

Análisis de las causas potenciales de fallo en las luminarias públicas de Tierra Blanca, Veracruz, México

Analysis of potential causes of failure in public lighting fixtures in Tierra Blanca, Veracruz, Mexico

Juan Alberto Hernández Morales¹; Liliana Fuentes Rosas²



Palabras clave:

análisis causal; causa y efecto; iluminación; política gubernamental; resolución de problemas; toma de decisiones.

Artículo de investigación

Fecha de recepción:
20 de junio de 2022

Fecha de aprobación:
02 de noviembre de 2022

Fecha de publicación:
24 de noviembre de 2022

Esta publicación se encuentra bajo licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional



Resumen

Problemática: en Tierra Blanca se tienen luminarias públicas con deficiente iluminación y alta recurrencia en la fundición de las lámparas. Aunque este es un problema latente en todo el municipio, es solo una cara de la moneda, el verdadero problema radica en que no se tienen procedimientos ni se han demostrado habilidades para llegar a detectar la causa raíz de la situación. **Objetivos:** determinar las principales causas de fallo (fundición), aplicando herramientas de control de calidad para identificar y caracterizar las fallas potenciales en las luminarias del alumbrado público. **Materiales y métodos:** con la metodología para la elaboración de un análisis de modo y efecto de falla (AMEF) se determinaron las fallas potenciales y su severidad, las causas potenciales y sus ocurrencias, los modos de detección y su efectividad, para finalmente obtener los números de prioridad de riesgo (NPR). **Resultados:** se propusieron acciones de mejora, que produjeron tres resultados diferentes: un formato para el levantamiento de las quejas, determinación

¹ Licenciado en Ingeniería Industrial y maestrando en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, campus Tierra Blanca, División de Ingeniería Industrial, México. juan.hernandez@itstb.edu.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6299-9428>

² Licenciada en Ingeniería Industrial, maestra en Ciencias en Ingeniería Administrativa y doctoranda en Ciencias de la Administración, Tecnológico Nacional de México, campus Tierra Blanca, División de Ingeniería Industrial, México. liliana.fuentes@itstb.edu.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7285-5169>



de las cuatro refacciones que siempre deben estar en almacenamiento y las tres principales causas de fallo en las lámparas del alumbrado público. **Discusión:** el AMEF elaborado se debe mantener y mejorar continuamente. De este modo, las acciones de mejora tendrán un fundamento metodológico y permitirán a mediano plazo controlar los inventarios de las refacciones más utilizadas, determinar los tiempos de los requerimientos o respetar los niveles mínimos en existencia. **Conclusiones:** los motivos por los que fallan las luminarias se deben principalmente a la fundición de los focos y fotoceldas, también a los balastos quemados. **Contribución / originalidad:** elaboración de un formato de reportes y quejas que permite que se detalle la mayor información posible sobre el fallo que reporta el ciudadano.

Códigos JEL: H41 Bienes públicos

Palabras clave: análisis causal; causa y efecto; iluminación; política gubernamental; resolución de problemas; toma de decisiones.

Abstract

Problematic: In Tierra Blanca there are public lights with poor lighting and high recurrence in the casting of the lamps. Even though this a latent problem throughout the municipality, it's just one side of the coin, the real problem is that there are no procedures and no skills have been shown to detect the root cause of the situation. **Objectives:** Deter-

*Cómo citar este artículo /
To reference this article:*

Hernández Morales J. A., & Fuentes Rosas L., (2022). Análisis de las causas potenciales de fallo en las luminarias públicas de Tierra Blanca, Veracruz, México. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones Y Negocios)*, 9(2), e-815. <https://doi.org/10.22579/23463910.815>

mine the main causes of failure (foundry) applying quality control tools to identify and characterize potential failure in the public lighting fixtures. **Materials and methods:** With the methodology for the elaboration of a failure mode and effect analysis (AMEF) potential failures and their severity were determined the potential causes and their occurrences, the detection modes and their effectiveness, to finally obtain the risk priority numbers (NPR). **Results:** Improvement actions were proposed, which produced three different results: A format for filing complaints, determination of the four spare parts that's should always be in storage and the three main causes of failure in public lighting lamps. **Discussion:** The AMEF developed must be maintained and continually improved. In this way, the improvement actions will have a methodological foundation and will allow in medium term to control the inventories of the most used spare parts, determine the times of the requirements or respect the minimum levels in existence. **Conclusions:** The reasons why the luminaires fail are mainly due to the melting of the spotlights and photocells, also due to the burned ballasts. **Contribution / originality:** Preparation of a report and complaint format that allows detailing as much information as possible about the decision reported by the citizen.

