: un constructo multidimensional? Método para su estimación

CSR in a multidimensional construct? Method for its estimating

Yenny Hernández-Cabrera

92-105

Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT: una revisión de literatura

Critical success factors in the strategic implementation of MPT: a literature review

José Andrés Hernández-Gómez, Salvador Noriega Morales, Lázaro Raúl Pérez, Roberto Romero López, Luis Gerardo Galván-Pérez

106-113

El dibujo y la expresión gráfica como herramientas fundamentales en la Ingeniería Industrial

Drawing and graphic expression as fundamental tools in Industrial Engineering

Marta Quintero

114-115

Normas para Publicación

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

JESSY DIVO DE ROMERO

Rectora

JOSÉ ÁNGEL FERREIRA

Vicerrector Administrativo

JOSÉ LUIS NAZAR

Decano de la Facultad de Ingeniería

ULISES ROJAS

Vicerrector Académico

PABLO AURE

Secretario

MANUEL JIMÉNEZ BAHRI

Dir. de Escuela de Ing. Industrial

REVISTA INGENIERÍA INDUSTRIAL: ACTUALIDAD Y NUEVAS TENDENCIAS.

Publicación Semestral editada y distribuida por la Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo. Av. Universidad, Facultad de Ingeniería. Bárbula, Estado Carabobo, Venezuela. CP 2005.

Contacto telefónico: 00-58-414-429.3536

e-mail: revistaiiaynt@gmail.com, revistaiiaynt@uc.edu.ve

Órgano de Difusión Científica y Tecnológica de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Valencia-Venezuela.

ISSN: 1856-8327

Depósito Legal: pp200702CA2736

Registrada en la base de datos del Centro de Información y Documentación de la Universidad de Carabobo (<http://www.cid.uc.edu.ve>), en el índice de Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología—REVENCYT—(ULA-Venezuela), Actualidad Iberoamericana (CIT-Chile), REDALYC (UAEM-México), en el Catálogo LATINDEX (UNAM-México) y en PERIODICA (UNAM-México)

Tiraje: 300 Ejemplares

Año 7, Vol. IV, N° 13, diciembre 2014

Los artículos firmados son responsabilidad de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. En caso de reproducción se agradece citar la fuente y enviar ejemplares del medio utilizado a la Escuela de Ingeniería Industrial, en la dirección dada previamente, a fin de acreditar la referencia al autor respectivo.



Tabla de Contenido

Editorial

Artículos de investigación

- **Optimización de la distribución de agua potable rural mediante el uso de la programación lineal** 7-17
Optimizing the distribution of rural drinking water by using linear programming
Mauricio Castillo-Vergara, Felicindo Homero Cortes, Claudia Isabel Vigorena Merino, Rodolfo Andrés Diaz Gomez, Cesar Espindola Arellano
- **Variables clave de los sistemas integrados de gestión (SIG)** 18-32
Key variables of the integrated management systems (IMS)
Dunia Geosimir Duque Araque
- **Diseño de estrategias de mercado a partir de la medición de calidad de servicio en la empresa Ingeniería de Bombas C.A.** 33-43
Marketing strategies design from the quality service measurement in "Ingeniería de Bombas C.A."
María Angélica Salama, Suely Silva, Leornado Roa
- **Uso de software para el entrenamiento en calificación de velocidad para los estudios de tiempos** 44-53
Using software for training speed rating for studies of times
Jadlyn González
- **Método de balance de líneas con consideraciones ergonómicas (BLEER) aplicado en una línea de tapicería automotriz** 54-62
BLEER Assembly Balance Lines Method with Ergonomics Considerations applied in a line of automotive upholstery
Emilsy Medina, Ruth Illada
- **Utilização da análise de causa raiz e 8D nos atrasos de entrega de ordens de compra** 63-79
Use of root cause analysis and 8D in delivery delays of purchase orders
Felipe Müller Treter, Carla Schwengber ten Caten e Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco
- **¿Es la responsabilidad social empresarial un constructo multidimensional? Métodos para su estimación** 83-91
Is CSR a multidimensional construct? Methods for its estimating
Yeicy Bermúdez Colina
- **Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT: una revisión de literatura** 92-105
Critical success factors to the strategic implementation of PMT: a literature review
Jesús Andrés Hernández Gómez, Salvador Noriega Morales, Lázaro Rico Pérez, Roberto Romero López, Luis Gonzalo Guillen Anaya
- **El dibujo y la expresión gráfica como herramientas fundamentales en la Ingeniería Industrial** 106-113
Drawing and graphic expression as fundamental tools in Industrial Engineering
Manuel Duarte

Normas para Publicación

114-115

EDITORIAL

EDITORIAL

En este nuevo número presentamos a nuestros lectores una variada selección de temas de interés para la ingeniería industrial y disciplinas afines, relacionada con el trabajo de académicos e investigadores tanto de la Universidad de Carabobo como de otras instituciones dentro y fuera de nuestro país. En los artículos que reportan los resultados de las diferentes investigaciones, puede apreciarse la aplicación de diferentes técnicas de investigación de operaciones, de gestión empresarial e ingeniería de software para la solución de problemas, tanto de las comunidades como de las organizaciones empresariales.

Se inicia el repertorio con el artículo de Castillo y sus compañeros de la Universidad de La Serena, Chile, en el que documentan la aplicación de la programación lineal para optimizar la distribución de agua potable en una población rural, el cual es un problema común de muchas regiones de latinoamericana y el mundo. Sigue Duque, de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, quien explica cómo logró determinar, mediante el análisis factorial, once variables clave de los sistemas integrados de gestión (SIG) a partir de un estudio en empresas de distintos sectores.

De la Universidad de Carabobo a continuación se reportan tres investigaciones en las áreas de mercadeo, estudio de tiempos y balance de líneas. Salama y otros, realizan una investigación para diseñar estrategias de mercado a partir de la medición de la calidad de servicio percibida por los clientes de una comercializadora de bombas neumáticas y accesorios, ubicada en la ciudad de Valencia, Venezuela, utilizando el modelo Servqualing y otras estrategias gerenciales. Por otra parte, González expone su experiencia en la utilización de un software para el entrenamiento en calificación de velocidad en las prácticas de laboratorio de estudiantes de ingeniería de métodos, obteniendo como resultado un mejor adiestramiento de los alumnos que con la forma subjetiva utilizada tradicionalmente. Posteriormente, Medina e Illada describen la aplicación exitosa del método heurístico de balance de líneas con consideraciones ergonómicas (método BLEER) en una línea de tapizado automotriz, proporcionando un abanico de soluciones para la toma de decisiones según la necesidad y requerimiento de la organización

Cerrando la sección de los artículos de investigación, Müller y otros investigadores de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul en Brasil, hacen un análisis de causa raíz y aplican el método de solución de problemas de las ocho disciplinas para reducir los atrasos en las entregas de las órdenes de compra en una empresa de acondicionadores de aire.

En la sección de temas de interés general, Bermúdez, de la Universidad de Carabobo, presenta una investigación documental sobre la naturaleza multidimensional de la responsabilidad empresarial, revelando la tendencia creciente del uso de técnicas cuantitativas en la medición de la responsabilidad social empresarial para la posterior planificación de actividades de mejoras, así como del uso de índices integrados y relacionados con los resultados financieros, entre otras consideraciones. Por otra parte, Hernández y otros investigadores, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, realizan un estudio documental sobre los factores críticos de éxito para la implementación exitosa del Mantenimiento Productivo Total, dejando en evidencia la complejidad de este tema y la necesidad de una teoría que pueda explicar el desempeño del mantenimiento productivo total bajo diferentes contextos. Finalmente Duarte, también de la Universidad de Carabobo, en su artículo sobre el dibujo y la expresión gráfica como herramientas fundamentales en la ingeniería industrial, destaca la importancia para el profesional de esta disciplina del uso de técnicas gráficas que le permitan planificar actividades o proyectos y asegura que los dibujos técnicos normalizados, símbolos estandarizados, gráficas, controles visuales entre otros, son canales para la transmisión de información técnica de una manera segura, eficiente y rápida, en un lenguaje de aplicación y entendimiento universal.

Llegue a todos los autores el mayor agradecimiento por escoger nuestra revista para la divulgación del conocimiento alcanzado con sus investigaciones. Nuestros lectores reciban la gratitud de siempre por su apoyo y confianza. Y a los árbitros todo el reconocimiento por la labor y ayuda desinteresada. Todos ustedes hacen posible y justifican este arduo trabajo: ¡Gracias!

Por el Comité Editorial

Dra. Florángel Ortiz Zavala

Diciembre, 2014

Artículos de Investigación

Artículos de Investigación

Optimización de la distribución de agua potable rural mediante el uso de la programación lineal

Optimizing the distribution of rural drinking water by using linear programming

Mauricio Castillo-Vergara, Felicindo Homero Cortes, Claudia Isabel Vigorena Merino, Rodolfo Andrés Díaz Gomez, Cesar Espindola Arellano

Palabras clave: sequía, agua potable rural, gestión hídrica, eficiencia energética, optimización, programación lineal

Key words: drought, water bed, water management, energy efficiency, optimization, linear programming

RESUMEN

La región de Coquimbo se encuentra en sequía la cual afecta fuertemente la agricultura, economía e incluso el consumo de agua potable de sus habitantes en algunas comunas. Este estudio tiene por objetivo desarrollar una investigación de aplicación para determinar un plan óptimo de distribución de agua potable a los habitantes de localidades rurales de la comuna de Combarbalá en Chile, con el uso de camiones aljibes (cisternas). Basado en técnicas de investigación de operaciones, cuya función objetivo es la de minimizar el número de viajes para disminuir los costos asociados al traslado del agua; se consideran las condiciones que presenta la comuna en estudio a Septiembre de 2013. Se establece un modelo lineal que minimiza el número de viajes, permitiendo generar un ahorro de 21% en los costos de operación con la solución propuesta, y asegura la distribución de agua a toda la población objetivo de la comuna.

ABSTRACT

The region of Coquimbo is in drought which strongly affects agriculture, economy and even the consumption of drinking water to the residents in some of its municipalities. This study aims to determine an optimal plan for the distribution of drinking water to the habitants of rural areas of the Combarbalá commune in Chile, with the use of trucks cisterns (tanks). Based on operations research techniques, which objective function is to minimize the number of trips to reduce the costs associated with moving water; the conditions presented by the municipality study in September 2013 were taken into account. A linear model considered to minimize the number of trips, allowing generating a decrease of 21% in operating costs, with the proposed solution and ensuring water distribution to the entire target population of the commune.

INTRODUCCIÓN

La Real Academia Española (RAE) define la sequía como "Tiempo seco de larga duración", y como éstas hay diversas definiciones, Valiente (2001) cita a Wilhite y Glantz quienes en 1985 detectaron más de 150 definiciones de este tipo, categorizándolas en cuatro grupos según la disciplina científica desde la que sea analizado el fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola y sequía socioeconómica.

El suministro de agua en cantidad suficiente, calidad adecuada y el momento adecuado es una condición necesaria para garantizar un desarrollo sostenible. Las sequías son una de las crisis ambientales más importantes que afectan tanto a los ecosistemas como a los sectores económicos Bravo et al. (2010). A diferencia de otros eventos meteorológicos extremos, las sequías se caracterizan por largos períodos de escasez de agua que se activan ya sea por razones biofísicas o inducidos por el hombre, Meza (2013). Desde la década de 1970, las características de la sequía tales

como la intensidad, la duración y el área afectada por las sequías están aumentando, el porcentaje del mundo sometido a la sequía extrema se expandirá de 1% a 30% en el siglo 21 Wang et al. (2014). La evidencia en el cambio de las condiciones climáticas en todo el mundo es cada vez más apremiante, los datos de todos los continentes muestran que muchos sistemas naturales están siendo afectados Roco et al. (2014), los recursos hídricos son de extrema importancia, ya que la sequía es uno de los principales retos que enfrenta el planeta a la luz del cambio climático Castillo-Vergara et al. (2013).

Dentro del contexto mundial, Chile podría ser calificado como un país privilegiado en materia de recursos hídricos. Al considerar todo el territorio chileno, el volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces es de 53.000 m³ por persona al año, superando en 8 veces la media mundial (6.600 m³/habitante/año), y en 25 veces el mínimo de 2.000 m³/habitante/año que se requiere desde la óptica de un desarrollo sostenible MOP (2013), sin embargo, la mayor parte de la población de Chile se encuentra en zonas de climas áridos y semiáridos, donde la disponibilidad de agua es inferior a 1.000 m³/habitante/año Valdés-Pineda et al. (2014), tal es el caso de la región de Coquimbo, área que corresponde a la zona de estudio.

Si se analiza el Standardized Precipitation Index (SPI) que es un indicador que cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitaciones en un lugar, para un periodo determinado de tiempo, que varía entre 1 hasta 48 meses McKee et al. (1993), el monitoreo de la sequía meteorológica en Chile es calculado para 42 estaciones meteorológicas entre 28°S y 44°S, la mayor parte de las cuales comenzaron sus observaciones en 1971, se actualiza mensualmente y el valor se clasifica en 9 categorías, con valores negativos para condiciones secas y positivos para condiciones lluviosas, y de acuerdo a la Resolución DGA 1674 establece como sequía las condiciones de

precipitaciones acumuladas a contar del mes de abril, de modo que en cualquier caso quede comprendido a lo menos el periodo abril-agosto, tengan un indicador de sequía (SPI) menor o igual a -0,84.

Con lo anterior se declara zona de sequía a la región de Coquimbo según Decreto Supremo N° 856, el que se amplía por Decreto Supremo N° 105. La región de Coquimbo presenta una baja global de lluvias del orden de un 80%, ubicándose el déficit de precipitaciones alrededor de un 50%, los ríos mantienen escurrimientos cercanos a los mínimos históricos según la Dirección General de Aguas (marzo 2013). Lo anteriormente expuesto ha provocado que exista carencia de suministro de agua potable para el consumo. La provincia de Limarí, la segunda de tres provincias de la Región de Coquimbo, es el sector que se está viendo más afectado por esta condición, entonces, es urgente encontrar alternativas que permitan dar solución a problemas de escasez del recurso hídrico.

La comuna de Combarbalá es una de las cinco comunas de la provincia de Limarí, se ubica a 291 km al sur de la capital regional ubicada en la parte sur oriental de la Provincia, en las coordenadas geográficas 31° 11" de latitud y a los 71° 02" de longitud; a una altura de 904 metros sobre el nivel del mar. La comuna se inserta en interfluvio, entre los ríos Limarí por el norte y Choapa por el sur; se encuentra en la región de los valles transversales, presentando un notorio relieve montañoso, cuya población proyectada al año 2012 es de 13.340 habitantes INE (2012) un 39,26% corresponde a población urbana y 60,74% a población rural, posee una superficie estimada de 2257,5 km², la tabla 1 muestra la distribución geográfica de la comuna segmentada por territorio y sus localidades y se presenta la geografía en la figura 1, en la comuna se ubica el embalse Cogotí con un volumen de almacenamiento de 150 millones de m³ Pizarro et al. (2013) y se encuentra a septiembre 2013 con una disponibilidad menor al 5% Ceazamet (2013), con lo que gran parte de los sectores de la comuna

quedan dependiendo del nivel que puedan alcanzar los pozos o napas subterráneas de las

cuales se extrae el agua para el consumo diario de la población.

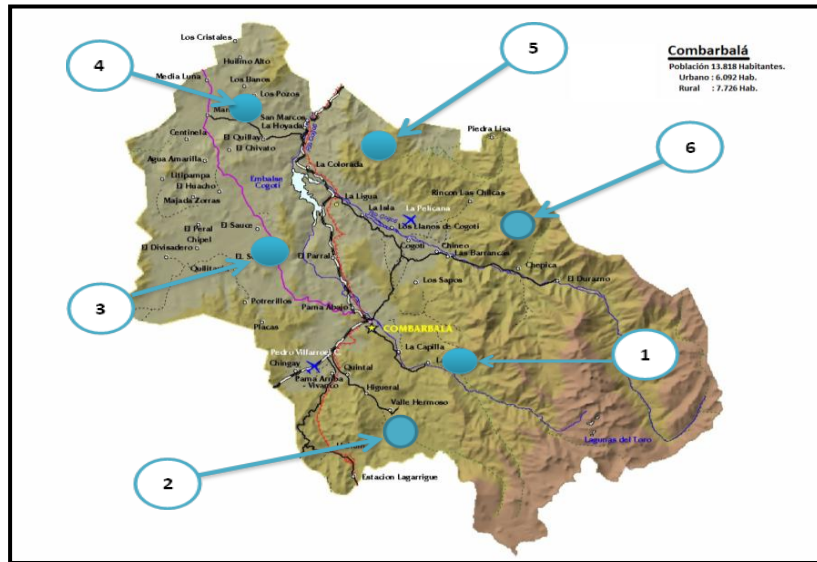


Figura 1. Mapa Geográfico comuna de Combarbalá

Tabla 1. Población por sectores

Sectores	Habitantes	Rural/Urbano
1 Combarbalá	6499	597 / 5902
2 Valle Hermoso	542	542 / 0
3 Quilitapia	1556	1556 / 0
4 Manquehua	1119	1119 / 0
5 San Marcos	1262	1262 / 0
6 Cogotí	2362	2362 / 0

A septiembre 2013, la distribución de agua potable a los sectores rurales está a cargo del municipio en conjunto con el departamento de emergencia perteneciente a la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), se lleva a cabo con 6 camiones aljibes (cisternas), cuya capacidad total alcanza a los 67 m³, con un programa de abastecimiento de lunes a viernes, y el itinerario semanal depende de la demanda y sector demandante, por lo que resulta ser variable de un periodo a otro, la Tabla 2

muestra la placa de los camiones disponibles y la capacidad en litros.

Tabla 2. Camiones Disponibles

Placa Camión	Capacidad (m ³)
ZX6773	10
TB5962	15
LC8580	10
LW3234	12
BLWX84	5
ZX7165	5
Capacidad total	67

Los puntos de abastecimiento utilizados en la comuna son dos, el primero ubicado en la ciudad de Combarbalá y es agua tratada y clorada, con una disponibilidad máxima de 100 m³ diarios a un precio de 669 \$/m³, el segundo punto se encuentra en la localidad de Manquehua con una oferta de 40

m³ diarios a un precio de 1.100 \$/m³, pero se debe utilizar un equipamiento incorporado en los camiones para realizar la cloración en movimiento, el detalle se refleja en la Tabla 3 adjunta.

La entrega del agua se puede realizar en un depósito común dentro de la localidad y esta se distribuye por redes de distribución de agua potable rural, y para quienes no tienen acceso los camiones depositan el agua en copas de aguas de 1 m³ en los domicilios de los habitantes, es este segmento para el que se requiere optimizar el proceso de entrega de agua potable.

Tabla 3. Disponibilidad y Precio Fuentes de Agua

Fuente	Cap. máx. diaria	Cap. máx. mensual	Costo \$/m3	Costo \$/litro
Pozo Combarbalá	100 m3	2000 m3	669	0,669
Pozo Manquehua	40 m3	800 m3	1100	1,1

DISEÑO METODOLÓGICO

La programación lineal data de 1939, cuando Leonid Kantorovich (1939) expresó por primera vez un problema en la economía en forma lineal, sin embargo, programación lineal como un área de estudio se ha atribuido a George Dantzig (2002) quien también desarrolló el método simplex en 1947, ha sido ampliamente estudiado en los programas de ingeniería, administración, matemáticas y otros campos debido a su aplicabilidad Ramírez et al. (2012), el modelo de transporte es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes, hasta sus destinos.

El objetivo es determinar el programa de transporte que minimice el costo total del

transporte y que al mismo tiempo, satisfaga los límites de oferta y demanda Taha (2004).

El modelo queda representado por una función, sujeta a restricciones, ecuaciones 1, 2 y 3.

$$\text{Min (Max)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Restricciones:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = b_j \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i,j$$

Para resolver el problema de obtener un plan óptimo de distribución, se construirá un modelo de transporte que se adapte a las condiciones que se presentan en la actualidad en la Comuna de Combarbalá, la variable de decisión se denomina Número de Viajes, la que hace referencia a los números de viajes que los diferentes camiones realizan (solo toma valores enteros), donde:

X_{pijk} : Cantidad de viajes desde la fuente de agua p hacia el sector j en un tipo de camión i el día k.(4)

p (1,2) p = Fuente de agua (punto de abast.)

i (1,2...6) i = Tipo de camiones

j (1,2,...6) j = Sector, localidad rural

k (1,2,...5) k= Día de la semana

El primer parámetro a considerar es fuente de abastecimiento de agua. Para efectos del estudio solo se utilizará la fuente 1 (pozo Combarbalá), debido que ésta es la que presta los servicios de abastecer agua puerta a puerta.

El segundo parámetro a considerar es Tiempo de viaje, corresponde al tiempo de trayecto y operación total que existe entre la fuente de abastecimiento y el sector a abastecer. Dichos valores quedan expresados en la Tabla 4.

T_{pij} : Tiempo total desde la fuente de agua p en un camión tipo i hacia el sector j (5)

Capacidad del Camión es el tercer parámetro, representa a la capacidad de litros que cada camión aljibe almacena, el detalle se puede revisar en la Tabla 2 presentada previamente.

Cap_i : representa la capacidad del camión tipo i (6)

El último parámetro es la demanda semanal de cada sector, esta queda representada en la tabla 5.

D_j : Demanda semanal del sector j (7)

Restricciones del Modelo

▪La cantidad de agua entregada semanalmente debe ser mayor o igual a la demanda semanal del sector correspondiente.

▪La cantidad de agua entregada diaria no debe sobrepasar el máximo permitido por la fuente de agua

▪La cantidad de horas trabajadas por camión no puede superar las 9 horas diarias según ley laboral Chilena

▪El número de viajes diarios no debe sobrepasar el valor tope que se ha determinado, según tipos de viaje y camión aljibe considerado.

▪El camión placa TB5962 de capacidad 15 m³, solo puede abastecer al sector de Quilitapia, debido a que los caminos que existen en los otros sectores no son aptos para que éste pueda cumplir su función de forma segura.

Tabla 4. Tiempos en horas de trayectos y de descarga por tipo camión para cada sector

Placa Camión	Combarbalá	Valle Hermoso	Quilitapia	Manquehua	San Marcos	Cogotí
ZX6773	3	3,6	3,7	4	3,5	4,1
BLWX84	1,75	2,25	2,45	2,75	2,25	2,65
TB5962	-	-	5,05	-	-	-
LC8580	3	3,6	3,7	4	3,5	4,1
LW3224	3,5	4,1	4,2	4,5	4	4,6
ZX7165	1,75	2,25	2,45	2,75	2,25	2,65

Tabla 5. Demanda requerida por sector

Sector	m ³ /semana
1.Combarbalá	31,906
2.Valle Hermoso	83,377
3.Quilitapia	115,283
4.Manquehua	90,601
5.San Marcos	15,953
6.Cogotí	80,066

Modelo matemático

Dada las consideraciones presentadas:

p fuente de agua (p= 1)

i= tipo de camión el cual se utiliza para la distribución (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)

j = destino o sector al que se distribuye el agua (j= 1, 2, 3, 4, 5, 6)

k = días de la semana en la cual se ejecuta la distribución (k= 1, 2, 3, 4, 5)

Así, la formulación matemática se establece como:

X_{ijk} = número de viajes que realiza un camión tipo i, hacia un destino j, el día k

F.O: **Min viajes:** $\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^5 X_{ijk}$ (8)

Sujeto a las siguientes restricciones

Dado J $\sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^5 Cap_i X_{ijk} \geq D_j$ (9)

Dado k $\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Cap_i X_{ijk} \leq 100000_{litros}$ (10)

Dado i $\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^5 T_{ij} X_{ijk} \leq 9_{horas\ diarias}$ (11)

$X_{ijk} \geq 0$; Entero

Donde: Cap_i = Capacidad de cada camión tipo i

D_j = Demanda del sector j

T_{ij} = Tiempo diario en horas en el cual se realiza la operación de distribución

La solución al problema propuesto, se realizó utilizando la herramienta Solver del paquete Microsoft Office Proplus2013 ® licencia 3F3DN – CCQVQ - 68R44-C4C3Q-RJPDH método Evolutionary.

RESULTADOS

El modelo permitió optimizar la distribución de agua potable rural mediante camiones aljibes, a los diferentes sectores con la infraestructura de camiones disponible, los que se indican en la Tabla 6.

El modelo permite reducir en un 15% la cantidad de viajes realizados para cumplir con la demanda requerida, además permite disminuir en un 2% la cantidad de kilómetros recorridos por los camiones.

Tabla 6. Modelo de optimización plan de distribución de agua potable semanal

Placa Camión	Capacidad	m ³ entregados	N° viajes	N° personas atendidas	lts/persona	KM recorridos
BLWX84	5000 LTS	40	8			622
ZX6773	10000 LTS	100	10			893,6
TB5962	15000 LTS	75	5	1386	45,3514739	430
LC8580	10000 LTS	100	10			900
LW3224	12000 LTS	120	10			661,6
ZX7165	5000 LTS	5	1			32

El modelo permite reducir en un 15% la cantidad de viajes realizados para cumplir con la demanda requerida, además permite disminuir en un 2% la cantidad de kilómetros recorridos por los camiones.

Adicionalmente al análisis anterior, se sensibilizó el modelo disminuyendo el uso de camiones a cinco unidades, no utilizando el camión placa TB5962 con capacidad de 15 m³, lo que permite disminuir los costos de operación en un 21% con 53 viajes para la flota de cinco camiones.

Considerando este último escenario se presenta, en la Tabla 7, la planificación semanal para cada camión y sector asociado.

Tabla 7. Planificación semanal plan óptimo de distribución

Sector	Parámetros	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1. Combarbalá	Camión		BLWX84	LW3224		BLWX84
	Capacidad m ³		5	12		5
	Cantidad m ³		5	24		5
	n° viajes		1	2		1
2. Valle Hermoso	Camión	ZX7165 / LW3224	BLWX84 / LW3224		LW3224	LW3224
	Capacidad m ³	5 / 12	5 / 12		12	12
	Cantidad m ³	34	17		24	12
	n° viajes	2 / 2	1 / 1	2	2	1
3. Quilitapia	Camión	LC8580 / ZX6773	ZX6773	ZX6773	BLWX84 / LC8580	BLWX84 / LW3224
	Capacidad m ³	10 / 10	10	10	5 / 10	5 / 12
	Cantidad m ³	30	20	20	30	17
	n° viajes	1 / 2	2	2	2 / 2	1 / 1
4. Manquehua	Camión	LC8580	BLWX84 / ZX6773	LC8580	ZX6773 / ZX7165	ZX6773 / BLWX84
	Capacidad m ³	10	5 / 10	10	10 / 5	10 / 5
	Cantidad m ³	10	25	10	25	25
	n° viajes	1	1 / 2	1	2 / 1	2 / 1
5. San Marcos	Camión		BLWX84 / LW3224			
	Capacidad m ³		5 / 12			
	Cantidad m ³		17			
	n° viajes		1 / 1			
6. Cogotí	Camión	BLWX84 / ZX6773		BLWX84 / LC8580 / ZX7165	BLWX84	ZX6773 / ZX7165
	Capacidad m ³	5 / 5		5 / 10 / 5	5	10 / 5
	Cantidad m ³	20		30	5	30
	n° viajes	3 / 1		3 / 1 / 1	1	2 / 2

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La región de Coquimbo ha invertido más de 50 millones de dólares para paliar los efectos de la sequía en la Región, sin embargo, se siguen percibiendo impactos de dicha condición, pues en su mayoría las iniciativas buscan revertir solo los impactos económicos asociados a la captación, acopio, abastecimiento y utilización del recurso agua. En particular, la optimización lograda con este estudio, no solo contribuye a reducir los impactos económicos y operacionales, sino también permite optimizar el consumo de combustible de los procesos antes señalados, reduciendo la huella de carbono de los mismos, abriendo un importante

campo de contribución en el ámbito de la eficiencia energética, reduciendo la presión sobre la variable ambiental de los mismos Espíndola y Valderrama (2012).

En el orden de los impactos sociales el desarrollo de estudios tendientes a optimizar la gestión hídrica destinada al consumo humano permite atender necesidades inelásticas como la seguridad de consumo del vital líquido, la seguridad alimentaria, la reducción del riesgo sanitario y en base a este abastecimiento evitar el éxodo rural, hacia los espacios de concentración urbana en búsqueda de nuevas condiciones de servicio, abastecimiento de agua potable y por cierto de empleo.

CONCLUSIONES

Mediante esta investigación se determina un modelo óptimo para la distribución de agua potable puerta a puerta a los habitantes de la comuna de Combarbalá para una población aproximada de 14.000 personas, que están fuera de cobertura urbana y/o agua potable rural, la herramienta utilizada fue un modelo de programación lineal.

En cuanto a los ahorros generados por la utilización del modelo optimizado demuestra un beneficio de un 21%, que representa un ahorro de 23,168.43 US\$ mensuales a tasa de cambio de septiembre 2013, situación relevante para una comuna como la estudiada. El modelo permite también, asegurar la entrega de agua potable a todos los habitantes de la comuna independiente de su condición, cuestión particularmente importante en la condición de zona de catástrofe por sequía en la Región.

Para seguir profundizando los beneficios, es que el Gobierno Regional, debiera considerar realizar estudios de optimización para todas las fuentes de agua disponibles, comunas de la región, infraestructura de camiones disponibles y sistemas

de distribución de agua potable rural, a fin de optimizar el recurso para todas las localidades de la región afectadas por la sequía, con esto desarrollar trabajos futuros en esta línea.

Finalmente, se entiende que el problema del abastecimiento de agua no se resuelve integralmente con este estudio, pero la replicabilidad del mismo en otras comunas y regiones del país, ofrece una importante contribución a avanzar en una solución en la gestión hídrica ambientalmente sustentable, económicamente eficiente y socialmente armónica, en especial, cuando el territorio afectado por la sequía en Chile alcanza a cinco regiones desde Atacama a Bio Bio, zona que según datos Dirección Meteorológica de Chile lleva cuatro años consecutivos con déficit de precipitaciones de agua lluvia y nieve, registrándose para este período uno de los de los tres años más secos desde 1866 AndessChile (2014). Las limitaciones del estudio, como primera aproximación, se centra en una fuente de agua para toda la zona rural afectada dentro de la comuna, pudiendo generar resultados distintos al incorporar otras fuentes de agua y otros usuarios de servicios como colegios, postas de la comuna.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo prestado por el Gobierno Regional de la Región de Coquimbo - Chile y la Universidad de La Serena a través de la

dirección de Investigación, para la realización de este trabajo. Se agradece también el apoyo y respaldo brindado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Serena.

REFERENCIAS

AndessChile (2014), Informe de gestión de la sequía 2014 Industria sanitaria en Chile, regiones Atacama al Biobio.

Bravo Peña, Luis Carlos, Castellanos Villegas, Alejandro E., & Doode Matsumoto, Olga Shoko. (2010). Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora: Un caso de estudio enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros. *Estudios sociales*. 18(35), 209-241.

Castillo-Vergara Mauricio, Alvarez-Marin Alejandro, Carvajal-Cortes Susana, Salinas-Flores Sebastián (2013), Implementation of a Cleaner Production Agreement and impact analysis in the grape brandy (pisco) industry in Chile, *Journal of Cleaner Production*, Available online 14 October 2013.

Centro de estudios avanzados en zonas áridas (2013), Boletín regional Septiembre 2013.

Dantzig George b. (2002). *Linear programming*. *Operations Research* © 2002 INFORMS. Vol. 50, No. 1, January–February 2002, pp. 42–47.

Diario Oficial de la República de Chile (2013), Amplía declaración de zonas afectadas por la catástrofe de la situación de sequía, a las comunas que indica de las provincias de Choapa y Elqui, de la Región de Coquimbo, 28th January 2013. Decreto Supremo N°105.

Diario Oficial de la República de Chile (2012), Declara como afectadas por la catástrofe a diversas comunas de las provincias de Elqui, de Limarí y de Choapa, todas de la Región de Coquimbo, situación que deriva de la prolongada sequía que

ha asolado a esa zona del país, 06th August 2012, Decreto Supremo N° 856.

Diario Oficial de la República de Chile (2012), Deja sin efecto resolución D.G.A. N° 39 de 09 de febrero de 1984 y establece nuevos criterios para calificar épocas de extraordinaria sequía, 12th June 2012. Resolución DGA 1674.

Dirección General de Aguas (2013), "Diagnóstico plan maestro para la gestión de Recursos hídricos, Región de Coquimbo" Tomos I y II. Versión 0. Julio 2013.

Espíndola, César, & Valderrama, José O. (2012). Huella del Carbono. Parte 2: La Visión de las Empresas, los Cuestionamientos y el Futuro. *Información tecnológica*, 23(1), 177-192.

Instituto Nacional de Estadísticas (2012), *Población y Sociedad, aspectos demográficos*. ISBN: 978-956-7952-74-8.

Kantorovich L. V. (1939), *Mathematical Methods of Organizing and Planning Production*. Leningrad State University.

McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales: In: *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*. Anaheim, California, January 17–22, 1993. American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 179–184.

Meza Francisco J. (2013). Recent trends and ENSO influence on droughts in Northern Chile: An application of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *Weather and Climate Extremes*, Volume 1, September 2013, Pages 51-58.

- Ministerio de Obras Públicas (2013), Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012 – 2025.
- Pizarro Roberto, Garcia-Chevesich Pablo, Valdes Rodrigo, Dominguez Francina, Hossain Faisal, Ffolliott Peter, Olivares Claudio, Morales Carolina, Balocchi Francisco, Bro Per (2013). Inland water bodies in Chile can locally increase rainfall intensity, *Journal of Hydrology*, Volume 481, 25 February 2013, Pages 56-63.
- Ramírez, A. L, Buitrago, O, Britto, R. A, y Fedossova, A. (2012). Un nuevo algoritmo para resolver problemas de programación lineal. *Ingeniería e Investigación*, 32 (2), 68-73.
- Roco Lisandro, Engler Alejandra, Bravo-Ureta Boris, Jara-Rojas Roberto (2014). Farm level adaptation decisions to face climatic change and variability: Evidence from Central Chile, *Environmental Science & Policy*, Volume 44, December 2014, Pages 86-96.
- Taha Hamdy A. (2004). *Investigación de Operaciones*, 7ª Edición, Pearson Educación, 2004, México. ISBN: 970-26-0498-2.
- Valdés-Pineda Rodrigo, Pizarro Roberto, García-Chevesich Pablo, Valdés Juan B., Olivares Claudio, Vera Mauricio, Balocchi Francisco, Pérez Felipe, Vallejos Carlos, Fuentes Roberto, Abarza Alejandro, Helwig Bridget (2014). Water governance in Chile: Availability, management and climate change, *Journal of Hydrology*. Volume 519, Part C, 27 November 2014, Pages 2538-2567.
- Valiente Marcos Óscar (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación, *Investigaciones Geográficas*, n° 26 (2001) pp. 59-80.
- Wang Qianfeng, Wu Jianjun, Lei Tianjie, He Bin, Wu Zhitao, Liu Ming, Mo Xinyu, Geng Guangpo, Li Xiaohan, Zhou Hongkui, Liu Dachuan (2014). Temporal-spatial characteristics of severe drought events and their impact on agriculture on a global scale, *Quaternary International*, Volume 349, 28 October 2014, Pages 10-21.

Autores

Mauricio Castillo-Vergara. Magister en Gestión de Empresas. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de La Serena, Chile.

E-mail: mhcastillo@userena.cl

Felicindo Homero Cortes. Doctor(c) en Desarrollo Urbano Sustentable. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de La Serena, Chile

E-mail: fcortes@userena.cl

Claudia Isabel Vigorena Merino. Ingeniero Civil Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de La Serena, Chile

E-mail: claudiavgrn@gmail.com

Rodolfo Andrés Díaz Gomez. Ingeniero Civil Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de La Serena, Chile

E-mail: diazgomez.rodolfo@gmail.com

Cesar Espindola Arellano. Dr (c) en Gestión de Empresas. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de La Serena, Chile

E-mail: cespindola@userena.cl

Recibido: 01-11-2014

Aceptado: 15-12-2014

VARIABLES CLAVE DE LOS SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN (SIG)

Key variables of the integrated management systems (IMS)

Dunia Geosimir Duque Araque

Palabras clave: sistema integrado de gestión, variables clave de un sistema integrado de gestión, análisis factorial, enfoque por procesos

Key Words: integrated management system, key variables of an integrated management system, factorial analysis, process approach

RESUMEN

Este estudio, constituyó una investigación de campo de naturaleza explicativa dentro del paradigma cuantitativo, en la temática de los SIG. El proceso investigativo inició con una revisión documental que identificó las variables que intervienen en los SIG. Seguidamente, se generó un instrumento, validado por expertos, con una confiabilidad determinada por el Alpha de Cronbach de 0.811, que permitió conocer la realidad de estos sistemas desde la óptica organizacional. La población estuvo constituida por empresas venezolanas, de diversos sectores: alimentos, servicios, metalmecánico, automotriz, papelería, entre otros, con al menos un sistema de gestión implementado susceptible de integración (ISO 9001, ISO 14001, OSHAS 18001). Los resultados confirmaron las variables a estudiar detectadas en la revisión documental. Posteriormente, un análisis factorial, redujo el número de variables identificadas, de 30 a 11 variables. Resultaron tres grupos de variables: características (un área organizativa encargada de la gestión del sistema, un responsable de la integración, documentos comunes, único plan de auditorías, apoyarse en otros sistemas de gestión), ventajas (mejores métodos de trabajo y de los equipos multifuncionales, mayor confianza de los clientes, imagen positiva de la organización, mayor coordinación de las múltiples auditorías, reducción de burocracia y costos, personal motivado y con mejor formación, desarrollo y transferencia tecnológica) y factores clave (gestión por procesos y cultura hacia el cambio, valorar al cliente, complementar con modelos de gestión más amplios, claros objetivos de integración y la importancia de sistemas, ampliar el alcance del sistema, involucrar todo el personal, contar con la colaboración de centros de formación).

ABSTRACT

This study constituted a field research of explanatory nature into the quantitative paradigm, in the IMS's issue. Study process began with a documentary review, which identifying the variables involved in IMS. Then an instrument was produced, validated by experts, with a reliability determined by Cronbach's Alpha of 0.811, allowing you to know the reality of these systems from the organizational perspective. The population was constituted by Venezuelan companies, from various sectors: food services, metalworking, automotive, paper among others, with at least one management system implemented susceptible to integration (ISO 9001, ISO 14001, and OHSAS 18001). The results confirmed the variables to study detected in the document review. Subsequently, a factorial analysis, allowed reducing the number of variables initially identified, from 30 to 11 of them. These were three groups of variables: features (an organizational area in charge of the management system, a person responsible of the integration, common documents, one plan of audits, to lie on other systems of management), advantages (better methods of work and of the multifunctional equipments, better clients confidence, positive image of the organization, major coordination of the multiple audits, bureaucracy and costs reduction, motivated personnel with better skilled and development and technological transfer) and key factors (processes and culture management towards the change, value to the client, and complement with more opened models of management, clear aims of integration and the system importance, for extending the system's scope, to involve the whole personnel, to rely on the collaboration of the formation centers).

INTRODUCCIÓN

Constantes transformaciones experimentan las organizaciones industriales producto de exigencias del entorno (gobierno, clientes, comunidad, ambiente, proveedores, entre otros). Incluso, estos cambios han originado nuevas formas de competencia entre las empresas, en las cuales se requiere que éstas desarrollen capacidades de competir no sólo en precio, sino también en otros aspectos como flexibilidad, calidad, variedad de productos y rápida adaptación a las necesidades del cliente. En esta constante búsqueda de permanencia en el mercado cada día las organizaciones acuden al sacarle el mayor provecho a los recursos disponibles, mejorando diariamente los procesos de la organización a través de pequeños cambios.

