

Novedoso método para análisis de fallas eléctricas en tableros electrónicos utilizando la matriz GASE en la industria electrónica de Mexicali



Novel method for analysis of electrical faults in electronic boards using the GASE matrix in the electronics industry of Mexicali

Mendoza Muñoz, Ismael; Montoya Reyes, Mildrend Ivett; Ceballos Corral, Juan; Vargas Bernal, Olivia Yessenia; Lopez Badilla, Gustavo

Ismael Mendoza Muñoz

ismael.mendoza@uabc.edu.mx

Universidad Autónoma de Baja California, México

Mildrend Ivett Montoya Reyes

mildrend.montoya@uabc.edu.mx

Universidad Autónoma de Baja California, México

Juan Ceballos Corral

juanceballos477@uabc.edu.mx

Universidad Autónoma de Baja California, México

Olivia Yessenia Vargas Bernal

olivia.yessenia.vargas.bernal@uabc.edu.mx

Universidad Autónoma de Baja California, México

Gustavo Lopez Badilla

glopezbadilla@unea.edu.mx

UNEA Universidad, México

Resumen: La presencia de fallas eléctricas en las placas electrónicas fabricadas en la industria electrónica provoca grandes pérdidas económicas incluso con equipos y máquinas sofisticados en las áreas de fabricación. El objetivo de este trabajo fue la aplicación de la matriz GASE (Guía, Análisis, Solución y Evaluación), junto con el sistema de detección automatizada de componentes electrónicos que se utilizan en telefonía celular. El estudio constó de tres fases: (1) evaluación de las principales causas de presencia de fallas eléctricas con el diagrama de Ishikawa, (2) diseño y aplicación de la matriz GASE para detectar tableros electrónicos defectuosos y (3) análisis de operatividad de la electrónica fabricados como nuevos productos de mercado de la industria de las telecomunicaciones. La investigación se realizó de 2018 a 2019. Con el análisis del diagrama de Ishikawa se determinaron las principales causas, siendo la más relevante la falta de formación de los trabajadores, ya sea para actividades manuales o automatizadas.

Palabras clave: Matriz GASE, industria electrónica, manufactura, costos.

Abstract: The presence of electrical faults in electronic boards manufactured in the electronics industry causes great economic losses even with sophisticated equipment and machines in the manufacturing areas. The objective of this work was the application of the GASE matrix (Guide, Analysis, Solution and Evaluation), coupled with the automated detection system of electronic components that are used in cellular telephony. The study consisted of three phases: (1) evaluation of the main causes of the presence of electrical failures with the Ishikawa diagram, (2) design and application of the GASE matrix to detect defective electronic boards and (3) analysis of operability of electronics manufactured as new market products of the telecommunications industry. The investigation was made out from 2018 to 2019. With the Ishikawa diagram analysis, the main causes were determined, the most relevant being the lack of training of workers, either for manual or automated activities.

Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. 2, 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 23 Junio 2021

Aprobación: 20 Agosto 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062590005/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.110>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Mendoza Muñoz, I., Montoya Reyes, M. I., Ceballos Corral, J., Vargas Bernal, O. Y., & Lopez Padilla, G. (2021).

Novedoso método para análisis de fallas eléctricas en tableros electrónicos utilizando la matriz GASE en la industria electrónica