*Cómo citar este artículo /
To reference this article:*

Hernández Morales J. A., & Fuentes Rosas L., (2022). Análisis de las causas potenciales de fallo en las luminarias públicas de Tierra Blanca, Veracruz, México. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones Y Negocios)*, 9(2), e-815. <https://doi.org/10.22579/23463910.815>

Keywords: causal analysis; cause and effect; decision making; government policy; lighting; problem resolution.

JEL Codes: H41 Public Goods.

Introducción

Los municipios en el país han sido pieza fundamental en la administración y desarrollo de las ciudades y demás asentamientos humanos. Esto se debe a su proximidad social a través de los servicios públicos que gestionan las administraciones públicas gubernamentales. En México, a la fecha,

hay más de 2400 municipios libres, los cuales representan el primer puente institucional entre los ciudadanos e instituciones del Estado mexicano (De la Torre, 2014). Es por ello por lo que sobre los servidores públicos recae la primera responsabilidad de procurar el correcto cumplimiento de los trabajos para el mejoramiento de este municipio.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz, México, en la dirección de alumbrado que se encarga de brindar servicio de iluminación en las zonas de uso público del municipio. Este se instala en calles, parques, jardines, entre otros.

El problema detectado es la frecuencia de las fallas en las luminarias y la poca vida útil de las refacciones instaladas. El personal solamente se limita a realizar el reemplazo de la pieza que ha fallado o a aplicar mantenimiento correctivo al sistema. Si se logra detectar la causa raíz de esta situación, se podría analizar si el problema se debe a productos e insumos de mala calidad, a problemas relacionados directamente con la instalación de los postes de luz, a malas prácticas de trabajo realizadas por el personal de alumbrado público, entre otros.

En el método se explica el proceso de recepción y aplicación del servicio de mantenimiento por parte de los servidores públicos municipales del área de alumbrado; posteriormente, se describen las actividades que conforman la metodología para elaborar el análisis de modo y efecto de falla (AMEF), en la que se determinan los números de prioridad de riesgo (NPR), se recomiendan acciones y se delegan responsabilidades.

Contexto teórico

Una necesidad básica para la supervivencia humana es la iluminación, ya que con esta se busca reducir al máximo los niveles de oscuridad. Según explica López (2015), esto era para protegerse

de depredadores y facilitar la cacería y obtención del sustento alimenticio. En la Ciudad de México, el primer uso práctico de la electricidad se dio en el alumbrado público y privado, experiencia que impactó al sector urbano desde el principio (García, 2015).

A manera de antecedente histórico, se sabe que el alumbrado de los antiguos mexicanos provenía del pino resinoso, se ubicaba en braseros frente a los altares de dioses prehispánicos y también era usual en los palacios y en algunos hogares. En las noches, los hombres prendían con fuego los grandes braseros que estaban colocados en los techos de las bocacalles y tenían la labor de mantenerlos encendidos durante toda la noche (Morales *et al.*, 2015).

Durante las últimas décadas, todos los países en desarrollo han presentado un crecimiento sostenido del gasto de servicios públicos. Este se sustenta en un amplio consenso político y social en el que participan, por una parte, los dirigentes políticos (de todos los niveles) encargados de la organización y planificación y, del otro lado, los ciudadanos como consumidores y demandantes de los servicios (Hurtado, 2016).