Una de las alternativas en búsqueda de mejora en las organizaciones ha sido la implementación de estándares o normas que garantizan a una organización contar con los elementos mínimos necesarios para operar en una forma satisfactoria, siempre que la organización certifique su sistema. Ante la proliferación de este tipo de normas y su implementación, y considerando, que todas ellas están soportadas en unos principios comunes, como la mejora continua por citar alguno de ellos, la integración de estos sistemas es una necesidad de las organizaciones y aporta evidentes beneficios, como reducción de papel, disminución de la burocracia, clarificación de responsabilidades, entre otros.

La alternativa de un sistema integrado de gestión surge cuando los controles de alguna área específica, como salud y seguridad, o finanzas, se

introducen en un sistema de gestión de calidad, o cualquier otra área en un sistema de gestión medioambiental. Si bien la mayor parte de los procesos afectan a varios aspectos del desempeño organizacional; todos estos procesos deberían formar parte del sistema de gestión de calidad, las finanzas, el medio ambiente y de la salud y la seguridad laboral, buscando la manera de integrar y vincular las áreas. De esta forma todas las mejoras incorporadas en cada proceso traerán beneficios en cadena.

Las etapas de este proceso de integración no están preestablecidas actualmente, como tampoco se dispone de una norma internacionalmente aceptada que estipule los requerimientos mínimos, razón por la cual se investiga en este campo, para realizar un aporte ante tal carencia. Representa un reto, integrar exitosamente áreas de la organización y requiere de varios elementos como compromiso gerencial, recursos técnicos y humanos, participación y compromiso del personal, pero traerá beneficios relacionados con la reducción de documentación a ser utilizada, un sistema más comprensible y respaldado por la dirección, y directrices más coherentes e integradas para el personal.

La presente investigación persigue los siguientes objetivos: Indagar sobre aspectos teóricos en los que se sustenta un sistema integrado de gestión (seguridad, calidad y ambiente), identificar las variables clave de un sistema integrado de gestión y correlacionar las variables clave de un sistema integrado de gestión.

ANTECEDENTES

En cuanto a la temática de los Sistemas integrados de gestión, uno de los pocos estudios realizados en Venezuela corresponde a una investigación documental, realizada por Bucci (2011), en la cual menciona resultados de otros investigadores. Este

importante análisis vincula los sistemas de gestión integrados con la gestión de sistemas, haciendo ver que dentro de los subsistemas que conforman el sistema empresa se encuentra el subsistema de seguridad, encargado de velar por la integridad física y mental de los trabajadores. Precisamente estas funciones pueden afectarse por los objetivos de otros subsistemas como lo son producción y

calidad, ejemplo de esto es que las fallas en una operación de tipo industrial pueden tener efectos en la calidad del producto, pero a la vez pueden tenerlos en la seguridad y la salud de los trabajadores, y en el medio ambiente. También, determinadas actividades que aumentan la productividad o la calidad, pueden repercutir negativamente en la seguridad o el medio ambiente y viceversa.

De igual forma las empresas funcionan como un sistema abierto, por un lado son un conjunto rodeado de un entorno en donde se encuentran sus factores de producción (capital, mano de obra, tecnologías y materias primas) igualmente se hallan inmersas en sistemas sociales, económicos y culturales, por otro lado están conformadas internamente por subsistemas.

Dada la importancia que ha cobrado esta nueva visión de las organizaciones, la Organización Internacional de Estandarización (ISO), ha generado las nuevas versiones de las normas ISO 19011:2011 Directrices para la auditoría de sistemas de gestión e ISO 9004:2009 Gestión para el éxito sostenido de una organización: Enfoque de gestión de la calidad, incorporando en estos estándares la visión de sistema abierto, ya que en la norma ISO 19011, ahora es aplicable para auditar cualquier tipo de sistema de gestión, no sólo los de calidad o medioambiental como anteriormente se hacía, sino que por el contrario se observa una vinculación de todas las áreas organizativas. Y la norma ISO 9004, busca proporcionar orientación para ayudar a conseguir el éxito sostenido para cualquier organización en un entorno complejo, exigente y en constante cambio. Lo que representa una tendencia hacia la integración de sistemas.

Los antecedentes que refieren a la temática de los SIG realizados en empresas Venezolanas e inclusive en Latinoamérica para orientar en el proceso de implantación han sido pocos. Los estudios con mayores aportes han sido en Europa, estos adelantos han sido impulsados por la cultura, las leyes y normas y la competitividad de los países Europeos en materia de sistemas integrados de gestión.

En un estudio empírico desarrollado por Sánchez-Toledo L., A; Abad P., J y Rodríguez M., P. (2010), se analizaron 102 organizaciones españolas que tenían implantados sistemas de gestión basados en los estándares ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, de las cuales el 84% de las empresas del estudio disponía de un Sistema Integrado de Gestión, la investigación tenía como objetivo el de analizar cómo se está realizando la integración de sistemas de gestión en las organizaciones y las consecuencias que se están derivando de ello. Se analizaron cuáles son los aspectos estratégicos y metodológicos utilizados, así como las características que definen los nuevos sistemas integrados de gestión resultantes y las consecuencias que se han obtenido de la integración de los sistemas.

En cuanto a los aspectos estratégicos, el principal resultado arroja que para el 70 % de las empresas, el nivel jerárquico que tomó la decisión estratégica de integrar los sistemas de gestión fue la alta dirección. Este aspecto es importante, ya que influirá considerablemente en el respaldo que se obtenga para los cambios que son necesarios realizar, así como el liderazgo y la motivación hacia el personal involucrado en la integración.

Otro resultado del estudio, en cuanto al método utilizado para la integración indica que sólo un 17 % de las empresas, optó por una secuencia simultánea, es decir, los tres estándares al mismo tiempo, mientras que el resto lo hizo progresivamente, partiendo del sistema de gestión de calidad, incorporando posteriormente el sistema de gestión de medio ambiente y finalmente el sistema de gestión de seguridad y salud laboral.

Los resultados para las características de los SIG obtenidos están definidos por la estructura organizativa, el grado de integración de los procedimientos escritos y de los procesos operativos.

La estructura organizativa del 76 % de las organizaciones participantes del estudio es con tendencia a unificar responsabilidades, es decir que haya un sólo departamento de gestión integral y

un único responsable. En cuanto a la integración de los procedimientos escritos los resultados reflejan una alta variabilidad, cuya causa puede ser la no existencia de un estándar internacional de sistemas integrados de gestión aceptado universalmente que sirva como modelo metodológico.

El último aspecto estudiado dentro de la caracterización del SIG, ha sido la integración de los procesos, que permite conocer el grado de fusión operativa, los resultados obtenidos muestran un alto grado de integración en general (cada uno de ellos es ejecutado como mínimo por el 73% de las organizaciones).

El estudio también destaca que el proceso en el que se alcanza un mayor grado de integración es el de gestión de la documentación con un 94%. Cabe recordar que la reducción de la burocracia y de la documentación son dos de las ventajas generadas de este proceso. El último análisis del estudio fue con respecto a las consecuencias que se derivan de la integración. Los resultados de la encuesta arrojaron como principal conclusión que este proceso se percibe positivamente en líneas generales por las organizaciones que lo llevan a cabo. Además, resultó interesante observar que el alcance de esta valoración positiva se extiende a ámbitos tanto internos como externos de la organización, los tres aspectos mejor valorados son: mayor optimización de recursos, mejora de la comunicación interna y mejora de la imagen externa de la organización.

Las mayores dificultades de las organizaciones a la hora de integrar tienen que ver con las inercias organizativas, representadas por la resistencia al cambio y la falta de implicación del personal.

Rodríguez y Ricart (2000), analizaron 10 empresas españolas que contaban con SIG implementados, buscando los factores necesarios para su éxito, motivados a que la mayoría de las organizaciones han implementado la gestión de calidad, medioambiental y de seguridad por separado dejando de disfrutar los beneficios de una fusión en estas gestiones. En el estudio se identifican como principales características de un sistema

integrado ideal las siguientes: comité de gestión, departamento de gestión, aspectos documentales, auditorías y el uso de modelos más amplios.

El comité de gestión es el responsable de supervisar el correcto funcionamiento del sistema, evaluar su eficacia, realizar el seguimiento de las acciones correctivas, ampliar su alcance y establecer los objetivos de mejora. El departamento de gestión es el que vela por el proceso de integración y mantenimiento del sistema. Los aspectos documentales abarcan una política, manual, procedimientos e instrucciones comunes en la medida de lo posible. Las auditorías tienen un único plan que abarca unas evaluaciones comunes y otras específicas de cada área a fin de garantizar profundidad, precisión, eficacia y mejora. Y por último, el uso de modelos de gestión más amplios a fin de brindar un mayor alcance del sistema.

A lo largo de la investigación de Rodríguez y Ricart (op. cit), se identifican los factores de éxito en la implementación, los cuales tipifican en dos grupos, un grupo denominado de alta calidad de gestión y otro grupo de factores específicos.

Los factores de alta calidad de gestión encierran: tener una gestión por procesos, haber conseguido que la organización comparta el valor de servicio al cliente, poseer cultura organizativa adaptada al cambio y usar modelos de gestión más amplios; y entre los factores más específicos figuran: tener claridad en los objetivos de la integración, tener en cuenta las circunstancias organizativas, percibir la importancia de los sistemas, haber conseguido ampliar el alcance de los sistemas, conseguir la involucración de los colaboradores, ser consciente de la importancia del proceso y lograr la colaboración de los centros de formación.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN (SIG)

Un sistema integrado de gestión, según Camison, Cruz y González (2007) es una plataforma común para unificar los sistemas de gestión de la organización en distintos ámbitos en uno sólo, recogiendo en una base documental única los antes independientes manuales de gestión,

procedimientos, instrucciones de trabajo, documentos técnicos y registros, realizando una sola auditoria y bajo un único mando que centraliza el proceso de revisión por la dirección.

Entre las bondades que brindan los sistemas integrados de gestión según la norma UNE 66177:2005 se tienen: a) la sinergia entre los sistemas, comparten el mismo responsable encargado de activar e impulsar los sistemas, una misma filosofía de gestión y unos mismos valores. b) la simplificación de la documentación y de la gestión documental, unificando en un mismo manual, diseñando procedimientos de gestión e instrucciones de trabajo comunes, y compilando los registros de una base de datos, aunque haya algunos documentos que sean más específicos para ciertos procesos. c) la simplificación e integración documental, junto a la mayor coordinación de tareas facilitada por la integración de procedimientos y la unificación de responsables de sistemas, propicia la mejora de la gestión global y de la eficiencia de la empresa. d) la reducción de costos propiciada por: La unificación y simplificación de la base documental, que repercute en los costos operativos al compartirse gastos.

En un trabajo de Karapetrovic y Willborn (1998) citado por Ferguson, García y Bornay (2002), se aclaran como principales ventajas y mejoras que se obtienen de la integración de los sistemas las siguientes: mejora del desarrollo y transferencia tecnológica, mejora de la ejecución operativa, mejora de los métodos internos de gestión y en los equipos multifuncionales, mayor motivación del personal y menor número de conflictos interfuncionales, reducción y mayor coordinación de las múltiples auditorías, aumento de la confianza de los clientes e imagen positiva en la comunidad y el mercado, reducción de costos y una reingeniería más eficiente. Estas bondades sin duda alguna suplementan las mencionadas anteriormente.

Rodríguez y Ricart (op. cit.) complementan las ventajas previas con la sinergia en los procesos de formación, ya que cada sistema de gestión

aisladamente requiere formación para sus colaboradores, y un sistema integrado permitirá aprovechar una formación integral de estos colaboradores más que si se realizara aisladamente.

Pero la implementación de este tipo de sistemas, según Camisón, Cruz y González (op. cit.) también vincula dificultades como: la inexistencia de una norma internacional comúnmente aceptada que señale los requisitos del SIG; las resistencias normales a los procesos de cambio, que exigen un esfuerzo organizativo y humano importante; los distintos grados de implantación de los propios sistemas; el grado de compatibilidad entre los principios que guían cada sistema; la necesidad de recursos y capacidades adicionales para planificar y ejecutar el plan de integración, que puede chocar con los recursos y capacidades disponibles.

En especial, cabe apuntar la escasez de personal cualificado en los diversos sistemas de gestión, que requieren aptitudes y actitudes heterogéneas, que obliga a una mayor inversión en la formación del personal implicado en el SIG; las propias estrategias, estructura y cultura de la empresa; problemas en el desarrollo de la documentación integrada; la importancia para elegir el nivel de integración adecuado al nivel de madurez de la organización. Al respecto Karapetrovic y Willborn (1998), destacan como dificultad adicional, la denominada inercia organizativa, identificada en este caso, como la persistencia firme del funcionamiento de los sistemas por separado.

DISEÑO METODOLÓGICO

El presente estudio se realizó bajo la modalidad de investigación de campo, ya que los datos fueron extraídos directamente de la realidad, a través de encuestas a organizaciones con sistemas de gestión implementados y factibles de integrar. De igual forma, está enmarcada en un estudio de nivel explicativo, ya que interpreta los elementos teóricos y prácticos de los sistemas integrados de gestión, revelan sus características, aspectos fundamentales, métodos y cómo se relacionan entre sí tales componentes. Por otra parte, el

estudio es de base documental porque se apoya también en fuentes bibliográficas, con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de la temática que se estudia.

Características de la población y de la muestra

La información recolectada fué tomada partiendo de organizaciones vinculadas con cualquier sistema de gestión, bien sea de calidad, de ambiente o de seguridad y salud ocupacional, pertenecientes a diversos sectores (manufacturero, servicios, alimentos, entre otros), con disposición de participar en la investigación y compartir voluntariamente su experiencia. De esas empresas se contactó la persona directamente encargada o vinculadas con la gestión de estos sistemas. Por lo general ocupan el cargo de coordinador de gestión, o jefe de gestión integral o cualquier otra denominación interna de la organización.

Según información suministrada por el ente Fondonorma, a la fecha de la consulta, mediados del mes de Abril del 2013, el número de empresas que contaban con al menos una certificación vigente era de 81 empresas. Para efectos de la investigación se determinó el tamaño de la muestra partiendo de una población finita. Se tomó un nivel de confianza del 90%, para el cual el valor estipulado de Z es de 1.28. El resultado del tamaño de la muestra es de 27.43, es decir se tomó una muestra de 27 empresas a las cuales se les aplicó el instrumento.

RESULTADOS

En la fase inicial, se identificaron las variables que definen un sistema integrado de gestión, mostradas en la Tabla 1. De allí se generó un instrumento de evaluación, que tiene como objetivo recolectar información desde las empresas acerca de los sistemas integrados de gestión.

En la primera fase de la investigación, se realizó una investigación documental o revisión de literatura, exploratoria e interpretativa, a fin de conocer la situación actual de los SIG en las organizaciones venezolanas incluso fuera de Venezuela, y las variables clave que definen estos sistemas.

La segunda fase del estudio, de índole cuantitativa, buscaba evaluar por parte de las empresas las variables clave identificadas en la fase previa, a través de un instrumento, diseñado conforme a las variables identificadas con 30 ítems en la primera parte una segunda parte de datos demográficos y unas preguntas dicotómicas con la finalidad de conocer razones que encaminan una integración de sistemas. Los datos recolectados recibieron tratamiento estadístico descriptivo.

En la tercera fase se desarrolló un análisis factorial a fin de identificar la correlación entre las variables que definen estos sistemas, utilizando para ello los datos recolectados en la segunda fase. Es importante destacar que para la confiabilidad de la información cuantitativa recolectada en la investigación, se utilizó el coeficiente de Alpha de Cronbach. En esta investigación la escala del instrumento obtuvo un Alpha de Cronbach de 0,811. Según Landero y González (2007), para propósitos de investigación una confiabilidad mínima es de 0.50 y de 0.90.

El instrumento contaba con dos partes, una primera parte de 30 ítems, redactados como afirmaciones vinculadas con cada una de las variables identificadas en la Tabla 1, y se debía responder en función de una escala de Likert, definida en el mismo instrumento. La segunda parte contenía algunos datos demográficos y opiniones acerca de una tendencia a la integración de sistemas.

Tabla 1. Variables clave para un sistema integrado de gestión

Variables	Items
Características	1, 2, 3, 4, 5
	.- Comité de Gestión. .- Dpto. de Gestión. .- Documentos comunes .- Auditorías .- Modelos de gestión más amplios
Ventajas	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
	.- Mejores métodos internos de trabajo. .- Mejor desempeño de los equipos multifuncionales. .- Mayor confianza de los clientes. .- Imagen positiva de la organización ante los clientes, la comunidad y los trabajadores. .- Mayor coordinación de las múltiples auditorías. .- Reducción de burocracia .- Reducción de costos. .- Mejor formación del personal. .- Mejor desarrollo y transferencia tecnológica de la organización. .- Personal está más motivado
Factores clave	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
	.- Gestión por procesos. .- Valorar al cliente. .- Cultura hacia el cambio. .- Complementar con modelos de gestión más amplios. .- Claros objetivos de integración. .- Importancia de sistemas .- Ampliar el alcance del sistema. .- Involucramiento del personal .- Importancia de la integración .- Colaboración de centros de formación.
Métodos de integración	31
	.- Partiendo de otro sistema. .- Implementando los tres sistemas simultáneamente

Se aplicaron 27 instrumentos a empresas involucradas con al menos uno de los sistemas de gestión factibles de integrar, bien sea el sistema de gestión de calidad, basado en la norma ISO 9001; sistema de gestión medioambiental, basado en la ISO 14001 o sistema de salud y seguridad ocupacional basado en la OSHAS 18001. Cabe destacar que gran parte de las empresas que participaron en esta investigación tienen más de un sistema de gestión implementado, lo que pudiese

pretender que las organizaciones pueden conocer las consecuencias de una integración de los sistemas.

Es importante destacar que las variables se agruparon en tres sectores, características, ventajas y factores clave (ver Tabla 1). Inicialmente se comentan los resultados en cuanto a las características. Los datos recolectados revelan lo siguiente:

Como primera característica se destaca que, una empresa que integre sus sistemas debe contar con un comité, departamento o área organizativa que vele por la gestión de cada sistema, es decir un comité para el área de ambiente, otro comité para el área de calidad y otro para seguridad y salud ocupacional, se tiene que el 37% de las organizaciones que participaron en el estudio están de acuerdo y un 18.5 % opinan estar completamente de acuerdo, es decir en un 55.5%, si se suman los porcentajes anteriores, favorece la opción de contar con comités para cada área, mientras que un 37% (completamente en desacuerdo 3.7 % y 33.3 %) no apoyan esta característica, un 7.4 % permaneció neutral ante esta afirmación.

En la segunda pregunta, el contar con una persona o área responsable de la integración de los sistemas constituye la segunda característica, el 44.4% de las organizaciones que participaron en el estudio están completamente de acuerdo y un 22.2 % opinan estar de acuerdo, es decir en un 66.6 % se favorece la opción de contar con un área o persona responsable del proceso de integración de los sistemas. En cuanto a la tercera característica resalta el contar con documentos comunes en la medida de lo posible. Esta característica evidencia un porcentaje bastante elevado de respaldo a esta afirmación, si se suma el 25.9 % que está de acuerdo y el 55.6 % que está completamente de acuerdo, se obtiene un total de 81.5 %. Esta característica está catalogada según los estudios previos como uno de los principales beneficios que se obtienen al integrar los sistemas de gestión, reducción de documentos y esto se pudiese lograr al contar con documentos comunes para las gestiones que se están integrando.

Tener un único plan de auditoría, es la cuarta característica. Y muestra un comportamiento similar al de la tercera característica. Un 88.9 % se expresó de acuerdo o completamente de acuerdo. Esta característica también representa un importante beneficio para las empresas que se integren, pues obtienen un ahorro representativo al reducir el número de auditorías.

La quinta y última variable identificada como característica, enmarca el apoyarse en otros sistemas de gestión más amplios que permitan brindar un mayor alcance del sistema de gestión particular de la organización. Un 55.6% manifiesta estar de acuerdo ante tal afirmación y un 25.9 % está completamente de acuerdo, sólo un 7.4 % se manifestó en desacuerdo. Estos resultados revelan un predominante apoyo ante esta afirmación, y resulta muy acertado ya que hoy día es necesario complementar las bondades con las que se cuentan dentro de la organización que han traído beneficios a fin de sacarles el mayor provecho en la sostenibilidad del negocio. A manera de resumen de este primer grupo de variables, se tiene que la tercera, cuarta y quinta variable fueron las que obtuvieron mayor porcentaje de respaldo de parte de las empresas encuestadas, contar con documentos comunes, un único plan de auditoría y apoyarse en otros sistemas de gestión más amplios que brinden mayor alcance al sistema integrado, confirmando lo planteado por Rodríguez y Ricart (2000) en su estudio descrito en los antecedentes de la investigación.

En el segundo grupo de variables identificado como ventajas, se reflejan los siguientes resultados:

La primera ventaja que se evaluó fue la mejora de los métodos internos de trabajo, allí se vinculan dos ítems (6 y 17). En ambas preguntas las respuestas obtenidas fueron en apoyo a tal afirmación

La segunda y tercera ventajas refieren a la reducción de los conflictos interfuncionales e incremento de la confianza de los clientes, respectivamente, si una empresa que integre sus sistemas de gestión, ante tales afirmaciones sólo un 3.7 % se mantuvo neutral en ambas respuestas (ítems 7 y 9), y el porcentaje restante respalda las afirmaciones.

En la cuarta ventaja que engloba la Imagen positiva de la organización ante los clientes, la comunidad y los trabajadores, se observa que un 3% se mantiene neutral ante la afirmación de una mejora de la imagen interna (item 9) y un 1% ante la mejora de

la imagen externa (item 10), es decir hay un porcentaje más elevado que afirma la mejora de la imagen externa. La quinta ventaja, mayor coordinación de las múltiples auditorías va en concordancia con la cuarta característica comentada previamente, contar con un único plan de auditoría, y se observa que los porcentajes obtenidos en las respuestas guardan mucha relación, un elevado porcentaje de las respuestas se muestra de acuerdo en cuanto a la mejora en la coordinación y reducción de las auditorías.

En cuanto a la sexta ventaja, reducción de la burocracia, no se observa uniformidad en respuestas de respaldo ante tal afirmación, hay un considerable porcentaje neutral, estos resultados pudiesen reflejar que no necesariamente la integración de sistemas de gestión ha representado una reducción de la documentación, puede deberse a la forma como se haya realizado la integración, especialmente la integración de la documentación. Lo que si se confirma, es que casi la totalidad de las respuestas obtenidas respaldan la sinergia que se obtiene al integrar los sistemas.

En las siguientes ventajas, reducción de costos, mejor formación del talento humano y personal más motivado, los resultados reflejan que un 22.2 % se mantiene neutral ante la afirmación de la reducción de los costos. Puede justificarse por la capacitación que se necesita para el personal en las tres áreas, seguridad, calidad y ambiente. Estos resultados respaldan los referidos a la ventaja de mejor formación de personal, ya que sin duda, capacitarlos en las tres áreas constituye una mejora en la formación pero requiere una inversión.

El 92.6 % está de acuerdo o completamente de acuerdo en que la integración de los sistemas permite una mejor formación del personal y por ende una mayor motivación del personal. La situación no es muy diferente ante la ventaja de lograr un mejor desarrollo y transferencia tecnológica de la organización al integrar sus sistemas de gestión.

A manera de resumen en este segundo grupo de variables, identificadas como ventajas, la mejora de

métodos internos de trabajo fue la obtuvo el más alto porcentaje de respaldo, y ninguna de las opiniones se mostró neutral o en desacuerdo ante tal afirmación, es decir que no hay duda que se mejoran los métodos internos de trabajo al integrar los sistemas de gestión.

En cuanto al tercer y último grupo de variables definidas como factores clave, los resultados que arrojan información adicional a la descrita en las variables previas son los siguientes: Los factores clave, contar con una visión por procesos, valorar sus clientes y tener una cultura orientada al cambio, cuentan con resultados similares, las opiniones de las organizaciones encuestadas así lo respaldan

En los tres casos el 96.3 % está de acuerdo en afirmar que son factores clave un SIG. Los factores clave, complementar con modelos de gestión más amplios y ampliar el alcance del sistema se evaluaron con el primer grupo de variables denotadas como características.

En cuanto a los factores clave, tener claros los objetivos de integración, y tener clara la importancia de cada sistema que se va a integrar, la situación es similar a factores clave previos. Un 96.3% en ambos casos respaldan las afirmaciones de las preguntas.

En cuanto al factor clave involucramiento del personal, las respuestas en su mayor porcentaje respaldan la afirmación, a pesar de que un 11.1% que fueron neutrales, sin embargo, el 100 % estuvo de acuerdo con la afirmación de contar con la participación de la alta dirección, y es justificable ya que sin el respaldo de la alta dirección un proceso de integración de sistemas no sería efectivo.

En cuanto al factor clave dar la importancia necesaria a la integración de los sistemas, todas las respuestas fueron en respaldo ante tal afirmación. Para el último factor clave, colaboración de centros de formación, las repuestas neutrales fueron de un 11.1 % es decir que no todas las respuestas respaldan la afirmación.

La última variable del estudio referida a la forma de integración, refleja un elevado porcentaje, 92.6% de las respuestas están de acuerdo con integrarse progresivamente partiendo de un sistema ya implementado.

Los datos demográficos muestran que el 14.8% de las empresas que participaron en el estudio corresponden al sector de alimentos; 18.5 % al sector de servicios; otro 18.5% al sector metalmecánico; 7.4% al sector automotriz; 3.7% al sector papelerero y un 37 % a otro sector diferente.

Otra información, extraída de los datos procesados, que muestra información interesante, y es que la mayor parte de las organizaciones que participaron en el estudio, el 55.6 % tienen más de un sistema de gestión vinculado en su organización. Es decir ISO 9001 e ISO 14001 por mencionar un ejemplo, lo que permite suponer que la organización ha dado pasos hacia la integración o maneja estos términos. El 88.9 % de las organizaciones si integrarían sus sistemas.

Es importante destacar que entre las razones, que mencionaron las empresas encuestadas para integrar los sistemas, de mayor frecuencia se tienen: mejorar internamente y mantener la competitividad, con menor frecuencia, por directriz de la gerencia y exigencia de clientes internos o externos.

Entre las razones por las cuales no integraría sus sistemas se tiene la falta de formación necesaria por parte del personal y se cree que los costos son muy elevados.

Análisis factorial

Esta última fase del estudio, corresponde al análisis factorial, que se realizó con la finalidad de descubrir agrupaciones de variables, de tal forma que las variables de cada grupo estén altamente correlacionadas, y los grupos estén relativamente incorrelacionados, según lo planteado por Montoya (2007). Si se observa el cuadro 1, se identifican 4 dimensiones, que pueden interpretadas como grupos de variables. Para el análisis factorial se trabajó con los 3 primeros grupos de variables. Las primeras identificadas

como características, para el estudio se identificaron con la letra "C", en segundo lugar se enmarcaron las ventajas, definidas con la letra "V", y el tercer grupo factores clave, definidas por "FC".

En total para esta investigación se tienen identificadas 30 variables entre los tres segmentos, este análisis factorial busca reducirlas. El estudio se realizó a través del modelo de componentes principales.

El primer grupo de variables al que se le realizó análisis factorial fue el identificado como Características, denotado por la letra "C". La mayor parte de las correlaciones es superior a 0.3; lo que indica una tendencia a una estructura unidimensional o con pocos componentes. El segundo paso es evaluar el valor del determinante de la matriz de correlaciones, el cual resultó ser 0.053; bastante bajo el valor, próximo a cero, esto significa que existe dependencia entre las variables, este valor nos indica que se puede continuar con el análisis factorial.

El tercer paso lo constituye el Test o prueba de Esfericidad de Bartlett y el Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), la cual se utiliza para probar la Hipótesis Nula que afirma que las variables no están correlacionadas en la población. Si se mantiene la hipótesis nula, es decir que la significancia es mayor o igual a 0.5, indica independencia de las variables. Y si es menor indica dependencia. El índice KMO mide la adecuación de la muestra. Indica qué tan apropiado es aplicar el Análisis Factorial. Los valores entre 0.5 y 1 indican que es apropiado aplicarlo.

En cuanto al Test o prueba de Esfericidad de Bartlett, para nuestro caso, el análisis presentó una significancia muy inferior al límite 0.05, pues fue de 0.000, lo cual nos indica que la matriz de datos es válida para continuar con el proceso de análisis factorial. El Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), es 0.664, un valor comprendido entre 0.5 y 1. Se puede decir que para la investigación ambas pruebas resultan favorables, por lo tanto se continúa con el análisis factorial.

El cuarto paso lo constituye el coeficiente de correlación anti-imagen, aquí se deben observar pocos valores elevados en términos absolutos y no debe haber un número elevado de coeficientes ceros. Para el estudio la matriz anti-imagen arrojó pocos valores elevados en términos absolutos (sólo 5 que se pueden considerar altos), y no se detectaron valores cero, lo que da un excelente indicador con respecto a la bondad o pertinencia para aplicar el análisis factorial.

El quinto paso fue otro análisis para comprobar la factibilidad de la aplicación del análisis factorial, constituido por la diagonal de la matriz de correlación anti-imagen, la cual permite ver el valor de las medidas de adecuación que presenta cada variable y que se conoce como: "Measure of Sampling Adequacy" (MSA). Aquí se toman como valores mínimos y máximos respectivamente el 0 y el 1, siendo tanto mejor cuanto mayor sea el valor del MSA. En el caso de la matriz de correlación anti-imagen, de los 5 valores de la diagonal de dicha matriz no se presentó ningún valor bajo. Por lo tanto estos resultados proporcionan otro indicador positivo sobre la matriz de datos que da luz verde al análisis factorial.

Una vez superados todos los análisis, se comprueba la pertinencia y validez de la matriz de datos. Ahora se puede llevar a cabo la siguiente fase que consiste principalmente en la extracción de los distintos factores a través de la agrupación de las 5 variables originales en unas nuevas variables que denominaremos indistintamente "componentes". Para llevar a cabo esta fase se dispone de muchos métodos, el más utilizado y el que se emplea en este estudio es el de "Componentes Principales". Este procedimiento busca el factor que explique la mayor cantidad de la varianza en la matriz de correlación. Este recibe el nombre de "factor principal". Esta varianza explicada se resta de la matriz original

produciéndose una matriz residual. Luego se extrae un segundo factor de esta matriz residual y así sucesivamente hasta que quede muy poca varianza que pueda explicarse.

Para el caso del primer grupo de variables, se generaron dos componentes principales. Según el análisis, estos dos componentes representan un 82.264% del problema original. En otras palabras sólo son relevantes 2 componentes para resumir las variables denotadas como características.

Otro método que se utiliza para extraer los componentes es a través de la gráfica o curva de sedimentación. El punto de corte para establecer el número de factores que se van a rotar se sitúa en el punto de inflexión de la línea descendente que va uniendo los diversos eigenvalues, o visto de otra forma, determinando el número de componentes por encima del punto de inflexión de la curva de sedimentación (criterio de Cattell). Tomando en cuenta el criterio de Cattell, se puede observar en la Figura 1, que para el grupo denominado "Características", se tienen 2 componentes antes de llegar al punto de inflexión de la curva de sedimentación, lo que confirma que los componentes relevantes son 2.

Una vez generados los componentes principales se aplicó un sistema de rotación de factores, para evitar cualquier ambigüedad entre los componentes resultantes. Hay dos sistemas básicos de rotación de factores: los métodos de rotación ortogonales (mantienen la independencia entre los factores rotados: varimax, quartimax y equamax) y los métodos de rotación no ortogonales (proporcionan nuevos factores rotados que guardan relación entre sí). En el presente estudio se aplicarán los métodos de rotación ortogonales, específicamente el Método de Rotación Varimax. Éste es, actualmente, uno de los métodos más utilizados.

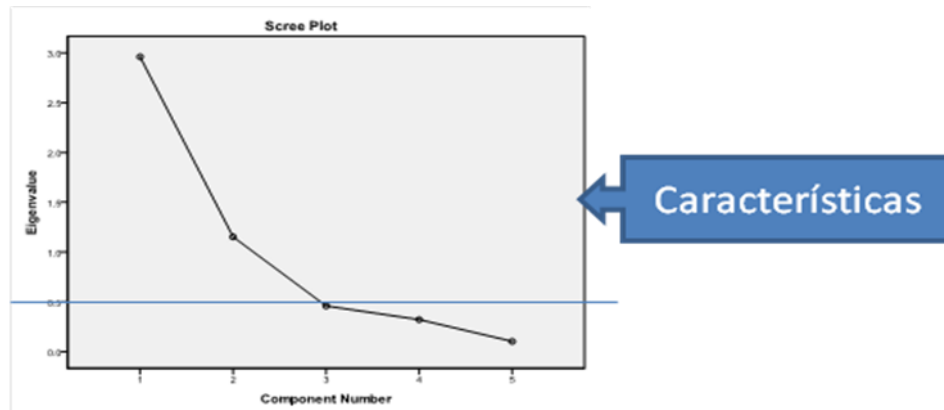


Figura 1. Curva de sedimentación para las variables características

Para el segundo grupo de variables denotadas como ventajas se realizó el mismo procedimiento y se obtuvieron resultados conformes para realizar el análisis factorial de este compendio de variables, donde se generaron 5 componentes.

Tomando en cuenta el criterio de Cattell, en el Figura 2, podemos observar que para el grupo denominado "Ventajas", se tienen 5 componentes antes de llegar al punto de inflexión de la curva, lo que confirma los 5 componentes relevantes.

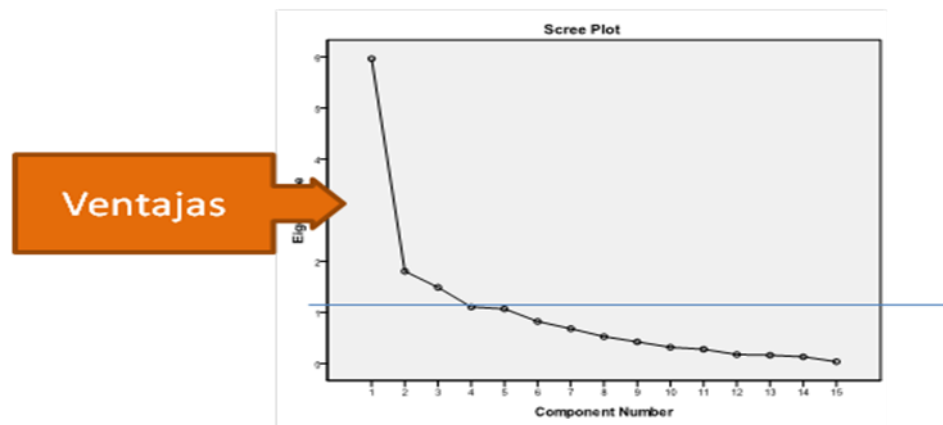


Figura 2. Curva de sedimentación para las variables ventajas.

A fin de evitar posibles ambigüedades, para este grupo de variables, también se generó la matriz de componentes rotada.

Para el tercer grupo de variables denominado Factores clave se realizó el mismo análisis, que para el grupo de variables denotadas como características y ventajas. La matriz de correlación y la Prueba de Bartlett y KMO, arrojando valores

favorables para continuar con el análisis factorial para este compendio de variables, luego se generó la Matriz anti-imagen, en el que se obtienen cuatro componentes.

Según el criterio de Cattell, se puede observar en el Figura 3, que para el grupo denominado "Factores Clave", se tienen 4 componentes antes de llegar al punto de inflexión.

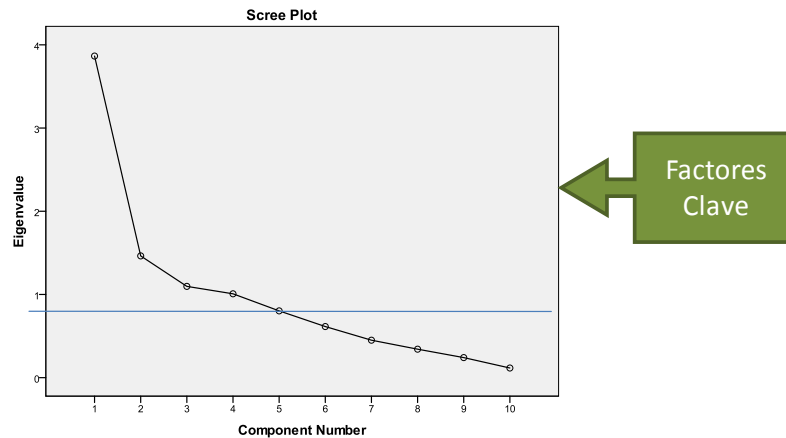


Figura 3. Curva de sedimentación para las variables factores clave.

En la Tabla 2 se muestran los componentes resultantes de cada grupo de variables producto del análisis factorial.

Tabla 2. Nombres asignados para los componentes resultantes del análisis factorial de cada grupo de variables.

	Componente	Nombre
Características	1	Unidad organizativa responsable del proceso de integración
	2	Apoyo en otros sistemas
Ventajas	1	Optimiza recursos
	2	Optimiza métodos de trabajo
	3	Mejora imagen de la organización
	4	Mejora capacitación del personal
	5	Motivación del personal
Factores Clave	1	Orientación hacia el proceso de integración
	2	Participación de todo el personal
	3	Apoyo de centros de capacitación
	4	Orientación al cliente

CONCLUSIONES

En cuanto a los avances teóricos de los sistemas integrados de gestión, se tiene que los mayores adelantos se han conseguido en Europa. Posiblemente motivado a factores como la cultura,

exigencias o normativas. La cultura motiva a cuidar el ambiente y velar por la protección de los recursos naturales disponibles.

Las variables clave en un sistema integrado de gestión que se identificaron son: características, ventajas y factores clave.

Como características están: contar con un área organizativa que vele por la gestión del sistema, bien sea por separado o integrado, disponer de un responsable de la integración, disponer de documentos comunes, tener un único plan de auditorías, apoyarse en otros sistemas de gestión más amplios.

Entre las ventajas se encuentran: mejores métodos internos de trabajo; mejor desempeño de los equipos multifuncionales; mayor confianza de los clientes; imagen positiva de la organización ante los clientes, la comunidad y los trabajadores; mayor coordinación de las múltiples auditorías; reducción de burocracia; reducción de costos; mejor formación del personal; mejor desarrollo y transferencia tecnológica de la organización, el personal está más motivado.

Y, entre los factores clave están: contar con una gestión por procesos, valorar al cliente, contar con una cultura hacia el cambio, complementar con modelos de gestión más amplios, tener claros los objetivos de integración, tener clara la importancia

de sistemas, ampliar el alcance del sistema, involucrar todo el personal, contar con la colaboración de centros de formación.

El análisis factorial permitió una reducción de variables a un número manejable de elementos, estos son: Contar con una unidad organizativa responsable del proceso de integración, apoyarse en otros sistemas, optimizar recursos y métodos de trabajo, mejorar la imagen de la organización, mejorar la capacitación del personal, tener la motivación del personal, estar orientado hacia el proceso de integración, contar con la participación de todo el personal, contar con el apoyo de centros de capacitación, estar orientado hacia el cliente

Adicionalmente, se destacan entre las razones que justifican la integración de los sistemas según las organizaciones consultadas están: mejorar internamente y mantener la competitividad, con la mayor frecuencia y otras razones con menor frecuencia son por directriz de la gerencia y exigencia de clientes internos o externos.

REFERENCIAS

AENOR. (2005) Norma Española UNE 66177. *Sistema de gestión. Guía para la integración de los sistemas de gestión. España.*

Bucci N. (2011). *Análisis del sistema integrado de gestión para las organizaciones desde la perspectiva sistémica. REDIP. UNEXPO. Vol. 1 No. 1. Febrero 2011. [Documento en línea]. Disponible en: <http://redip.bqto.unexpo.edu.ve>. [Consulta: 2012, Diciembre 24]*

Camison C., Cruz S., González T. (2007). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas.* Pearson. Prentice hill. España.