INTRODUCCIÓN

El diseño de la matriz GASE llamada por las funciones de Guía, Análisis, Solución y Evaluación, en la industria electrónica para la detección de tarjetas electrónicas defectuosas, que se basó en el Análisis de Modo y Efectos de Falla (FMEA). Este método es una nueva técnica para la inspección de componentes electrónicos en el área de fabricación de una industria electrónica (Kumar et al., 2018), y consiste en una plantilla con secuencias de letras y números y adaptada a un sistema electrónico automatizado que al detectar la falta de un componente electrónico o un componente dañado que se quema principalmente, un sensor fotoeléctrico y una luz se activan como indicador de una placa defectuosa (López-Badilla et al., 2010). El análisis de fallas es un proceso que genera altos costos en industrias de cualquier rama, considerando varias técnicas, siendo la más utilizada el FMEA (Sharma et al., 2018). La aplicación de la matriz GASE en la industria electrónica evaluada ayudó a reducir los costos de adquisición de grandes máquinas de inspección y ahorrar tiempo en operación, además de evitar el retrabajo, almacenamiento innecesario de subproductos y entrega tardía al cliente de productos manufacturados. Esta novedosa herramienta tenía grandes ventajas como ser una plantilla móvil adaptada al sistema automatizado de detección y adaptación de indicaciones, para ser utilizado en diferentes áreas de los procesos industriales evaluados, además de la facilidad de aprendizaje y muy simple capacitación, así como el bajo costo en comparación con las grandes máquinas de inspección, que no son fáciles de mover. Por otro lado, las máquinas de inspección especializadas son grandes y difíciles de mover, además de requerir capacitación especializada y tienen altos costos de adquisición (Nguyen et al., 2016; Iatrou et al., 2020). La presencia de productos defectuosos en los procesos de fabricación se evalúa con herramientas de mejora continua como el diagrama de Ishikawa, que analiza seis factores que se consideran de gran importancia en las áreas de fabricación que se observan en la Figura 1. Estos factores son el hombre (personal operativo y supervisor), máquina (equipos y maquinaria industrial utilizados en los procesos industriales), medio ambiente (entorno de trabajo), material (materiales utilizados en los procesos de fabricación), método (forma de desarrollar las actividades en el área de fabricación) y medida (proceso de obtención de información numérica de procesos).

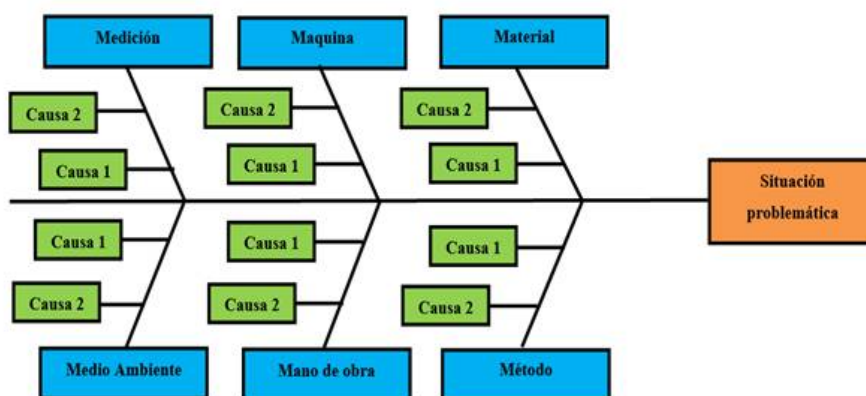


FIGURA 1.
Etapas del diagrama de Ishikawa
Análisis de investigación.

Los microcomponentes se fabrican con tecnología Mosfet-Oxido de hasta 0,1 micras de tamaño de micras (López-Badilla et al., 2010;Álvarez et al., 2015). La miniaturización puede causar una mala funcionalidad, provocando que se observen fallas eléctricas en varios estudios que utilizan el método FMEA (Liu et al., 2015). Tanto un diseño inadecuado, como la exposición a ambientes contaminantes del aire como es el caso de los sulfuros provenientes en su mayoría del tránsito vehicular y de la Planta Geotermal Cerro Prieto que provocan una rápida oxidación, generan fallas eléctricas, siendo estos factores los más relevantes (López-Badilla et al., 2011). Durante 10 años, se han evaluado varias formas de análisis de fallas para una detección fácil y rápida sin generar grandes costos. Científicos de diferentes áreas de la ingeniería han desarrollado ciertos métodos para algunas actividades de ingeniería industrial (López-Badilla et al., 2016). Las etapas de aplicación de la matriz GASE se explican después de la Figura 2.