El factor más importante que determina el uso futuro de las fuentes de energía es, sin duda, el impacto ambiental y social. El daño ambiental que se causa al desechar los desperdicios de las principales áreas de transformación es tan elevado que ocasiona un sinnúmero de consecuencias irreversibles en el ecosistema; por ello, la necesidad de plantear

nuevos tratados de tecnologías y políticas energéticas sustentables, las cuales garanticen la conservación y preservación de los factores involucrados en los procesos de producción de energía (Miralrio, 2013).

En los últimos años, los ciudadanos que pagan los servicios públicos y que contribuyen a la recaudación de impuestos tienen el derecho de exigir que los servicios prestados sean eficientes y de calidad. Actualmente, la NOM-031-ENER-2012 establece las especificaciones que deben cumplir los luminarios, es decir, que funcionen con tecnología led y que estén destinados a utilizarse en el alumbrado público para poder ser comercializados e instalados dentro de la República mexicana (Secretaría de Energía, 2015). Sin embargo, en los portales de transparencia del Gobierno municipal no se muestra evidencia del cumplimiento de la normativa vigente. Si esto se viera desde la perspectiva de mercadeo, quienes determinan si un servicio es aceptable y satisface sus necesidades son los usuarios (Hurtado, 2016).

En este sentido, el desarrollo de un AMEF permitirá a los administradores detectar áreas de oportunidad en la prestación del servicio ya mencionado, establecer prioridades y plantear acciones de mejora para el corto y mediano plazo.

Materiales y métodos

El AMEF es un procedimiento que coadyuva a identificar fallas en todo tipo de sistemas, incluidas la prestación de servicios, la realización de productos y procesos y la seguridad en el trabajo.

Así mismo, ayuda a evaluar y clasificar de manera objetiva los efectos y causas que originan las fallas y los controles de identificación para evitar su ocurrencia. Los resultados finales permiten tener la documentación de un método de prevención.

Usar esta metodología se ha vuelto una actividad casi obligada para muchas organizaciones. Aplicar un AMEF es equivalente, metafóricamente, a revisar los cimientos y la estructura de un gran edificio para asegurar la confiabilidad del sistema y disminuir la probabilidad de que falle (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

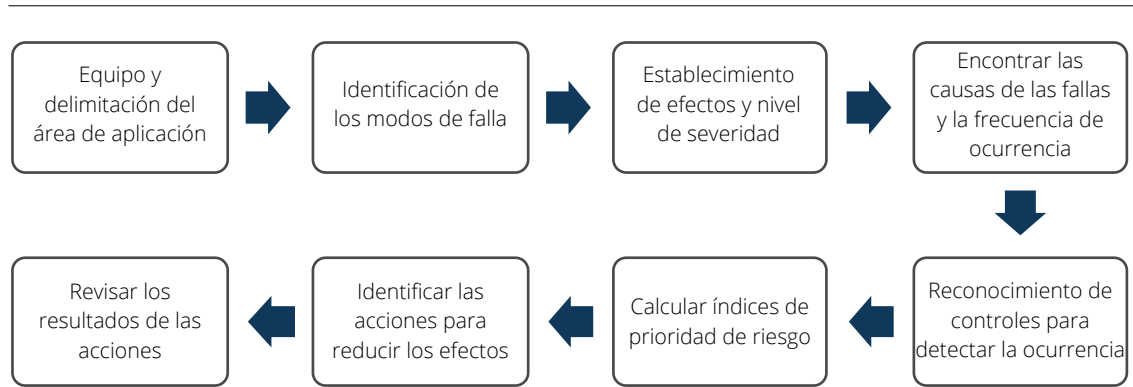
En general, se deben seguir los puntos que aparecen en la figura 1. Ayudándose de ellos se puede completar la tabla AMEF y realizar la propuesta de actividades de mejora.

Un modo de falla es la forma en que se puede alterar el cumplimiento de las especificaciones del servicio, producto o proceso, lo cual traerá como consecuencia la afectación al cliente, a los trabajadores o al próximo proceso. Cuando se han identificado los modos y efectos de la falla, se debe cuantificar su severidad mediante una escala del 1 al 10, donde 10 es el máximo grado de severidad.