Ferguson Amores M., García Rodríguez M., Bornay Barrachina M. (2002). *Modelos de implantación de los Sistemas Integrados de Gestión de la calidad, el medio ambiente y la seguridad.* Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Vol. 8, N° 1. [Documento en línea]. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=251464>. [Consulta: 2012, Noviembre 22].

Fondonorma. (2013) *Fondo para la normalización y certificación de la calidad.* Caracas

Karapetrovic, S. y Willborn, W. (1998) *Integration of quality and environmental management systems*, The TQM Magazine, vol. 10(3).

Landero H., René y González R., Mónica T. (2007). *Estadística con SPSS y metodología de la investigación.* Editorial Trillas. México.

Montoya, O. (2007). *Aplicación del análisis factorial a la investigación de mercados. Caso de estudio.* Scientia et Technica. Año XIII. No. 35. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.google.co.ve/#output=search&scient=psy-ab&q=aplicacion+del+analisis+factorial+a+la+investigacion+de+mercados&oq=aplicacion+del+analisis+factorial&gs_l=hp.1.1.0i30I2.29510.35138.0.37231.33.

17.0.15.15.4.1789.6328.2-11j3j2j8-1.17.0...0.0...1c.1.11.psy-ab._wnaYP4GdeE&pbx=1&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.45645796,d.eWU&fp=7fc1572e0each1d0&biw=1280&bih=707. [Consulta: 2013, Abril 10]

Norma Internacional ISO 9004 (2009). *Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque Sistema de gestión de la calidad*. Suiza.

Norma Internacional ISO 19011 (2011). *Directrices para la auditoria de sistemas de Gestión*. Suiza.

Rodríguez M. y Ricart J. (2000). *Coordinación de los sistemas de gestión de Calidad, Medio ambiente y Salud*

laboral. IESE Universidad de Navarra. España. No. 419. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0419.pdf>. [Consulta: 2012, Noviembre 12]

Sanchez-Toledo Ledesma, A.; Abad Puente, J. y Rodríguez Modelo P. (2010). *Resultados esperados de una organización tras la integración de sistemas de gestión*. Seguridad y Medio ambiente No. 119. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n119/articulo1.html> [Consulta: 2013, Febrero 22].

Autores

Dunia Geosimir Duque Araque. Doctora en Gerencia. Ingeniero Industrial, Master in Business Administration (MBA), Maestría en Gerencia de empresas. Profesora del departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela.

E-mail: dduque@unet.edu.ve

Recibido: 17-09-2014

Aceptado: 15-12-2014

Diseño de estrategias de mercado a partir de la medición de calidad de servicio en la empresa Ingeniería de Bombas C.A.

Marketing strategies design from the quality service measurement of in "Ingeniería de Bombas C.A".

María Angélica Salama, Suely Silva, Leornado Roa

Palabras clave: calidad de servicio, estrategias de mercado, SERVQUALing

Key words: service quality, marketing strategies, SERVQUALing.

RESUMEN

El trabajo investigativo tuvo como objetivo el diseño de estrategias de mercado a partir de la medición de la calidad de servicio percibida por los clientes de la empresa Ingeniería de Bombas, compañía que se dedica a la comercialización de bombas neumáticas y accesorios ubicada en la ciudad de Valencia, Venezuela. Esta medición tiene como finalidad la generación de propuestas de mejora que permitan su permanencia, en el mercado nacional, teniendo en cuenta el ambiente externo estudiado a través del análisis de las cinco fuerzas del mercado propuestas por Porter, donde se identifican las oportunidades y amenazas. Para llevar a cabo la medición se aplicó un instrumento basado en el modelo SERVQUALing a una muestra compuesta por 146 clientes, los cuales fueron separados en 3 subgrupos de acuerdo a la frecuencia de compra de los mismos. A través del método SERVQUALing se obtiene la información cuantitativa relacionada con las debilidades y fortalezas de la empresa, y cómo influyen en la decisión del cliente a la hora de volver a adquirir un producto de acuerdo a sus percepciones y expectativas. Con esta información se genera la matriz DOFA, a partir de las cuales se establecen las estrategias de mercados.

ABSTRACT

The research has as an objective the marketing strategies design based on the quality of service measurements perceived by the customers of "Ingeniería de Bombas", which is a trading company of pumps and accessories located in Valencia, Venezuela. This measuring is intended to generate proposals for improvements that enable its maintenance in the domestic market considering the external environment studied through the five market forces analysis proposed by Porter, where opportunities and threats are identified. In order to carry the measurement, an instrument based on SERVQUALing method was applied to a sample of 146 customers who were divided into 3 subgroups according to the buying frequency. Quantitative information is obtained through the SERVQUALing method related to the importance of the areas to strengthen and how they affect the client's decision when repurchasing a product according to their perceptions and expectations. With these information is generated the DOFA matrix, from which is set the marketing strategies.

INTRODUCCIÓN

Para diseñar estrategias de mercado en la empresa Ingeniería de Bombas, se planificó un estudio a fin de medir la calidad del servicio prestado y así identificar debilidades y fortaleza, que sirven para completar la matriz DOFA, mientras que para el análisis externo se empleo el análisis de Porter.

La calidad consiste en traducir necesidades futuras del usuario en características mensurables, para que un producto pueda diseñarse y dar como resultado la satisfacción a un precio que el usuario pagará. La calidad engloba dos aspectos: el subjetivo que representa lo que el cliente quiere y el objetivo, que se basa en las propiedades del producto.

La calidad y la calidad de servicio son conceptos que se superponen desde el punto de vista de la satisfacción, obtener la percepción del cliente respecto al servicio surge de la comparación de las expectativas con la percepción que se tiene. El método propuesto para el análisis de la calidad de servicio es el SERVQUALing (Mejías, 2005) el cual plantea aplicar una encuesta y analizar los resultados, teniendo en cuenta su validez, obteniendo las variables en cuanto a calidad y los resultados. Estos resultados se agrupan en 5 dimensiones (elementos tangibles, empatía, seguridad, capacidad de respuesta, fiabilidad). Factores determinantes en el desarrollo de cualquier empresa prestadora de servicios.

La calidad de servicio como indicador, para el caso en estudio, será medido mediante el uso de encuestas como instrumento. Para el análisis de la información obtenida se utilizará el paquete estadístico (SPSS) Statistical Package for Social Sciences. Las cuales traducen como Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales. Este programa realiza un análisis de la correlación de los datos y sus dimensiones, con la finalidad de convertir datos estadísticos en información esencial para la toma de decisiones.

Adicionalmente, Tamayo y Tamayo (2000), un análisis factorial consiste en la “descomposición de un fenómeno en sus factores los cuales pueden enfocarse desde diferentes puntos de vista”. Este análisis factorial proporcionará el apoyo necesario para la aplicación posterior del análisis multivariante, que es definido según Salvador (2000) como: “El conjunto de métodos Estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente conjuntos de datos multivalentes en el sentido de que hay varias variables medidas para cada individuo u objeto estudiado”.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Tamayo y Tamayo. (2000) propone a la investigación descriptiva como “El énfasis se aplica

La medición de la calidad de servicio proporciona a las empresas mediante su estudio el entendimiento de las percepciones del cliente y señala las debilidades y fortalezas con el fin de la mejora continua tan importante en el mantenimiento en la economía actual.

El modelo SERVQUAL ha servido como base a adaptaciones, una de estas es el llamado SERVQUALing el cual es un diseño asociado a la percepción de los clientes (Mejías, 2005). La variable a medir es el nivel de servicio que ofrece ingeniería de bombas a sus clientes. Para lo cual fue necesario delimitar los aspectos claves que conforman el sistema a estudiar: Elementos Tangibles, Fiabilidad, Capacidad de Respuesta, Seguridad y Empatía.

Para poder evaluar la calidad de servicio en Ingeniería de bombas es fundamental conocer cómo se ha comportado la cartera de clientes en los últimos tres años (Tabla 1), del análisis del registro de ventas se puede evidenciar que ha experimentado año a año ciertos movimientos en el número de clientes en el 2008 al 2009 y del 2009 al 2010, teniendo un crecimiento del 35,19% específicamente en el periodo 2010, aunque este aumento se debe en su mayoría a las relaciones públicas y no a una estrategia publicitaria, por lo que se plantea la necesidad de conocer cuáles factores influyeron en los clientes que dejaron de comprar, en los clientes nuevos y a los clientes frecuentes para tener bases sólidas en la mejora de la calidad de servicio como método de posicionamiento en el mercado. A pesar de no conocer la percepción del cliente, la empresa ha experimentado un crecimiento de 34,19% para el periodo de estudio (2010). Para garantizar este crecimiento sostenido la empresa busca conocer la percepción del cliente a través de la medición de su calidad de servicio.

al análisis de los datos con los cuales se presentan los fenómenos o hechos de la realidad, que, dada su similitud, es necesario describir sistemáticamente a fin de evitar un posible error en su manejo”

Este proyecto es de tipo descriptivo ya que consiste en el registro, análisis, interpretación y medición del nivel servicio percibida por los clientes de la empresa Ingeniería de Bombas para el periodo de estudio. En cuanto al nivel de la investigación, el diseño de campo, se encuentra dividido a su vez de en categorías de acuerdo con el manejo metodológico, las áreas con las cuales la investigación a realizar se puede enlazar son el diseño de encuesta y el diseño estadístico, esta clasificación definida a través de los conceptos Tamayo y Tamayo (2000). Por lo que el nivel se considera de campo, porque el contacto es personal con los clientes y la toma de información se lleva cabo de manera directa.

Población y Muestra

La población de estudio es finita y está delimitada por las empresas domésticas y agrónomas del estado Carabobo que tuvieron contacto con la empresa desde 2008 hasta el 31 de Octubre del 2010. Dicho base de datos, es considera como el periodo de estudio para la presente investigación.

La población específica de estudio serán los clientes que han comprado a crédito en estos años,

ya que representan el 88% de los ingresos anuales en la compañía. El muestreo se realiza clasificando a los clientes en: frecuentes, nuevos y los que compran con cierta regularidad, por lo cual se obtendrán las 3 muestras finitas. Para la investigación se realizó un muestreo estratificado (Tabla 1), en el cual los elementos de la muestra serán proporcionales a su presencia en la población, y en el caso específico del estudio que se quiere llevar a cabo al aporte económico de cada uno de los sectores en los ingresos de la compañía.

El tamaño de la muestra (1) está determinado propiamente por el nivel de precisión requerido y por el error de muestreo aceptable, para el caso de la investigación se tomará un nivel de confianza del 90% y un error del 5%.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} = 145,285 \text{ Cliente:} \quad (1)$$

Aplicado a 146 clientes estratificándolos de acuerdo con su aporte económico (Tabla 2), y para el caso del análisis interno se aplicó la encuesta a 6 personas.

Tabla 1. Estratificación según aporte y tipo de cliente.

Tipo de Cliente	Clasificación	Aporte (%)
Cliente A	3 años consecutivos (frecuente)	26,03
Cliente B	Cliente atractivo 2 de 3 años compra	33,52
Cliente nuevo	Cliente nuevo	40,45

Tabla 2. Estratificación según aporte económico.

Tipo de Cliente	Aporte Económico (%)	Muestra según sector
Cliente A	26	38
Cliente B	34	50
Cliente C	40	58
Total	100	146

Diseño del modelo de encuesta

El diseño de la encuesta se basa en una adaptación del modelo SERVQUALing desarrollado por Mejías (2005) el cual a su vez es una adaptación del SERVQUAL de Berry, Parasuraman y Zeithaml (1991).

Como resultado de la adaptación del modelo SERVQUALing a Ingeniería de bombas se adecuó del instrumento al contexto de la empresa, y la variable a medir es el nivel de servicio de la empresa Ingeniería de Bombas.

La encuesta aplicada consta de 23 items (Tabla3), a través de la escala Likert con amplitud 7

(1=totalmente en desacuerdo, 7=totalmente de acuerdo) y se estudiaron las dimensiones en la Tabla 4.

Tabla 3. Variables

Nº	Definición
V1	La empresa Ingeniería de Bombas tiene una apariencia moderna.
V2	Cuando Ingeniería de Bombas promete algo en un tiempo establecido, cumple con este compromiso.
V3	El personal de la institución está dispuesto a ayudarle
V4	Los empleados de Ingeniería de Bombas, les dan una atención personalizada a sus clientes.
V5	El personal de la institución es amable con usted
V6	Cuando un cliente presenta un problema, la institución muestra un sincero interés en solucionarlo
V7	El comportamiento del personal de la institución inspira confianza
V8	La empresa de servicios tiene equipos de apariencia moderna
V9	El personal de la institución realiza bien el servicio a la primera vez
V10	Ingeniería de Bombas tiene horarios de trabajo convenientes para todos los clientes
V11	Los empleados de Ingeniería de Bombas tienen una apariencia pulcra.
V12	El personal de la institución se encuentra disponible para atenderle
V13	Las instalaciones físicas de la empresa de servicios son visualmente atractivas
V14	Los empleados de Ingeniería de Bombas se preocupan por sus mejores intereses.
V15	El personal tiene conocimientos suficientes para responder a sus preguntas
V16	En Ingeniería de Bombas concluyen el servicio en el tiempo prometido.
V17	El personal de la institución mantiene sus expedientes sin errores
V18	El personal de la institución le ofrece un servicio puntual
V19	Los materiales de Ingeniería de Bombas relacionados con el servicio (folletos, información de internet, etc) son visualmente atractivos.
V20	Los empleados de Ingeniería de Bombas, informan con precisión a los clientes cuando concluirá la realización de un servicio.
V21	El personal de la institución comprende las necesidades de sus clientes
V22	Las bombas de agua son visualmente atractivas
V23	Como considera según la escala la calidad de servicio de Ingeniería de Bombas.

Tal y como se observa los ítems de la Tabla 3, están adecuados al tipo de actividad y servicio que presta la empresa en estudio, este es el resultado de la adecuación del modelo de SERVQUALing

Tabla 4. Dimensiones de estudio SERVQUAL.

Dimensión	Significado
Elementos Tangibles (T)	Apariencia de las instalaciones físicas, equipos, empleados y materiales de comunicación
Fiabilidad (RY)	Habilidad de prestar el servicio prometido de forma precisa
Capacidad de Respuesta (R)	Deseo de ayudar a los clientes y de servirles de forma rápida
Seguridad (A)	Conocimiento del servicio prestado, cortesía y habilidad para transmitir confianza al cliente
Empatía (E)	Atención individualizada al cliente

Las variables totales estudiadas son 23, y de las cuales 2 tienen el fin de determinar la fiabilidad y validez del instrumento (Tabla 5)

Fases de la Investigación

Fase 1: recolección de información, esta primera etapa de investigación fue de recolección de información relacionada con el tema para entender, familiarizarse con los términos y formas de abordar el contenido. Así como las actividades comerciales de la empresa Ingeniería de Bombas, su campo de acción, métodos de ventas, productos y servicios prestados.

Fase 2: Recolección y validación de datos, lo cual consistió en manejo de base de datos de la empresa en cuanto al número de clientes y su registro histórico de movimientos en los años a estudiar, para establecer el periodo de estudio como: 2008, 2009 y 2010. Adaptación de encuestas, selección de los clientes y aplicación de la encuesta,

posteriormente la revisión en el paquete SPSS y validar sus resultados obtenidos.

Fase 3: Análisis de resultados, después de validar los resultados obtenidos se agruparon de acuerdo con la relación que tengan entre si las variables, descartando así las variables que no tengan un aporte significativo para el desarrollo posterior de las estrategias de mercados.

Fase 4: Análisis del medio externo, a través de los factores externos que afectan a la empresa como lo son compradores, proveedores, competencia, productos sustitutos entre otros.

Fase 5: Análisis DOFA, en donde se integraron los resultados del análisis de factores, a través de los cuales se identificaron fortalezas y debilidad, con el análisis externo, del cual se obtuvieron las oportunidades y amenazas, para así generar las estrategias de mercados.

DISCUSIÓN.

Análisis de factores

Una vez recogida la información correspondiente a la las encuestas se procesaron los datos con el paquete estadístico SPSS 19, se seleccionó el análisis de factores cuyo resultado indica las variables que tiene incidencia en la calidad de servicio, por lo cual permitirá la identificación de

las áreas potenciales de mejora. En el modelo elegido a través de la fiabilidad y extracción de datos se obtiene un valor de 0,806 del KMO como medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin, una varianza de 64,58% y un determinantes de 0,031. Todos estos valores se encuentran entre los aceptados para este tipo de estudio.

Posteriormente mediante el método de extracción de componentes principales a partir de la

correlación entre variables y la rotación ortogonal de los componentes con el método VARIMAX se logra agrupar las variables en cuatro dimensiones (Tabla 5).

Tabla 5. Matriz componentes Rotados.

Variable	1	2	3	4
VAR12	,792			
VAR03	,779			
VAR18	,669			
VAR07	,653			
VAR09		,780		
VAR06		,715		
VAR21		,705		
VAR13			,772	
VAR08			,763	
VAR17			,540	
VAR05				,869
VAR15				,647

El objetivo principal fue determinar el número mínimo de factores comunes, capaces de reproducir un modelo que mida el nivel de servicio en Ingeniería de Bombas. En el caso se aprecia que de 5 dimensiones (Tabla 4) y 23 variables (Tabla 3), luego de aplicar el análisis de los factores, el modelo resultante que explica la relación entre 12 variables agrupadas en 4 dimensiones (Tabla 5)

A partir de las variables resultantes, se realiza la clasificación en debilidades y fortalezas (Tabla 7), en función de la percepción de los resultados de percepción de los clientes

Fiabilidad del instrumento

Para el análisis de fiabilidad se utilizó el Alfa de Cronbach, por ser un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando selecciona información defectuosa y por tanto lleva a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes. Para el modelo presenta un valor de 0,806 el cual es aceptado ya que “valores por encima de 0,8 indican consistencia muy aceptable para los elementos de la escala, y valores por encima de 0,9 indican “gran consistencia” (Pérez, 2005 citado por Maneiro et al., 2008).

Validez del instrumento

La validez del contenido se encuentra avalada por la corrección por parte de experto. En cuanto a la validez de concurrente, es válida a través del análisis de factores y a la validación predictiva mediante el uso de regresión lineal, comparando el ítem predictivo con la combinación lineal de cada una de las dimensiones arrojadas en el estudio se plantea que el mismo tiene validez predictiva.

Contraste de visión interna de la organización y percepción de los clientes de ingeniería de bombas.

La encuesta se aplicó a 146 clientes externos: 38 Tipo A, 50 Tipo B y 58 Tipo C, para tener los resultados de la percepción externa, mientras que para la percepción interna, se basó en la perspectiva de los clientes internos, que son los empleados de la empresa que tienen relación directa con los clientes, que en este caso son 6, arrojando resultados comparables con los resultados aplicados a los externos, para cada una de las dimensiones de estudio (Tabla 6).

Percepción interna vs externa

Se procedió a realizar el gráfico de radar entre la percepción interna (empleados) vs la externa (clientes) para las dimensiones (Figura 1) se evidencia la separación existente entre las percepciones de la calidad entre clientes internos y

externos de la empresa, se utilizó como parámetro para considerar que existía una brecha cuando la diferencia de las percepciones $\geq 0,05$, (Tabla 6) por lo que las dimensiones que presentan brecha son:

- Fiabilidad (2) específicamente en cuanto a la capacidad y habilidad de prestar servicio prometido en forma precisa
- Capacidad de Respuesta (3) en este caso se refiere a la capacidad de respuesta al cliente y la disposición en la atención en cualquier momento.

En el análisis de las cinco dimensiones tanto para los clientes internos como externos de Ingeniería de Bombas se puede apreciar una coincidencia en la apreciación de las fortalezas y debilidades, tal y como se señaló anteriormente las debilidades identificadas son variables pertenecientes a las

dimensiones de Fiabilidad y Capacidad de Respuesta.

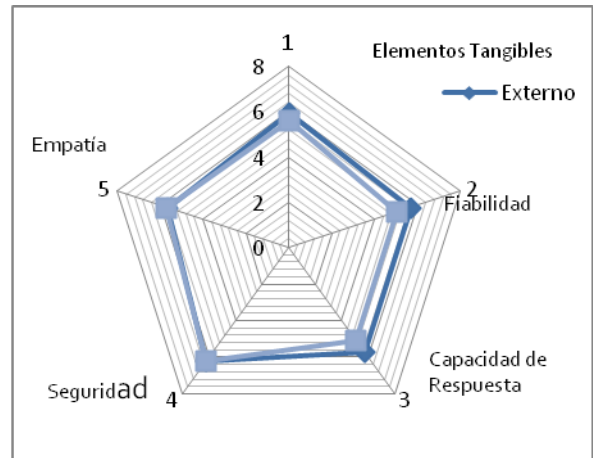


Figura 1. Percepción Interna vs Externa.

Tabla 6. Percepción Interna vs Externa.

Dimensión	Variable	Percepción Interna	Percepción Externa	(Externo-Interno)
1	1	5,3	5,7	
	2	5,9	5,8	
	3	5,9	6,39	5,94
	4	5,3	5,86	
2	5	4,8	5,55	
	6	5,4	5,87	
	7	5,2	5,67	5,69
	8	4,5	5,46	
3	9	5,4	5,91	
	10	4,94	5,38	
	11	4,28	5,64	5,70
	12	5,89	6,01	
4	13	5,11	5,78	
	14	6,06	6,22	
	15	6,28	6,12	6,19
	16	6,22	6,20	
5	17	6,28	6,23	
	18	5,22	5,78	
	19	5,72	5,74	5,66
	20	5,89	5,39	
	21	5,94	5,71	

Tabla 7. Debilidades y Fortalezas.

Fortaleza	Descripción	Debilidades	Descripción
F1	Apariencia Moderna de Instalaciones Físicas.	D1	Realización de un buen servicio a la primera vez.
F2	Percepción de seguridad en transacciones con la empresa.	D2	Interés en la solución de Problemas.
F3	Amabilidad por parte de los empleados.	D3	Disponibilidad de Atención.
F4	Conocimientos técnicos.	D4	Rapidez de Servicio.
F5	Atención personalizada.	D5	Cumplimiento en los plazos de culminación de servicio.
F6	El comportamiento de los empleados transmite confianza.	D6	Horarios de atención.

Análisis de las fuerzas de Porter

Este análisis se realiza con el fin de identificar oportunidades y amenazas que afectan a la empresa Ingeniería de Bombas que luego serán usadas en la matriz DOFA, para este análisis se

procedió a identificar para las cinco fuerzas de Porter, (citado por Hax, A y Majluf, N, 1993) (Tabla 8): barreras de entrada, poder de los proveedores, poder de los compradores, rivalidades entre competidores, y acciones del gobierno.

Tabla 8. Análisis de las fuerzas de Porter.

Reglón	Clasificación
Barreras de entrada	
Requerimiento de capital	Oportunidad
Diferenciación del producto	Amenaza
Identificación de la marca	Oportunidad
Canales de distribución.	Amenaza
Tecnología	Amenaza
Efecto de la experiencia	Oportunidad
Poder de los proveedores	
Número de proveedores.	Oportunidad
Relación con los proveedores.	Oportunidad
Integración de los proveedores hacia adelante	Oportunidad
Integración de la industria hacia atrás	Oportunidad
Posibilidad de nuevos proveedores	Neutro.
Poder de los compradores	
Cantidad de compradores	Oportunidad.
Disponibilidad de sustituto	Oportunidad.
Costo del cambio de comprador	Amenaza.
Amenaza Integración hacia Atrás	Oportunidad.
Amenaza Integración hacia Adelante	Oportunidad.
Rentabilidad de compradores	Oportunidad.
Rivalidad entre compradores	
Concentración y equilibrio	Amenaza.

Tabla 8. Análisis de las fuerzas de Porter. (Continuación)

Renglón	Clasificación
Crecimiento de la industria	Neutro.
Características del producto	Amenaza.
Posicionamiento Extranjero	Amenaza
Políticas Gubernamentales	Amenaza
Acción del Gobierno	
Protección a la industria.	Neutra
Consistencias de políticas	Amenaza
Movimiento de capital.	Amenaza
Tarifas aduaneras	Neutra
Tasas de cambio	Neutra
Ayuda a los competidores	Amenaza

Las oportunidades y amenazas detectadas a partir de la aplicación de las fuerzas de Porter (Tabla 9), son la clave para la elaboración de la matriz DOFA.

Tabla 9. Oportunidades y Amenazas.

Oportunidad	Descripción	Amenaza	Descripción
O1	Número de compradores importantes	A1	Costos de cambios del comprador
O2	Disponibilidad de Productos Sustitutos	A2	Acceso a canales de distribución
O3	Experiencia y Trayectoria	A3	Políticas Gubernamentales
O4	Diferenciación del Producto	A4	Movimiento de capital entre países
O5	Requerimientos de Capital	A5	Contribución de proveedores a Calidad de Servicio
O6	Barreras Emocionales	A6	Disponibilidad de Sustitutos

Estrategias de Mercado

Se presentan las estrategias de mercado (Tabla 10), que surgen de cruzar las oportunidades, amenazas identificadas, con las fortalezas y debilidades

resultantes del análisis de percepción del nivel de servicio de los clientes internos y externos de la empresa ingeniería de bombas.

Tabla 10. Estrategias de Mercado

Estrategias DO	Estrategias FO
D4O1. Aumentar en el número de vendedores en mostrador	F2O1. Clasificar a los clientes según compras. Sistemas de puntos y descuentos
D2O3. Implementar sistema de manejo de quejas y reclamos según ISO 10.002	F3O1. Reubicar de vendedores en el área de atención al cliente
D6O4. Crear línea de Emergencia con horario extendido	F5O3. Crear incentivos para los vendedores en la búsqueda y atención de nuevos clientes
D5A2. Contratar o comprar medios de transporte para distribución	F4A4. Investigar para participar y licitar en proyectos de estado

Tabla 10. Estrategias de Mercado. (Continuación)

Estrategias DA	Estrategias FA
D1A1. Hacer seguimiento a clientes y servicios, garantías extendidas	F1A1. Promover el uso de página de internet como medio de consulta y compra
D5A3. Establecer alianzas con el gobierno para agilizar permisos de importación	F4A5. Utilizar por parte de empleados de recursos tecnológicos para agilizar ventas

CONCLUSIONES

El uso del modelo SERVQUAL y SERVQUALing se adaptó para identificar, las necesidades y percepción de la calidad de servicio de la empresa Ingeniería de Bombas, tanto para los 146 clientes externos encuestados, como para los 6 empleados de la empresa.

A través del análisis de factores, se logra identificar y agrupar las variables que le aportan mayor peso a la medición de la calidad de servicio, ya que reduce y señala las dimensiones a tratar, a partir de las cuales se clasifican en debilidades y amenazas. Inicialmente se contemplaron 23 variables agrupadas en 5 dimensiones y luego de aplicar el análisis de los factores se redujo a 12 variables agrupadas en 4 dimensiones.

REFERENCIAS

- Berry, L, Parasuraman y Zeithaml, A. (1991). *Calidad total de servicios*, España: Edit Diaz de Santos Dimensiones servqual Documento en línea: Recuperada de: <http://www.calidad-gestion.com.ar>. (Consultado, diciembre 2011).
- Hax, A y Majluf, N (1993). *Gestión de Empresa con una visión estratégica*, Santiago, Chile: Dolmen Ediciones S.A
- Maneiro, N., Mejías, A.; Romero, M., Zerpa, J. (2008). *Evaluación de la calidad de los servicios, una experiencia en la educación superior venezolana*. *Educere*, 012 (043)

A través del análisis de las fuerzas de Porter, se identifican las oportunidades y amenazas para Ingeniería de Bombas para el año 2012, que al ser cruzadas con las debilidades y fortalezas, se generan estrategias de mercado orientadas a mejorar la calidad de servicio de la empresa.

La medición de calidad de servicio es un herramienta que permitió a la empresa Ingeniería de Bombas, a través de un análisis estadístico identificar cuáles son las variables que tienen incidencia en la calidad de servicio que prestan a sus clientes, y que fueron claves para la generación de estrategias de mercado orientadas tanto para mejorar las debilidades identificadas como potenciar las fortalezas, lo cual se traducirá en una mejora en la calidad de servicio prestado.

- Mejías, A (2005). *Modelo para medir la calidad del servicio en los estudios Universitarios de Postgrado*. *Universidad, Ciencia y Tecnología*. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10 (34), 81-85.

- Tamayo y Tamayo, M. (2000). *El proceso de la investigación científica*. Fundamentos de investigación. Méjico D.F., Méjico: Limusa.

- Salvador, M. (2000). *Introducción al análisis multivariante*. [Documento en línea] Recuperada de: [5campus.com](http://www.5campus.com), estadística <<http://www.5campus.com/leccion/anamul>>

Autores

María Angélica Salama. Dpto. de Ingeniería Industrial, Área de Economía y Mercados. Universidad de Carabobo. Bárbula.

E-mail: masg27@gmail.com

Suely Silva. Ingeniero Industrial

E-mail: ssilva@uc.edu.ve

Leonardo Roa. Ingeniero Industrial

E-mail: lroa@uc.edu.ve

Recibido: 12-08-2014

Aceptado: 15-12-2014

Uso de software para el entrenamiento en calificación de velocidad para los estudios de tiempos

Using software for training speed rating for studies of times.

Jadlyn González

Palabras clave: software, calificación de velocidad, ingeniería de métodos, entrenamiento, recurso didáctico.

Key words: software, speed rating, methods engineering, training, teaching resource.

RESUMEN

Uno de los aspectos importantes en el estudio de tiempos con cronómetro es la calificación de velocidad, cuyos métodos de estimación son todos subjetivos, por lo que se requiere de mucha práctica y entrenamiento adecuado en los analistas. Esta investigación tiene como objetivo determinar si el uso del software para el entrenamiento en calificación de velocidad en las prácticas de laboratorio de estudiantes de ingeniería de métodos, influye en un mejor adiestramiento de los alumnos en el método subjetivo de calificación de velocidad para los estudios de tiempos. El nivel de la investigación es descriptivo con un diseño experimental, donde se definieron dos grupos representados por 59 estudiantes quienes cursaban la cátedra de Ingeniería de Métodos II en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, durante el periodo lectivo 1-2014. El grupo de control, integrado por 27 estudiantes, recibió el entrenamiento de calificación de velocidad de la forma tradicional (con uso de videos y televisor) y el otro grupo, integrado por 32 alumnos, realizó la práctica en dos fases, primero de la forma tradicional, y luego con el uso del software diseñado. Los resultados demuestran que cuando se utilizó el software para el entrenamiento en calificación de velocidad, un mayor número de estudiantes (34,7%) alcanzó el objetivo de ser entrenados, ya que la probabilidad de que sus calificaciones se encontraran dentro de los límites permisibles fue mayor a 80%, y un 56,25% obtuvo una

probabilidad mayor a 50%; en contraste con el grupo de control donde solo un 3,27% logró el entrenamiento.

ABSTRACT

One of the important aspects within a time study with chronometer is the speed rating, which estimation methods are all subjective, so it requires a lot of practice and proper training analysts. This research purposes to determine if the use of software for training in laboratory rating speed practices of I methods engineering students influences better students training in subjective scoring method of speed studies times. The research level is descriptive with an experimental design, where two groups represented by 59 students were enrolled in the department of Engineering Methods II at the School of Industrial Engineering at the University of Carabobo, during the teaching period defined 1-2014. The control group, integrated for 27 students, received training qualifying speed in the traditional way (with use of videos and TV) and the other group of 32 students, made the practice in two phases, first in the traditional form, and then using a designed software for training in speed rating. The results show that when using the software for training in speed rating, a larger number of students (34.7%) reached the target of being trained, ought to the probability that their grades were within the permissible limits were greater than 80% and 56.25% obtained a greater than 50% probability; in contrast to the control group where only 3.27% achieved training.

INTRODUCCIÓN

Con los crecientes niveles de competitividad empresarial, en el marco de la globalización, existe

la necesidad de que las organizaciones dirijan sus esfuerzos en alcanzar, cada vez, una mayor productividad en sus procesos. Al respecto, la ASETEMYT (2004), menciona que la productividad de la empresa está altamente influenciada por los

métodos de trabajo, los tiempos estándares y la motivación del trabajador debido al diseño adecuado del trabajo. Resulta trascendental, para una empresa, definir estándares confiables que le permitan determinar la producción máxima por jornada, establecer tasas salariales, costos por unidad de producción, realizar distribución en planta, cálculo de números de operarios, costos de mano de obra, tal como lo señala Burgos (2009), por lo que se evidencia la gran importancia que tienen los estudios de tiempos.

Considerando la importancia de la medición del trabajo para el establecimiento de estándares, se requiere que los analistas de tiempos estén debidamente capacitados para ello, pues cualquier error en los estándares definidos puede generar consecuencias indeseables en la empresa. De acuerdo a Hodson (1996), un estudio de tiempos se define como el procedimiento usado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado. Asimismo, este autor refiere que la técnica para la medición del trabajo usada con mayor frecuencia en la industria es el cronometrado, la cual siempre debe estar acompañada de la calificación de velocidad.

Al respecto, Niebel (2004) señala que la calificación del desempeño es tal vez el paso más importante en todo el procedimiento de medición del trabajo y también el más sujeto a críticas. Esto corrobora lo mencionado por Hodson (1996) al referir que las compañías que no utilizan la valoración del desempeño en sus estudios de tiempo, muestran grandes inconsistencias en sus estándares. En este orden de ideas, resulta necesario que los ingenieros industriales sean formados adecuadamente en los procedimientos de medición del trabajo, incluyendo la calificación de velocidad, a fin de que sean capaces de generar estándares consistentes y confiables.

Aún cuando existen varios métodos de calificación de velocidad, todos ellos son subjetivos y requieren de mucho entrenamiento para el analista con el propósito de lograr que reúna las mínimas

características necesarias que, de acuerdo a Burgos (2009), son: precisión, sencillez y consistencia. En el mismo contexto, Niebel (2004) refiere que los diferentes métodos de calificación de velocidad dependen de la subjetividad y honestidad de quien califica, por tanto es imprescindible capacitar ampliamente al analista de estudio de tiempos para que asigne calificaciones adecuadas y consistentes; enfatizando, además, la importancia de que los analistas sean personas íntegras en todos los sentidos.

Niebel (2004) también refiere que muchos estudios han demostrado que sí es posible lograr la capacitación en analistas. En tal sentido, Burgos (2009) menciona la metodología comúnmente utilizada para entrenar a analistas en la calificación de velocidad, que consiste en la observación de grabaciones de actividades ejecutadas a diferentes ritmos, donde el analista debe estimar la calificación de velocidad de las escenas proyectadas y después se compara con las calificaciones verdaderas. El entrenamiento se logra cuando existe una alta probabilidad de que las medias de las calificaciones efectuadas por el analista se encuentren dentro de $\pm 5\%$ de la calificación verdadera.

Ahora bien, en la cátedra de Ingeniería de Métodos II de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, se capacita a los estudiantes en las diferentes técnicas de medición del trabajo, incluyendo el entrenamiento en calificación de velocidad, a través de una serie de prácticas de laboratorio. Sin embargo, en relación a la calificación de velocidad, se ha observado que, por ser una metodología subjetiva que requiere suficiente entrenamiento, no todos los alumnos logran el objetivo deseado con las estrategias y recursos actualmente utilizados.

En efecto, para el 1er período lectivo del año 2012, se evidenció que, de un total de 86 estudiantes, solo el 2,32%, logró cumplir con el objetivo de la práctica de calificación de velocidad; es decir, solo 2 estudiantes, lograron ser bien entrenados con esa herramienta, puesto que la probabilidad de que la media de sus calificaciones se encontrara dentro de

los niveles de precisión permitida (+/- 5%) fue bastante alta (superior al 80%), todo lo contrario de la mayoría del grupo de estudiantes cuyo valor de dicha probabilidad fue inferior al 20%.

Un análisis de la práctica de calificación de velocidad y de los reportes realizados por los estudiantes en los últimos años, permitió identificar las debilidades observadas y, considerando los aspectos importantes del entrenamiento en calificación de velocidad, se diseñó un software educativo que permite el entrenamiento de analistas en la calificación de velocidad. El lenguaje de programación en el cual fue diseñado el software es PHP, el cual es un software libre y, de acuerdo a Gerken y Ratschiller (2.001), puede ser ejecutado en la mayoría de los servidores web, al igual que en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin ningún

costo. Para ejecutar el programa, es necesario tener instalada una distribución del servidor web APACHE y el gestor de base de datos MySQL. La figura 1 muestra las ventanas de dicho programa, el cual puede ser usado como recurso didáctico en cualquier institución y organización.

Es importante destacar que este programa se ejecuta desde un navegador web (preferiblemente Chrome, Firefox u Opera) y, a través de él, se pueden visualizar videos cuyo formato debe ser *.webm y con un tamaño menor a 20 MB cada uno. Desde la ventana principal del programa se tiene acceso a todos los módulos del programa, los cuales permiten la carga de los videos, visualización de videos y registro de estimaciones personales de calificación de velocidad, registro de valores verdaderos y la sección de gráficas y determinación de cálculos probabilísticos.

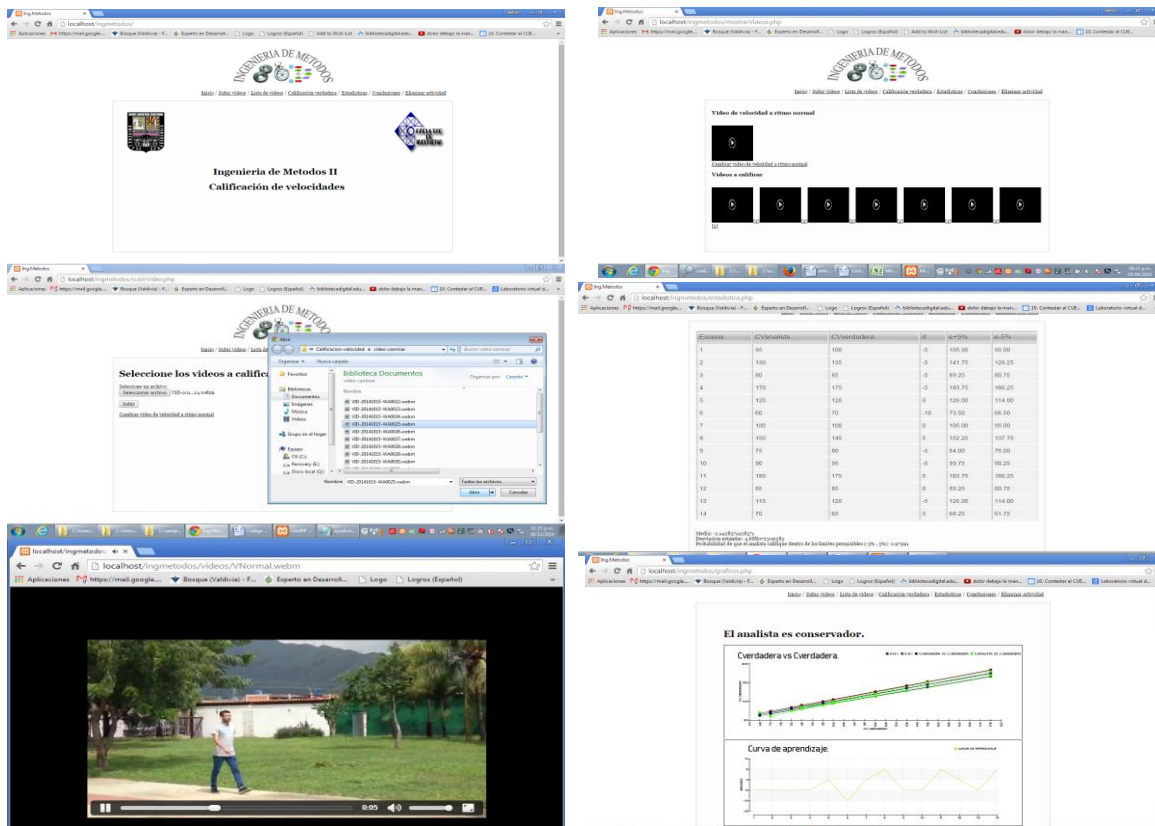


Figura 1. Conjunto de ventanas del software para entrenamiento en calificación de velocidad empleado en la investigación.