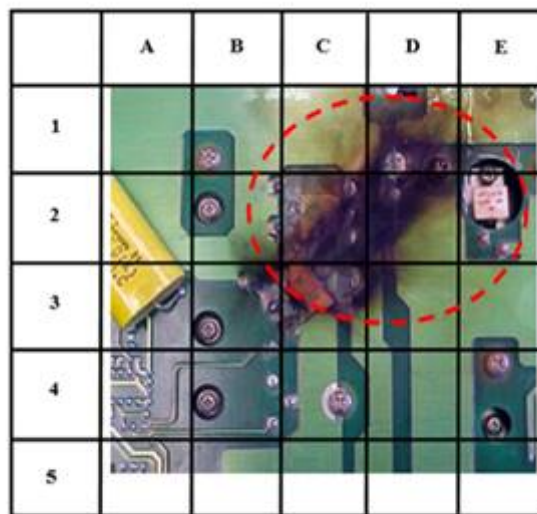


FIGURA 2.
Análisis de fallas con la matriz GASE
Análisis de investigación.

El objetivo de este trabajo fue la aplicación de la matriz GASE junto con el sistema automatizado de detección de componentes electrónicos, que se utilizan en telefonía celular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Operación de matriz GASE

Con base en estos estudios preliminares, se diseñó y probó esta matriz, considerada como un método en este tipo de aplicación, para ser realizada con cuatro etapas:

Paso 1. Se realizó una evaluación con una plantilla y un proceso de interpolación con letras y números, para una rápida detección de macro o micro componentes dañados o fuera de posición en placas electrónicas.

Paso 2. Consistió en analizar las causas de la presencia de macro o micro componentes dañados o fuera de posición en las placas electrónicas.

Paso 3. Consistió en utilizar la matriz GASE como análisis de distribución de la planta por parte del gerente del área y personal supervisor donde se realizó el análisis (López-Badilla et al., 2016).

Paso 4. Incluyó una evaluación de las soluciones elaboradas en la etapa tres por el personal supervisor, para verificar lo elaborado de manera eficiente. El proceso se observa con más detalle en la Figura 3, que representa

un análisis de fallas elaborado con la matriz GASE, generando una falla eléctrica en el proceso de fabricación o con el usuario (Thanh-Lam et al., 2016; Sharma et al., 2018). La Figura 3 representa una placa electrónica en óptimo funcionamiento para analizar los macro y micro componentes en etapas para desarrollar nuevos diseños y productos.

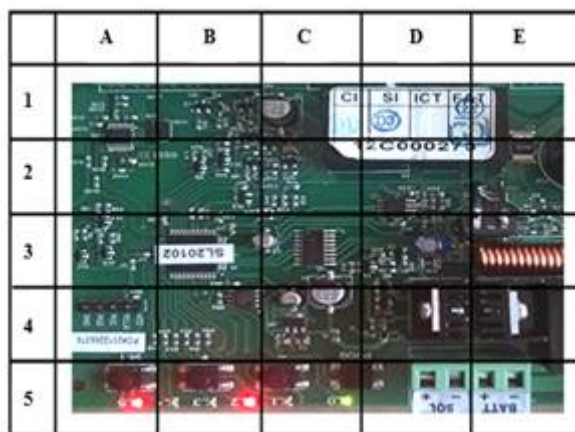


FIGURA 3.
Análisis de operatividad de un tablero electrónico usando la matriz GASE
Análisis de investigación.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en una empresa electrónica, ubicada en Mexicali, Baja California, que estaba dispuesta a brindar la información necesaria para las evaluaciones de la investigación. La investigación se realizó de 2018 a 2019. Se utilizó un multímetro digital UNI-T (marca Dualtrónica, modelo UT89X / UT89XD, ciudad de Risaralda, Colombia); obtener valores de funcionalidad de corriente y tensión, así como obtener con cálculos matemáticos la potencia, que, si bien es pequeña, debe ser considerada como una característica de funcionalidad. Para las evaluaciones de fallas eléctricas y el diseño de nuevas tecnologías se utilizó el programa informático especializado MatLab (Magrab et al., 2011). El sistema automatizado con la matriz GASE se muestra en un diagrama de bloques en la Figura 5, que no se representa como una figura porque está en proceso de patente. Se evaluaron factores ambientales (ASHRAE, 1999; ISO 9001: 2015, 2015, ISO 14001: 2015, 2015), para el monitoreo de la calidad del aire Gasman (marca ATEX II-1G EExia, modelo IIC T4, ciudad Albacete, España).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las fallas eléctricas en tableros electrónicos fabricados en la industria electrónica, como lo mencionan estudios realizados en la ciudad de Mexicali (López-Badilla et al., 2010; López-Badilla et al., 2014), han generado grandes pérdidas a las industrias electrónicas. debido al severo efecto de la contaminación atmosférica y al desconocimiento del fenómeno de la corrosión en los procesos industriales de esta ciudad. Las principales causas que originaron las fallas eléctricas se evaluaron con el diagrama de Ishikawa, como se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1.
Análisis de causas de fallas eléctricas (2018).