Enseguida, se deben investigar y establecer las causas de cada falla del paso anterior y se evalúa su ocurrencia. Mientras más improbable sea la falla, menor calificación se asigna. Si la falla es persistente, se da una mayor puntuación en la escala de 1 a 10.

En el otro paso se describe el tipo de control existente para detectar

Figura 1. Procedimiento general para desarrollar un AMEF.



Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2013).

cada falla, es decir, cuál es la forma en que los encargados del proceso perciben la problemática ocurrente. También se califica en una escala de 1 a 10, donde las calificaciones bajas representan controles seguros de detección, mientras que puntajes altos indican que, probablemente, los controles no detectarán las fallas.

Al final, hay que calcular el NPR que se emplea para identificar los riesgos más serios y buscar acciones correctivas. El resultado es un número entre 1 y 1000, los modos de falla con puntajes más altos son a los que se le debe dar prioridad para mitigarlos. El NPR se calcula al multiplicar las tres calificaciones asignadas mediante la elaboración del AMEF (Gutiérrez y De la Vara, 2013), es decir, la severidad de la falla por probabilidad de ocurrencia y por la posibilidad de detección de cada causa:

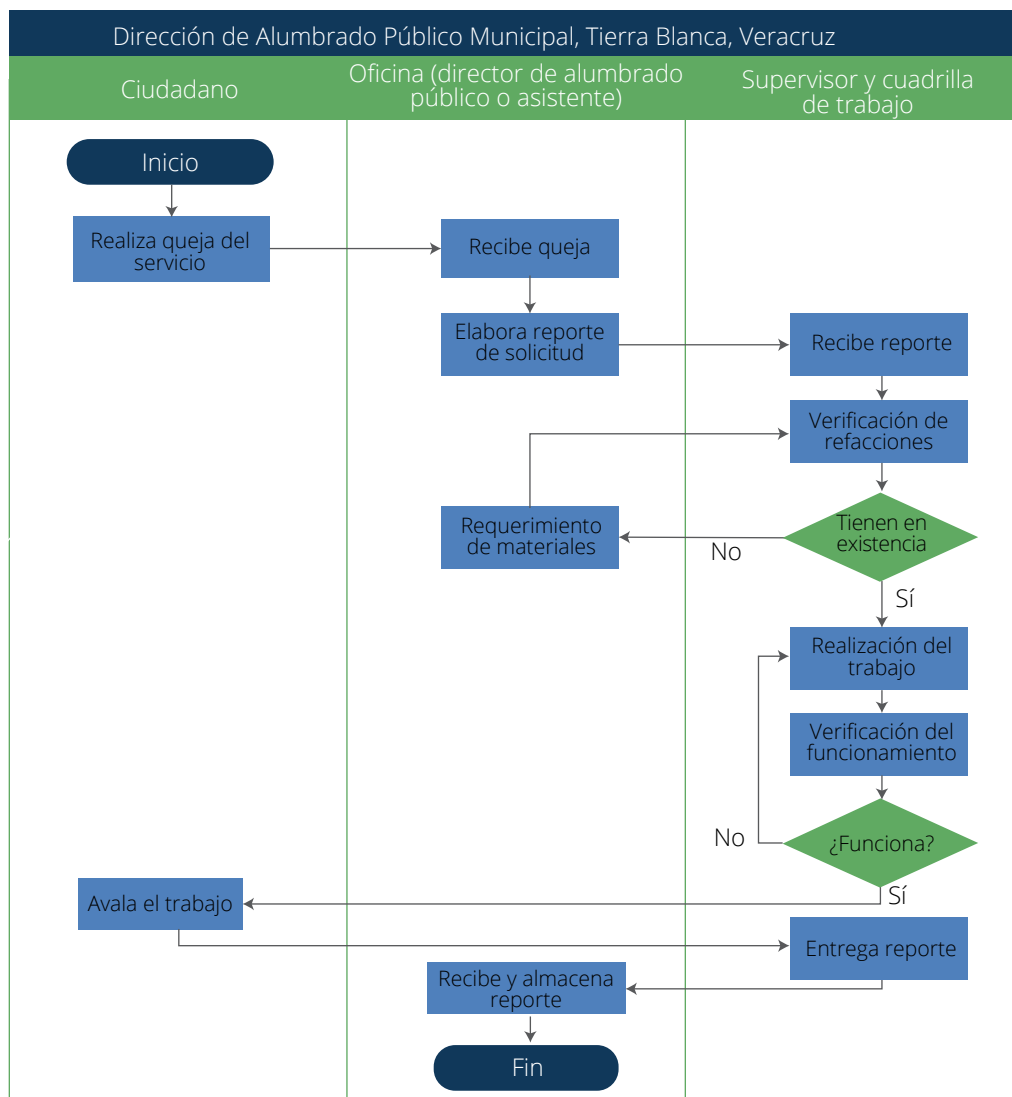
$$NPR=S*O*D$$

Antes de realizar el AMEF, se debe tener conocimiento de las etapas del proceso completo, ya que a partir de

ello se realizará el análisis para las diferentes etapas en que haya modos potenciales de falla. Estudiando el proceso completo, se elaboró el diagrama de funciones cruzadas de la figura 2. Nótese que las actividades inician cuando el ciudadano realiza una queja del servicio de alumbrado, la cual es recibida en la oficina por el director del área o su asistente, quienes se encargan de elaborar un reporte de la solicitud que envían al supervisor de cuadrilla.

Posteriormente, verifican si cuentan con las refacciones requeridas para cumplir con el mantenimiento que indica el reporte recibido. En caso que no haya existencia de materiales, estos son requeridos por el personal de la oficina a los proveedores correspondientes. Si tienen los materiales, pueden proceder a realizar el trabajo. La cuadrilla completa se desplaza al lugar solicitado y después de dar el mantenimiento verifican si la luminaria funciona correctamente. Cuando el daño no queda reparado, tienen que continuar con las actividades de mantenimiento.