En la figura 1 también se muestra el módulo de visualización de la lista de videos, que se presenta una vez que se han cargado todos los videos que se deseen visualizar para su posterior calificación de velocidad. Allí, se despliega un recuadro para que el analista coloque su juicio y califique la actuación de cada escena proyectada. Igualmente, posee el video de referencia (ejecución a ritmo normal), para que el analista pueda acceder a él en cualquier momento y comparar el ritmo de ejecución, hasta que haya adquirido la habilidad suficiente.

De acuerdo a Cataldi (2.000), el software educativo es un programa de computación realizado con la finalidad de ser utilizado como facilitador del proceso de enseñanza y consecuentemente del aprendizaje. En ese sentido, el software diseñado permite que los alumnos tengan acceso a realizar las prácticas de calificación de velocidad en varias oportunidades, a fin de adquirir la destreza necesaria, y se pueda validar, finalmente, si lograron ser entrenados debidamente en esta metodología como analistas de tiempos. El programa también ofrece la opción de que, una vez terminada las calificaciones de velocidad para

todas las escenas proyectadas, el analista pueda observar las gráficas de consistencia, comparar resultados con los verdaderos y determinar la probabilidad de que sus calificaciones estén dentro de los límites permitidos. De esa forma, él puede saber inmediatamente si ya se cumplió el objetivo y ha logrado el entrenamiento adecuado, o requiere continuar con otras prácticas de calificación de velocidad. Otra de las bondades del programa es la opción de agregar diferentes videos de diferentes actividades, lo que permite ampliar el uso, y no limitarse a las actividades comunes de "caminar" y repartir barajas", sino que puede usarse para algún puesto de trabajo específico que se requiera evaluar.

Con base en lo anterior, el objetivo del estudio es determinar si el uso del software para el entrenamiento en calificación de velocidad en las prácticas de laboratorio de la cátedra de Ingeniería de Métodos II, influye en el adecuado adiestramiento de los alumnos en los métodos subjetivos de calificación de velocidad para los estudios de tiempos.

DISEÑO METODOLÓGICO

El nivel o alcance de la investigación es descriptivo, ya que se pretende conocer o describir la relación que pueda existir entre el uso de un software para el entrenamiento en calificación de velocidad y la adquisición de la competencia en calificar velocidad por parte de los alumnos cursantes de la cátedra de Ingeniería de Métodos II. Por su parte, el diseño de investigación, referido al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea, se corresponde al denominado por Hernández, Fernández y Baptista (2010) como diseño experimental, dado que existe manipulación de una variable independiente, dentro de una situación de control para el investigador, para su posterior análisis. En este caso, la variable independiente está referida al recurso usado para el entrenamiento de calificación de velocidad en las

prácticas de laboratorio de Ingeniería de Métodos II.

La unidad de análisis de la investigación está representada por 59 estudiantes pertenecientes a la escuela de ingeniería industrial de la Universidad de Carabobo, quienes estaban cursando la cátedra de Ingeniería de Métodos II durante el periodo lectivo 1-2014. La población estuvo dividida en dos grupos, uno integrado por 27 estudiantes (sección 32) y el otro grupo integrado por 32 alumnos (sección 31).

Para efectos de la investigación, el grupo de 27 alumnos se denomina "grupo de control" debido a que realizó la práctica de calificación de velocidad según la metodología que tradicionalmente se sigue en el laboratorio, la cual consiste en la presentación de un video que contiene las actividades "caminar" y "repartir barajas" ejecutadas a diferentes ritmos, con el fin de que el

alumno realice la calificación subjetiva de la actuación, y luego se dictan los valores de calificación verdadera para que los estudiantes puedan graficar los resultados de la práctica y determinar la probabilidad de que sus calificaciones se encuentren dentro de los límites permisibles. Es importante resaltar que el objetivo de la práctica es entrenar a los alumnos en el método subjetivo de calificación de velocidad y se considera que el alumno ha logrado el objetivo cuando posee una alta probabilidad de que sus calificaciones se encuentren dentro de +/-5%.

Por otro lado, el grupo de 32 alumnos se denomina "grupo experimental" pues fue expuesto a realizar la práctica, primero siguiendo la metodología tradicional, y una semana posterior, se le llevó al laboratorio de computación de la escuela, donde

los alumnos utilizaron la herramienta informática diseñada para el entrenamiento en calificación de velocidad, con los videos de las actividades "caminar" y "repartir barajas" ejecutadas a diferentes ritmos, teniendo que guardar e imprimir los resultados de la práctica realizada.

Una vez que ambos grupos entregaron los reportes de la práctica, se tabularon los resultados de la probabilidad de que las estimaciones de velocidad de cada uno de los estudiantes se encontraran dentro del +/- 5% del valor verdadero, y se analizaron dichos datos a fin de observar si existe una relación entre el uso de la herramienta informática para el entrenamiento en calificación de la actuación y el logro del objetivo de la práctica.

DISCUSIÓN

Comparación de resultados de la práctica en ambos Grupos

Después de realizar la práctica de calificación de velocidad, tal como se describió en la metodología, se revisaron los reportes de cada alumno y se tabularon los resultados, los cuales se presentan en las tablas 1 y 2. En dicha tabla se evidencia que el grupo de control y el grupo experimental tuvieron

un comportamiento similar cuando se efectuó la práctica de la forma tradicional (solo observación de videos a través de un televisor) donde la mayoría de los estudiantes no logró calificar dentro de los límites permisibles. No obstante, se observa una mejora evidente en el grupo experimental cuando realizó la práctica, por segunda vez, con el uso del software para entrenamiento en calificación de velocidad.

Tabla 1. Cuadro comparativo de los resultados de las probabilidades de que las calificaciones de los estudiantes de ambos grupos se encuentren dentro de +/-5% de la calificación verdadera.

Grupo de Control		Grupo Experimental		
Práctica Tradicional		Práctica Tradicional		Práctica con software
Estudiante	P (-5 < Xd < 5)	Estudiante	P (-5 < Xd < 5)	P (-5 < Xd < 5)
1	0,17	1	0,3199	0,3707
2	0,1355	2	0,38	0,02556
3	0,0542	3	0,1392	0,83459
4	0,155	4	0,2602	0,62624
5	0,149	5	0,438	0,36374
6	0,1222	6	0,1011	0,79895
7	0,0973	7	0,368	0,99725
8	0,2983	8	0,3182	0,222712

Tabla 2. Cuadro comparativo de los resultados de las probabilidades de que las calificaciones de los estudiantes de ambos grupos se encuentren dentro de +/-5% de la calificación verdadera. (Continuación)

Grupo de Control		Grupo Experimental		
Práctica Tradicional		Práctica Tradicional		Práctica con software
Estudiante	P (-5 < Xd < 5)	Estudiante	P (-5 < Xd < 5)	P (-5 < Xd < 5)
9	0,1286	9	0,16221	0,38726
10	0,26	10	0,1564	0,66896
11	0,9716	11	0,1843	0,6494
12	0,34	12	0,1606	0,88
13	0,12	13	0,1623	0,09
14	0,17646	14	0,1531	0,59
15	0,192	15	0,822	0,99
16	0,0707	16	0,122	0,87
17	0,27	17	0,152	0,88
18	0,1443	18	0,217	0,99
19	0,2533	19	0,23	0,37
20	0,0504	20	0,15	0,003
21	0,127	21	0,14	0,99
22	0,1884	22	0,36	0,57
23	0,0788	23	0,23	0,36
24	0,6335	24	0,38	0,41
25	0,0576	25	0,17	0,038
26	0,04499	26	0,29	0,84
27	0,34	27	0,34	0,2
		28	0,18	0,91
		29	0,17	0,45
		30	0,31	0,86
		31	0,15	0,015
		32	0,14	0,79
Promedio	0,208	Promedio	0,245	0,563
Desv. Estándar	0,196	Desv. Estándar	0,140	0,330
Máxima probabilidad	0,971	Máxima probabilidad	0,822	0,997
Mínima probabilidad	0,044	Mínima probabilidad	0,101	0,003

Los resultados anteriores se resumen en la tabla 3, donde se puede apreciar que, en ambos grupos, cuando se realiza únicamente la práctica de la

forma tradicional, la mayoría de los estudiantes obtiene un valor de la probabilidad de que sus calificaciones estén dentro de los límites

permisibles menor al 20%, y muy pocos alcanzan el objetivo de ser entrenados en calificación de velocidad. De hecho, en el grupo de control solo el 3,70% (referido a un estudiante de 27) tuvo una probabilidad mayor al 80% y en el grupo experimental, solo el 3,12% (un estudiante de 32) tuvo una probabilidad mayor de 80% de que sus calificaciones se encontraran dentro de los

márgenes permisibles. Este panorama cambia notablemente en el grupo experimental cuando realiza la práctica por segunda vez, con el software, ya que en esta oportunidad el 34,37% (referido a 11 estudiantes de 32), alcanzaron el objetivo de la práctica al obtener una probabilidad mayor de 80% de que sus calificaciones se encontraran dentro de los márgenes permitidos.

Tabla 3. Cuadro Resumen de los resultados de las probabilidades de que las calificaciones de los estudiantes de ambos grupos se encuentren dentro de +/-5% de la calificación verdadera.

Grupo de Control			Grupo Experimental				
	N° estudiantes	Porcentaje (%)	Probabilidad	N° estudiantes	Porcentaje (%)	N° estudiantes	Porcentaje (%)
P(-5<Xd<5) mayor a 80%	1	3,70 %	P(-5<Xd<5) mayor a 80%	1	3,12 %	11	34,37 %
P(-5<Xd<5) mayor a 60%	2	7,40 %	P(-5<Xd<5) mayor a 60%	1	3,12 %	16	50,00 %
P(-5<Xd<5) mayor a 50%	2	7,40 %	P(-5<Xd<5) mayor a 50%	1	3,12 %	18	56,25 %
P(-5<Xd<5) menor a 50%	25	92,59 %	P(-5<Xd<5) menor a 50%	31	96,87 %	14	43,75 %
P(-5<Xd<5) menor a 20%	19	70,37 %	P(-5<Xd<5) menor a 20%	17	53,12 %	5	15,62 %

En la práctica realizada con el uso del software se observa, además, que disminuye el porcentaje de estudiantes cuya probabilidad de que sus calificaciones estén dentro de los límites permitidos sea menor a 20%, siendo un total de 5 estudiantes de 32, lo que corresponde a un 15,62%. Esto demuestra que una gran parte de los alumnos lograron consolidar la técnica de calificar velocidad con el método subjetivo gracias al apoyo del programa diseñado para entrenamiento en calificación de velocidad.

Estos resultados pueden atribuirse a que el software para la práctica tiene la facilidad de reproducir el video de ritmo normal y los videos de las actividades, efectuadas a diferentes ritmos, la cantidad de veces que el analista desee, lo cual permite por una parte que el alumno tenga un patrón adecuado para realizar su evaluación de la actuación, evitando así el error sistemático, definido como la diferencia entre el concepto de ritmo normal del analista y el concepto del ritmo normal real. Además, los estudiantes pueden

adquirir solidez en su entrenamiento ya que, al visualizar los videos varias veces, se pueden familiarizar con las actividades y sus estimaciones se acercan a los valores verdaderos, logrando así la adquisición de la competencia requerida en estimar la velocidad de la actuación y reduciendo el error o desviación principal en las calificaciones.

Propuesta de diseño de práctica de calificación de velocidad

Con base en los resultados anteriores, se propone rediseñar la práctica de calificación de velocidad, definiendo las competencias que se deben desarrollar en los estudiantes e incorporando el uso del software de entrenamiento en calificación de velocidad como recurso didáctico.

Es importante resaltar que, de acuerdo a Perez, Poler y Sempere (2.001), los recursos didácticos como un software para entrenamiento en estudios de tiempo este tipo, además de mediar en el aprendizaje de la materia en cuestión, también desarrollan otras habilidades cognitivas del alumno, en este caso la familiarización con

diversos programas informáticos. La tabla 4 presenta la definición de las competencias específicas y saberes (conocer, hacer y ser) que se pretenden consolidar en los estudiantes a través de la realización y evaluación de la práctica de calificación de velocidad.

Tabla 4. Competencias y saberes (Conocer, Hacer y Ser) definidas para la práctica de calificación de velocidad.

Competencia específica	Saberes		
	Conocer	Hacer	Ser
Aplica los conocimientos y recursos de la medición del trabajo para estimar la calificación de velocidad en actividades comunes e industriales, considerando su importancia en el establecimiento de estándares de tiempos.	Conoce los métodos de calificación de velocidad y el procedimiento para determinar cuantitativamente la habilidad de los analistas en calificar velocidad, así como el manejo de un software para el entrenamiento en calificación de velocidad.	Realiza estimaciones de calificación de velocidad dentro de +/- 5% de la calificación verdadera, para diferentes actividades, empleando un programa informático para la calificación.	Comprende la importancia de la responsabilidad, ética, honestidad y compromiso profesional en la estimación de calificación de velocidad para elaboración de estándares de tiempo en procesos industriales.

Para llevar a cabo la práctica se requiere tener los materiales, equipos y herramientas descritos en la tabla 5.

La ejecución de la práctica se plantea en dos fases, descritas a continuación.

FASE I. (Laboratorio)

1. Observación de las escenas proyectadas a Ritmo Normal y las escenas proyectadas a diferentes ritmos de cada actividad. (Se presentan las actividades "caminar", "repartir barajas" y otras actividades industriales tales como "empacar cajas", "ensamblar linternas", entre otras.) y estimación de las velocidades de las mismas, a través del método de calificación subjetiva.
2. Registro de las calificaciones verdaderas, dictadas posteriormente a la presentación de videos de cada serie de actividades.
3. Elaboración del reporte de la práctica, el cual debe incluir las gráficas de aprendizaje, curva de error, curva de calidad y curva de límites permisibles y cálculo de la probabilidad de que las

calificaciones de los analistas se encuentren dentro de +/-5% de las calificaciones verdaderas.

FASE II. (Post- Laboratorio)

1. Uso del software de entrenamiento en calificación de velocidad para observar las escenas proyectadas a Ritmo Normal y las escenas proyectadas a diferentes ritmos de cada actividad. (Se presentan las actividades "caminar", "repartir barajas" y otras actividades industriales tales como "empacar cajas", "ensamblar linternas", entre otras.). En el mismo programa debe registrar las estimaciones de las velocidades de las actividades, a través del método de calificación subjetiva.
2. Visualización de gráficas de aprendizaje, curva de error, curva de calidad y curva de límites permisibles, así como el resultado del cálculo de la probabilidad de que las calificaciones de los analistas se encuentren dentro de +/-5% de las calificaciones verdaderas. Este reporte es generado por el programa de forma automática.
3. Elaboración de hoja de análisis donde se discutan los resultados de la práctica (tanto

laboratorio como post-laboratorio) y conclusiones | en cuanto al logro del objetivo de la práctica.

Tabla 5. Recursos Requeridos para la Práctica de Calificación de Velocidad.

Material /Equipo / Herramienta	Cantidad	Fase donde se requiere	Disponible en	Observaciones
Formato de Calificación de Velocidad	1	Laboratorio	Guía de laboratorio de IM2 / Aula virtual de IM2	Debe traerlo el alumno
Televisor	1	Laboratorio	Laboratorio	Suministrado por el departamento
DVD	1	Laboratorio	Laboratorio	Suministrado por el departamento
Videos de CV	Varios	Laboratorio	Laboratorio	Suministrado por el departamento
Tablas estadísticas de Distribución Normal	1	Laboratorio	Guía de laboratorio de IM2/ Aula virtual de IM2	Suministrado por el departamento
Software para entrenamiento en CV	1	Post-laboratorio	Laboratorio / Aula virtual de IM2	Suministrado por el departamento

CONCLUSIONES

Se realizó un estudio comparativo en los alumnos cursantes de ingeniería de métodos II del período lectivo 1-2014, donde un grupo realizó la práctica de calificación de velocidad de forma tradicional (con el uso del televisor y presentación de videos) y otro grupo realizó la practica en dos fases, primero de la forma tradicional y luego, usando un software diseñado para el entrenamiento en calificación de velocidad. Se observa que con el uso del software para el entrenamiento en calificación de velocidad, un mayor número de estudiantes (11 de 32) que corresponden al 34,7% alcanzó el objetivo de ser efectivamente entrenados, ya que la probabilidad de que sus calificaciones se encontraran dentro de los límites permisibles fue mayor a 80%. Esto es importante, porque se nota la diferencia con respecto a la práctica realizada de la

forma tradicional donde, para ambos grupos (grupo de control y experimental), fue muy bajo el porcentaje de alumnos efectivamente entrenados. Adicionalmente, en el grupo experimental un 56,25% de los estudiantes obtuvo una probabilidad mayor al 50% de que sus calificaciones estuvieran dentro de +/-5%. Estos resultados demuestran que el software es efectivo para consolidar en los estudiantes la habilidad en estimar la calificación de velocidad para estudios de tiempos. En tal sentido, se puede concluir que es necesario y pertinente incorporar esta herramienta en la cátedra para lograr un aprendizaje efectivo de estas técnicas que apoyan la medición del tiempo en procesos industriales. En efecto se propone rediseñar la práctica actual de calificación de velocidad considerando las competencias y saberes (conocer, hacer y ser) relacionadas con la práctica de calificación de velocidad e incluyendo el

software como recurso didáctico para facilitar el | proceso de enseñanza- aprendizaje en los alumnos.

REFERENCIAS

ASETEMYD. (2004). Boletín 2 de la Asociación Española de Técnicos en Métodos y Tiempos.

Cataldi, Z. (2000). Metodología de Diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. Tesis de Magíster en Informática.

Burgos, F. (2009). *Ingeniería de Métodos, Calidad y Productividad*. 4ta reimpresión de la 2da edición. Universidad de Carabobo. Dirección de Medios y Publicación. Venezuela

Gerken, T. y Ratschiller, T. (2001). *Creación de aplicaciones Web con PHP 4*. 1° Edición. Editorial Prentice Hall. Madrid, España.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.). México D.F., México: McGraw-Hill.

Hodson, W. (1996). *Manual del Ingeniero Industrial* (4ta. Ed.). Ed. McGraw Hill. México D.F.

Niebel, B y Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Editorial Alfaomega. Edición. 11a. México

Perez, E., Poler, R. y Sempere, F. (2001). *Diseño e Implementación de Aplicaciones Informáticas para la Medición de Tiempos*.

Autores

Jadlyn Nirosky González de Urquiola. Ingeniero Industrial. Magíster en Ingeniería Ambiental. Universidad de Carabobo. Docente-Investigadora del Departamento de Ingeniería de Métodos. Universidad de Carabobo, Naguanagua, Venezuela. Investigador PEII.

E-mail: jadlyng@gmail.com

Recibido: 15-11-2014

Aceptado: 15-12-2014

Método de balance de líneas con consideraciones ergonómicas (BLEER) aplicado en una línea de tapicería automotriz

Assembly balance lines method (BLEER) with ergonomics considerations applied in a line of automotive upholstery

Emilsy Medina, Ruth Illada

Palabras clave: balance de línea, ergonomía, heurística, sector automotriz

Key words: line balance, ergonomics, heuristic, automotive sector

RESUMEN

En el presente artículo se expone la aplicación del método heurístico de balance de líneas de ensamble con consideraciones ergonómicas (Método BLEER), en una línea de tapicería de una empresa automotriz, a través de la cual se verificó el funcionamiento del método que es una herramienta diseñada para generar soluciones satisfactorias al problema de balancear una línea de ensamble mediante la asignación de actividades en estaciones de trabajo considerando el tiempo de ciclo y el riesgo biomecánico asociado a cada una de las soluciones dadas. Este método proporciona, para cada solución generada, un balance tanto de tiempo como de carga física asociada al riesgo biomecánico que se mide a través del índice BLEER, representando la mejor solución aquella que presente el menor valor de este índice, sin embargo el método proporciona un abanico de soluciones para la toma de decisiones según la necesidad y requerimiento de la organización.

ABSTRACT

This article presents the application of the Heuristic Method to Balance Assembly Lines with Ergonomic considerations (BLEER Method) in a line of an automotive upholstery factory, through which the method performance was verified, being a tool designed to generate satisfactory solutions to the problem of balancing an assembly line by assigning activities at the workstations, considering the cycle time and the biomechanical risk associated to each of the given solutions. This method provides, for each solution generated, a balance of both time and physical load associated to the biomechanical risk which is measured through the BLEER index, representing the best solution the one that has the minimum value of this index; however, the method provides a range of solutions for decision making according to the need and requirement of the organization.

INTRODUCCIÓN

El balance de líneas de ensamble ha sido abordado durante años desde diferentes perspectivas según el enfoque y objetivo que persiguen: a) Consumo regular de los componentes. Objetivo: Minimizar el riesgo de parada de línea: En este grupo se encuentran investigaciones de Kubiak (1993), Miltenburg (1989), Sumichrast y Russel (1990). b) Regularidad en la introducción de productos a la línea. Objetivo: Minimizar la variación de la tasa en que los diferentes productos están presentes en

cualquier segmento de la secuencia: Miltenburg (1989), Miltenburg et al., (1990), Sumichrast y Russel (1990), Kubiak y Sethi (1991). c) Distancia máxima que el trabajador recorre hasta el final de la estación. Objetivo: Minimizar el riesgo de paro de línea: Okamura y Yamashina (1979) y Tasai (1995) d) Problemas de sobrecarga de trabajo, o trabajo perdido o utilitario: Yano y Bolat (1989), Yano y Rachamadugu (1991), Bolat (1997), Tasai (1995), Xiaobo y Ohno (1997), Cano (2006). e) Cargas en el tiempo improductivo: Bolat y Yano (1992), Sarker y Pan (1998), entre otros, sin embargo, en los últimos tiempos el interés por la

salud de los trabajadores ha ido en crecimiento, generando múltiples investigaciones al respecto tales como Colotto et al (2008), Cachutt et al (2009), Rodríguez et al (2008), Punnet y Wegman (2004). En este sentido, el método desarrollado por las autoras y del cual se muestran, en esta investigación, los resultados de la aplicación el

mismo en una línea de ensamble de vehículos combina en una misma herramienta los aspectos tradicionales del balance de líneas de ensamble con un balance de cargas de trabajo a fin de reducir en riesgo biomecánico referido a la forma cómo se asignan las actividades a las estaciones de trabajo.

METODOLOGÍA

Este trabajo es la aplicación del método BLEER desarrollado por Medina (2014), en una línea de tapicería de una empresa de ensamble automotriz, ésta consta actualmente de 10 estaciones de trabajo en las cuales están distribuidas 89 actividades, para lo cual se verificó inicialmente el tiempo estándar de cada una de las actividades, así como la aplicación del método REBA, con estos insumos se procedió al vaciado de los datos en la herramienta diseñada y se ejecutó el programa para obtener las diferentes soluciones de las cuales se seleccionó la mejor alternativa.

Al aplicar el programa automatizado del método BLEER elaborado en lenguaje Visual Basic for Applications de Microsoft Excel 2013, compatible con 2010 y 2008 de la suite Microsoft Office, se introdujo en la hoja de entrada de datos toda la información necesaria correspondiente a los datos de producción, tiempo, riesgo biomecánico entre otros datos necesarios, entre ellos la cantidad de soluciones requeridas por el analista, para posteriormente ejecutar el mismo y obtener los resultados desplegados en dos secciones u hojas de Excel llamadas Salida y Soluciones.

El método BLEER considera un índice adimensional el cual se calcula de la siguiente manera:

$$IB = \frac{\lambda * TCR + \beta * TO}{C} + \frac{\gamma * RB}{15}$$

Siendo TCR el tiempo de ciclo real y se refiere al máximo valor de tiempo asignado por estación, en cada solución, expresado en (unidades de tiempo/unidad de producto); TO el tiempo de ocio y se calcula como la sumatoria de la diferencia entre el tiempo máximo asignado en la solución (TCR) menos el tiempo asignado en la estación (i), para cada una de las estaciones asignadas en la solución, cuyas unidades también son (unidades de tiempo/unidad de producto) y RB el Riesgo biomecánico calculado como el promedio del valor REBA presente en las estaciones de trabajo de cada solución, siendo un número adimensional. En la expresión matemática anterior C se refiere al tiempo de ciclo teórico (unidades de tiempo/unidad de producto) y 15 es el máximo valor de nivel de riesgo biomecánico en la escala REBA.

Los valores dados como coeficientes en la función objetivo son parámetros y se definen según las consideraciones del analista. En esta propuesta se toman en consideración tanto el Tiempo de ciclo real (TCR) y el Tiempo de Ocio (TO) como variables que evalúan el desempeño del balance desde el punto de vista de productividad.

RESULTADOS

Al aplicar el programa del Método BLEER con los datos de entrada siguientes:

T_p (min/día) = 480 minutos

P (unidades/día) = 45 unidades

MAXS = 200

$m = 89$

Al introducir los datos de tiempo de las 89 actividades de la línea de ensamble, el algoritmo calcula el tiempo en minutos y lo coloca en la

columna indicada, posteriormente se indican las precedencias de cada una de las tareas así como los valores REBA obtenidos en cada actividad, para cada articulación comprometida en la tarea.

En la figura No.1 se muestra la pantalla de entrada de datos del sistema para el caso real de estudio.

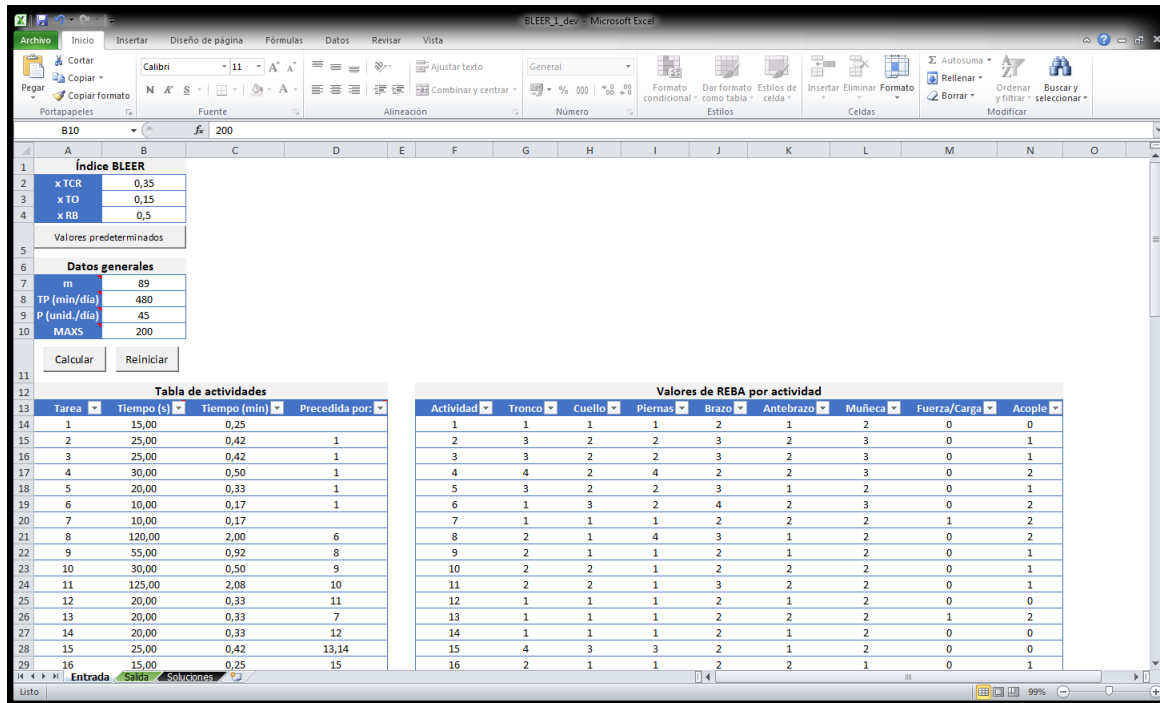


Figura 1. Pantalla de entrada de datos

Una vez introducidos los datos, el algoritmo comienza a ejecutar los procedimientos internos diseñados para lograr el balance de líneas de ensamble, al finalizar la ejecución se muestra una hoja de "Salida" en ella se abre un cuadro de diálogo como el mostrado en la figura 2.

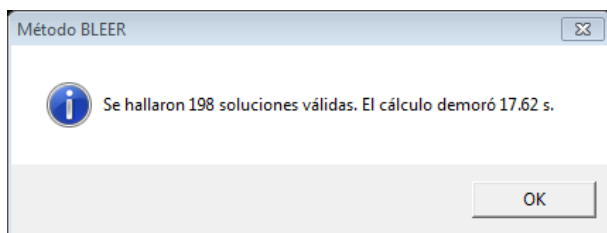


Figura 2. Cuadro de diálogo

La ejecución del algoritmo BLEER para la línea de tapicería con 89 actividades y requiriendo generar 200 soluciones, llevó un tiempo de cálculo

computacional de 17,62 segundos, hallándose 198 soluciones factibles de balance de líneas de ensamble que cumplen con las condiciones establecidas en el Método BLEER. Es importante resaltar que sería casi imposible producir 198 soluciones, de forma manual, frente a un escenario de 89 actividades para balancear.

También se muestra en la hoja de Salida, la solución más satisfactoria obtenida en función del menor índice BLEER, ya que éste índice es una función multiobjetivo de minimización.

En la figura 3 se puede apreciar la hoja de salida donde se muestra la mejor solución obtenida a través de la herramienta. Allí, se muestra los resultados de la solución 1, la cual presenta el menor índice BLEER (IB = 0,4781) de las 198 soluciones generadas. Esta solución es la que

plantean el mejor equilibrio entre las variables de tiempo y de riesgo biomecánico.

En la figura 3, además, se presenta una tabla en la que se ilustra la asignación de las actividades por

estaciones de trabajo de la solución, así como el tiempo asignado a cada estación y el valor REBA corregido por el tiempo.

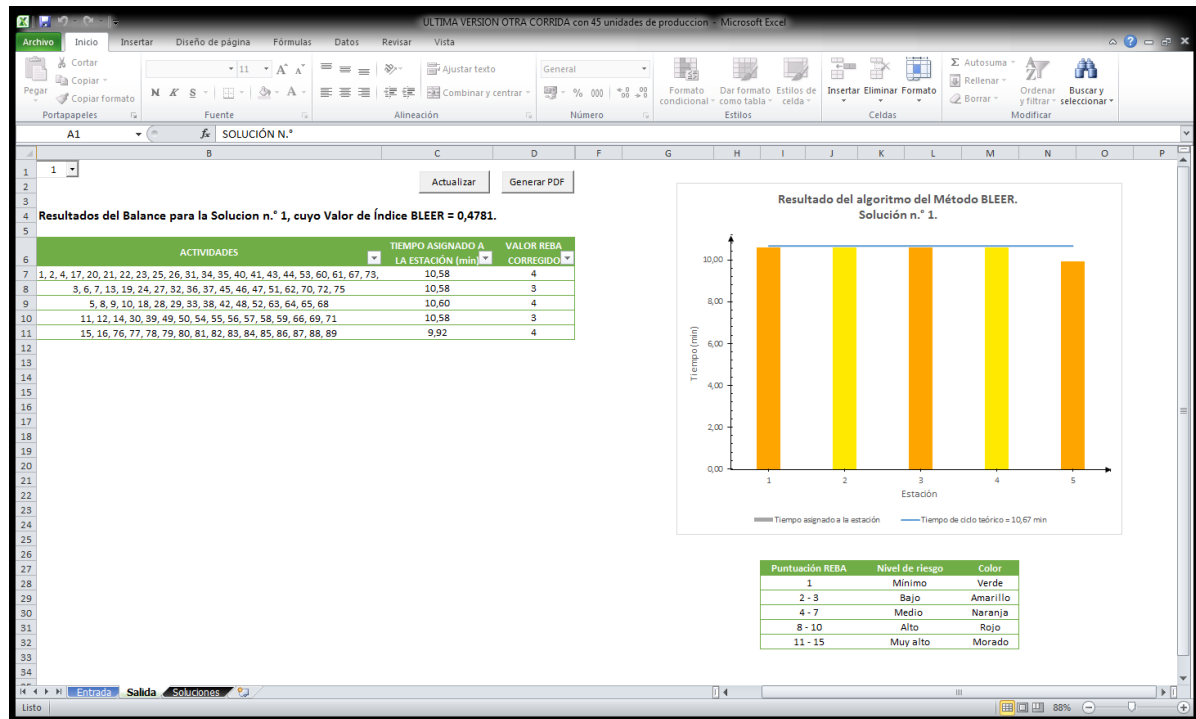


Figura 3. Hoja de Salida de Datos

Además permite visualizar, de forma gráfica, el balance generado a través de un diagrama de barras, en cuyo eje "X" se posiciona las estaciones y en el eje "Y" el tiempo en minutos.

La barra horizontal representa el tiempo de ciclo teórico y el valor de riesgo REBA corregido se muestra en el gráfico a través de la relación entre de la puntuación REBA según el nivel de riesgo y un código de color mostrado debajo del gráfico, este código de color se observa en la Tabla 2.

En el gráfico, las barras se colorean según el nivel de riesgo de la estación, por ejemplo, en la solución 1 que se muestra en la figura 3 las barras de las estaciones 2 y 4 son amarillas debido a que su nivel de riesgo REBA corregido está entre los valores 2 y 3, con riesgo bajo; sin embargo, las

estaciones 1, 3 y 5, están representadas por una barra naranja que indica que su valor de riesgo REBA corregido está entre 4 y 7, con un riesgo medio a sufrir de lesiones músculo esqueléticas para los trabajadores asignados a dicha estación. Esto representa una ayuda visual significativa ya que permite identificar rápidamente las estaciones con sus diferentes valores de riesgo REBA, agregando valor para la toma de decisión y para planear acciones de mejoras relativas a aspectos ergonómicos.

De la solución 1 obtenida por el programa automatizado se puede analizar los siguientes datos generados por el método BLEER:

El índice BLEER de la solución 1 es de 0,4781, este es un valor adimensional que usa el algoritmo para ordenar las soluciones de menor a mayor valor,

siendo las mejores soluciones las que posean menor índice BLEER.

Esta solución presenta los siguientes valores involucrados en la determinación del índice BLEER:

Tiempo de Ciclo Teórico = 10,67 min/unidad

Tiempo de Ciclo Real (TCR) = 10,60 min/unidad

Tiempo de Ocio (TO) = 0,73 min/unidad

Riesgo REBA corregido (RB) = 3,60

Tabla 2. Código para relacionar nivel de riesgo REBA por color

Puntuación REBA	Nivel de Riesgo	Color
1	Mínimo	Verde
(2-3)	Bajo	Amarillo
(4-7)	Medio	Naranja
(8-10)	Alto	Rojo
(11-15)	Muy alto	Morado

Como se puede observar, el balance ofrece un tiempo de ciclo real cercano al tiempo de ciclo teórico, aunque ninguna de las estaciones llega a alcanzarlo, esto genera un cierto grado de posibilidad de recuperación para las estaciones de trabajo. Las estaciones 1 ,3 y 5 con riesgo medio o naranjas tienen un tiempo asignado de 10,58 min/unidad, 10,60 min/unidad y 9,92 min/unidad respectivamente.

El programa ofrece además una tercera hoja de "soluciones" donde se muestran datos importantes en las que el analista puede seleccionar otras soluciones de interés con valores de índice BLEER cercanos al menor, para evaluar entre varias de ellas y tomar la decisión más ajustada a las necesidades y criterios prioritarios.

En la figura. 4, se muestra esta hoja de salida para el caso de la línea de tapicería que se ha venido ilustrando en esta investigación.

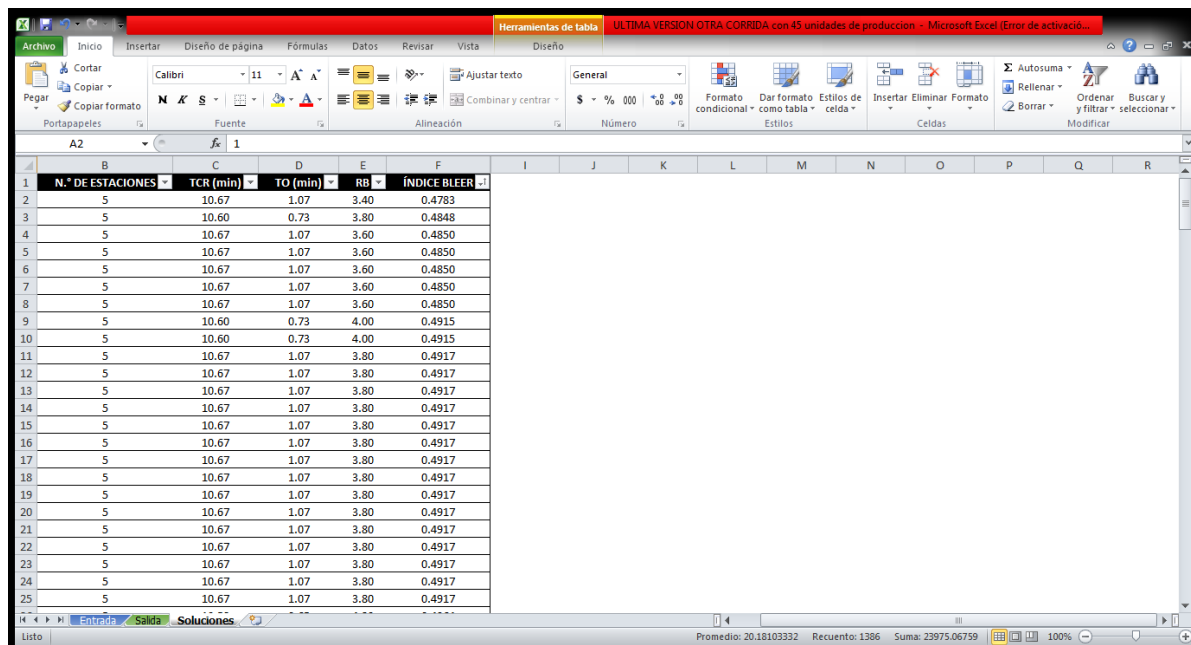


Figura 5. Hoja de salida para el balance a través del Método BLEER para la línea de tapicería

A continuación se muestra en la tabla No. 3, los datos de algunas de las soluciones factibles que generó el programa del Método BLEER, para el

balance de la línea de tapicería. Es importante señalar que las soluciones factibles son aquellas soluciones que genera el algoritmo respetando las

restricciones del balance de líneas desde el punto de vista de precedencias y de tiempo de ciclo

teórico para asignaciones de actividades en estaciones de trabajo.

Tabla 3. Soluciones generadas por el Método BLEER

No. Sol.	N.º ESTACIONES	TCR (min)	TO (min)	RB	ÍNDICE BLEER
1	5	10,60	0,73	3,6	0,4781
2	5	10,60	0,73	3,6	0,4781
3	5	10.67	1.07	3.4	0.4783
4	5	10.60	0.73	3.8	0.4848
5	5	10.67	1.07	3.6	0.4850
6	5	10.67	1.07	3.6	0.4850
7	5	10.67	1.07	3.6	0.4850
8	5	10.67	1.07	3.6	0.4850
9	5	10.67	1.07	3.6	0.4850
10	5	10.60	0.73	4.0	0.4915
11	5	10.60	0.73	4.0	0.4915
197	5	10.67	1.07	5.20	0.5383
198	6	10.60	11.33	4.33	0.6516

Es importante hacer notar que se generan varias soluciones con el mismo índice BLEER, como es el caso de las soluciones 1 y 2, es decir, estas dos soluciones tienen el mismo índice (IB = 0,4781), y como las soluciones 5,6,7,8 y 9 entre otras. Por ello, el algoritmo permite visualizar el balance de las soluciones que el usuario desee, en la hoja de "salida" ya que a pesar de que presenten el mismo índice BLEER, el arreglo de las soluciones puede variar según como se hayan distribuido las actividades en las estaciones, y es el analista o el grupo de personas encargadas de tomar la decisión de cuál arreglo de balance seleccionar pero contando con la versatilidad y amplitud de información que le proporciona el programa el cual le ofrece una ventaja sustancial para el análisis en la toma de decisiones de balance de líneas con consideraciones ergonómicas.