Factores Causas	Medición	Material	Maquina	Mano de obra	Medio Ambiente	Método
1	Falta de calibración de equipos y maquinaria industrial	Material dañado	Maquina sin calibración	Trabajadores inexpertos	Mala relación laboral (Supervisor-Trabajador)	Movimientos innecesarios
2	Trabajadores inexpertos	Material inadecuado	Trabajadores inexpertos	Mala actitud de trabajadores	Presencia de agentes contaminantes generando malestar en trabajadores	Método incomodo

Autores.

Los microcomponentes se fabrican con tecnología Mosfet-Oxido de hasta 0,1 micras de tamaño de micras (López-Badilla et al., 2010;Álvarez et al., 2015). La miniaturización puede causar una mala funcionalidad, provocando que se observen fallas eléctricas en varios estudios que utilizan el método FMEA (Liu et al., 2015). Tanto un diseño inadecuado, como la exposición a ambientes contaminantes del aire como es el caso de los sulfuros provenientes en su mayoría del tránsito vehicular y de la Planta Geotermal Cerro Prieto que provocan una rápida oxidación, generan fallas eléctricas, siendo estos factores los más relevantes (López-Badilla et al., 2011). Durante 10 años, se han evaluado varias formas de análisis de fallas para una detección fácil y rápida sin generar grandes costos. Científicos de diferentes áreas de la ingeniería han desarrollado ciertos métodos para algunas actividades de ingeniería industrial (López-Badilla et al., 2016). Las etapas de aplicación de la matriz GASE se explican después de la Figura 2. En la Tabla

1 se muestran dos causas principales de los seis factores evaluados, que presentan en cada característica, la importancia de considerar todos los aspectos aunque sean mínimos. La causa más común fue la falta de capacitación, tanto para el desarrollo de actividades manuales como para la comprensión de equipos y maquinaria industrial, para el uso de equipos de medición. La presencia de fallas eléctricas se observó desde el inicio de la investigación. Se realizaron análisis de correlación de las tasas de fallas eléctricas de varios tableros electrónicos fabricados en el período de 2018 a 2019 con variables ambientales (Humedad Relativa, % y temperatura, °C) utilizando el higrómetro (marca Yencololy y modelo GM610, Guang Dong Sheng, Cantón, Porcelana); y niveles de contaminantes del aire (especialmente sulfuros). Las evaluaciones se muestran en las Figuras 4 y 5. En la Figura 4 se ilustra que el punto máximo de fallas eléctricas de 86% converge con índices de temperatura y humedad relativa de 33 °C y 52%, utilizando la marca higrómetro (marca Yencololy y GM610 modelo, Guang Dong Sheng, Guangzhou, China). Los colores indican que en el cielo azul se presentaron tasas de falla eléctrica del 86% con valores de temperatura y humedad relativa de 40 ° C, 87% y dióxido de azufre (SO₂) con 0.86 ppm, cuando la norma según la Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT-México), de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-022-SSA1-2010, 2010) que regula siendo la norma de 0.5 ppm. Los valores mínimos se detectaron con el color celeste cuando las fallas del 8% de fallas eléctricas por mes con a 26 °C, 63% y 0.69ppm de SO₂. El color verde indica valores de 77% de fallas eléctricas con 40 ° C, 65% y SO₂ de 0.61ppm, y el color amarillo representa porcentajes de 15% de fallas eléctricas, con 15 ° C, 88% con índices de SO₂ de 0.49 ppm. Las fallas eléctricas aumentaron debido a que los valores de SO₂ superaron el estándar de calidad del aire, el cual es severo en ciertos períodos del año en la ciudad de Mexicali, principalmente en la temporada de invierno, como se menciona en un estudio anterior (López-Badilla et al., 2011).). Se menciona que el microclima dentro de la empresa evaluada es con equipos de aire acondicionado, principalmente en la temporada de verano. Tanto en la figura 4 como en la figura 5, se observan los índices de correlación, indicando en cada sección de cada gráfica, la relación que existe entre los tres parámetros