Figura 2. Proceso de solicitud de servicio de mantenimiento de alumbrado público municipal.



Fuente: elaboración propia (2021).

Resultados

Con base en el diagrama de flujo de la figura 2, se determinó que las etapas que tienen modos potenciales de falla son reporte de solicitud del servicio, verificación de refacciones, requerimiento de materiales y realización del trabajo. En cada una de

ellas se determinó la falla potencial tal como aparece en las dos primeras columnas de la tabla 1.

En la segunda etapa del AMEF se tuvieron que determinar los efectos que producirá cada modo potencial de falla en la prestación del servicio y satisfacción del ciudadano. Posterior-

mente, se asignó el valor correspondiente a la severidad (S), tal como se muestra en la tercera y cuarta columna de la tabla 1.

Tabla 1. Modos y efectos potenciales de falla

Etapa del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	S
Reporte de solicitud del servicio	Mal llenado de reporte de solicitud de servicio	No se ubica el lugar de la falla (dirección, etc.)	7
		No se repara el daño o avería	10
Verificación de refacciones	Las refacciones elegidas no son las correctas	Reincidencia en el daño o avería	6
		No se puede realizar el servicio	10
Requerimiento de materiales	Solicitud mal elaborada para los proveedores	No se recibe el material esperado	8
Realización del trabajo de mantenimiento	No funciona la luminaria pública	Incremento de quejas de los ciudadanos	6
		La lámpara no funciona	10

Fuente: elaboración propia (2021).

Se evaluaron las causas potenciales para cada una de las fallas establecidas y el nivel de ocurrencia con que se presenta cada una (tabla 2). Se indicó la forma actual en la que detectan que está ocurriendo cada una de las fallas. Los valores para la detección (D) son bajos porque es muy alta la posibilidad de que se den cuenta de que existe un problema. En la tabla 2 se evidencia que, en su mayoría, es el personal de cuadrilla el que percibe los problemas.