A fin de comparar otra solución, se puede observar en la figura 5, la segunda solución en orden de satisfacción.

Los datos de la solución 2 son los siguientes:

Tiempo de ciclo teórico (C) = 10,67 min/ unidad.

índice BLEER (IB) = 0,4781

Tiempo Real Asignado (TCR) = 10,60 min/unidad

Tiempo de Ocio (TO) = 0,73 min/unidad

Riesgo REBA corregido (RB) = 3,60

Se observa que en esta solución hay tres estaciones en riesgo REBA bajo (amarillo) y dos estaciones con riesgo REBA medio (naranja). En este caso, los tiempos asignados a cada una de las estaciones tampoco alcanzan el tiempo de ciclo teórico (C) estando entre 10,42 y 10,58 min/unidad las estaciones con bajo riesgo y las estaciones 4 y 5, con riesgo medio, alcanzan un tiempo de asignación de 10,60 y 10,08 min/unidad respectivamente.

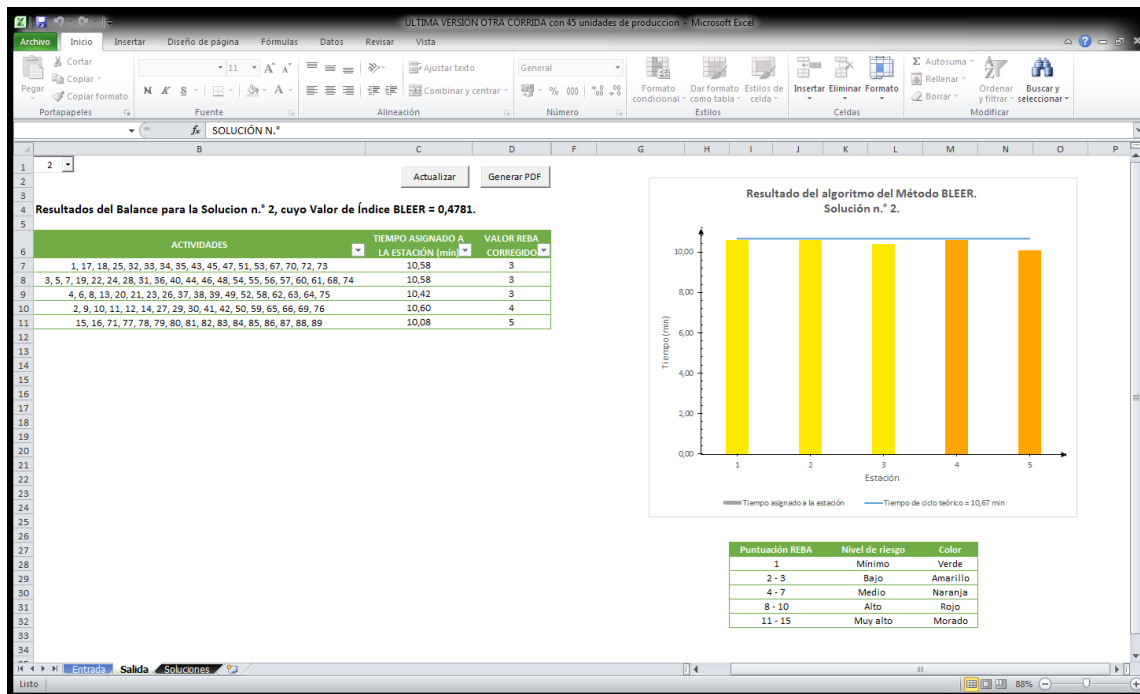


Figura 5. Hoja de Salida de la segunda solución en orden de satisfacción.

Con estos dos escenarios, y para los requerimientos actuales de la línea de tapicería, el analista puede seleccionar cuál de estas soluciones es más satisfactoria como solución factible.

Para efectos de esta investigación, se seleccionaría la solución 2 frente a la solución 1, aunque ambas son excelentes opciones, dada la siguiente argumentación:

La solución 2 representa una mejor opción desde el punto de vista de balance de tiempo, generando

mayor utilización en las estaciones de trabajo, y además genera un mayor número de estaciones con nivel de riesgo bajo y las estaciones con mayor compromiso, presentan un leve tiempo de recuperación, no se encuentran en total apremio de tiempo. Además es importante recalcar que los tiempos de entrada de datos son tiempos estándares, los cuales consideran tanto el factor de corrección de calificación de velocidad del operario, así como las tolerancias por necesidades personales, demoras inevitables y fatiga.

CONCLUSIONES

De forma general, el Método BLEER permite analizar un gran número de soluciones, en solo segundos, lo cual es una por lo cual el analista puede tomar una decisión que satisfaga de forma adecuada a la problemática del balance de líneas de ensamble con consideraciones ergonómicas en discusión. Algunos de los aspectos a considerar por el analista a través de la información y los

resultados que proporciona el método, y que le servirán de apoyo para la toma de decisión son:

- Comparaciones entre los tiempos asignados a cada una de las estaciones.
- Comparaciones entre el tiempo de ocio que se genera en cada una de las estaciones.
- Niveles de riesgo biomecánico presentes en las estaciones de trabajo debido a la asignación de tareas en cada estación. Estos niveles de riesgo

se pueden compensar con el tiempo de ocio de la estación, que puede inclusive repercutir en el tiempo de recuperación a nivel del esfuerzo biomecánico.

d) Cantidad de estaciones que presenten niveles de riesgo biomecánico con menores o mayores niveles de riesgo.

e) Evaluar inclusive soluciones con cantidades de estaciones diferentes.

f) Comparaciones entre los porcentajes de utilización de los elementos componentes del sistema

Además puede revisar si realmente son necesarias las estaciones de trabajo que están siendo utilizadas en la actualidad, verificar varios balances para diferentes niveles de producción, analizar opciones de balances que genera la variación de los parámetros del índice BLEER.

RECOMENDACIONES

El método BLEER puede seguir aplicándose en distintas líneas de ensamble, a fin de verificar su

funcionamiento y además establecer variaciones en los parámetros del índice BLEER para verificar cómo afecta a las soluciones dichas variaciones.

REFERENCIAS

Bolat, A. (1997). Stochastic procedures for scheduling minimum job sets on mixed model assembly lines. *Journal of Operational Research Society*, Vol. 48, pp. 490-501

Bolat A., y Yano C. (1992). Scheduling algorithms to minimize utility work at a single station

on paced assembly line. *Production Planning and Control*, 3 (4), 393-405.

Cachutt, C., Rodríguez, E., Vargas, E y Aravena, E. (2009). Demanda biomecánica en el Ensamblaje de un vehículo camioneta deportiva. *Revista Ciencia y Trabajo*. Año 11(34) pp:177-183. Consultado en marzo 2011 de www.cienciaytrabajo.cl

Colotto M, Manero, R, Pedrique, A y Wolf, H. (2008). La Ergonomía Prospectiva como tecnología para la evaluación de puestos de trabajo en una línea de ensamble de furgonetas en Venezuela. Consultado en marzo 2011 de: <http://prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/ORP2008/855.pdf>

Kubiak, W. (1993). "Minimizing variations of productions rates in just-in-time systems: A survey", *Eur. J. Opl. Res.*, 66, 259-271.

Kubiak, W., Sethi, S. (1991). A note on 'Level schedules for mixed-model assemblylines in just-in-time production systems. *Management Science*, 37, 1, 121-122

Medina E. (2014). Método heurístico para balance de líneas de ensamble con consideraciones

ergonómicas. Tesis Doctoral. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería.

Miltenburg, J.G. (1989). Level schedules for mixed-model assembly lines in just-in time production systems, *Management Science*, 35, 2, 192-207.

Okamura K., & Yamashina, H. (1979). A heuristic algorithm for the assembly line model-mix sequencing problem to minimize the risk of stopping the conveyor. *International Journal of Production Research*, 17 (3), 233-247.

Punnett L., y Wegman, D. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14 (2004) 13-23. Consultado en abril 2011 de www.elsevier.com/locate/jelekin.

Rodríguez E., Medina, E y Manero, R (2008). Evaluación del Nivel de Riesgo a lesiones Músculo-esqueléticas en el Sector automotriz venezolano.

Revista Universidad, Ciencia y Tecnología. Vol. 12, Nro. 48. Pp. 147-156.

Sarker B., y Pan, H. (1998). Designin a mixed-model assembly line to minimize the cost of idle and utility times. *Computers & Industrial Engineering*, 34, (3), 609-921.

Sumichrast, R.T., Russell, R.S., (1990). Evaluating mixed-model assembly line sequencing heuristics for just-in-time production systems. *Journal of Operations Management* 9, 371-390

Tasai L., (1995). Mixed-model sequencing to minimize utility work and the risk of conveyor stoppage. *Management Scienci*, 14, B59-B75.

Xiaobo, Z y Ohno, K., (1997). Algorithms for sequencing mixed models on an assably line in a JIT production systems. *Revista Computers&Industrial Engineering*, 32, pp: 47-56.

Yano C., y Bolat A., (1989). Survey, development, and application of algorithms for sequencing paced assembly lines. *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, (3), 172-198.

Yano C., y Rachamadugu, R., (1991). Sequencing to minimize work overload in assembly lines with product options. *Management Science*, 37 (5), 572-586.

Autores

Emilsy Medina. Doctora en Ingeniería, docente e investigadora adscrita al Dpto. de Ingeniería de Métodos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Venezuela.

E-mail: emedina121@gmail.com

Ruth Illada. Doctora en Ciencias Sociales, mención Estudios del Trabajo. Docente jubilada e investigadora adscrita al Dpto. de Ingeniería de Métodos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Venezuela.

E-mail: rillada@gmail.com

Recibido: 20-07-2014

Aceptado: 20-10-2014

Utilização da análise de causa raiz e 8D nos atrasos de entrega de ordens de compra

Use of root cause analysis and 8D in delivery delays of purchase orders

Felipe Müller Treter, Carla Schwengber ten Caten e Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco

Palavras chave: Análise de causa raiz, 8 disciplinas, ordem de compra

Key words: root cause analysis, 8 disciplines, purchase order

RESUMO

A busca por melhores resultados acaba muitas vezes ultrapassando os limites físicos da empresa, se estendendo também para os seus fornecedores. Em função de influêrem nos resultados da empresa, os fornecedores merecem atenção especial, justificando um acompanhamento mais próximo nos casos críticos. A entrega das ordens de compra destes fornecedores na data prevista é um processo chave e pode gerar perdas e retrabalhos caso ocorram atrasos. Este trabalho tem por objetivo utilizar a análise de causa raiz e o método das 8 disciplinas (8D) para mitigar as causas que levam ao atraso na entrega de ordens de compra. Além disso, a criação de uma rotina de acompanhamento de fornecedores críticos é estabelecida para uma melhor cobrança nas melhorias. Os resultados mostraram que é possível obter uma melhora nos índices de entrega na data estimada e desenvolver parcerias entre cliente e fornecedor para um melhor resultado de ambos.

INTRODUÇÃO

As constantes transformações sociais, políticas e econômicas sofridas pelo cenário mundial promovem um aumento na competitividade das organizações (COLTRO, 1996). Isso exige das empresas respostas rápidas para a solução de problemas (PARIS, 2003), além de um melhor entendimento de suas causas.

A busca pela otimização de recursos acaba ultrapassando os limites físicos da empresa, se estendendo também para toda a sua cadeia de suprimentos. Para Coimbra (2005), deve-se pensar

ABSTRACT

The search for better outputs often surpassing the physical limits of the company also extended to their suppliers. Due to influence on results of the company, suppliers deserve special attention, justifying close monitoring in critical cases. The delivery of these suppliers purchase orders on schedule is a key process and can generate losses and rework if delays occur. This paper aims to use the root cause analysis and the method Eight Disciplines Problem Solving (8D) to mitigate the causes of the delay in delivery of purchase orders. It is also established routine monitoring of critical suppliers to have a better control over the improvements obtained. The results showed that it is possible to obtain an improvement in time delivery rates and develop customer-supplier partnerships for better results for both.

nos fornecedores também como um possível gargalo ou ponto crítico, devido a uma série de fatores que impactam diretamente na produção como, por exemplo, os atrasos na entrega de ordens de compra. Campos (2004) fala que uma empresa não pode ser competitiva sendo isolada, ela necessita de uma cadeia de suprimentos e que todos envolvidos nela busquem a excelência. Essas afirmações podem ser vistas no mercado atual, onde as empresas cada vez mais buscam uma cadeia de suprimentos estruturada e confiável.

Para possuir uma boa cadeia logística, Bowersox (2006) recomenda o desenvolvimento de

fornecedores. Segundo ele, essa é a base para uma compra bem sucedida e a, longo prazo, o sucesso da organização. A confiança na capacidade do fornecedor e análise de suas dificuldades também são recomendadas, pois acabam promovendo uma parceria entre as duas empresas.

Ainda segundo Bowersox (2006), a confiabilidade de serviço do fornecedor, ou seja, a entrega da ordem de compra na data e local correto é um dos pontos chave para o bom andamento de uma empresa. O atraso na entrega de uma ordem de compra acaba gerando um ajuste na produção, mesmo que seja informado com antecedência, o que resulta em ineficiência. Ballou (2001) afirma que aproximadamente 50% dos problemas relativos à matéria prima são provenientes da entrega atrasada de ordens de compra. Para fins de comparação, os problemas relativos à qualidade da matéria prima somam aproximadamente 30%, o que justifica um grande foco na redução dos atrasos.

Para a resolução de problemas, como o descrito anteriormente, é recomendada a análise de causa raiz. Essa análise é eficaz no entendimento das causas do problema e, a partir delas, pode-se limitar o campo e focar nas mais significativas (LIKER, 2005). A análise de causa raiz fornece um método estruturado para identificar as causas de um problema, assegurando uma compreensão completa dos pontos a serem melhorados (IIBA, 2011). Além disso, garante que o problema realmente será entendido, não somente corrigido, podendo gerar ações que previnam erros semelhantes. Por ser um documento, pode-se cobrar formalmente uma resposta, nesse caso do fornecedor. A introdução de sistemas formais de controle se apresenta como um instrumento fundamental para assegurar que o comportamento e as decisões de ambas as partes (cliente e fornecedor) sejam consistentes com os objetivos e estratégias da organização (MAZZALI et al., 2011).

O objetivo do trabalho é utilizar a análise de causa raiz para identificar e solucionar os problemas apresentados pelos fornecedores e que acabam prejudicando a produção da empresa analisada. Para isso, será empregado o método das 8 Disciplinas (8D), que explicita a causa do problema e também quais ações serão tomadas para que ele não se repita. Outro objetivo é criar uma rotina para a análise desses problemas, estabelecendo padrões para a cobrança e avaliação dos fornecedores. Assim, pretende-se melhorar o índice de entregas na data, além de entender as dificuldades dos fornecedores e trabalhar em conjunto para solucioná-las.

Os problemas que motivaram a execução deste trabalho foram o atraso na entrega de ordens de compra e as deficiências apresentadas pelos fornecedores. Aliado a isso, havia uma deficiência na cobrança de melhorias para que estes atrasos não ocorressem mais, onde a mesma era feita de forma informal e não documentada. Este fato gerava uma falta de padronização, onde cada fornecedor era cobrado de uma forma diferente.

O entendimento das causas que levam ao atraso na entrega é importante, pois é através dele que se construirão ações corretivas e preventivas, diminuindo os impactos na produção. Com uma cadeia de suprimentos mais confiável, é possível diminuir algumas ineficiências de produção como as paradas de linha e a reprogramação de lotes devido à falta de materiais. Os estoques também podem ser reavaliados, já que não serão necessárias margens de segurança tão altas, reduzindo o custo de armazenagem e de inventário. Além disso, há a possibilidade de conhecer melhor o fornecedor, suas qualidades e limitações, contribuindo para uma qualificação de fornecedores mais acurada e possivelmente uma parceria entre as empresas.

FUNDAMENTAÇÃO

Resolução de problemas e análise de causa raiz

Segundo Sipper e Buffin (1997) apud Campagnaro (2007), as cinco condições que devem existir para que uma não conformidade seja analisada são: (i) Um gap entre o estado atual e o estado desejado; (ii) Consciência de que o gap é realmente um problema; (iii) Motivação para eliminar o gap, ou seja, ele está causando um impacto significativo e recursos devem ser alocados para eliminá-lo; (iv) Habilidade para medir o tamanho do gap, definindo a severidade do problema e identificando as melhorias; (vi) Recursos para eliminar o gap, dispondo de uma metodologia para a solução do problema.

Para Gonçalves (2008), o processo de resolução de problemas consiste em uma seqüência de fases, que devem ser seguidas a partir do momento em que o problema seja evidente. Quando executadas de forma correta, essas fases permitem que o problema seja resolvido no mais curto espaço de tempo. Quando uma metodologia é utilizada, todo o processo de planejamento, decisão e resolução do problema será feito de forma sustentada, garantindo uma solução adequada. Witt (2002) afirma que a metodologia auxilia muito na elaboração dos planos de ação, sendo essa a principal dificuldade observada na resolução de problemas.

Segundo Paris (2003), uma metodologia deve ser usada quando a causa do problema for desconhecida, a resolução do problema estiver além da capacidade de uma só pessoa e quando a gravidade do problema exigir uma equipe envolvida. O uso de uma metodologia de forma errada pode levar a uma solução errônea do problema, não corrigindo os sintomas anteriores e até levando a outros problemas antes não existentes. Terner (2008) acrescenta que a melhor metodologia deve indicar o caminho a ser seguido e que passe pelas etapas básicas e essenciais de uma análise. Além disso, ela deve ser simples e

dinâmica para ser utilizada por pessoas que não dedicarão todo seu tempo a um único problema.

Campagnaro (2007) reitera que uma estrutura detalhada, como um modelo teórico ou prático, contribui para uma melhor análise do problema. O resultado disso é uma identificação mais fácil e correta da causa raiz, gerando ações corretivas mais assertivas e minimizando a ocorrência de futuras não conformidades. Além disso, é ressaltado que o nível de detalhamento dos primeiros passos é fundamental, pois quanto menos detalhes houverem nessas etapas, menor vai ser o nível de detalhe nas etapas futuras, deixando a análise pobre em informações.

Witt (2002) alerta que muitas pessoas tendem a pular algumas etapas da metodologia, devido ao seu conhecimento técnico do assunto. Isso evidencia um imediatismo na tomada de decisões e pode ser prejudicial à análise. Terner (2008) cita que a grande maioria dos envolvidos em análise e solução de problemas acredita que utiliza corretamente a metodologia existente. Eles também reconhecem que a metodologia facilita o trabalho e garante que o resultado será mais preciso caso seja seguida corretamente. No entanto, verifica-se que na prática há pouca adesão a essas metodologias e que as ferramentas são aplicadas de forma isolada e sem um padrão definido. Por isso, muitos trabalhos não apresentam as quatro etapas básicas da solução de problemas (definição, análise, implementação e verificação). Outra evidência é que apenas 25% das pessoas utilizam dados para validar as ações.

Paris (2003), através de observações em campo, afirma que uma metodologia de solução de problemas deve passar por cinco etapas bem definidas: (I) definir e delimitar o problema, (II) identificar a causa-raiz deste problema, (III) gerar soluções alternativas, (IV) escolher e implementar a solução, (V) testar a eficiência da solução escolhida.

A análise de causa raiz não se resume em apenas encontrar a causa raiz do problema, mas sim em clarear o que de fato ocorreu, a fim de evitar que

novos episódios semelhantes aconteçam (TEIXEIRA; CASSIANI, 2007). Anderson e Fagerhaug (2006) ainda acrescentam que ela deve ser uma investigação estruturada, com uma metodologia envolvida, para ser confiável. Rafinejad (2007) afirma que uma causa identificada só será a causa raiz se: (I) o problema não ocorreria caso a causa não se tivesse se manifestado, (II) o problema não vai ocorrer novamente, devido a esse fator, caso a causa seja corrigida ou eliminada.

Muitas vezes, quando se trata de problemas mais complexos, não é simples se especificar apenas uma causa raiz. Isto pode ser agravado pelo tamanho da empresa e o número de variáveis associadas ao problema, dificultando a identificação das causas. Nesses casos, as diversas causas raiz devem ser detalhadas, exigindo ações corretivas para cada uma delas (PARIS, 2003).

David e Liker (2007) falam em focar nas causas mais significativas e não apenas em uma, sendo esse um dos segredos de sucesso da Toyota. Focando em mais de uma causa, consegue-se analisar inteiramente a situação, tendo uma visão mais macro do processo e ir além das causas aparentes.

Método 8 Disciplinas (8D)

A metodologia 8D foi idealizada na Ford Motors, para a resolução de problemas de causa desconhecida. Seu processo é uma seqüência de ações que devem ser seguidas desde o momento em que se identifica a existência do problema até a parabenização do time pelos resultados obtidos. Se executadas corretamente, essas etapas auxiliam a solucionar o problema em um curto espaço de tempo. Como é baseada em fatos, a metodologia permite que o processo de decisão e resolução do problema seja feito de forma estruturada, assegurando que o problema será resolvido. É uma metodologia aberta que trata dos problemas do dia a dia da empresa. Geralmente empregado na resolução de não conformidades de processos, o 8D

tem forte aplicação na área de qualidade (PARIS, 2003).

Gonzalez e Martins (2008) apontam que o 8D é um método para a melhoria corretiva de processos que, além de realizar a divulgação dos resultados, habilita a aprendizagem individual e organizacional por meio do envolvimento e da divulgação da informação. Ele também vem tornando as empresas cada vez mais hábeis em desenvolver seus programas de melhoria, além de criar uma cultura sobre a importância da qualidade para a empresa.

O 8D é mais versátil do que o seis sigma, pois ele consegue solucionar, sem grandes modificações, um variedade muito maior de problemas. Isso se deve ao seu mecanismo simples onde basta uma definição clara do problema, seja ela quantitativa ou qualitativa (LEVINSON; RERICK, 2002). As oito etapas do 8D segundo Paris (2003) e Rambaud (2006) são detalhadas a seguir.

I) Criação da Equipe: Juntar um grupo de pessoas com os conhecimentos necessários para a resolução do problema. Se possível, envolver no grupo diferentes áreas para um melhor entendimento do processo como um todo. O grupo deve ter um líder que atribuirá as responsabilidades de cada um, assim como o tempo para a identificação do problema e a implementação das ações corretivas. O espírito de equipe é fundamental e todos devem trabalhar em conjunto. As metas também devem ser atribuídas nesta etapa.

II) Descrição do problema: Especificar o problema, identificando o que ocorreu e procurando responder perguntas como “o que?, onde?, quando?, quantos?, qual a importância?, etc.” ou o utilizar o 5W2H. Deve-se especificar o problema ao máximo, pois quanto maior for o nível de detalhe, melhor será a identificação da causa raiz.

III) Ação de contenção: Implementar e verificar ações para conter o problema. Deve-se definir ações de contenção que evitem que os efeitos do problema cheguem ao cliente até que as ações definitivas sejam executadas. A eficácia dessas ações também deve ser medida nesta etapa.

IV) Definição da causa raiz: Identificar todas as causas potenciais que podem ter contribuído para a ocorrência do problema. Em seguida, comparar cada causa com o seu efeito e identificar qual é a causa raiz. Fazer esse procedimento para a causa raiz da ocorrência e para a causa raiz da não detecção.

V) Ações corretivas: Desenvolver ações corretivas permanentes, assegurando que essas ações não irão causar efeitos secundários indesejáveis. Elas devem eliminar totalmente a causa raiz enunciada no passo anterior. Caso necessário, definir ações de reação.

VI) Implementação das ações corretivas: Implementar e validar as ações corretivas permanentes em execução, definindo os controles para assegurar a eliminação da causa raiz. Monitorar a eficácia das ações e, caso necessário, desenvolver ações de reação.

VII) Prevenção: Prevenir a reincidência dos problemas modificando os sistemas, procedimentos e práticas e determinar os passos para evitar que um problema igual ou similar ocorra. Identificar oportunidades de melhoria.

VIII) Conclusão e congratulações: Concluir a análise e congratular toda a equipe envolvida. Reconhecer publicamente o esforço coletivo e divulgar o resultado para toda a organização.

Na seleção das pessoas envolvidas na análise é preferível obter pessoas de diferentes áreas. O processo de aprendizagem se torna mais evidente em grupos heterogêneos do que em grupos que possuem a mesma área de conhecimento. Além

disso, um grupo heterogêneo tende a ter uma visão mais global do processo, buscando melhorias que não envolvem somente a área de ocorrência do problema. Grupos homogêneos tendem a ter mais autonomia no processo de tomada de decisões, não recorrendo a solicitações ou troca de experiências com outras áreas (WITT, 2002).

Para levantar as causas de um problema, o diagrama de Ishikawa pode ser utilizado. O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta gráfica de análise que permite a fácil visualização das causas envolvidas. Um bom diagrama é aquele que se encaixa na análise das causas, não possuindo uma forma padrão. No entanto, sugere-se classificar as causas de acordo com os 6M's (mão de obra, máquina, método, material, medida e meio ambiente) (MUNRO et al., 2008).

Campagnaro (2007) salienta a importância do bom preenchimento do 8D. Caso o documento tenha sido entregue a algum responsável e tenha voltado de forma incompleta, o relatório não deve ser aprovado. A sua devolução deve ser feita para que a análise de causa raiz e respectivas ações sejam melhor explicadas.

O 5 porquês é uma técnica que pode ser usada para assegurar que os sintomas e os efeitos são realmente devido à causa raiz. Ela consiste em perguntar "por que" o problema ocorreu, e após perguntar "por que" para essa resposta. Para achar a causa raiz, deve-se seguir perguntando "por que" até que não seja mais possível responder a pergunta (RAFINEJAD, 2007). Liker (2005) acrescenta que o 5 porquês é um método que permite encontrar as causas mais profundas de um problema, tendo por objetivo encontrar soluções igualmente profundas.

Diversos autores como Witt (2002), Terner (2008) e Liker (2005), sugerem o uso do brainstorming para o levantamento de idéias sobre as causas do problema. Essa mesma ferramenta

pode ser usada em qualquer etapa da resolução de problemas, como a definição das ações corretivas.

O registro das análises realizadas é de grande importância, pois é através dele que será possível verificar a efetividade do trabalho desenvolvido. Além disso, o processo de aprendizagem se torna mais evidente, podendo ser repassado para outras pessoas. Um jeito fácil de realizar essa etapa é disponibilizar o resultado em um ambiente onde todos possam ter acesso, como a intranet da

empresa (WITT, 2002). Paris (2003) salienta que a aprendizagem deve ser tratada como elemento essencial na aplicação da ferramenta, podendo-se criar um manual com as informações obtidas, transformando o conhecimento adquirido em conhecimento explícito. Gonzalez (2008) sugere uma reunião periódica onde será feito o acompanhamento e evolução dos processos em aberto, contribuindo para a aprendizagem e interação dos indivíduos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi realizado em uma empresa montadora de condicionadores de ar situada na região metropolitana de Porto Alegre – RS. Contando com um total de 600 funcionários, a empresa produz aparelhos de ar condicionado de grande capacidade.

O setor de planejamento de materiais da empresa é o responsável pelo abastecimento de matéria prima em tempo hábil. Ele também gerencia os índices de entregas no prazo correto de aproximadamente 150 fornecedores. Diariamente, centenas de ordens de compras devem ser entregues, porém algumas acabam sofrendo atraso e impactando a produção. Os motivos destes atrasos eram questionados aos fornecedores de maneira informal, através de email e telefone. Em alguns casos, uma reunião era realizada para estabelecer planos de ação.

O motivo dos atrasos e seus planos de ação acabavam sendo esquecidos ao longo do tempo, pois não havia um acompanhamento muito próximo. Além disso, as causas encontradas eram questionáveis, pois não havia uma metodologia a ser seguida. As reuniões nem sempre eram possíveis, pois há fornecedores muito distantes da empresa. No geral, mais fornecedores poderiam ser abordados caso houvesse um processo estruturado e robusto para analisar os motivos dos atrasos e combater suas causas.

O trabalho envolve todos os materiais comprados pela empresa e seus respectivos fornecedores. Sua realização foi feita pelo setor de planejamento de

materiais, responsável pelo planejamento e compra de matéria prima. Dentro dessa área os fornecedores são divididos em carteiras entre os funcionários, onde cada funcionário é responsável pelo acompanhamento das atividades de seus fornecedores. Além disso, o trabalho envolve e conta com o auxílio de outras áreas como PCP, supply chain, qualidade, inbound, manufatura e engenharia de produto. A implementação dessa atividade é permanente, devendo permanecer por tempo indefinido dentro da empresa. Foram analisados os resultados dos dez primeiros meses após o teste piloto.

O método utilizado na realização do trabalho e que está presente no documento enviado ao fornecedor é o 8D. Sua utilização se deve a sua completa estruturação, que engloba desde a descrição do problema até a parabenização da equipe. Outra justificativa para sua utilização é o seu grande uso pelas empresas, o que contribui com bons exemplos. A própria empresa já utiliza o 8D, porém somente na área de qualidade, o que ajudou na troca de conhecimento e na estruturação do processo.

O trabalho foi realizado em 4 etapas: (I) coleta de dados, (II) análise e classificação dos dados, (III) emissão de documento para fornecedores críticos e (IV) acompanhamento dos documentos gerados. Seu objetivo é melhorar a performance de entrega de ordens de compra pelos fornecedores. Desse modo, utilizou-se o método 8D na busca da causa raiz do atraso na entrega. O 8D, por ser um método de solução de problemas, permite que o fornecedor

compreenda melhor o seu processo e atue nos pontos onde ele apresenta deficiências, combatendo as causas especiais. Com essas deficiências sanadas, é esperado que o motivo do atraso não se repita, contribuindo para um índice de entregas na data mais elevado e, conseqüentemente, uma melhor produtividade da fábrica. Além disso, haverá um método formal na cobrança dos fornecedores que poderá ser utilizado em indicadores de qualificação de fornecedores.

Para iniciar o trabalho, é necessária uma fonte de dados confiável que relate todos os impactos causados na fábrica em função do desabastecimento de matéria prima (I). Essa base de dados deve conter informações como o código do material faltante, o fornecedor, a data de ocorrência, o tipo de impacto causado (parada de linha, replanejamento de ordens de produção, etc.), o motivo do impacto, a linha de produção envolvida e alguma outra informação pertinente como o número da ordem de compra. O responsável pela coleta de dados é o setor de PCP, pois possui um contato maior com os problemas ocorridos na produção. Esta fonte de dados já estava disponível na empresa e não precisou ser alterada.

Com os dados atualizados diariamente em uma planilha, foi realizada uma classificação das causas dos impactos, definindo a área responsável e o motivo de cada ocorrência (II). Por exemplo, se uma ocorrência tivesse como causa raiz uma divergência de inventário, ela teria como área responsável o almoxarifado e seu motivo seria classificado como divergência de estoque. Caso fosse um atraso na entrega de algum material a área responsável seria o planejamento de materiais e o motivo seria atraso do fornecedor. Essa classificação é realizada semanalmente pelo planejamento de materiais, setor que possui um maior conhecimento a respeito do motivo da falta de matéria prima que gerou o impacto. Assim, cada funcionário analisa os impactos causados pelos fornecedores de sua carteira. Aquelas ocorrências classificadas como atraso de fornecedor

foram segregadas e agrupadas de acordo com o fornecedor responsável. Por fim, foi feito um ranking dos fornecedores mais críticos do período, definindo-se quais deles seriam analisados. O agrupamento das ocorrências e a elaboração do ranking já eram realizados anteriormente como indicador de desempenho da área e foram utilizadas para definir os fornecedores que receberiam o documento. Neste caso, foram abordados os cinco fornecedores com pior desempenho de cada mês. A escolha de tratar apenas estes cinco fornecedores foi devido ao fato de normalmente eles corresponderem a mais de 70% dos impactos no mês. Cabe lembrar que nem todos os atrasos impactam a produção, ou seja, somente entram neste indicador atrasos que impactaram a produção de alguma forma. Para medir o índice de entregas na data o indicador utilizado é outro, e não será abordado neste trabalho.

A partir da seleção de fornecedores críticos da etapa anterior, foi emitido um documento (Apêndice A) em planilha eletrônica contendo os 8 passos do 8D para cada um dos fornecedores (III). Esse documento explica o problema ocorrido, fundamentado na base de dados coletados. O documento é emitido pelo funcionário responsável pelo fornecedor e é encaminhado por email. Cabe ao fornecedor o preenchimento e identificação da causa raiz do problema ocorrido assim como a proposição de uma solução, de forma a evitar sua recorrência. Para ajudar na análise, ferramentas como o Diagrama de Ishikawa e os 5 Porquês foram acrescentadas no documento e deviam ser utilizadas. O prazo para a resposta foi estipulado em uma semana, sendo este negociável caso seja apresentada alguma justificativa. Após a resposta do fornecedor, uma análise da mesma foi realizada pelos responsáveis do planejamento de materiais para verificar a coerência. Caso o resultado não fosse satisfatório, o documento era reenviado ao fornecedor para novo preenchimento.

Dando seguimento aos passos do 8D, as ações corretivas do fornecedor são acompanhadas. Esse

acompanhamento pode ser feito por telefone, email ou através de uma visita ao fornecedor para conferir na prática a execução da ação. Caso as ações sejam efetivas, o documento é concluído e arquivado (IV). Um histórico com todos os documentos emitidos é mantido em planilha eletrônica para análise das ações tomadas. Uma reunião mensal de acompanhamento dos processos em aberto era realizada internamente pela área de planejamento de materiais, com o objetivo de discutir as ações tomadas pelos fornecedores e propor melhorias.

A importância do trabalho está na associação entre o atraso de ordens de compra e a perda de

produtividade da fábrica. Com a matéria prima chegando na data correta, não há riscos de parada de linha e ineficiências por falta de material. Além disso, é possível diminuir o estoque de segurança, contribuindo para um custo de inventário menor. Outro benefício é o trabalho acabar contribuindo para a qualificação e gerenciamento interno de fornecedores, pois força o fornecedor a entender e resolver seus problemas. Com base nesses dados é possível diagnosticar e direcionar ações de melhoria contínua, além de tomar decisões estratégicas envolvendo fornecedores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram emitidos 52 documentos para os fornecedores de outubro de 2011 até agosto de 2012, obtendo-se respostas em 34 deles (65%). O total de fornecedores abordados foi de 26, sendo que alguns receberam mais de um documento. O Quadro 1 mostra as principais causas identificadas em todos os fornecedores onde houve resposta e

suas respectivas ações de correção implementadas. Notou-se que, apesar de ocorrerem em fornecedores diferentes, muitas causas eram parecidas e poderiam ser tratadas de forma semelhante a outros casos já analisados. Sendo assim, houve a possibilidade de ajudar os fornecedores a desenvolver ações que fossem eficazes com base em exemplos anteriores.

Quadro 1: Principais causas identificadas

Percentual de ocorrência	Causa Raiz	Ação corretiva
35%	Falha na comunicação	Reestruturação do processo onde houve falha de comunicação, automatizando-o e desenvolvendo sistemas à prova de erro quando possível. Treinamentos periódicos do processo para as áreas envolvidas.
18%	Falta de capacidade produtiva	Mapeamento da capacidade atual e avaliação de melhorias no processo. Aumento da capacidade.
14%	Atraso de matéria prima	Aumentar estoque de segurança. Analisar em conjunto com o fornecedor de matéria prima as causas do atraso.
12%	Quebra de máquina	Manutenção preventiva.

Pôde-se perceber que a causa raiz mais recorrente é a de falha na comunicação em algum processo do fornecedor. Essa causa é de difícil tratamento, pois muitas vezes não há como implementar um sistema à prova de erro. No entanto, há como automatizar o processo e torná-lo menos dependente das ações do operador. Treinamentos também são válidos, desde que sejam feitos de forma periódica e não somente uma única vez. Em alguns casos observou-se que o treinamento se limitava a apenas uma ordem ao funcionário para ser mais cuidadoso, o que não foi aceito.

A falta de capacidade do fornecedor para atender aos picos de demanda apareceu como segunda causa mais comum identificada. A empresa deste trabalho possui uma demanda sazonal, o que dificulta a estruturação de capacidade do fornecedor. Os fornecedores mais impactados foram aqueles que possuem boa parte de sua produção voltada para esta empresa, pois acabam tendo que diminuir suas estruturas para o período de baixa demanda e não conseguem aumentá-las novamente em tempo hábil para a alta temporada. As ações tomadas foram o mapeamento da capacidade atual e a análise do aumento da capacidade.

Atraso de matéria prima e quebra de máquina surgiram como terceira e quarta causas mais apontadas. Estas causas possuem ações corretivas mais simples e de fácil aplicação. No caso de atraso de matéria prima, foi criado um estoque de segurança no fornecedor para que as variações no atendimento fossem minimizadas. Para as quebras de máquina, um processo de manutenção preventiva foi implementado ou até mesmo a substituição de maquinário.

O número de documentos não respondidos foi considerado elevado. Somente em 65% dos documentos emitidos houve retorno por parte do fornecedor. Em 19% dos casos houve uma resposta ideal, ou seja, foi realizada dentro do prazo de uma semana estabelecido. Em 46% dos documentos houve uma resposta, porém com atraso, o que

demandou um esforço maior por parte do planejamento de materiais para cobrar um retorno. Em 35% dos casos não houve resposta do fornecedor, mesmo com cobranças através de e-mails, telefonemas e, em alguns casos, reuniões. Os motivos levantados para o baixo índice de retorno são a falta de interesse do fornecedor e a pouca prioridade repassada ao projeto por parte da área de planejamento de materiais. Além disso, em função de uma reestruturação interna, um dos principais indicadores para a avaliação de fornecedores da empresa não foi mais atualizado. Sendo assim, o resultado negativo que os atrasos na resposta traziam ao indicador, não eram percebidos pelo fornecedor, que acabava não respondendo.

Durante o acompanhamento, pôde-se notar uma melhoria nos índices de entregas na data dos fornecedores que fizeram a análise de forma correta. O Gráfico 1 mostra o número de impactos causados na linha de produção em função dos atrasos apresentados mês a mês. São apresentados os dados de 3 fornecedores juntamente com o número de documentos emitidos e respondidos por cada um. Para comparação, há também o gráfico de impactos que engloba todos os fornecedores.

Observou-se que os fornecedores que receberam os documentos e os responderam, tiveram uma melhoria bastante significativa nos meses posteriores. Os fornecedores A e B se enquadram nesta condição e conseguiram reverter uma situação muito crítica na qual se encontravam. Mesmo havendo atrasos nos meses seguintes, os impactos não foram tão expressivos quanto eram nos meses anteriores, possuindo uma tendência de melhora ao longo do tempo.

Os fornecedores que receberam os documentos e não os responderam não obtiveram o mesmo índice de melhora. O fornecedor C recebeu seis documentos e respondeu apenas um, o que prejudicou o seu desempenho. Mesmo havendo

menos impactos no meses seguintes, eles acabaram sendo significativos e não acompanharam a

evolução observada nos fornecedores A e B.