evaluados, siendo en su mayor incidencia en los rangos de 26% a 50%. Esto representa que a valores bajos de humedad relativa y temperatura, se presentaban fallas eléctricas.

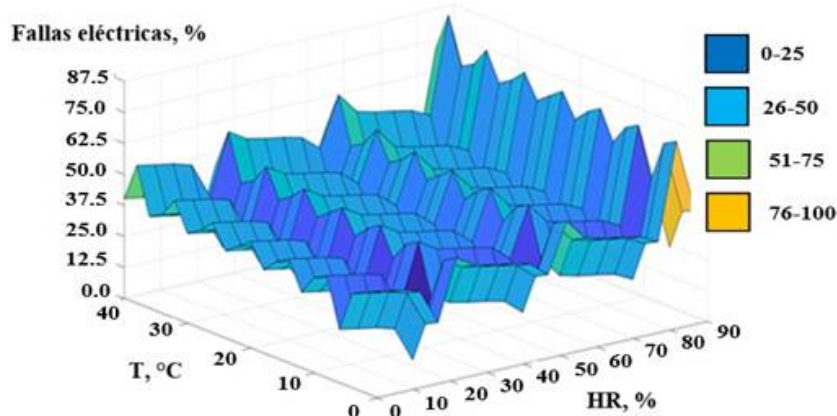


FIGURA 4.

Análisis de correlación de fallas eléctricas y contaminación ambiental (junio 2018)

Autores.

En la Figura 5, representa la temporada de invierno con una correlación con el color celeste con valores máximos de fallas eléctricas del 89% y valores de temperatura y humedad relativa de 29 °C y 87%, con índices de SO₂ de 0.82 ppm. El color azul claro ilustra el 78% de fallas eléctricas de 78%, 25 °C, 84% y 0,74 ppm. En el color verde se observan 65% de fallas eléctricas, 28 °C, 76% y 0.58 ppm de SO₂; y el color amarillo indica 25% de fallas eléctricas, 10 °C, 85% y 0.43 ppm de SO₂. El automatismo acoplado a la matriz GASE indicaba el número de veces que se activaba el automatismo con un indicador luminoso (focos de 60 W).

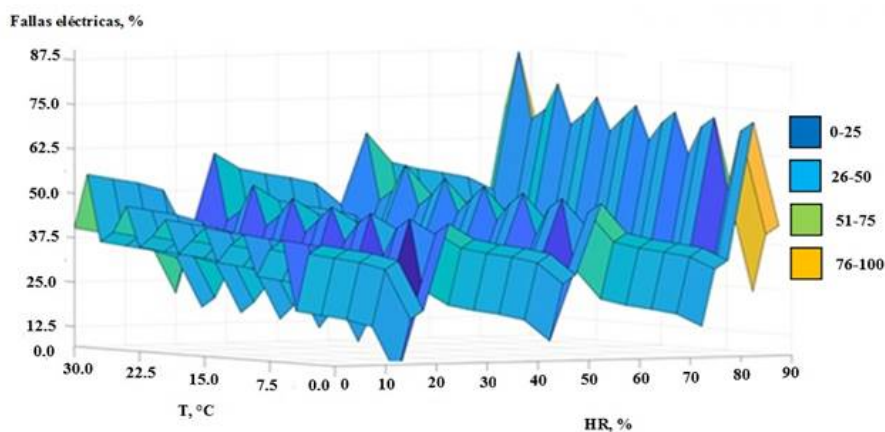


FIGURA 4.

Análisis de correlación de fallas eléctricas y contaminación ambiental (diciembre 2018)

Autores.