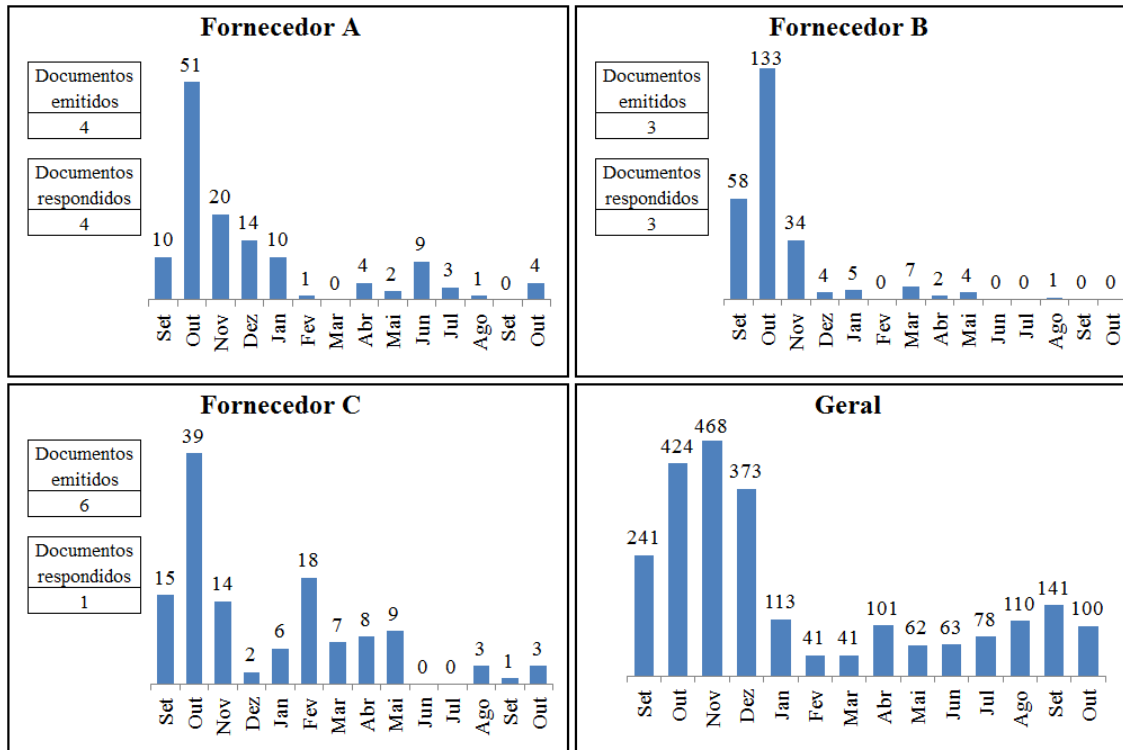


Gráfico 1: Número de impactos na linha de produção causados por atrasos de fornecedor

No geral, os impactos também diminuíram, especialmente dos fornecedores que receberam o documento. Por terem sido acompanhados mais de perto, esses fornecedores foram mais cobrados em suas ações de melhoria, o que refletiu em uma melhora nos indicadores. Como exemplo, podemos comparar a evolução dos fornecedores A, B e C nos meses de outubro de 2011 e 2012. Em outubro de 2011, eles representavam 53% dos impactos por atraso. Já em outubro de 2012, os mesmos três fornecedores representavam apenas 7% das ocorrências.

O método utilizado teve uma boa aceitação pelos funcionários, pois combate os atrasos e tende a eliminar retrabalhos como a reprogramação da produção. A gerência também aprovou o projeto,

acreditando na redução de perdas e melhoria dos indicadores.

A existência de um documento formal para a cobrança dos fornecedores se mostrou bastante positiva, sendo utilizado em diversos casos. Contribuiu sendo mais um indicador da área de planejamento de materiais, avaliando o número de documentos emitidos e também o seu atraso na resposta. Facilitou o acompanhamento dos problemas ocorridos nos fornecedores e as ações tomadas por eles. Assim, casos de reincidências eram mais facilmente visualizados e tratados de forma prioritária. Se mostrou muito útil em reuniões para a cobrança de melhorias, principalmente quando envolviam a alta gerência de um fornecedor, pois mostrava os problemas

causados pelos atrasos e como eles estavam sendo tratados. Desta forma, caso alguma ação tomada não fosse eficiente, havia muito mais evidências e justificativas por parte da empresa para cobrar uma melhoria. A existência de um plano de ação documentado e que deve ser cumprido gera uma pressão muito maior no fornecedor, contribuindo para um resultado melhor e mais rápido. O preenchimento do documento demandava bastante tempo do fornecedor, o que o motivava a não atrasar as ordens de compra para não estar entre os fornecedores que receberiam o documento. Por se tratar de um documento que exige a análise de um time contendo diversas áreas, a penetração da informação dentro dos fornecedores era maior, não se limitando somente a área comercial. Essa ação tira o fornecedor da zona de conforto e acaba forçando-o a entender o processo como um todo. Em alguns casos, foi constatado que havia divergência de informações no fornecedor, resultando que o mesmo processo era visto de forma diferente entre as áreas.

Por se tratar de um método estruturado, o 8D facilitou a análise de causa raiz e a tomada de ações corretivas, pois bastava o fornecedor seguir os passos presentes no documento. No entanto, o método não se mostrou tão simples como o esperado e para a realização de uma boa análise, foi necessário repassar treinamento aos fornecedores. Durante os 3 primeiros meses de acompanhamento, houve bastante dúvidas dos fornecedores e da própria área de planejamento de materiais quanto ao preenchimento correto do documento. Isso acabou gerando atrasos no processo, pois o fornecedor em alguns casos necessitava de auxílio para entender como utilizar adequadamente o 8D e encontrar a causa raiz do problema. Foi observado que mesmo empresas de grande porte certas vezes não possuíam profissionais com conhecimento suficiente para realizar a análise, inclusive em áreas como a de qualidade.

Após os 3 primeiros meses, houve uma melhora no tempo de resposta do documento em função do maior conhecimento da ferramenta por parte dos fornecedores. Porém, a qualidade da resposta ainda não era a ideal. Faltava um maior aprofundamento na análise das causas para que a verdadeira causa raiz fosse identificada. Além disso, as ações implementadas não eliminavam a causa raiz em alguns casos, sem garantir que ela não fosse acontecer novamente. Para combater essa deficiência, o documento era devolvido ao fornecedor e novas explicações eram passadas. Em alguns casos o preenchimento por parte do fornecedor foi realizado em conjunto com a empresa, analisando as ideias e opiniões de ambos os lados, o que se mostrou muito positivo.

A maior dificuldade enfrentada foram os fornecedores que não respondiam o documento. Esses fornecedores já eram conhecidos por serem problemáticos e não cumpriram os seus planos de ação. Nestes casos, a existência do documento não apresentou melhorias significativas, pois eles não eram respondidos ou eram respondidos de forma precária. Isto acabava desmotivando os funcionários da empresa, pois a emissão do documento e a cobrança de uma resposta eram esforços que acabavam não gerando resultados.

Outro problema enfrentado foi a falta de prioridade repassada ao projeto por parte da área de planejamento de materiais. Como o abastecimento de fábrica no curto prazo é a principal prioridade do setor, muitas vezes o acompanhamento das ações não era realizado de forma adequada. A falta de prioridade somada à baixa cobrança da gerência no projeto acabou contribuindo ainda mais para um baixo nível de resposta dos fornecedores. Além disso, o pouco tempo disponível, principalmente na época de alta temporada, acabou prejudicando muito o bom andamento do processo.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a utilização da análise de causa raiz nos atrasos de entrega de ordens de compra dos fornecedores. Para isso, foi utilizada a metodologia 8D, que estrutura a resolução do problema em oito passos. Em paralelo, foi desenvolvida uma rotina para a aplicação deste método e consequente análise dos fornecedores mais críticos. O resultado do trabalho também contribuiu para gerar mais indicadores de desempenho sobre os fornecedores.

A rotina possui como base a coleta de dados dos impactos na produção resultantes da falta de material. A partir disso, a área de planejamento de materiais da empresa selecionava os fornecedores mais críticos para responder um documento com a metodologia 8D. As principais tarefas do fornecedor eram identificar a causa raiz do impacto e definir um plano de ação para eliminá-la. Após esta análise, a área de planejamento de materiais acompanhava o processo para atestar sua eficácia.

Foi obtida uma significativa melhoria nos índices de impactos na manufatura em função de atrasos de fornecedores. Pôde-se perceber que os fornecedores que seguiram a metodologia de forma correta, obtiveram um índice de performance superior aos fornecedores que não responderam o documento. Porém, mesmo aqueles que não responderam de forma adequada, obtiveram melhorias, pois estavam sendo acompanhados de forma mais próxima para tomarem ações de melhoria.

A causa raiz mais identificada pelos fornecedores foi a de falha na comunicação (35%), seguida por falta de capacidade produtiva (18%), atraso de matéria prima (14%) e quebra de máquina (12%). Houve dificuldades na mitigação de falhas na comunicação, pois em muitos casos não há como implementar um sistema a prova de erros, além de haver grande atuação pessoas. Notou-se que os planos de ação adotados pelos fornecedores seguiam um padrão quando a causa raiz identificada era semelhante. Com base no histórico

destes planos de ação, foi possível sugerir melhorias para fornecedores que enfrentavam os mesmos problemas.

O número de documentos respondidos foi considerado baixo, pois houve retorno em apenas 65% dos documentos emitidos. O desconhecimento do método 8D, que não se mostrou tão simples como o esperado, contribuiu para que alguns fornecedores não o respondessem. Outros motivos levantados foram a falta de interesse do fornecedor e a pouca prioridade repassada ao projeto pela área de planejamento de materiais. Nos fornecedores considerados problemáticos e que já demonstravam resistência em apresentar melhorias, os resultados não foram bons, pois os documentos não eram respondidos.

Para melhorar os índices de respostas, há a possibilidade de haver uma cobrança maior do fornecedor, envolvendo também as áreas comerciais das empresas. A dedicação de mais recursos para o acompanhamento dos documentos em aberto também poderia contribuir para essa melhoria, além de abrir a possibilidade de abordar mais fornecedores além dos cinco mais críticos do mês. Essa dedicação de recursos extras para a atividade seria justificada pela diminuição dos impactos que tal ação proporcionaria.

A utilização dos indicadores de entrega de ordens de compra na data e de respostas ao documento 8D deveria ser realizada de forma mais prioritária para a avaliação dos fornecedores. Caso os fornecedores se sentissem mais cobrados, podendo até perder o cliente, os índices provavelmente apresentariam resultados mais positivos.

Além destas melhorias, os próprios gestores da empresa poderiam repassar mais prioridade a esta tarefa, fazendo com que os funcionários dedicassem mais tempo a mesma. Assim, a ideia de melhoria contínua entraria no dia-a-dia dos colaboradores, o que seria repassado aos fornecedores.

No geral, o trabalho contribuiu bastante para a empresa, diminuindo os custos gerados pelos impactos na produção e aumentando a

confiabilidade de seus fornecedores. O tempo dedicado à tarefa se justificou, havendo a possibilidade de envolver mais recursos caso necessário. As melhorias aqui sugeridas podem ser facilmente aplicadas, visto que não demandam investimentos elevados, e conseqüentemente gerar

resultados ainda melhores. Além disso, pode contribuir para trabalhos futuros, agregando mais um indicador e contribuindo com um histórico bastante rico das causas que levaram aos impactos na produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, A. et al. Introduzindo Conceitos de Gerenciamento da Cadeia de Fornecedores no Gerenciamento de Projetos – Um Modelo em Protótipo para a Indústria da Construção Civil. ENEGEP. UFRN, Natal. 2001.

Anderson, B.; Fagerhaug, T. Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques. 2 ed. American Society for Quality, Milwaukee. 155p.

Ballou, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre, Bookman, 2001. 532p.

Bowersox, D. J. Gestão logística de Cadeias de Suprimentos. Porto Alegre: Bookman, 2006. 528p.

Campagnaro, C. A. Proposição de uma Estrutura Referencial para Tratamento de não Conformidades em Componentes Produtivos do Setor Automotivo. Dissertação de Mestrado. Curitiba, PUCPR, 2007.

Campos, V. F. Controle da Qualidade Total: No Estilo Japonês. 8ª edição. Nova Lima: INDG, 2004. 256p.

Cardoza, E.; Carpinetti, L. Indicadores de Desempenho para o Sistema de Produção Enxuto. Revista Produção, Vol. 5, N2. Florianópolis, 2005.

Christopher, M. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. São Paulo: Pioneira, 1997.

Coimbra, C. S. O Custo da Ineficiência na Logística Interna. VI Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2005. São Paulo

Coltro, A. A Gestão da Qualidade Total e Suas Influências na Competitividade Empresarial.

Caderno de Pesquisas em Administração, Vol. 1, N2. São Paulo, 1996.

CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals). Supply Chain Management Definitions. Disponível em: <<http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>>. Acesso em: 02 dez. 2012.

David, M.; Liker, J. K. O Modelo Toyota - Manual de Aplicação - Um Guia Prático para a Implementação dos 4ps da Toyota. 1 ed. Bookman. 2007. 432p.

Fusco, J. P. A. Tópicos Emergentes em Engenharia de Produção. 1ª edição. São Paulo. Arte & Ciência, 2002. 344p.

Gonçalves, F. M. G. S. Abordagem para Análise e Resolução de Causas de Problemas Aplicando Multicritério. Dissertação de Mestrado. Fortaleza, UNIFOR, 2008.

Gonzalez, R.; Martins, M. Cultura de Aprendizagem e Melhoria Contínua: Múltiplos Casos em Empresas do Setor Automobilístico. XXVIII ENEGEP, Rio de Janeiro. UFSCAR, 2008. 236p.

IIBA. Um Guia Para o Corpo de Conhecimento de Análise de Negócios - Guia Babok. International Institute of Business Analysis, 2011. 266p.

Lambert, D.M.; Cooper, M.C.; Pagh, J.D. Supply chain management: Implementation issues and research opportunities. The International Journal of Logistics Management, V. 9, n. 2, 1998.

Levinson, A.; Rerick, R. Lean Enterprise: A Synergistic Approach to Minimizing Waste. 1 Ed. ASQ, Milwaukee. 2002.

- Liker, J. K. Modelo Toyota: O Manual de Aplicação. Porto Alegre, Bookman, 2007.
- Liker, J. K. O Modelo Toyota - 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. 1 ed. Bookman, Porto Alegre. 2005. 320p.
- Mazzali, L. et al. O Nexo Entre Formalização e Confiança na Gestão da Relação Cliente-Fornecedor. *Gestão & Produção*. V. 18, N3. São Carlos, 2011. p. 571-586
- Monczka, R. M. Purchasing and Supply Chain Management. 4 ed. South Western, USA. 2009. 760p.
- Munro, R. et al. The Certified Six Sigma Green Belt Handbook. ASQ, Milwaukee. 2008. 480p.
- Paris, W. S. Proposta de uma Metodologia para Identificação de Causa Raiz e Solução de Problemas Complexos em Processos Industriais: Um Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado, Curitiba, UFPR, 2003.
- Parra, P. H.; Pires, S. R. I. Análise da Gestão da Cadeia de Suprimentos na Indústria de Computadores. *Gestão & Produção*. V. 10, N1. Abril, 2003.
- Rafinejad, D. Innovation, Product Development and Commercialization: Case Studies and Key Practices for Market Leadership. 1 ed. J. Ross, USA. 2007. 432 p.
- Rambaud, L. 8D Structured Problem Solving: A Guide to Creating High Quality 8D Reports. 1. Ed. PHRED Solutions, Breckenridge. 2006. 148p.
- Silva, E. L.; Menezes, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Redação. PPGEP UFSC. Florianópolis. 2001.
- Teixeira, T.; Cassiani, S. Análise de Causa Raiz: Avaliação de Erros de Medicação em um Hospital Universitário. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2007.
- Terner, G. L. K. Avaliação da Aplicação dos Métodos de Análise e Solução de Problemas em uma Empresa Metal-Mecânica. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, UFRGS. 2008.
- Witt, H. C. Aprendizagem organizacional a Partir do Ensino da Metodologia de Análise e Solução de Problemas. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, UFRGS. 2002.

Apêndice A – Documento 8D

8D			Data: _____			
			Nº: _____			
Emitente: _____			Setor: _____			
☎: _____			☒: _____			
Produto(s):	Material	Código	Ocorrências	Material	Código	Ocorrências
Fornecedor: _____			Enviada para: _____			
☎: _____			☒: _____			
Motivo: _____			Observação: _____			
Mês analisado: _____			Ranking de impactos no mês: _____			
<i>Obs: Os campos marcados devem ser preenchidos pelo fornecedor</i>						
Data definida para resposta: _____						
1 - TIME DE ANÁLISE						
Nome / setor _____						
2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA						
2.1 - Quantificar o problema - O quê? Por quê? Onde? Quem? Quando? Como? Quanto?						
2.2 - Fotos / Evidências do problema						
3 - AÇÃO DE CONTENÇÃO						
Responsável: _____				Data: _____		

4 - ANÁLISE DAS CAUSAS

4.1 - Diagrama de Causa e Efeito:

4.2 - Análise dos 5 Por quês (Verificar causa raiz da "Ocorrência" e da "Não-deteção").

Por quê da NÃO DETECÇÃO?

1 → 2 → 3 → 4 → 5

Por quê da OCORRÊNCIA?

1 → 2 → 3 → 4 → 5

4.3 - Identificação da Causa-raiz (Resultados das análises efetuadas).

5 - AÇÕES CORRETIVAS

AÇÃO CORRETIVA	DATA	RESPONSÁVEL	STATUS

6 - IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES CORRETIVAS

Responsável: _____ Data: _____

7 - AÇÕES DE PREVENÇÃO E MELHORIA

Responsável: _____ Data: _____

8 - CONCLUSÃO / RECONHECIMENTO DO TIME:

Responsável: _____ Data: _____

Autores

Felipe Müller Treter. Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: felipetreter@gmail.com

Carla Schwengber ten Caten. Departamento de Engenharia de Produção e Transportes.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: tencaten@producao.ufrgs.br

Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco. Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: macannarozzo@gmail.com

Recibido: 11-11-2014

Aceptado: 11-12-2014

Artículos de Divulgación

**TEMAS DE
INTERÉS GENERAL**

¿Es la responsabilidad social empresarial un constructo multidimensional? Métodos para su estimación

Is CSR is a multidimensional construct? Methods for its estimating

Yeicy Bermúdez Colina

Palabras clave: responsabilidad social empresarial, índices de sostenibilidad, análisis factorial, heurística, multidimensional

Key Words: corporate social responsibility, sustainability index, factor analysis, heuristics, multidimensional

RESUMEN

La presente investigación se corresponde con una de tipo documental; aborda la revisión de información divulgada por la comunidad científica internacional en temas relacionados con los métodos usados para medición de la responsabilidad social a nivel mundial. De la revisión se determinó que los métodos estadísticos multivariados son ampliamente utilizados para modelar el comportamiento de la responsabilidad social de las organizaciones. Se evidencia la importancia de evaluar la responsabilidad social considerando la óptica de los consumidores, accionista, proveedores y la comunidad de manera integral para obtener una visión global de los aspectos demandados por cada involucrado de manera directa e indirecta con las organizaciones, contribuyendo así con la toma de decisiones en todos los niveles organizacionales al considerar y mejorar las brechas detectadas en relación a todos los stakeholders (grupos de interés). En este documento se presentan experiencias recientes sobre los métodos usados para estimar el "nivel" de responsabilidad social presente en diferentes organizaciones. Para ello se revisaron investigaciones asociadas a este aspecto mostrando aquí los estudios afines con la Ingeniería Industrial (en cuanto al uso de herramientas estadísticas y heurísticas). El resultado de la investigación revela la tendencia creciente del uso de técnicas cuantitativas en la medición para la posterior planificación de actividades de mejoras. La tendencia a índices integrados y relacionados con los resultados financieros también es de carácter creciente. El fin último del interés en la estimación de los niveles de la Gestión Socialmente Responsable, la Sostenibilidad, o simplemente la Responsabilidad Social parece ir encaminado a buscar la consolidación de estos aspectos a las estrategias organizacionales con miras a que

perduren en el tiempo. Las nuevas presiones de los diversos involucrados a lo largo de la cadena de valor de los productos son las que han motivado todo este proceso de cambio y de mejora en las forma de hacer negocio.

ABSTRACT

This research corresponds to a documentary type, revising information distributed by the international scientific community on issues related to the methods used for measuring the social responsibility worldwide. From the review found that multivariate statistical methods are widely used to model the behavior of the organization's social responsibility of. It highlights the importance of assessing social responsibility from considering the perspective of consumers, shareholders, suppliers and the community in a comprehensive way to get an overview of the aspects demanded by each one involved directly and indirectly with the organizations, furthermore contributing to decision-making at all organizational levels considered and improving the identified gaps in relation to all stakeholders. This document presents recent experiences on the methods used to estimate the "level" of social responsibility present in different organizations. There were reviewed papers associated with the study aspect showing conconancy with the Industrial Engineering (specially the use of statistical and heuristics tools). The research result shows the increasing trend in the use of quantitative techniques in planning for subsequent measurement of improvement activities. The trend towards integrated indexes and related financial performance is also growing in nature. The ultimate goal of the interest in estimating levels of Socially Responsible Management, Sustainability or Social

Responsibility seems simply be directed to seek consolidation of these aspects to endure over time. The new pressures of the various stakeholders along with

the value chain of the products are what have motivated this process of change and improvement in the way we do business.

INTRODUCCIÓN

Hoy día se observa que la forma de hacer negocios está orientada a una actuación ética de las organizaciones, existe una exigencia de ser responsable en todos los ámbitos de actuación empresarial y por consiguiente lo largo de la cadena de valor del producto, lo cual afecta la gestión productiva y comercial de las organizaciones y sus relaciones con los grupos de interés (De la Cuesta; Valor, 2003). El acelerado ritmo del cambio tecnológico, la globalización profundiza, la internacionalización de las empresas, la competencia por la calidad y el cambio de las tendencias sociales y demográficas han dado cuenta de la necesidad de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) para la sostenibilidad de las organizaciones, al ser está la integración equilibrada de los aspectos sociales y ambientales en los de negocios y operaciones, por lo que cada vez se le reconoce su papel estratégico para el éxito a largo plazo. (Sagar & Agarwal, 2012). Como lo plantea el Congreso de los Diputados (2006, p. 117). "La RSE es la respuesta a demandas y a presiones sociales", de acuerdo con

Kanji; Chopra (2010), en la actualidad las empresas están reforzando su compromiso a respetar los derechos humanos, la Responsabilidad Social (RS) y ambiental, el control de la ética y la promoción del desarrollo sostenible a través de sus productos y relaciones.

En definitiva, cada vez las organizaciones están más interesadas en demostrar su desempeño en beneficio de la sociedad y el medio ambiente, de esta necesidad de demostrarlo surgen infinidad de intentos dirigidos a la medición de aspectos inherentes a la RSE. De allí que el objetivo de esta investigación es revisar y presentar experiencias/iniciativas asociadas a la estimación de la gestión ética y responsables así como indagar un posible forma de medición en la cual se integren los conceptos de análisis multivariante y metaheurísticas, esto por el hecho que la RSE en un constructo multidimensional, (Dopico, Rodríguez y González (2011), Kaji y Chopra (2010), puede incluir diversos actores y objetivos pues las organizaciones tienen que responder a presiones diversas provenientes de fuentes también diversas (Paéz, 2010).

METODOLOGÍA

Este trabajo es una investigación documental que pretende mostrar la importancia que la RS ha ido cobrando en el mundo de los negocios actuales y de allí la inquietud presente en la comunidad científica en apuntar hacia una forma de medirla de manera integrada, además de buscar el efecto que tiene sobre otras áreas de gestión de las empresas.

En la revisión bibliográfica se evidencia la intención cada vez más creciente de evaluar, medir, determinar de alguna forma la RS en las organizaciones. En este sentido se encuentran

autores que intentan cuantificar la situación desde adentro de la empresa, y otros como una mirada macro de las organizaciones.

La pretende mostrar información relevante de diversas fuentes confiables sobre el tema en estudio. Está basada en la revisión y análisis de fuente impresas y de fuentes electrónicas (Alfonzo, 1994) y la técnica de síntesis para el análisis de datos (Arias, 2006). Se revisaron 48 publicaciones sobre medición de RS, que posteriormente se filtraron para mostrar preferiblemente aquellas que uso de las técnicas de estimación relacionadas con la Ingeniería Industrial o aquellas que indica tendencia actual sobre la RS. Se consideraron las publicaciones encontradas a partir del año 2005. En

seguida se muestra las experiencias seleccionadas y los aportes relevantes de cada investigación.

RESULTADOS

De acuerdo con Toro (2006), a pesar de que muchos estudios han tratado de indicar la relación entre RSC y la rentabilidad de la empresa, no existe consenso en los resultados, lo cual es un punto en contra al ocasionar en algunos directivos la percepción de que la RS no es relevante para el desempeño corporativo. Este mismo autor expone que los nuevos intentos no están orientados a evaluar la correlación directa entre RSE y ganancias a corto plazo sino en crear beneficios a largo plazo.

Según (Carroll, 1999), el concepto de RSE ha tenido una larga historia y variada en la literatura, considera la década de 1950 marca el comienzo de la era moderna del concepto de RSE, en 1960 la literatura se desarrolló considerablemente, continuando en 1980 la proliferación de definiciones de RSE, investigaciones e intentos de medirla, en la década de 1990 sigue la tendencia de llevar a la práctica el concepto de RSE y articularlo con otros conceptos consistentes, al cerrar la década de 1990 y mirar hacia el nuevo milenio, según Carroll (1999) es esperada que se prestará atención cada vez más a las iniciativas de medición así como los desarrollos teóricos de RS. Esta tan acertada visión se evidencia en la inmensa cantidad de investigaciones que se observan en la literatura actual.

El vertiginoso ritmo del cambio tecnológico, la globalización profundiza, la internacionalización de las empresas, la competencia por la calidad y el cambio de las tendencias sociales y demográficas han dado cuenta de la necesidad de la RSE para la sostenibilidad de las organizaciones, al ser está la integración equilibrada de los aspectos sociales y ambientales en los de negocios y operaciones, por lo que cada vez se le reconoce su papel estratégico para el éxito a largo plazo. (Sagar y Agarwal, 2012). Tal como lo refiere la Organización Internacional de Normalización, 2010, todo esto es "reflejo del creciente reconocimiento de la necesidad de

asegurar ecosistemas saludables, equidad social y buena gobernanza de las organizaciones, en definitiva en el largo de la salud de los ecosistemas dependen todas las actividades empresariales.

Baron; Harjoto y Jo (2009), muestran un modelo de ecuaciones estructurales sobre la base de una teoría que relaciona el rendimiento financiero de las empresas (PPC), el desempeño social de las empresas (CSP), y la presión social, este trabajo proporciona evidencia empírica sobre las relaciones entre estos aspectos sobre la base de una teoría de la economía subyacente y la política de CSP para empresas con compromiso social, analizando datos para el periodo 1996-2004. PPC resulto ser independiente de CSP y la disminución de la presión social, y CSP es independiente de la PPC y el aumento de la presión social. La presión social está aumentando en CSP y disminuyendo en PPC, que es consistente con la presión social está dirigida a objetivos blandos. Para el conjunto de datos PPC y CPS no se encontró relación relevante, que es consistente con las teorías en las que CPS proporciona la diferenciación del producto o la línea social de mercado horizontalmente. Por ser una relación de equilibrio y implica la ausencia de una relación causal entre CPS y PPC para las empresas individuales. Por el contrario, una mayor presión social se asocia con una peor PPC, que podrían reflejar los efectos de la presión sobre la reputación de las empresas, acciones de marca, o la productividad. Una mayor presión social también se traduce en una mayor CPS.

Kanji y Chopra (2010), presentan una medida de conceptualizar y medición de la RS, sobre la base de un enfoque holístico y modelado de sistemas, desarrolla, construye y valida un modelo para medir la RSE mediante el uso de un modelo de variable latente de ecuaciones estructurales dentro de los límites determinados de los sistemas de planificación estratégica de la organización. Dicho modelo (denominado KCCSRM) dará un índice de la responsabilidad corporativa a nivel

internacional, nivel nacional o comunitario, el cual indicará el grado en que una empresa particular tiene la responsabilidad social y en qué áreas la carece, también permitirá identificar qué se requiere para mejorar su responsabilidad hacia las personas, el medio ambiente y la sociedad en general. KCCSRM El modelo divide el índice de RSC en: la responsabilidad social y de inversión, protección del medio ambiente y sostenibilidad, gobierno corporativo y responsabilidad económica, y la ética y recursos humanos

En otro orden de ideas, González, Alén y Rodríguez (2010), muestran un índice (benchmark) que permita evaluar el grado de desarrollo de la RSC en empresas Gallegas, de modo que permita comparaciones entre empresas y entre diferentes sectores, este indicador evalúa 68 aspectos relacionados con los seis grupos de interés implicados en RSE (clientes, empleados, proveedores, sociedad, accionistas, competidores). La medición se efectuó a 300 empresas de mayor facturación pertenecientes a cinco sectores productivos.

La finalidad de usar benchmarking es crear un entorno inter-empresas que incentive la mejora en RSC e incrementar el nivel de transparencia de las empresas.

Paéz (2010), muestra la relación teórica entre las dimensiones del desempeño social corporativo de una organización (relación con los clientes y proveedores, relación con los accionistas y la relación con la comunidad civil) y la satisfacción laboral de sus empleados desde una perspectiva multinivel, integra el enfoque de desempeño social corporativo con la teoría de disonancia cognitiva de Festinger (1957) referida por Paéz (2010). En este estudio, es fundamental en enganche real de las empresas realmente en prácticas de responsabilidad social y el diseño mecanismos de socialización de estas prácticas dentro y fuera de la organización para que los empleados conozcan las actividades de RS que ejecuta la organización y con esto reafirman su identidad hacia ésta. En este sentido, el autor sugiere Modelamiento lineal jerárquico (HLM – Hierarchical Linear Modeling)

para investigar las variables en dos niveles de análisis, en el primero se estima la varianza en la satisfacción laboral individual que se explica por las diferencias en el desempeño social corporativo de las organizaciones, para estimar cómo la relación entre la percepción individual de los trabajadores y la RS con su satisfacción laboral.

El segundo nivel se usan los parámetros del nivel uno para examina las relaciones a través de los niveles (individuo-organización), haciendo una regresión de las medias (satisfacción laboral agregada por organización como variable dependiente proveniente del nivel 1) sobre la variable situacional (desempeño social corporativo como variable independiente).

Alvadaro y Schlesinger (2008), con el propósito de conocer la percepción de los grupos de interés sobre el efecto que tienen los programas sociales para mejorar la imagen y la reputación empresarial, estos autores plantean un modelo teórico de relaciones estructurales que contrastan empíricamente con el análisis de su estructura de covarianza, específicamente se utilizó Análisis Factorial Confirmatorio para análisis psicométrico y Sistema de Ecuaciones Estructurales para contraste de hipótesis. El estudio se apoyó en una muestra de 358 jóvenes usuarios de telefonía celular en Valencia-España. Los resultados señalan que las dimensiones económicas, ético-legales y discrecionales (filantrópicas) de la responsabilidad social influyen significativa y directamente sobre la imagen de la marca, e indirectamente sobre la reputación. Esta investigación también concluye que la RSE es un concepto multidimensional y su rol como variable clave de la imagen y la reputación empresarial.

Giner y Gil (2006), presentan un índice para medir la RSC, se basa en que la empresa debe ser responsable ante accionista, administración pública, clientes, colaboradores, medio ambiente, empleados y proveedores, y a partir de esto define los parámetros críticos de la RS que posteriormente los descomponen en variables que son las que definen los indicadores económicos, sociales, medioambientales y empresariales. Estos autores

proponen resolver este problema como optimización multicriterio o de programación por metas. La función objetivo puede plantearse como la maximización de cada indicador de manera independiente y obtener el punto de la región factible más próxima a los óptimos o definir la función objetivo como la maximización de la suma de los indicadores con el objeto de obtener el valor máximo que se propaga para la totalidad de los indicadores. Por último establecen que es necesario un estudio previo para la asignación de recursos, la formulación de los indicadores en función de los recursos y la formulación de las restricciones de la empresa que permitan configurar la región factible.

Otra investigación interesante es la de, Dopico; Rodríguez y González (2011), estos presentan una investigación donde dimensionan la RSE utilizando el enfoque de los grupos de interés (stakeholder) y aplicando un análisis clúster a una muestra de empresas gallegas. Identifican cuatro conglomerados de empresas según el grado y la forma que atienden las responsabilidades demandas por sus grupos de interés, esto orientado a la búsqueda de modelos de gestión adecuados al comportamiento empresarial en materia de RSE. Al considerar las acciones sobre los stakeholders (empleados, clientes, sociedad, accionistas, proveedores y competencia) se generó una escala multidimensional que se le aplicó "análisis factorial exploratorio" (AFE) de componentes principales con rotación varimax para medir las propiedades psicométricas, así redujeron la información en diez factores fácilmente interpretables. En otra etapa del estudio se realizó el análisis clúster usando un análisis de conglomerados en dos fases. En una primera fase se llevó a cabo un procedimiento aglomerativo jerárquico, con el fin de seleccionar el número de conglomerados que habría que incluir en el análisis posterior y los centros iniciales de cada uno de ellos. Los datos fueron las puntuaciones de las empresas participantes en el estudio en los diez factores extraídos del análisis factorial previo. La segunda se confirmó y optimizó la solución obtenida con la aplicación de un algoritmo iterativo (procedimiento K-medias).

En otro orden de ideas, para Saavedra (2011) la tendencia mundial es presentar la actuación en RS a través de indicadores integrados con el informe anual y de contabilidad de las empresas. Aunque este autor no muestra de manera directa como estimar estos índices, enfatiza que esta integración se debe a que cada vez existe mayor grado de conciencia entre las empresas sobre el valor y la necesidad de presentar un informe que reporte su impacto ambiental y social junto al desempeño financiero. Esta tendencia se debe a que "las empresas que tienen un comportamiento socialmente responsable, diseñan sus estrategias y establecen sus procedimientos internos de gestión teniendo en cuenta no sólo la dimensión económica de sus acciones, sino también la social y la medioambiental". Los índices de inversión socialmente adquieren cada vez más importancia en Europa, Estados Unidos y Latinoamérica, y estos han evolucionado mejor que los índices bursátiles tradicionales, tal es el caso del Dow Jones for sustainability o el FTS4. Aunque no existe una forma estándar para presentar informes acerca de la RSE, cada vez existen más empresas que los presentan y más inversionistas que los toman en cuenta al momento de decidir sobre sus inversiones. En este aspecto la Global reporting initiative (GRI) presenta la guía G4 para facilitar la elaboración de informes de sostenibilidad, se centra en los asuntos realmente relevantes; esta guía ha dado un salto, pasando de un enfoque de cumplimiento a poner en el eje central la gestión de la sostenibilidad.

Por su parte Jara, Torres y Moneva (2006) presentan un modelo de obtención de los requerimientos de RSC a través de la determinación de las demandas sociales clave que requieren mayor atención de parte de la Administración de la empresa. Esto enmarcado bajo los conceptos de economicidad, eficiencia y eficacia. El modelo se desarrolla en dos fases, la primera identifica los grupos de interés de demanda directa y demanda secundaria, y posteriormente seleccionar las actuaciones relevantes demandadas por estos. En la segunda fase se depuran las demandas y se seleccionan

objetivamente las demandas importantes con el apoyo de ecuaciones estructurales se selecciona las actuaciones clave para la relación empresa-stakeholders. Se elabora la escala o instrumento de medida la RSC para cada grupo de interés con su respectiva validación de contenido y análisis psicométrico de los datos. Esta escala depurada permitirá identificar los inductores de mayor interés tanto para la empresa como para los interrelacionados con el fin de maximizar el beneficio para ambos sectores y optimizar que los recursos que son escasos.

Villamizar (2012), valora una marca corporativa a través de la RS, para ello analizó seis medidores de reputación a saber: Foro de Reputación Corporativa o Reputations (GLOBALPULSE), Reputation Quotient, Merco (Medidor empresarial de Reputación Corporativa), Dow Jones Sustainability Index, The Words most admired companies de la revista Fortune y FTSE4Good. Su conclusión está enmarcada en el hecho de que el estudio de los intangibles como marca, reputación y responsabilidad social son un activo fundamental para el desarrollo competitivo organizacional. La RSC se entiende como un activo interno de la organización y pertenece a una realidad, mientras que la reputación, reside en la mente de los stakeholders y por ello no es algo propio de la organización. Un hallazgo importante de esta investigación, es que al comparar medidores de reputación y RSC el autor detectó desviaciones según la población a la que aplica la medición, las variables que evalúan y los sistemas de medición. Otro aspecto importante de resaltar es que los métodos estudiados coinciden en

variables determinadas, al evaluar en las organizaciones: las percepciones de los grupos internos y externos, la gestión estratégica de la compañía, el liderazgo, la calidad de los productos y servicios ofrecidos, los recursos humanos, las políticas de gobierno y ética corporativa, las finanzas e inversiones y la responsabilidad social y medio ambiental.

Zapata y Sarache (2013), presentan un estudio basado en el uso de funciones matemáticas y estadísticas, que identifica las relaciones de causalidad entre las dimensiones de la calidad y las dimensiones de la RSE. Se desarrolló un instrumento para evaluar la relación entre la calidad, los procesos, los clientes y la innovación, luego formularon un modelo causal según las dimensiones planteadas; y con los resultados se evidencia una correlación positiva entre la calidad y la RS. Los resultados muestran un vínculo directo y estadísticamente significativo entre la calidad y la RSE; es decir la calidad a través de la satisfacción del cliente, los procesos internos y la innovación de productos está altamente correlacionada con la RSE. A partir del modelo se puede establecer el poder predictivo de las variables calidad sobre la RSE, aunque las relaciones encontradas no resultaron tan fuertes y generalizadas

Este estudio no se aborda la calidad desde el enfoque de "conformidad con las especificaciones de un producto", sino desde la satisfacción de las necesidades del cliente. Por tal motivo, ofrece información para desarrollar políticas orientadas a la gestión y los resultados respaldan la conveniencia de aumentar los esfuerzos en calidad como vía para mejorar la RSE

CONCLUSIONES

Las investigaciones demuestran el interés creciente en la cuantificación de las relaciones entre la RSE y otros aspectos organizacionales, como el rendimiento financiero, la calidad, la reputación, sin embargo aún no se observa consenso en los resultados obtenidos por los diferentes

investigadores, sin embargo cada vez más investigaciones demuestran correlación positiva entre la RS y las diversas variables con las que se relaciona.

Lo anterior posiblemente está asociado al hecho de que la RS un constructo multidimensional y dependiente del contexto donde se mida, estas características dificultan su medición y el

establecimiento preciso de las variables que tienen mayor o menor influencia. Esto vislumbra que las investigaciones en este tema serán cada vez más exhaustivas en la búsqueda de información más precisa que soporte las diversas hipótesis que se han venido planteando los científicos, académicos e investigadores.

Aunque está por confirmarse aun la el efecto que tiene la RS sobre las finanzas de las organizaciones, muchos estudios dan indicios de que aunque ejecutar acciones enmarcadas en el ámbito de la RSE parezca un costo adicional en el corto plazo, no realizar estas acciones se reflejarán en los resultados a largo plazo. Parece resultar más costoso no hacerlo.

La tendencia actual parece indicar que las empresas deben mostrar índices integrados de RS con resultados financieros, así como los reportes de sostenibilidad. Sin embargo las investigaciones cuestionan el hecho que por ser estos elaborados por las propias empresas queda la duda de la veracidad de la información mostrada, se debe asumir que la transparencia de la empresa es alta y no muestra información mejorada.

En la revisión bibliográfica se evidencia que muchos investigadores usan el estudio de casos para determinar la información cualitativa asociada a la RSE facilitando la toma de decisiones, pero limita la generalización de los resultados que se obtienen por estar relacionada a un número limitado de empresas. En este sentido los métodos cuantitativos (estadísticos, heurísticos) tienen ventaja sobre los estudios de caso pero tienen la dificultad de manejar gran cantidad de información que debe resumirse, analizarse y plantear conclusiones. Es por esto que el ingeniero industrial, cada día con más vigencia, es un profesional orientado a la optimización de los procesos y servicios con el uso de las técnicas estadísticas y de investigación de operaciones, las cuales enmarcan plenamente como herramientas que contribuyen cada día más al desarrollo sostenible de las organizaciones, al hacer énfasis al aprovechamiento óptimos de los recursos. Esto hace que su actuación este en consonancia con la

tendencia actual de hacer negocios “el planeta verde”, lo cual al final del día se traduce en beneficios económicos y no económicos para todas las partes involucradas y para el ambiente. Es relevante recordar la frase anónima que reza “la tierra no la heredamos de nuestros padres sino que la tenemos prestada de nuestros hijos”.

Con el planteamiento de los diversos modelos de estudiados y los aportes de las investigaciones relacionadas a la gestión ética y responsable se pueden tomar decisiones acertadas, oportunas y con una eficiencia considerable en todos los niveles de las organizaciones.

Las investigaciones reflejan que existen países donde las políticas para el desarrollo sustentable se basan en investigaciones científicas. Sería de interés que en Venezuela se incentivaran estas investigaciones con la orientación de fomentar redes dedicadas a la investigación de la RS y su relación los diversos aspectos asociados al desenvolvimiento estratégico de las organizaciones, al desarrollo sustentable de la nación y en definitiva contribuir con la formación medular de la ciudadanía social, ética y ambientalmente responsable.

Líneas futuras de investigación.

Como línea futura de investigación se pueden plantear las siguientes inquietudes:

- Considerar la posibilidad de integrar metodologías presentadas, a partir de los diversos planteamientos, con métodos metaheurísticos de solución de problemas.
- Confeccionar un modelo de gestión que integre todos los elementos considerados por los diversos investigadores que posteriormente sea depurado y se obtengan las demandas esenciales de los grupos de interés en aras de usar al máximo los recursos en economías como la Venezolana donde un factor importante a considerar hoy día es la supervivencia de las empresas a través de la reducción de los costos de operación y de actuación.

•Elaborar instrumento global aplicado a los grupos de interés identificados por cada organización (tanto grupos de interés primarios como secundarios), a través de las técnicas multivariantes identificar las dimensiones de mayor atención por parte, realizar un análisis clúster o conglomerados para agrupar las empresas según el sector al que pertenecen y según las necesidades detectadas (comportamientos parecidos entre sí) y elaborar programas de mejora para los aspectos de RS con más bajos niveles de cumplimiento. Esta clasificación puede ser usado como un ranking de RSE.

•Realizar instrumento global aplicado a los grupos de interés identificados por cada organización (tanto primarios como secundarios), a través de las técnicas multivariantes identificar las dimensiones de mayor atención por parte y utilizar las redes neuronales como sustitutos del clúster en la clasificación de empresas según su actuación socialmente responsable y de igual manera ejecutar las estrategias necesarias para aumentar los niveles de cumplimiento en las dimensiones encontradas. Esta red entrenada pudiera resultar un método automatizado en el proceso de clasificación de las organizaciones según su compromiso socialmente responsable.

REFERENCIAS

Alfonzo, I. (1994). *Técnicas de investigación bibliográfica*. Caracas: Contexto Ediciones.

Alvarado, A; Schlesinger W . (2008). *Dimensionalidad de la Responsabilidad Social Empresarial Percibida y sus Efectos Sobre La Imagen y la Reputación: Una Aproximación Desde El Modelo De Carroll*. Estudios Gerenciales, Julio-Septiembre, 37-59. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=21210802#>

Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Editorial Episteme

Baron, D; Harjoto, M y Jo, H. (2009). *The Economics and Politics of Corporate Social Performance*. Graduate School of Business Research. Paper 1993. Rock Center for Corporate Governance Working Paper No. 45. Stanford University. Recuperado de: <http://ssrn.com/abstract=1202390>

Carroll, A. (1999). *Corporate Social Responsibility. Evolution of a Definitional Construct*. BUSINESS & SOCIETY , 38 (3).

Congreso de los Diputados. (2006). *Boletín Oficial de las Cortes Generales*. Recuperado el 10 de febrero de 2011, de <http://www.observatoriorisc.org/index.php?option=>

[com_content&view=article&id=176%3Alibro-blanco-de-la-rse-&catid=32&Itemid=75&lang=es](http://www.observatoriorisc.org/index.php?option=com_content&view=article&id=176%3Alibro-blanco-de-la-rse-&catid=32&Itemid=75&lang=es)

Dopico, A; Rodríguez, R y González, E (2011). *La Responsabilidad Social Empresarial y los Stakeholders: Un Análisis Clúster*. Revista Galega de Economía, 21 (1). Universidad de Vigo. España

González, E; Alén M y Rodríguez, L (2010). *Benchmarking en responsabilidad social corporativa. El caso de las empresas Gallegas*. Cuadernos de Gestión 11. Especial Responsabilidad Social pp. 101-11. Recuperado de <http://www.ehu.es/cuadernosdegestion/revista/index.php/numeros?a=da&y=2011&v=11&n=3&o=6>

Jara, L; Torres; E y Moneva, M (2006). *Propuesta de una Metodología para la Obtención de Requerimientos de Responsabilidad Social Corporativa*. Panorama Socioeconómico, julio, 58-69. Universidad de Talca. Chile. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=39903207#>

Kanji, G; Chopra, P (2010). *Corporate social responsibility in a global economy*. Total Quality Management 21 (2), 119-143

Giner, F y Gil, M (2006). *Un modelo para medir la Responsabilidad social Corporativa en las empresas*. Partida Doble, Especial de RSC. 182. 36-50. Universidad de Santiago de Compostela. España.

- Global Reporting Initiative (GRI). (2013). *G4 Sustainability Reporting Guidelines*. Amsterdam: GRI. Recuperado de http://www.responsible.net/sites/default/files/grig4-part1-reporting-principles-and-standard-disclosures_0.pdf
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2010). *Guía de responsabilidad social ISO/FDIS 26000:2010(E)*. Switzerland: ISO.
- Paéz, I (2010). La Influencia Del Desempeño Social Corporativo En La Satisfacción Laboral De Los Empleados: Una Revisión Teórica Desde Una Perspectiva Multinivel. *Estudios Gerenciales* 26 (116). 63-81
- Sagar, P., y Agarwal, P. (2012). *Ten Ways or Managing Corporate Social Responsibility , Effectively*. (P. Journals, Ed.) *International Journal of Organizational Behaviour & Management*
- Saavedra, M. (2012). *La Responsabilidad Social Empresarial y las finanzas*. Cuadernos De Administración, 27(46), 39-54. Universidad Valle. Recuperado de [HYPERLINK "http://dintev.univalle.edu.co/revistasunivalle/index.php/cuadernosadmin/article/view/1547"](http://dintev.univalle.edu.co/revistasunivalle/index.php/cuadernosadmin/article/view/1547)
- "_new"
<http://dintev.univalle.edu.co/revistasunivalle/index.php/cuadernosadmin/article/view/1547>
- Toro, D. (2006). *El enfoque estratégico de la responsabilidad social corporativa: revisión de la literatura académica*. *Revistes i congresso UPC. Intangible Capital* , 2 (14), 338-358. Universidad Politecnica de Catalunya. España. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/2942/1/Enfoque%20estrat%C3%A9gico%20de%20a%20responsabilidad%20social%20corporativa.pdf>
- Villamizar, C (2012). *Capitalizar Marcas Socialmente Responsables Desde Una Perspectiva Latinoamericana*. *Investigación y Desarrollo*, 20 (1). 94-115, Universidad del Norte. Colombia. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=26823176005&cid=3304>
- Zapata, A ; Sarache , W. (2013). *Calidad y Responsabilidad Social Empresarial: Un Modelo de Causalidad*. *DYNA*, 80(177). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/27907>

Autores

Yeicy Bermúdez Colina. Ingeniero Industrial. MSc en Ingeniería Industrial. Cursante del Programa de Doctorado en Ingeniería, área: Industrial. Docente-Investigadora del Departamento de Gerencia de la Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo – Valencia, Venezuela.

E-mail: yeicyb@gmail.com

Recibido: 20-10-2014

Aceptado: 20-11-2014

Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT: una revisión de literatura

Critical success factors to the strategic implementation of PMT: a literature review

Jesús Andrés Hernández Gómez, Salvador Noriega Morales, Lázaro Rico Pérez,
Roberto Romero López, Luis Gonzalo Guillen Anaya

Palabras clave: factores críticos de éxito, mantenimiento productivo total

Key words: key factors, total productive maintenance

RESUMEN

En el entorno actual de los negocios, las empresas manufactureras enfrentan una intensa competencia por los mercados y la adopción de prácticas de manufactura de clase mundial tales como el Mantenimiento Productivo Total (MPT) puede ser una estrategia eficaz para mejorar el nivel de desempeño de las organizaciones y con ello mejorar su competitividad; cuando se implementa un programa de MPT de manera exitosa, la organización incrementa significativamente la productividad y se reducen los costos de operación, sin embargo, existe evidencia tanto empírica como teórica que muestra una baja efectividad en los resultados obtenidos en la implementación del MPT. En este artículo se presenta una revisión de literatura para identificar los Factores Críticos de Éxito (FCE) relacionados con aspectos inherentes a la planeación estratégica, al desarrollo del recurso humano y con aspectos técnicos propios del MPT. Los resultados obtenidos indican que no hay consenso entre los

expertos sobre los factores críticos de éxito que hacen eficiente la implementación del MPT.

ABSTRACT

Nowadays, competitive business environment, manufacturing companies face intense rivalry for markets which constitute pressures to improve operations. Among the measures deployed for improvement, Total Productive Maintenance –TPM- is an effective strategy to increase quality and productivity, because the effective deployment of TPM decreases production cost, increases quality and competitiveness. Nonetheless, there is evidence, both empirical and theoretical, that TPM projects are not effective as desired and the literature does not explain the key factors of the deployment. The paper is about a literature review of the TPM key factors, related to strategy, personnel and technical issues of TPM. The results show that there are not consensus among the experts about to key factors of total productive maintenance to obtain operative results satisfactory.

INTRODUCCIÓN

En el ambiente de una economía global, la manufactura se ha convertido en una necesidad para mantener la competitividad, por lo que la administración del mantenimiento es una función clave que soporta las operaciones de producción de empresas manufactureras. Muchiri et al. (2011) definen al mantenimiento como una combinación de actividades de índole técnica y administrativas requeridas para mantener el equipo, las instalaciones y otros activos fijos en una condición deseada de operación o restaurarlos a esta

condición. Señala varios enfoques para desplegar la estrategia del mantenimiento: el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, el Mantenimiento Centrado en el Negocio y el Mantenimiento Productivo Total (MPT). Ahuja y Khamba (2008a) opinan que un enfoque estratégico para mejorar el desempeño de la administración del mantenimiento consiste en adaptar e implementar el MPT en las organizaciones manufactureras, puesto que el MPT es capaz de resaltar al mantenimiento como una área necesaria y de vital importancia para el negocio ya que su adopción conlleva un cambio de mentalidad en la cultura laboral, además, el MPT está dirigido a contribuir a

la mejora de la competitividad de la organización ya que su implementación reduce las quejas de los clientes, reduce los niveles de inventario, incrementa la tasa de calidad de la producción, mejora el tiempo de entrega e incrementa la moral y seguridad del empleado, contribuyendo a un mejor nivel de ventas y de rentabilidad, (Park & Han, 2001; Ahmed et al., 2005; Ahuja y Khamba, 2008b ; Thomas et al., 2010). El objetivo de esta

investigación es analizar y entender el fenómeno de la planeación del mantenimiento productivo total a través de los factores críticos de éxito y así; en una futura investigación estructurar una teoría con un poder explicativo más amplio que conlleve a las empresas a la obtención de resultados operativos y financieros satisfactorios. A continuación se discute las diferentes teorías encontradas en la literatura.

METODOLOGÍA

En esta investigación de revisión y análisis de literatura, se estudiaron las colecciones de revistas internacionales, arbitradas y reconocidas para determinar, en los cinco últimos años los contenidos del MPT, su inclusión en la teoría de la estrategia de la manufactura y sus interrelaciones con las estrategia de investigación y desarrollo tecnológico y la manufactura esbelta, se analizó esa literatura y se discriminó buscando los problemas

de la misma, en términos de omisiones, diferencias y hasta contradicciones entre las contribuciones de los autores, finalmente se determinaron los FCE. En las siguientes secciones se presenta una discusión de la teoría del Mantenimiento Productivo Total, iniciando con la relación que guarda este sistema de administración del mantenimiento con la Manufactura Esbelta y la competitividad. Para terminar, se presenta la teoría que pretende explicar los factores críticos del éxito en la implementación estratégica del MPT.

REVISIÓN DE LITERATURA

Relación entre la EM, la EI&DT y el MPT

En este apartado se discuten las interrelaciones entre la estrategia de manufactura (EM) y la Estrategia de Investigación y Desarrollo Tecnológico (EI&DT) de forma tal que el MPT podría ser, en todo caso, parte de la EI&DT, con el desarrollo de tecnología de equipo, producción y proceso para eficientizar el MPT. Es a través de las operaciones de manufactura en conjunción con la mercadotecnia que se diseña la cartera de proyectos de I&DT para satisfacer las condiciones de competitividad contenidas en la estrategia competitiva (EC). Estas relaciones se encuentran explicadas y fundamentadas científicamente en Martínez y Escobar (2011). La EC se formula a través de un análisis del entorno interno y externo a la organización, Porter (1998); en este sentido diversos autores han destacado la importancia de la innovación como una prioridad competitiva para crear un valor diferenciado al mercado del

sector industrial donde se compite, (Avella et. al., 2001; Dangayach y Deshmukh, 2006; Gyampah y Acquah, 2008), para ello se debe contar con una EI&DT que favorezca la creación de nuevos productos y tecnologías para la producción que contribuyan a mejorar la posición competitiva, Martínez y Escobar (2011). También, afirman que el desarrollo de sistemas para el mejoramiento de procesos y el desempeño de proyectos de ingeniería especializado están contenidos en el MPT e incluyen actividades de innovación y desarrollo de tecnología para la producción (Hashim et al, 2012), cuyas características técnicas no sean imitables por los competidores, y es precisamente desde esta perspectiva, que el MPT se relaciona con la EI&DT y la EM contenidas en la EC. Aunque se reconocen los problemas que presenta la teoría de la EM, hay evidencia de que la consistencia entre la EM adoptada y las prácticas de manufactura –como la manufactura esbelta y el sistema del MPT- está relacionada con un mejor desempeño de las organizaciones, Rho et al. (2001). Por ello, en la siguiente sección se expone la teoría

que explica la relación existente entre el Mantenimiento Productivo total y la Manufactura Esbelta.

Relación entre la ME y el MPT

En la literatura hay diversas concepciones de la Manufactura Esbelta (ME), entre ellas, Houshmand y Jamshidnezhad (2006) se refieren a la ME como un punto de vista del concepto de producción que incluye un cambio en la cultura laboral del personal de las organizaciones. Shah y Ward (2003), mencionan que es un enfoque multidimensional que incluye una amplia variedad de técnicas en un sistema integrado, cuya aplicación sinérgica, crea un sistema de manufactura racional y de alta calidad. Las técnicas de la ME son: el Justo a Tiempo, los Sistemas de Calidad, los Equipos de Trabajo, la Manufactura Celular y el Mantenimiento Productivo Total; que se han aplicado ampliamente con resultados cuestionables y grandes dificultades, tal como lo reporta Bruun y Mefford (2004). Una posible explicación para estas dificultades, la ofrecen Houshmand y Jamshidnezhad (2006), los que sostienen que la teoría de los sistemas de producción dentro de los cuales se encuentra la ME –incluido el MPT–, carecen de un fundamento científico ya que la teoría de los sistemas productivos se fundamenta en el conocimiento empírico que han desarrollado los profesionales de la aplicación de estos sistemas. Por otra parte, Suh (1990) afirma que la aplicación de los sistemas de manufactura responden más al desarrollo tecnológico que al descubrimiento científico o a teorías que lo sustenten y que la ciencia de los sistemas de manufactura ha quedado rezagada respecto al desarrollo tecnológico de estos sistemas por décadas. Estas razones justifican la necesidad de estudiar el proceso de implementación del sistema del MPT, desde una perspectiva científica y cuyos resultados aumenten el poder explicativo de la teoría relacionada con los factores críticos involucrados para el despliegue exitoso.

Teoría del Mantenimiento Productivo Total

En esta sección se presentan varios tópicos del MPT, iniciando con la exposición de la relación de la función del mantenimiento con la competitividad, se continúa con la definición del MPT y la descripción de sus elementos, la relación del MPT con otras prácticas de manufactura, y finalmente se listan los FCE obtenidos en la revisión de la literatura que intentan explicar el éxito de su implementación.

Relación del Mantenimiento con la Competitividad

En el entorno de una economía globalizada hay opiniones como las de Pintelon et al., (2006) quienes afirman que la amenaza de la competencia global y la búsqueda de la rentabilidad obligan a las organizaciones a implementar iniciativas para mejorar la productividad, como la ME –incluido el MPT–. Son diversos los factores de este proceso de cambio, por una lado, factores externos como la demanda cambiante de los mercados y las rápidas innovaciones tecnológicas de los competidores (Ahuja y Khamba, 2007) y por otro, los factores de la empresa como el incremento de la eficiencia a través de economías de escala y de la especialización interna para satisfacer los requisitos de flexibilidad, entrega y calidad del mercado, Yamashina (1995). Además, diversas opiniones resaltan el impacto del MPT en la mejora de la competitividad de la organización ya que su implementación reduce las quejas de los clientes, reduce los niveles de inventario, incrementa la tasa de calidad de la producción, mejora el tiempo de entrega e incrementa la moral y seguridad del empleado, contribuyendo a un mejor nivel de ventas y de rentabilidad, (Park & Han, 2001; Ahmed et al., 2005; Ahuja y Khamba, 2008b; Thomas et al., 2010). La función de mantenimiento es considerada por las organizaciones manufactureras como una potencial fuente de ahorro y de ventaja competitiva, por ejemplo, Chen y Meng (2011) reportan una tasa de 70 % de accidentes en las industrias del carbón, acero, electrónica de potencia, aceite y química en China, relacionados con un deficiente despliegue de la función del mantenimiento, por ello, el

reconocimiento de la función del mantenimiento como fuente de ventaja competitiva explica la creciente importancia de la función de la administración del mantenimiento (Garg y Deshmukh, 2006; Ahuja y Khamba, 2007); ya que poseer un equipo confiable contribuye a un desempeño superior mejorando la competitividad, Muchiri et al. (2011).

Evolución de la administración del mantenimiento

Algunos autores (Ahuja y Khamba, 2008b; Garg y Deshmukh, 2006) han presentado una reseña histórica de diferentes enfoques para desplegar la estrategia del mantenimiento desde la década de los 50's. En algunos enfoques predominan aspectos cualitativos y en otros aspectos cuantitativos; en algunos se requiere involucrar a personal ajeno al mantenimiento y en otros no. Moayed y Shell (2009) consideran al MPT como una evolución de la función del mantenimiento, ya que afirman que para que una empresa de tipo no esbelta pueda transitar a una de tipo esbelto debe actualizar su sistema de mantenimiento de no planeado a planeado, después a preventivo y finalmente a mantenimiento productivo total. En el siguiente apartado, es pertinente exponer el concepto propio del MPT y los elementos que lo componen.

Definición y elementos del MPT

Teeravaraprug et al., (2011), reporta que el MPT se originó como respuesta de las compañías, a la demanda de un mercado competitivo en costo y calidad. Nakajima (1988) define al MPT como "mantenimiento productivo que involucra la participación total"; esta definición incluye los siguientes elementos: la maximización de la efectividad del equipo, el establecimiento de un sistema de mantenimiento productivo para el ciclo de vida del equipo, la implementación por varios departamentos (ingeniería, producción, mantenimiento), el involucramiento de cada empleado, desde la alta gerencia hasta los trabajadores de la línea de producción y la promoción del mantenimiento productivo a través

de actividades autónomas realizadas por grupos pequeños. Para Nakajima la palabra "Total" tiene tres significados: efectividad total, sistema de mantenimiento total y participación total de los empleados. El concepto de "efectividad total", incluye la integración del mantenimiento predictivo y productivo. La segunda característica, "sistema de mantenimiento total" implica el establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo con un enfoque de mejora continua. La última característica "participación total de los empleados" se refiere a que el MPT requiere que se establezcan actividades de mantenimiento autónomo por los operadores. Por lo tanto, el MPT es una función de manufactura diseñada para maximizar la efectividad del equipo a lo largo de su vida útil a través de la participación y motivación de toda la fuerza laboral (Thomas et al., 2010; Teeravaraprug et al., 2011). Ahuja y Khamba (2008b) afirman que la implementación del MPT se relaciona con el logro de varias de las prioridades de una organización manufacturera. El desarrollo de estas prioridades contribuyen al logro de las competencias de manufacturas identificadas en la literatura (Hayes y Wheelwright, 1984; Avella et al., 2001; Dangayach y Deshmukh, 2006; Theodoru y Florou, 2008). Por su parte, Chen y Meng (2011) reportan beneficios de naturaleza tangible e intangible en las organizaciones que implementan exitosamente el MPT. A partir de este momento, ha quedado de manifiesto el impulso que brinda un sistema de MPT a la efectividad de los sistemas de producción establecidos en la estrategia de manufactura adoptada por la organización, sin embargo persiste la interrogante sobre los factores críticos que inciden en su despliegue exitoso. Sin embargo, hay estudios que comprueban la relación del MPT con el desempeño, desde un punto de vista operacional (Swanson, 2001; Brah y Chong, 2004), desde la perspectiva del desarrollo de competencias de manufactura (Ahuja y Khamba, 2008a), con aspectos financieros (Brah y Chong, 2004) y con la estrecha vinculación del MPT con otras iniciativas de mejora que también contribuyen al desarrollo de competencias de manufactura (Cua et al., 2001). Esto justifica que la

implementación del MPT no debe ser un esfuerzo aislado, sino por el contrario, debe representar una estrategia perfectamente planeada y con un horizonte de largo plazo.

Relación del MPT con otras iniciativas de mejora.

En este apartado se expone la relación que existe entre el MPT y otras iniciativas de mejora. Por ejemplo, Al-Hassan et al. (2000) afirman que si una organización implementa primero la Administración Total de la Calidad (ATC) se reduce el tiempo en la implementación del MPT, puesto que el esfuerzo por cambiar la cultura de la organización será sensiblemente menor. En otro sentido, Park & Han (2001) señalan que debido a que el MPT es capaz de mantener el desempeño óptimo del equipo para producir productos de alta calidad, contribuye de manera importante en la obtención de la calidad, así, el MPT es un subconjunto esencial de la ATC. Pero para Maletic et al. (2012) son las prácticas de ATC las que inciden en el desempeño del TPM, Por otra parte; Thomas, Goetzfried y Basu (2010) señalan que la implementación del MPT, favorece a la del Justo a Tiempo. A su vez, Thomas y Gareth (2007) afirman que la combinación del MPT con Seis Sigma (SS), mejora y controla los procesos, para obtener productos de mayor calidad a menores costos, reduciendo los desperdicios, inventarios y tiempos de entrega. Esto conlleva a la necesidad de identificar los factores que influyen en el despliegue efectivo del MPT, para explicar el éxito de su implementación, los cuales se exponen en la siguiente sección.

FCE críticos del éxito del MPT

Leidecker y Bruno (1984) definen a los Factores Críticos de éxito como aquellas áreas que aseguran un exitoso desempeño competitivo y que la gerencia debe monitorear continuamente. Por su parte Caralli (2004) menciona que los FCE son áreas clave de desempeño que son esenciales para que la organización logre su misión. De acuerdo a Rockart y Bullen (1981) el objetivo principal del método de los factores críticos de éxito es determinar las actividades principales en las que

una empresa debe centrar su atención. Por su parte Rockart y Crescenzi (1984) distinguen dos tipos de FCE desde la perspectiva de un administrador individual y de la perspectiva corporativa. Foster y Rockart (1989) muestra que desde que Rockart inicio el método de los FCE, éste concepto ha sido utilizado de forma distinta a su aplicación original, que fue en el campo de la planeación de la información tecnológica. Desde entonces ha sido utilizado ampliamente como una técnica efectiva en la implantación de determinadas estrategias organizacionales (Caralli, 2004; Plant y Willcocks, 2007). La revisión de la literatura referente a los factores relacionados con el éxito en la implementación del MPT, presenta una gran diversidad de opiniones, Cigolini y Turco (1997) sugieren que el enfoque adoptado para su despliegue, es el principal factor de éxito, Por su parte, Al-Hassan et al., (2000) afirman que las diferencias en aspectos culturales y estructurales en las organizaciones son las que inciden en el éxito, para Ferrari et al. (2002), la clave está en el uso de métodos de seguimiento y uso de indicadores. En cambio, Muchiri et al (2011), sostienen que el éxito se relaciona a un marco de referencia para medir el desempeño de la función del mantenimiento. Lo dividen en tres fases: la alineación del mantenimiento con la manufactura, el análisis del proceso del mantenimiento y el análisis de los resultados del mantenimiento. En la primera fase se busca alinear los objetivos del mantenimiento con las estrategias del negocio y de la manufactura, en este sentido, diversos autores, destacan el enlace existente entre el proceso de planeación estratégica y una efectiva implementación del MPT, por lo que identificar los FCE relacionados a dicha implementación es crucial para la comprensión del proceso de adopción del MPT. La tabla No. 1 lista los FCE en la implementación del MPT y que están relacionados con aspectos de planeación estratégica.

Tabla No. 1. FCE relacionados con la planeación estratégica.

Factor identificado	Autores
Asesoría de Staff especializado	Swanson (1997).
Compromiso/contribución de la alta administración	Ahuja y Khamba (2008c), Ahmed et al. (2005), Chan et al. (2005), Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Hansson y Backlund (2003), Kumar et al. (2006), Lycke (2003), Lazim y Ramayah (2010), McAdam y McGeough (2000), Park y Han (2001), Baldi (2012).
Transformaciones culturales	Ahuja y Khamba (2008c), Carannante et al. (1996), Cooke (2000), Eti et al. (2004), Park y Han (2001), Baldi (2012).
Despliegue de políticas proactivas de mantenimiento	Ahuja y Khamba (2008c), Carannante et al. (1996).
Planeación Corporativa/ plan de implementación	Brah y Chong (2004), Alsyouf (2006), Chand y Shirvani (2000), Bamber et al. (1999), Eti et al. (2004), Davis (1997), Graisa y Al-Habaibeh (2011), Jonsson (1997), Lazim y Ramayah (2010), Park y Han (2001).
Liderazgo de la alta administración	Brah y Chong (2004), Fredendall et al. (1997), Lycke (2003), Lazim y Ramayah (2010).
Proceso de sensibilización/comunicación	Chan et al. (2005), Bamber et al. (1999), Eti et al. (2004), Lycke (2003), Park y Han (2001), Soni (2013).
Selección efectiva del equipo de implementación	Chan et al. (2005), Lycke (2003).
Introducción gradual del MPT	Chan et al. (2005), Fredendall et al. (1997).
Alineación de objetivos organizacionales con el MPT	Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Jonsson (1997).
Asignación de recursos (financieros, humanos, tiempo, sistema de recompensas)	Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Eti et al. (2004), Davis (1997), Graisa y Al-Habaibeh (2011), Baldi (2012).

Tabla No. 2. FCE relacionados con aspectos técnicos.

Factor identificado	Autores
Aplicación de un sistema computarizado de administración del mantenimiento / Tecnologías de información	Bohoris et al. (1995), Brah y Chong (2004), Chand y Shirvani (2000), Soni (2013).
Mantenimiento descentralizado	Swanson (1997), Jonsson (1997)
Rutinas de mantenimiento preventivo	Ahuja y Khamba (2008c), Chinese y Ghirardo (2010), Friedli et al. (2010).
Aplicar un enfoque de mejoramiento al proceso/integración con TQM/Lean/JIT	Ahuja y Khamba (2008c), Brah y Chong (2004), Carannante et al. (1996), Al-Najjar (1996), Finlow-Bates et al. (2000), Konecny y Thun (2011), Muthu et al. (2001), Harsej y Sha'ri (2011), Ahmad et al. (2012), Baldi (2012), Maletic et al. (2012).
Aplicar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Ben-Daya (2000), Chan et al. (2005), Chinese y Ghirardo (2010).

Tabla No. 2. FCE relacionados con aspectos técnicos. (Continuación)

Factor identificado	Autores
Aplicación integral de herramientas de Mantenimiento/Ingeniería de	Blanchard (1997), Carannante et al. (1996), Al- Najjar (1996), Jonsson (1997), McAdam y McGeough (2000), .
Uso y difusión de indicadores de desempeño	Carannante et al. (1996), Bamber et al. (1999), Ferrari et al. (2002), Fredendall et al. (1997), Baldi (2012).
Distribución de planta para el mantenimiento	Carannante et al. (1996).
Desarrollo de una estructura propia	Chan et al. (2005), Bamber et al. (1999), Jonsson (1997), Kumar et al. (2006).
Implementación de 5'S	Friedli et al. (2010), Gnanaguru et al (2011), Soni (2013).
Uso de modelos matemáticos	Lawrence (1999), Wang y Lee (2001).

Para alcanzar los resultados deseados y los objetivos del mantenimiento, la administración del proceso de mantenimiento es importante, esto constituye la segunda fase. Los pasos claves para el proceso del mantenimiento se describen como identificación del trabajo, planeación del trabajo, programación del trabajo y la ejecución del trabajo. La combinación correcta de estos pasos asegura que el trabajo de mantenimiento se realice correctamente. La tercera fase consiste en analizar los resultados del mantenimiento obtenidos en un periodo de tiempo dado, los resultados se miden en términos del desempeño del equipo y los costos del mantenimiento, este análisis incluye una

comparación con los valores recomendados para estos indicadores. El uso de indicadores adecuados respaldan al monitoreo y control del desempeño, ayudan a la identificación de brechas del desempeño, avalan el aprendizaje y el mejoramiento continuo, apoyan a que las acciones del mantenimiento se dirijan al logro de objetivos y proveen un enfoque de los recursos del mantenimiento a áreas que impactan el desempeño de la manufactura. Este proceso de mantenimiento equivale a los factores críticos del éxito que impulsan el desempeño del mantenimiento, en la tabla No. 2 se resumen los FCE relacionados con aspectos técnicos del MPT.

Tabla No. 3. FCE relacionados con el desarrollo del recurso humano.

Factor identificado	Autores
Integración de todos los empleados/trabajo en equipo/cooperación	Bohoris et al., (1995), Chand y Shirvani (2000), Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Fredendall et al. (1997), Jonsson (1997), Konecny y Thun (2011), Lycke (2003), Park y Han (2001).
Entrenamiento/capacitación/educación	Swanson (1997), Ahuja y Khamba (2008c), Carannante et al. (1996), Chan et al. (2005), Eti et al. (2004), Ferrari et al. (2002), Fredendall et al.(1997), Graisa y Al-Habaibeh (2011), Konecny y Thun (2011), Lazim y Ramayah (2010), Park y Han (2001), Baldi (2012).
Involucramiento del empleado	Ahuja y Khamba (2008c), Brah y Chong (2004), Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Fredendall et al. (1997), Friedli et al. (2010), Parida y Kumar (2006), Rolfsen y Lageland (2012).

Tabla No. 3. FCE relacionados con el desarrollo del recurso humano. (Continuación)

Factor identificado	Autores
Selección efectiva del equipo de implementación	Chan et al. (2005), Lycke (2003).
Implementación de un sistema de sugerencias	Konecny y Thun (2011), McAdam y McGeough (2000).

Dess y Miller (1993) afirman que un factor importante del éxito para el despliegue de una estrategia es el capital humano, integrarlo efectivamente en el proceso de despliegue es vital. Por otra parte, es pertinente destacar que en la práctica, la administración del recurso humano en las empresas no es una tarea sencilla; se desea que el personal trabaje unido, en armonía, con sinergia y en un clima de trabajo que impulse el desarrollo del personal y de su empresa; sin embargo, es difícil que las organizaciones puedan conciliar, con efectividad, los intereses personales con los de la misma organización, nuevamente se presenta una

tarea compleja para los líderes organizacionales debido a que el perfil o forma de vida, en lo individual, es una característica personal elemento de la idiosincrasia de la gente. Por ello el estudio con rigor metodológico de los factores relacionados con el recurso humano que influyen en el despliegue del MPT, constituye un área de oportunidad para el desarrollo de la teoría de los FCE.

La tabla No. 3, lista los FCE identificados en varias investigaciones o estudios de casos relacionados con el desarrollo del recurso humano.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que aún hay desacuerdos entre los expertos con respecto a la estructuración de la teoría de la planeación del mantenimiento productivo total; y esto es debido a

que el fenómeno de la planeación del MPT es complejo y su estudio requiere un análisis minuciosos desde diferentes ángulos y bajo diferentes contextos para poder formular una teoría robusta con un amplio poder explicativo del fenómeno.

DISCUSIÓN

El fenómeno de la planeación del MPT ha sido analizado por una amplia variedad de expertos bajo diferentes enfoques. Algunos expertos argumentan que el desempeño del MPT está en función de la alineación que tiene esta con otras técnicas de mejora, por otro lado; otros argumentan que el éxito de este depende del

contexto en donde se despliegue el MPT. A pesar de los esfuerzos hechos por explicar el fenómeno de la planeación del MPT, de encontrar cuales son los factores críticos de éxito, la evidencia indica de la complejidad de este; que se requiere una teoría que pueda explicar el desempeño del mantenimiento productivo total bajo diferentes contextos.

CONCLUSIONES

Como se puede deducir de la revisión de la literatura que sustenta la presente investigación, el MPT es una estrategia de administración del

mantenimiento cuya efectiva implementación mejora el desempeño operacional, A su vez; el MPT esta intimamente ligado a la estrategia de manufactura y a la estrategia de investigación y desarrollo tecnológico; por lo que su eficiente

despliegue puede favorecer el desarrollo de competencias de manufactura inimitables que impulsen a la organización a una ventaja competitiva sostenible. Sin embargo, este estudio revela que el fenómeno de la implementación del MPT es complejo, que las investigaciones hechas han sido aisladas por lo que carece de una teoría estructurada; por lo tanto aún existen contradicciones implícitas entre los expertos. Estas ambigüedades también manifiestan que la teoría esta inacabada, su estado actual no es el de una

REFERENCIAS

Alsyouf, I. (2006). "Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 2, pp. 133-49.

Ahmad, M.F., Zakuan, N., Jusoh, A. and Takala, J. (2012). "Relationship of TQM and Business Performance with Mediators of SPC, Lean Production and TPM", *Procedia - Social and Behavioral Sciences* Vol. 65, pp. 186-191.

Ahmed Shamsuddin, Hassan Masjuki Hj. and Taha Zahari (2005), "TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 11 No. 1, pp. 19-42.

Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2007), "An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 4, pp. 338-352.

Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2008a), "Assessment of contributions of successful TPM initiatives towards competitive manufacturing", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14 No. 4, pp. 356-374.

Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2008b), "Total productive maintenance: literature review and directions", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25 No. 7, pp. 709-756.

Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2008c), "Strategies and success factors for overcoming challenges in

teoría con el suficiente poder explicativo. Es una teoría operativa que tiene contrariedades que deben ser resueltas para construir una teoría sustantiva. Por ello es necesario realizar la investigación empírica con rigor científico, a fin de identificar con mayor precisión los FCE relacionados con la implementación del MPT para obtener en la práctica los resultados operativos y financieros satisfactorios.

TPM implementation in Indian manufacturing industry", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14 No. 2, pp. 123-147.

Al-Hassan Khalid, Joseph Fat-Lam Chan & Andrew Viggo Metcalfe (2000), "The role of total productive maintenance in business excellence", *Total Quality Management*, Vol. 11, Nos. 4/5&6, S596-S601.

Al-Najjar Basim (1996), "Total quality maintenance an approach for continuous reduction in costs of quality products", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 2 No. 3, pp. 4-20.

Avella Lucia, Esteban Fernandez, Camilo J.Vazquez, (2001), "Analysis of manufacturing strategy as an explanatory factor of competitiveness in the large Spanish industrial firm", *Int. J. Production Economics*, n72, pp. 139-157.

Badli Shah M.Y. (2012). "Total Productive Maintenance: A Study of Malaysian Automotive SMEs", *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol. III, London, U.K.

Bamber, C.J., Sharp, J.M. and Hides, M. (1999), "Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing case study perspective", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5 No. 3, pp. 162-81.

Ben-Daya, Mohamed. (2000). "You may need RCM to enhance TPM implementation", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 6 No. 2, pp. 82-85.