Cuando se utilizó la matriz GASE, las tarjetas electrónicas defectuosas se detectaron más rápidamente y la solución procedió rápidamente para evitar el inventario. Se observa que a niveles de SO₂ superiores a los estándares de calidad del aire, las fallas eléctricas aumentaron debido a la deposición de partículas de este contaminante en las conexiones metálicas de los tableros electrónicos fabricados que provocó que no funcionaran correctamente. Además, a porcentajes de humedad superiores al 70%, las fallas eléctricas aumentaron porque cuando las conexiones eléctricas de los tableros electrónicos se mojaron, las partículas contaminantes se depositaron más fácilmente. Los porcentajes de fallas eléctricas disminuyeron porque al usar la matriz GASE, las tarjetas defectuosas se solucionaron rápidamente. Esto se muestra en la tabla 2. El

uso de la matriz GASE fue de gran apoyo en la detección inmediata de tableros electrónicos defectuosos, incluso con las variaciones en el clima exterior que afectaron las condiciones climáticas dentro de la industria evaluada, como se observa en la tabla 3.

TABLA 2
Análisis de correlación de fallas eléctricas y contaminación del aire (2018-2019)

Factores	Fallas eléctricas, % / T, °C / HR, % / SO ₂			
Año	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
2018	64% / 22 °C / 62% / 0.68	86% / 40 °C / 87% / 0.86	61% / 31 °C / 74% / 0.51	89% / 29 °C / 87% / 0.89
2019	48% / 20 °C / 54% / 0.43	57% / 24 °C / 51% / 0.67	55% / 27 °C / 58% / 0.38	62% / 18 °C / 54% / 0.58

Autores.

TABLA 3
Análisis de correlación de fallas eléctricas y contaminación del aire (enero-Julio de 2018-2019)

Factores	Fallas eléctricas, # / T, °C / HR, % / SO ₂ 2018	Fallas eléctricas, # / T, °C / HR, % / SO ₂ 2019
Meses		
Enero	40 / 21 °C / 84% / 0.32	39 / 16 °C / 68% / 0.24
Julio	31 / 34 °C / 62% / 0.30	28 / 36 °C / 59% / 0.28

Autores.

Las investigaciones fueron realizadas por López et al. (López-Badilla et al., 2010; López-Badilla et al., 2011; López et al., 2013) han demostrado que la presencia de fallas eléctricas en tableros electrónicos provoca un mal funcionamiento en los equipos electrónicos, lo que provoca actividades de retrabajo que no se consideran en la planificación de un proceso productivo industrial y generan gastos económicos extra, ocasionando en ocasiones multas por retraso en la entrega al cliente o pérdida de clientes. Esto generó preocupación en los directores, gerentes y personal de supervisión, y con el apoyo de la matriz GASE se eliminaron las áreas de subproductos y entrega inmediata al cliente, aumentando los índices de productividad y calidad y con ello un incremento en la economía. La investigación realizada fue muy relevante para reducir los productos defectuosos y el almacenamiento de subproductos en la industria electrónica, lo que ayudaría a detectar la adecuada funcionalidad de los componentes macro y microelectrónicos de los tableros (Mirghafoori et al., 2018).