Blanchard, Benjamin S. (1997). "An enhanced approach for implementing total productive

- maintenance in the manufacturing environment", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 2, pp. 69-80.
- Bohoris, G.A., Vamvalis, C., Tracey, W. and Ignatiadou, K. (1995), "TPM implementation in Land-Rover with the assistance of a CMMS", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1 No. 4, pp. 3-16.
- Brah, S. A., Chong W.-K. (2004). "Relationship between total productive maintenance and performance", *International Journal of Production Research*, vol. 42, no. 12, 2383-2401.
- Bruun Peter, Mefford Robert N. (2004), "Lean Production and Internet", *International Journal of Production economics*, Volume 89, pp 247-260.
- Bunge Mario (2004), La investigación científica, Primera Edición, Siglo XXI editores, Mexico D.F.
- Caralli Richard A. (2004), "The Critical Success Factor Method: Establishing a Foundation for Enterprise Security Management", TECHNICAL REPORT CMU/SEI-2004-TR-010 ESC-TR 2004-010, pp. 1-135.
- Carannante, T., Haigh R. H., Morris D. S. (1996). "Implementing total productive maintenance: A comparative study of the UK and Japanese foundry industries", *Total Quality Management*, Vol. 7, No. 6, pp. 605- 611.
- Chan, F.T.S., Lau H.C.W., Ip R.W.L., Chan H.K., Kong S. (2005). "Implementation of total productive maintenance: A case study", *International Journal of Production Economics* 95, pp. 71-94.
- Chand, G., Shirvani B. (2000). "Implementation of TPM in cellular manufacture", *Journal of Materials Processing Technology* 103, pp. 149-154.
- Chinese, D., Ghirardo G. (2010). "Maintenance management in Italian manufacturing firms: Matters of size and matters of strategy", *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Vol. 16 No. 2, pp. 156-180.
- Chen Lixia, Meng Bo (2011), "The Three-stage method for chinese enterprises to deploy TPM", *Management Science and Engineering*, Vol. 5 No.1, pp 51-58.
- Cigolini, R., Turco F. (1997). "Total productive maintenance practices: a survey in Italy", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 4, pp. 259-272.
- Cooke, Fang Lee. (2000). "Implementing TPM in plant maintenance: some organisational barriers", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17 No. 9, pp. 1003-1016.
- Cua, Kristy O. McKone, Kathleen E. Schroeder, Roger G. 2001. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. " *Journal of Operations Management* 19 (2001) 675-694 "
- Dangayach G. S. and Deshmukh S. G. (2006), "Implementation of manufacturing strategy: a select study of Indian process companies", *Production Planning & Control*, Vol. 12, No. 1, pp. 89-105.
- Davis, R. (1997), "Making TPM a part of factory life", TPM Experience (Project EU 1190, DTI, Findlay, sponsored by the DTI.
- Dess Gregory G., Miller Alex (1993), *Strategic Management*, McGraw-Hill, USA.
- Devaraj, Sarv. Hollingworth David G., Schroeder Roger G. (2004). "Generic manufacturing strategies and plant performance", *Journal of Operations Management* 22, pp. 313-333.
- Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. and Probert, S.D. (2004). "Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries", *Applied Energy* 79, pp. 385-401.
- Ferrari, E., Pareschi, A., Persona, A. and Regattieri, A. (2002), "TPM: situation and procedure for a soft introduction in Italian factories", *The TQM Magazine*, Vol. 14 No. 6, pp. 350-8.
- Finlow-Bates, T., Visser B., Finlow-Bates, C. (2000). " An integrated approach to problem solving:

- linking K-T, TQM and RCA to TPM", *The TQM Magazine Vol. 12*, No. 4, pp. 284-289.
- Forster Nancy S., Rockart John F. (1989), "Critical Success Factors: An Annotated Bibliography", CISR WP No. 191 Sloan WP No. 3041-89, (Center for Information Systems Research Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology).
- Fredendall, L.D., Patterson, J.W., Kennedy, W.J. and Griffin, T. (1997), "Maintenance modeling, its strategic impact", *Journal of Managerial Issues*, Vol. 9 No. 4, pp. 440-53.
- Friedli, T., Goetzfried M., Basu P. (2010). "Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing", *Journal of Pharmaceutical Innovation* Vol. 5, pp.181-192.
- Garg Amik and Deshmukh S.G. (2006), "Maintenance management: literature review and directions", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 3, pp. 205-238.
- Gnanaguru, R., Puvaneswari K. And Mallick J. (2011). "Toyota's A3 reports for improving 6-S activities: an aeronautical industry case study", *International Journal of Services and Operations Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 239-254.
- Graisa, Mustafa and Al-Habaibeh Amin. (2011), "An investigation into current production challenges facing the Libyan cement industry and the need for innovative total productive maintenance (TPM) strategy", *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 22 No. 4, pp. 541-558.
- Gyampah Kwasi Amoako, Moses Acquaaah. (2008). "Manufacturing strategy, competitive strategy and firm performance: An empirical study in a developing economy environment", *Int. J. Production Economics* 111, pp. 575-592.
- Hansson, J., Backlund F. (2003). "Managing commitment: increasing the odds for successful implementation of TQM, TPM or RCM", *International Journal of Quality & Reliability Management* Vol. 20 No. 9, pp. 993-1008.
- Harsej Fatemeh and Sha'ri M. Yusof. (2011). "Continuous Improvement through an Integrated Maintenance Model", *Contemporary Engineering Sciences*, Vol. 4, No. 8, pp. 353 - 362.
- Hashim Suzaituladwini, Habidin Nurul Fadly, Conding Juriah, Ain Nurzatul, Jwaya Seri Lanang, Zubir Anis Fazdlin Mohd. (2012)." Total Productive Maintenance and Innovation Performance in Malaysian Automotive Industry", *International Journal of Engineering Research and Development* Vol. 3, Issue 11, pp. 62-67.
- Hayes, Robert H., Wheelwright Steven C. (1984). *Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing*. John Wiley & Sons Ltd.
- Houshmand Mahmoud, Jamsshidnezhad Bizhan (2006), "An extended model of design process of lean production system by mean of process variables", *Robotics and computer-integrated manufacturing* vol 22, pp 1-16.
- Jonsson, P. (1997), "The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 4, pp. 233-58.
- Konecny, Philipp A., Thun Jorn-Henrik. (2011). "Do it separately or simultaneously-An empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance", *International Journal of Production Economics* 133, pp. 496-504.
- Kumar, S. R., Kumar D., Kumar P. (2006). "Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis", *Industrial Management & Data Systems* Vol. 106 No. 2, pp. 256-280.
- Lawrence, J.L. (1999), "Use mathematical modeling to give your TPM implementation effort an extra boost", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5 No. 1, pp. 62-9.
- Lazim, H.M., Ramayah T. (2010). "Maintenance strategy in Malaysian manufacturing companies: a

- total productive maintenance (TPM) approach", *Business Strategy Series Vol. 11* No. 6, pp. 387-396.
- Leidecker, J.K. and A.V. Bruno, "Identifying and Using Critical Success Factors," *Long Range Planning (UK)*, Vol. 17, No. 1, February 1984, pp. 23-32.
- Lycke, L. (2003). "Team development when implementing TPM", *Total Quality Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 205-213.
- Maletic Damjan, Maletic Matjaz and Gomiscek Bostjan. (2012). "The relationship between continuous improvement and maintenance performance", *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 18* No. 1, pp. 30-41.
- Martinez-Berumen, Hector A., Escobar-Toledo Carlos E. (2011), "Decision-Making in new technologies for public research centers: a methodological proposal with systems approach", *Systems Research Forum*, Vol. 5, pp. 53-72
- McAdam, R., McGeough F. (2000). "Implementing total productive maintenance in multi-union manufacturing organization: overcoming job demarcation", *Total Quality Management*, Vol. 11, No. 2, pp. 187-197.
- Moayed Farman A. & Shell Richard L. (2009), "Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 No. 3, pp. 285-296.
- Muchiri Peter, Pintelon Liliane, Gelders Ludo, Martin Harry (2011), "Development of maintenance function performance measurement framework and indicators", *International Journal of Production economics*, Volume 131, pp 295-302.
- Muthu, S., Devadasan, S.R., Mendonca, P.S. and Sundararaj, G. (2001), "Pre-auditing through a knowledge base system for successful implementation of a QS 9000 based maintenance quality system", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 7 No. 2, pp. 90-104.
- Nakajima, S. (1988), Introduction to TPM: Total Productive Management (Portland, OR, Productivity Press).
- Park K.S. and Han S.W., (2001), "TPM – Total Productive Maintenance: Impact on Competitiveness and a Framework for Successful Implementation", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 11 (4), pp. 321-338, John Wiley & Sons, Inc.
- Parida, A., Kumar U. (2006). "Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges", *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 12* No. 3, pp. 239-251.
- Pintelon Liliane, Pinjala Srinivas Kumar, Vereecke Ann (2006), "Evaluating the effectiveness of maintenance strategies", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 1, pp. 7-20.
- Plant R., Willcocks L. (2007), "Critical Success factors in international ERP implementations: A case research Approach", *Journal of Computer Information Systems*, Spring 2007, pp. 60-70.
- Porter Michael E. (1998), Estrategia competitiva : técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia, Ed. CECOSA, México D.F.
- Rho Boo-Ho, Park Kwangtae, Yu Yung-Mok (2001), "An international comparison of the effect of manufacturing strategy-implementation gap on business performance", *International Journal of Production Economics* 70, pp. 89-97.
- Rockart, J.F. y Bullen C.V. (1981), "A Primer on Critical Success Factors," (Center for information center research. Sloan School of Management. M.I.T. Working Paper No. 69, June).
- Rockart, J.F. y Cescenzi A.D. (1984), "Engaging top management in information technology", *Sloan Management Review*, Vol. 25, No. 4, pp. 3-16
- Rolfesen Monica and Langeland Camilla. (2012). "Successful maintenance practice through team autonomy", *Employee Relations Vol. 34* No. 3, pp. 306-321.

- Shah Rachna, Ward Peter T. (2003), "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 129-149.
- Soni. Pradeep Kumar (2013). "Total Productive Maintenance-An Implementation Experience". *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 5, pp. 263-267.
- Suh NP (1990), "The principles of design", New York: Oxford Press.
- Swanson, L. (1997), "An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 53 No. 2, pp. 191-207.
- Swanson, L. (2001). "Linking maintenance strategies to performance", *Int. J. Production Economics* 70, pp. 237-244.
- Teeravaraprug Jiratat, Kitiwanwong Ketlada, and Sae Tong Nuttapon (2011), "Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TMP", *Songklanakaring Journal of Science and Technology*, Volume 33 (1), 2011, pp 101-106.
- Theodorou Petros, Florou Giannoula (2008), "Manufacturing strategies and financial performance—The effect of advanced information technology:CAD/CAM systems", *International Journal of Management Science*, Vol 36, pp. 107 – 121.
- Thomas Andrew and Gareth Lewis, (2007), "Developing an SME-based integrated TPM-Six Sigma strategy", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3 No. 3, pp. 228-247. Inderscience Enterprises Ltd.
- Thomas Friedli, Matthias Goetzfried and Prabir Basu, (2010), "Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing", *Journal of Pharmaceutical Innovation*, Vol. 5 No. 4, pp. 181-192.
- Wang, F.-K., Lee W. (2001). "Learning curve analysis in total productive maintenance", *Omega* Vol. 29, pp. 491-499.
- Yamashina, H. (1995), "Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1 No. 1, pp. 27-38.

Autores

Jesús Andrés Hernández Gómez. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Candidato a Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Autónoma de México.

Correo electrónico: jhermand@uacj.mx

Salvador A. Noriega Morales. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, miembro del Sistema Nacional de investigadores, en México, Nivel I.

Correo electrónico: snoriega@uacj.mx

Lázaro Rico Pérez. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

Correo electrónico: larico@uacj.mx

Roberto Romero López. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Autónoma de México, actualmente labora como Coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial en la UACJ. Perteneció al cuerpo académico en consolidación Calidad y Optimización y trabaja en las líneas de investigación de Mejoramiento Continuo y Modelación Estructural.

Correo electrónico: rromero@uacj.mx

Luis Gonzalo Guillen Anaya. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Maestro en Ingeniería en Manufactura por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Su área de Investigación es el Diseño Asistido por Computadora.

Correo electrónico: lguillen@uacj.mx

Recibido: 09-09-2014

Aceptado: 29-11-2014

El dibujo y la expresión gráfica como herramientas fundamentales en la ingeniería industrial

Drawing and graphic expression as fundamental tools in industrial engineering

Manuel Duarte

Palabras clave: expresión gráfica, dibujo técnico, lenguaje, estandarización, croquis.

Key words: graphic expression, technical drawing, language, standardization, croquis.

RESUMEN

La comunicación técnica en la ingeniería amerita que se empleen mecanismos y formas de expresión que permitan la transmisión de información de una manera clara y eficaz. La expresión gráfica y el dibujo técnico constituyen herramientas fundamentales de apoyo a los equipos tecnológicos interdisciplinarios con los que actúa la ingeniería y en particular en el campo industrial. A partir de la revolución industrial, se generó un rápido crecimiento de la tecnología a nivel mundial, enfocada en procurar y lograr mejores métodos de trabajo, niveles de calidad y eficiencia en la producción óptimos, uso eficiente de recursos, planeación de proyectos, solución de problemas, entre otros aspectos, con el fin de adecuarse a las exigencias de un mercado creciente y cada vez más exigente, en donde la ingeniería industrial juega un rol primordial. Este crecimiento tecnológico maneja volúmenes considerables de información, requiriendo de un lenguaje técnico estandarizado, que pueda ser transmitido y entendido por diversas personas en un ambiente industrial globalizado. Las técnicas de expresión gráfica y el dibujo técnico forman parte de este lenguaje, prestando un valioso apoyo hoy en día en las distintas facetas de la ingeniería industrial.

INTRODUCCIÓN

El ser humano bien sea que se considere como individuo o como grupo social, se encuentra en constante evolución, no solamente en los aspectos físicos y biológicos, la evolución involucra también a los diversos aspectos que tienen que ver con su desarrollo, con su forma de vida, con su comportamiento, la forma en que se comunica con sus semejantes y expresa sus ideas, la manera de pensar y tomar decisiones, la creatividad y hasta la

ABSTRACT

Technical communication in engineering warrants mechanisms and forms of expression that allows the transmission of information clearly and effectively employed. Graphic expression and technical drawing are fundamental tools to support interdisciplinary technological teams which acts engineering and particularly in the industrial field. Since the Industrial Revolution, rapid growth of technology worldwide, focused on seeking and achieving better working methods, quality standards and optimum production efficiency, efficient use of resources, project planning, solution of problems among other things, in order to meet the demands of a growing and increasingly demanding market, where the Industrial Engineering plays a major role. This technological growth handles large volumes of information, requiring a standardized technical language that can be transmitted and understood by different people in a globalized industrial environment. The techniques of graphic expression and technical drawing are part of this language, providing valuable support in the various facets of Industrial Engineering today.

manera como utiliza los recursos y herramientas de que dispone para afrontar situaciones diversas.

Registros históricos relacionados con la evolución humana y su desarrollo son testimonio indiscutible de las diversas etapas que como seres humanos hemos atravesado. Particularmente la manera en que se afrontan los problemas o necesidades y se crean soluciones a las mismas, ha influenciado en el desarrollo de la manufactura, la tecnología y la ciencia.

La comunicación ha sido también un factor clave dentro de la evolución humana, ideándose diversidad de medios o canales a través de los cuales fluyen las ideas y los mensajes. La expresión gráfica constituye una de las formas de comunicación empleada por los seres humanos desde tiempos remotos como medio para transmitir mensajes de una manera sencilla, clara, rápida y eficaz. Hoy en día la expresión gráfica es considerada como un lenguaje que cobra especial importancia cuando es empleada en los diversos campos de la ciencia y la tecnología como es el caso particular de la ingeniería, en la que los diversos métodos gráficos, son entendidos como pilares fundamentales en el lenguaje del ingeniero a nivel mundial.

La ingeniería industrial se beneficia considerablemente del uso de la expresión gráfica como lenguaje técnico aplicado en los diversos roles de esta disciplina, destacándose en la planeación y ejecución de proyectos, el análisis de información, el diseño y manufactura de productos, piezas, dispositivos, maquinarias e instalaciones industriales entre otros aspectos.

La expresión gráfica y el dibujo industrial como lenguaje.

En el mundo industrial surgido después del siglo XVIII la expresión gráfica y el dibujo industrial cobraron una importancia desde el punto de vista comunicativo nunca antes vista, siglos antes la manufactura de productos se realizaba de manera artesanal, mediante procesos manuales, empleando herramientas rudimentarias y en instalaciones precarias, la expresión gráfica como dibujo técnico había logrado sin embargo importantes avances en el campo de la ingeniería particularmente en el sector construcción. Luego de la revolución industrial, la llegada de la producción en masa para satisfacer a un mayor número de consumidores cada vez más exigentes y la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos productivos, un amplio y pujante sector industrial no solo aprovechó las ventajas de las gráficas, diagramas y el dibujo para expresar y registrar ideas e información sino que contribuyó

en el desarrollo de sus principios y convenios. Se puede afirmar por ejemplo que el dibujo industrial actual es un lenguaje gráfico, preciso y de aplicación universal, que tiene su fundamento en la geometría pero que también emplea símbolos, representaciones simplificadas y convenios. (J.Perez y S. Palacios, 1998).

La precisión del lenguaje gráfico atañe no sólo a la forma, la geometría y la información de tipo espacial. Otros contenidos, como el tipo de materiales, cantidades, tratamientos, instrucciones para la fabricación o para el montaje, especificaciones, datos estadísticos, etc., se plasman sobre el mismo plano o en diversidad de expresiones gráficas, empleando para ello símbolos y anotaciones recogidas o apoyadas en convencionalismos con el fin de hacerlo más práctico, sencillo y universal, con lo que se multiplica el potencial de las capacidades comunicativas de los planos y gráficos industriales, hasta el punto en que estos constituyen en si mismos, documentos con una formalidad tal que les reviste de valor legal.

Normalización

Dentro del principio de universalización del lenguaje del dibujo, cobra un interés especial la normalización, entendiéndose esta como el establecimiento de un conjunto de orientaciones con el fin de unificar criterios. El idioma, la escritura, la numeración, las unidades de medida, son producto de procesos de normalización. A manera de ejemplo, cuando se constituyó al metro como unidad de medida lineal se resolvió la situación compleja y problemática de la multiplicidad de unidades de medida de longitud que se empleaban en el mundo entero Perez y Palacios (1998).

Como ya se mencionó, las condiciones y oportunidades que se abrieron con la producción en masa a partir de la Revolución Industrial, marcaron definitivamente la imperiosa necesidad de manejar ese lenguaje claro y universal y se establecieron en consecuencia las bases de la normalización como un nuevo concepto

internacional. La creciente complejidad industrial y comercial ocasionaba una gran dispersión y confusión de productos y mercados, lo cual obligó a la simplificación de la abundancia innecesaria de procesos, unidades de medida, tamaños y formas industriales. Se hacía necesario entonces la reducción de la cantidad de productos y procesos similares, manteniendo aquellos técnicamente mejores para facilitar la especialización, la producción en serie, el intercambio, la comparación y la elección, el menor costo, la mejora de la calidad, las reparaciones y reparto, el transporte y el almacenamiento.

Finalizando el siglo XIX y a principios del XX se establecen las primeras comisiones, comités y organismos encargados del estudio y formulación de las normas industriales en donde jugaron un rol importante por citar algunos ejemplos, el Comité de Normalización de la Industria Alemana NADI (1917) que posteriormente cambiaría su denominación por las siglas DNA (Comité de Normas Alemanas) estableciendo las conocidas normas DIN, en el año 1918 se constituyó en Francia el AFNOR - Asociación Francesa de Normalización. En 1919 en Inglaterra se constituyó la organización privada BSI - British Standards Institution. Todos estos esfuerzos por la normalización continuaron durante todo el siglo, destacándose los aportes que se incorporaron en esta materia durante los lamentables eventos de las dos guerras mundiales, en donde se hacía crucial para las partes el desarrollo de una industria bélica robusta, capaz de facilitar una producción en serie e intercambiabilidad para reparaciones rápidas en los campos de batalla y el rápido y fácil manejo de información de diversa índole para la planeación, la evaluación y la solución de problemas. Se establecen en un primer momento regulaciones o normas a nivel regional o particular para algunos países, hasta lograr finalmente la creación de un único organismo internacional de normalización como el que funciona hoy en día.

La complejidad estructural y funcional, tanto industrial como económica, hace que los procesos de producción sean cada vez más metódicos e

interdisciplinarios, sobrepasando todas las fronteras y alcanzando ese carácter internacional que tiene la actual producción de bienes y servicios y el mercado en que se desenvuelve. Como consecuencia de esto, todos los países miembros de la Organización de Naciones Unidas (ONU) se han visto en la necesidad de incorporarse a la Organización Internacional de Normalización (ISO). Se establece entonces la normalización internacional total, suprimiendo las pequeñas diferencias que aún persisten entre los diferentes países.

Una norma debe ser clara, precisa y objetiva para evitar interpretaciones erróneas, dando soluciones prácticas y concretas a los problemas que ha de resolver. La normalización industrial tiene por objeto fundamental ordenar los procesos industriales y productivos en pro de obtener los mejores bienes y servicios al menor precio posible. Con la aplicación de la normalización se logra directamente una mejor producción y una mayor economía en los productos fabricados. El dibujo técnico como una expresión gráfica normalizada se establece entonces como un lenguaje claro, preciso y universal para la expresión, divulgación y registro gráfico de ideas, haciendo uso de herramientas geométricas normalizadas, como son las proyecciones y los diferentes sistemas de representación así como convenios y símbolos acordados, como sucede especialmente en las representaciones esquemáticas o simplificadas de elementos comunes por lo que se constituye en un pilar fundamental dentro de este ámbito tecnológico industrial. De manera similar, la mayoría de las técnicas gráficas de ingeniería obedecen o se fundamentan en procesos estandarizados y reconocidos a nivel mundial, permitiendo la transmisión e interpretación de la información que contienen rápida y eficazmente.

El croquizado

La capacidad que se observa en los dibujos normalizados para la transmisión de información, tanto para recibirla y entenderla como para comunicarla se complementa con otra misión fundamental que es la de contribuir de manera

creativa en la generación de diseños de ingeniería. Un diseño es una solución particular que resuelve o solventa un problema, en donde el rol que desempeña el ingeniero al momento de formular dicho diseño consiste en que esta idea sea económica, técnicamente viable y que efectivamente funcione.

Uno de los primeros pasos en la búsqueda de soluciones posibles que conformarán al diseño, tiene que ver precisamente con el uso de la expresión gráfica mediante el proceso de croquización. Croquizar es plasmar gráficamente y de manera un tanto informal, esta generación de ideas y pensamientos que dan origen a un diseño, teniendo en cuenta todas las propiedades y condicionantes sobre éste según .Perez y Palacios (1998). Se puede decir que es la parte gráfica del proceso creativo, siendo un proceso flexible en el que inicialmente se dibujan formas y elementos de una manera sencilla, informal, e improvisada en algunos casos, que progresivamente va generando elementos gráficos más determinados, corrigiéndose y modificándose conforme se van considerando diversos factores. En este proceso de croquización se busca que la forma satisfaga los requerimientos funcionales, estructurales, tecnológicos, económicos, de fabricación, comercialización, normalización, etc.

La función que se busca que cumpla un elemento condiciona la forma y de hecho cada uno de los requerimientos antes citados va configurando el diseño óptimo. Se parte de una primera forma funcional en una etapa conceptual inicial sin una definición concreta de sus detalles, materiales o construcción y posteriormente se van detallando sus partes y componentes conforme se consideran estos aspectos. El posterior proceso de la reconsideración constante del diseño original, hace que este vaya mejorando en las sucesivas iteraciones, evolucionando hacia un diseño más eficiente y definitivo sin que esto quiera decir que no se pueda seguir mejorando; a medida que la tecnología incorpora nuevas herramientas, procesos, materiales, actividades, estos avances tecnológicos pueden irse incorporando a los

diseños, cumpliéndose en este aspecto con la máxima de la Ingeniería Industrial: "Siempre hay un método mejor".

La aplicación y elaboración de croquis en ingeniería y en particular en la ingeniería industrial es un proceso, una práctica común que permite a los integrantes del equipo tecnológico encargado de diseñar y aportar soluciones a los diversos problemas, compartir y expresar ideas de una manera informal y cómoda ya que esto puede ser realizado tanto en el mismo sitio donde se presente la situación problemática, como por ejemplo dentro de una celda de trabajo o línea de producción, al pie de una máquina, así como en espacios alejados tales como oficinas, salas de reuniones, etc. La ventaja de realizar la croquización a mano alzada, es que permite conformar libremente la representación de los objetos y no está sujeto a la disciplina estricta de la línea recta. No obstante también se puede croquizar haciendo uso de instrumentos gráficos, o incluso los sistemas de diseño asistido por computador (CAD) los cuales se han desarrollado notablemente en los últimos años, facilitando los procesos de diseño gráfico en virtud de que permiten establecer criterios en la generación de las formas, puesto que permite hacer variaciones en función de parámetros. Esto permite hacer rápidas modificaciones en las formas simplemente con variar un valor sin necesidad de dibujar todo de nuevo, haciendo que la croquización con CAD, aunque inicialmente pudiera ser más laboriosa que con lápiz, a la postre sea más eficaz por la facilidad de corrección y simultaneidad de los aspectos conceptuales que el computador es capaz de manejar.

La expresión gráfica y el dibujo técnico en la ingeniería Industrial

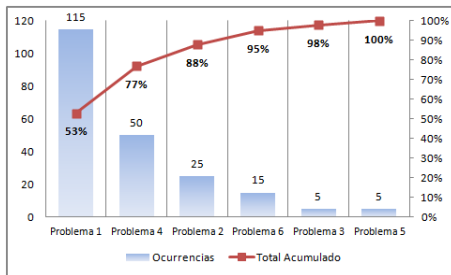
La expresión gráfica en el campo de la ingeniería es diversa y constituye según sea el caso de aplicación, herramientas importantes bien sea para su uso en el planteamiento y solución de problemas, en la planificación y análisis de situaciones y proyectos, en el diseño para la fabricación de piezas, productos, dispositivos, maquinas, instalaciones, edificaciones, etc.

Particularmente en el área de la ingeniería industrial, es notable el uso de la expresión gráfica en herramientas para el análisis de problemas, la evaluación y control de procesos o en la formulación y planificación de proyectos, convirtiéndose en medios gráficos de transmisión y análisis de información de manera clara y eficaz para la toma de decisiones. También es notoria su aplicación de una manera más técnica y formal mediante el uso del dibujo técnico para el diseño de productos, piezas y dispositivos que contribuyan a la solución de algún problema práctico en una línea de producción, así como para la representación gráfica arquitectónica de instalaciones industriales, para su análisis en función de optimizar el uso del espacio, los recursos y el trabajo que en ellos se realiza.

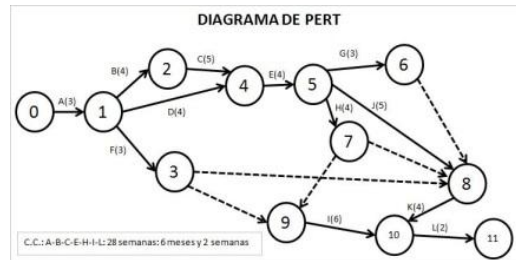
Como ejemplo de aplicación citado en el párrafo anterior se puede mencionar diversidad de graficas como los de línea, de barras, de área entre otros. Algunas de las herramientas gráficas para la

transmisión de información enfocada al planteamiento de problemas, la evaluación, el control, el análisis y la planificación según Kume (1992) y Muñoz (2009):

- Histogramas.
- Diagramas de Pareto.
- Diagramas de Gantt.
- Diagrama de clasificación piramidal.
- Diagrama de dispersión.
- Diagramas de Causa Efecto
- Diagramas de operaciones.
- Gráficos de desarrollo o de control.
- Métodos PERT y CPM.
- Esquemas de proyectos.
- Diagramas de Inventarios.

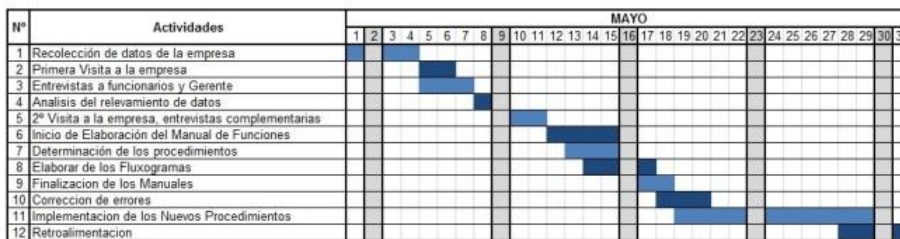


(a)



(b)

DIAGRAMA DE GANTT
Secuencia de la elaboración de los Manuales de procedimientos para empresa XX



(c)

Figura 1. Diversas técnicas gráficas empleadas en el análisis de información, la planeación, evaluación y control de procesos. a) Diagrama de Pareto, b) Diagrama de Gantt, c) Diagrama de Pert.

La mayoría de estas técnicas y expresiones gráficas se soportan e incluso forman parte fundamental de diversidad de herramientas de estadísticas básicas tanto en el campo del planteamiento y análisis de problemas como en el control y mejoramiento de la calidad.

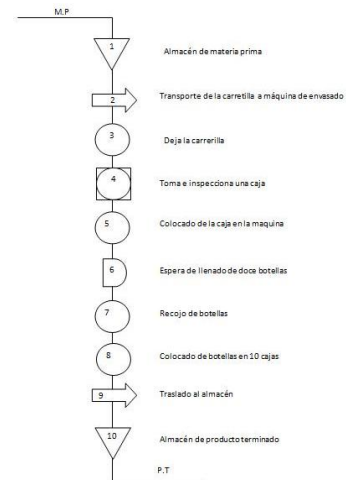
Otras aplicaciones de las técnicas gráficas en la ingeniería industrial se desarrollan ampliamente en el campo de los estudios de planteamiento, seguimiento del trabajo y métodos, empleando diversidad de diagramas y símbolos que describen detalladamente las operaciones para su análisis meticulado a fin de hacerlas más eficientes. De igual modo también es notoria su aplicación en los estudios de distribución en planta, con el fin de optimizar el uso del espacio en áreas de producción, almacenes y de servicios, facilitando

el manejo de materiales y reduciendo los recorridos y tiempos. Entre las técnicas gráficas más utilizadas en estos aspectos se pueden apreciar entre otras las que se citan en Burgos (2002) y Niebel (2009):

- Organigramas.
- Diagrama de Operaciones del proceso.
- Diagramas de Proceso.
- Diagramas de Flujo o de Recorrido.
- Diagrama del Operador.
- Diagrama Hombre-Máquina.
- Plantillas y Modelos a escala para Distribución en Planta.
- Diseño de Dispositivos.



(a)



(b)

Figura 2. Herramientas gráficas enfocadas a métodos de trabajo. a) Diagramas de flujo, b) Diagramas de operaciones de proceso.

La Higiene y Seguridad Industrial es otra de las áreas que se ve favorecida por el correcto uso de las técnicas de expresión gráfica y el dibujo técnico, particularmente mediante la señalética, la cual, siendo una actividad propia del diseño gráfico estudia y desarrolla todo un sistema de comunicación visual, sintetizado en un conjunto de señales o símbolos en combinación con formas

geométricas y colores, con funciones específicas y reconocidos a nivel mundial debido a la normalización. Esta señalización obedece a diversos objetivos según su aplicación como por ejemplo:

- Prohibición de realizar una determinada acción susceptible de provocar un riesgo.

- Descripción de una acción de obligatorio cumplimiento.
- Advertencia sobre la presencia de un determinado peligro.

- Trasmisión de información relacionada con casos de emergencia, equipos contra incendios, rutas de escape, etc.



Figura 3. Empleo de expresión gráfica mediante señalética en la seguridad Industrial.

Particularmente interesante resulta el uso de las señales y símbolos como medios de trasmisión de información referida a la identificación y manipulación de materiales peligrosos estando regulado incluso por la ONU. Mediante el uso de

símbolos, las personas pueden tener acceso a información importante como por ejemplo la clase y subclase a la que pertenece una sustancia según el tipo y nivel de riesgo asociado a ella, bien sea explosiva, corrosiva, tóxica, radioactiva, etc.

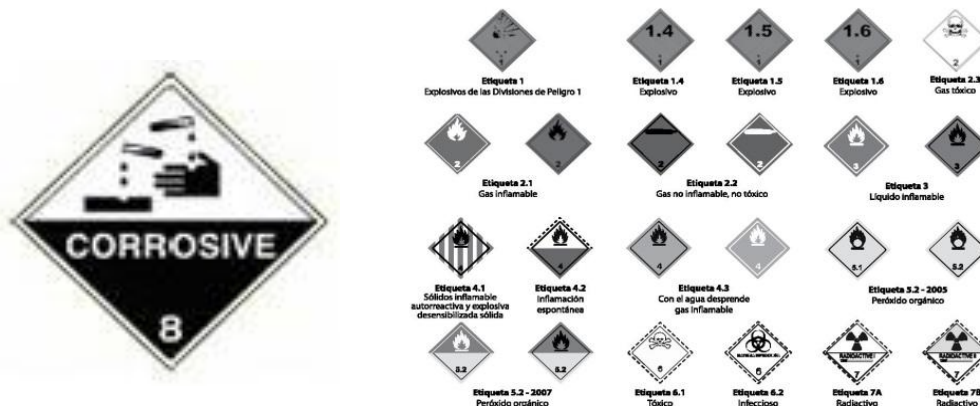


Figura 4. Expresión gráfica empleada en la identificación de materiales peligrosos.

CONCLUSIONES

Difícilmente el profesional de la ingeniería industrial puede desempeñar su labor en las diversas áreas o campos de acción de esta disciplina sin el uso de técnicas gráficas que le permitan planificar actividades o proyectos, comunicar indicadores de gestión a sus superiores

o demás integrantes del equipo de trabajo. Resulta extremadamente difícil tomar decisiones o analizar un problema con solo la observancia de datos numéricos contenidos en tablas, fórmulas matemáticas o textos escritos.

Las técnicas gráficas constituyen una herramienta tecnológica ligada estrechamente a la Ingeniería, aportando beneficios extraordinarios en cada una

de las acciones que se pretenden implementar en la búsqueda de la eficiencia, incrementando la productividad y haciendo a las organizaciones cada vez más competitivas. No hay duda de que dibujos técnicos normalizados, símbolos estandarizados, gráficas, controles visuales entre otros, se convierten en canales para la transmisión de información técnica de una manera segura, eficiente y rápida, un lenguaje de aplicación y entendimiento universal.

REFERENCIAS

Aradas, J. y Guillermo, O (1984) Ingeniería de Planta, Tomo II, Universidad Nacional Abierta Ingeniería Industrial.

Bertoline, W y Miller, M (2013) Dibujo en Ingeniería y Comunicación Gráfica, 2da Edición, Mc Graw Hill.

Burgos, F. (2002) Ingeniería de Métodos. Calidad-Productividad. 3ra edición, Universidad de Carabobo.

Carretero, A., Romero, G. y Maroto, J. (2006) Dibujo Industrial, Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Madrid.

Carro, R. y Gonzalez, D (2012) Control Estadístico de Procesos, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Igualmente importante resulta la aplicación de la expresión gráfica en uno de los roles fundamentales de los profesionales de la ingeniería. Es el diseño y la creatividad lo que destaca en la actuación de esta disciplina, creando productos nuevos, planteando soluciones y resolviendo problemas, ideando mejoras y en definitiva mejorando el entorno.

Earle, J. (1976) Diseño gráfico en ingeniería, Fondo educativo interamericano s.a.

Hitoshi, Kume. (1992) Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad Grupo editorial Norma.

Jensen, C. (1988) Dibujo y diseño de ingeniería, McGraw-Hill.

Muñoz, D (2009) Administración de Operaciones, Enfoque de Administración de Procesos de Negocios. CENGAGE Learning.

Niebel, B. y Freivalds, A (2009) Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Duodécima Edición, Mc Graw Hill.

Perez, J. y Palacios, S. (1998) Expresión Gráfica en la Ingeniería, Introducción al dibujo industrial. Universidad Carlos III de Madrid, Pearson Prentice Hall.

Autores

Manuel Duarte. Ingeniero Industrial. Universidad de Carabobo. Estudiante de maestría en Desarrollo y Ambiente en la Universidad Simón Bolívar. Profesor asistente a Dedicación Exclusiva en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo en las asignaturas Dibujo I y Dibujo II. (1996 – 2014)

E-mail: mduarte@uc.edu.ve

Recibido: 20-10-2014

Aceptado: 27-11-2014

Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias

Normas para Publicación

La Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*” tiene como objetivo divulgar resultados de investigaciones en las áreas de ingeniería de métodos, ergonomía, productividad y calidad, investigación de operaciones, sistemas de producción e inventarios, logística, cadenas de suministro, simulación, estadística aplicada, y en general aquellos temas en los cuales la Ingeniería Industrial converge con otras ciencias.

La Revista acepta trabajos que puedan ser incluidos en las siguientes secciones: Artículos de Investigación (en proceso o concluido), Artículos de Divulgación (de interés general), Información y/o Resumen de Eventos Académicos relacionados con la Ingeniería Industrial y Reseñas Bibliográficas, Notas Técnicas o Estados del Arte, relacionados con Ingeniería Industrial.

Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español, inglés o portugués, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Si el trabajo se presentó en algún evento científico o similar, se deben suministrar los detalles correspondientes (nombre completo, fecha, lugar, institución organizadora).

Aspectos Formales

-Título: breve y claro

-Datos del Autor o Autores: presentar los nombres completos de los autores y su afiliación institucional, agregando al artículo una página *aparte* que contenga: títulos, autor(es), correo(s) electrónico(s), institución de procedencia, ciudad, una breve reseña curricular de cada uno de los autores que no exceda las 50 palabras e incluir el resumen del trabajo, indicando la sección en la que propone su publicación.

-Redacción adecuada. Escrito en Mayúsculas y minúsculas, según reglas gramaticales y en tercera persona.

-Ortografía. No presentar faltas de ortografía. Cuidar la acentuación y puntuación.

Especificaciones del Formato

-Tamaño del papel y márgenes: carta, márgenes superior e inferior 2,5 cm., izquierdo y derecho 3 cm.

-Tipo de letra **Times New Roman,** tamaño 12, justificado, un espaciado (6 puntos) entre párrafos, sin sangría e interlineado doble.

-Extensión: no menor de diez ni mayor de 30 páginas.

-Ilustraciones: el artículo puede contener cualquier tipo de ilustración (fotografía, dibujo, gráfico, cuadro o tabla, y deberá llevar su debida identificación y referencia previa. Las fotos deben contener pie de foto explicativo, y cualquier tipo de imagen debe ser de alta calidad en formatos TIFF o JPG. Los dibujos o esquemas deben ser en original, y ser incrustados como imágenes no editables dentro del texto (evitar imágenes producidas por la agregación de múltiples objetos). Si el artículo contiene muchas ilustraciones éstas se deberán presentar en un archivo separado.

Estructura del Contenido**Artículos de Investigación**

Resumen en español (o portugués) e Inglés (Abstract): debe contener los aspectos básicos del artículo: planteamiento del problema, metodología usada y breve reseña de los resultados. El número de palabras no debe exceder de 250.

a. **Introducción:** señalar en qué consiste el trabajo completo, su objetivo, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis del estudio.

b. **Metodología:** describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

c. **Resultados:** expresar el producto del trabajo con claridad; se pueden presentar también datos de medición o cuantificación.

d. **Discusión:** interpretar los resultados de acuerdo con estudios similares, enunciar ventajas del estudio, sus aportaciones, evitando adjetivos que elogien los resultados.

e. **Conclusiones:** precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis, plantear perspectivas del estudio, la aplicación de los resultados

f. **Referencias bibliográficas:** enlistar en orden alfabético las principales fuentes bibliográficas consultadas y citadas, siguiendo las normas de la APA.

Artículos de Divulgación

Corresponde a artículos de temas relevantes de ciencia, tecnología, entre otros, que van dirigidos al público profesional y académico, por lo que deben ser escritos en lenguaje claro y accesible. La presentación del contenido será la siguiente:

a.El **título** deberá ser corto y atractivo

b.El **texto** puede dividirse en secciones con subtítulos para separarlas.

c.No es necesario incluir citas y referencias, en todo caso, al final se incluye la lista de **referencias** o recomendaciones de lectura.

En general, las normas de redacción, presentación de tablas y gráficos, uso de citas de cualquier tipo, señalamientos de autores, referencias bibliográficas y electrónicas y otros aspectos editoriales deben ajustarse a las Normas de la "American Psychological Association" (APA). Como orientación para los autores en la presentación de las referencias bibliográficas, a continuación se presentan los casos más usados:

Libro:

Gutiérrez, H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill.

Revista (Publicaciones periódicas):

Guerra, V. y Arends, P. de (2008). Medición de la Imagen Institucional de un Postgrado Universitario. *Ingeniería Industrial, Actualidad y Nuevas Tendencias*. 1(1), 10-20.

Instrucciones de Envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. **No se aceptarán trabajos que no cumplan con las normas establecidas en este documento.** Deben enviarse tres (3) ejemplares del trabajo a la siguiente dirección: Comité Editorial de la Revista "Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias", Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Avenida Universidad, Naguanagua, Estado Carabobo, Venezuela; Código Postal 2005. Teléfono-Fax: (58)-241-4159771

De los tres (3) ejemplares, dos (2) deben venir sin identificación para ser asignados al Comité de Arbitraje de la Revista. El trabajo debe enviarse grabado en un (1) CD. También, se aceptarán trabajos a través de la siguiente dirección electrónica: revistaiaynt@gmail.com, con copia a revistaiaynt@uc.edu.ve.

Sistema de arbitraje

Todos los trabajos a publicarse se someterán a un proceso de evaluación anónima (revisión ciega) por parte de especialistas (revisión por pares). Antes de enviar el trabajo (sin identificación) al Comité Científico para el proceso de arbitraje, el Comité Editorial revisa el cumplimiento de los requisitos de forma y el ajuste a los objetivos de la Revista, por lo que podrá realizar correcciones gramaticales y modificaciones literarias, que no alteren el sentido sin consultar con el autor.

De acuerdo con el formato establecido, el Comité Científico podrá dictaminar si el trabajo es: Publicado sin correcciones, Publicado después de correcciones, Publicado después de corregir extensivamente y No publicar. Una vez realizado el arbitraje por parte del Comité Científico, el Comité Editorial recopila los resultados y los envía a los autores.

Generalidades

Los contenidos de los trabajos que aparecen en la Revista "Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias" son de la entera responsabilidad de sus autores. De ser aceptado el trabajo, el autor principal recibirá tres (03) y los co-autores dos (02) ejemplares del número de la Revista en la cual haya sido publicado su trabajo.

Los artículos publicados en la Revista "Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias" son de su propiedad, por lo que se reserva los derechos de distribución de los contenidos. Podrán ser reproducidos con autorización escrita del Editor.

La Revista "Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias" es de distribución gratuita. Para su canje contactar al Comité Editorial revistaiaynt@gmail.com, <revistaiaynt@uc.edu.ve>.

Comité Editorial
Diciembre, 2014