CONCLUSIONES

La matriz GASE fue muy útil, apoyando la inspección rápida y eficiente de placas electrónicas, que contenían componentes electrónicos mal colocados o dañados o incluso quemados en ciertas áreas de las placas electrónicas. Esto generó fallas eléctricas que preocuparon al personal gerencial y supervisor, quienes observaron que iban en aumento antes de realizar la investigación. El uso de la matriz GASE para el análisis del funcionamiento de los tableros electrónicos fue de gran apoyo para el área de ingeniería de la empresa donde se realizó el estudio porque se pudo evaluar con el Difractómetro que tiene la institución educativa participante. La aplicación de la matriz GASE para el análisis de fallas eléctricas y el diseño de nuevos productos fue de gran utilidad para reducir costos por fallas eléctricas. La matriz GASE se puede utilizar para otras actividades, como la distribución del flujo de procesos y plantas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la industria del ramo electrónica dónde se realizó la investigación, y al personal de la empresa que participo y apoyo con conocimientos y equipo e información requerida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, E., Moya-Fernández, P., Blanco, F., Muñoz, F. (2015). Methodological insights for industrial quality control management: The impact of various estimators of the standard deviation on the process capability index.
- ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (1999). Handbook; Heating, Ventilating and Air-Conditioning; application. Ciudad de México, México: Grupo Editorial Puntual Media S de RL de CV, 777.
- Iatrou G, Tzotzis A, Kyratsis P, Tzetzis D (2020), Aerodynamic based shape optimization using cfd: a training case study, *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 18 (1), 21-30.
- ISO 9001 (2015). Quality management systems — Requirements, ISO, Ed. 6, 29.
- ISO 14001 (2015). Environmental management systems — Requirements with guidance for use, ISO, Ed. 3, 35.
- Kumar, A., Ensh, S., Irvin, J., Quinn, J. (2018). Liquid Metal Corrosion Fatigue (LMCF) Failure of Aircraft Engine Turbine Blades, *Journal of Failure Analysis and Prevention*. 18: 939-947.
- López-Badilla, G., Sánchez-Ocampo, C., and Paz-Delgadillo, J. M. (2016). Competitiveness in the Electronics Industry of Mexicali Affected by Atmospheric Corrosion. *Revista Científica (Español-México)*. ISSN 1665-0654, 20 (2), 71-76.
- López-Badilla, G., Gómez-Rodríguez, A., Romero-Samaniego, E., Toledo-Perea, S. L., Castillo-Moreno, J. C., Gómez-Onod, P. y Félix Domínguez, T. R. (2014). La corrosión atmosférica en la industria electrónica de Mexicali evaluada con gráficos ABC. *Revista Investigación y Ciencia*. ISSN: 1665-4412, 23 (64): 41-46.
- López-Badilla, G., Acosta-Gómez, M. M., Romero-Samaniego, E., Toledo Perea S. L., Garduño, R. T., Márquez, C. O., and Hinojosa, J. P. (2013). Corrosion in Control Systems Decrease the Lifetime of the Electronic Devices of the Industrial Plants of Mexicali, BC, Mexico. *Open Journal of Air Pollution*. 2 (2), 1:15.
- López-Badilla, G., Tiznado-Vázquez, H., Soto-Herrera, G., De-la-Cruz-Hernández, W., Valdez-Salas, B., Schorr-Wiener, M., and Zlatev, R. (2010). Corrosión de dispositivos electrónicos por contaminantes atmosféricos en interiores de plantas industriales de ambientes áridos y marinos. *Revista Electrónica Nova Scientia*. 3(1): 11-28.
- López-Badilla, G., Valdez-Salas, B. y Schorr-Wiener, M. (2011). Análisis de contaminación en proceso de fabricación de micro dispositivos electrónicos en la industria de Tijuana. *Revista de educación y divulgación de la ciencia, tecnología y la innovación*. (66): 1-12.
- Magrab, E., Azarm, S., Balachandran, B., Duncan, J., Herold, K., and Walsh, G. (2011). *An Engineer's Guide to MATLAB, 3e: with Applications from Mechanical, Aerospace, Electrical, and Civil Engineering*. United States (USA): Ed. Prentice Hall. 846.
- Mirghafoori, S. H., Izadi, M., and Reza, D. A. (2018). Analysis of the barriers affecting the quality of electronic services of libraries by VIKOR, FMEA and entropy combined approach in an intuitionistic-fuzzy environment. *Journal of IntelligentFuzzy Systems*. 34 (4): 2441-2451.
- NOM-022-SSA-1-2010 (2010). Norma Oficial Mexicana, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- Sharma, K. P. and Srivastava, S. (2018). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A Literature Review. *Journal of Advanced Research in Aeronautics and Space Science*. ISSN: 2454-8669, 5 (1-2): 1-17.
- Thanh-Lam, N., Ming-Hung, S., and Bi-Min, H. (2016). Extended FMEA for Sustainable Manufacturing: An Empirical Study in the Non-Woven Fabrics Industry. *Sustainability*. 8 (9): 939.