Tabla 2. Causas potenciales de falla y mecanismos de detección

Causas potenciales de falla	O	Controles de detección	D
Descuido y falta de atención al llenar el reporte	6	Al momento de ir a realizar el trabajo, el personal de cuadrilla no encuentra la dirección o los daños	2
	6	El ciudadano reincide en la queja	2
El personal desconoce la refacción ideal	2	Se tiene poco tiempo de vida útil (reincidencia). El ciudadano o el personal de cuadrilla detecta que la refacción no es la adecuada	3
		En el lugar del fallo, el personal de cuadrilla se da cuenta de que no era la queja que les habían especificado	2
En el reporte no se detalló exactamente el daño o avería	4	El personal de cuadrilla no proporciona suficiente información	1
		Falla de refacciones, corto circuito, problemas en la instalación eléctrica	2
Falla de refacciones, corto circuito, problemas en la instalación eléctrica	7	El personal de oficina al recibir las quejas	2
	7	El personal de cuadrilla durante la realización del mantenimiento	2

Fuente: elaboración propia (2021).

Con la información que se posee se procede a calcular el NPR para establecer aquellos modos potenciales prioritarios para ser mejorados. Estos aparecen marcados con un color oscuro en la tabla 3.

Tabla 3. Cálculo de los números de prioridad de riesgo

Efectos potenciales de falla	S	Causas potenciales de falla	O	Controles de detección	D	NPR
No se ubica el lugar de la falla (dirección, etc.)	7	Descuido y falta de atención al llenar el reporte	6	Al momento de ir a realizar el trabajo, el personal de cuadrilla no encuentra la dirección o los daños	2	84
No se repara el daño o avería	10		6	El ciudadano reincide en la queja	2	120
Reincidencia en el daño o avería	6	El personal desconoce la refacción ideal	2	Se tiene poco tiempo de vida útil (reincidencia). El ciudadano o el personal de cuadrilla detecta que la refacción no es la adecuada	3	36
No se puede realizar el servicio	10	En el reporte no se detalló exactamente el daño o avería	4	En el lugar del fallo, el personal de cuadrilla se da cuenta de que no era la queja que les habían especificado	2	80
No se recibe el material esperado	8	El personal de cuadrilla no proporciona suficiente información	3	El personal de cuadrilla al recibir el material entregado por el proveedor	1	24
Incremento de quejas de los ciudadanos	6	Falla de refacciones, corto circuito, problemas en la instalación eléctrica	7	El personal de oficina al recibir las quejas	2	84
La lámpara no funciona	10		7	El personal de cuadrilla durante la realización del mantenimiento	2	140

Fuente: elaboración propia (2021).

A partir de la identificación de aquellos modos potenciales críticos, en conjunto con el director de alumbrado público se deciden las acciones recomendadas para disminuir los NPR, junto con los responsables de cada actividad, tal como aparece en la tabla 4.

En general, se llevaron a cabo tres acciones importantes para disminuir los NPR. Primero, se diseñó un formato en el que se puedan registrar las solicitudes del servicio de mantenimiento que realizan los ciudadanos (figura 3). Obsérvese que este formato se completa con información importante para ubicar y registrar el servicio realizado.

Durante dos meses se contabilizó el número de refacciones consumidas de cada tipo, las cuales fueron analizadas con el diagrama de la figura 4,

donde se determina que las fotoceldas, las lámparas de vapor de sodio, de espiral y el balastro son los materiales más consumidos; por ende, estos son los que siempre deben tener en existencia para disminuir el problema de no realizar el servicio por tener refacciones incorrectas.




La otra acción realizada es similar a la de refacciones, pero ahora se estudiaron los motivos por los que comúnmente fallan las lámparas del alumbrado en el municipio. En total, fueron registradas cinco causas. Se elaboró el diagrama de la figura 5 y se encontró que las tres causas que abarcan más del 80 % de los problemas en las luminarias son fundición de foco y de fotocelda, así como la quemadura de los balastos.

Tabla 4. Acciones recomendadas y responsables

Etapa del proceso	Modo potencial de falla	S	O	D	NPR	Acciones recomendadas	Responsables
Reporte de solicitud del servicio	Mal llenado de reporte de solicitud de servicio	7	6	2	84	Verificar la ubicación de la falla reportada con el jefe de manzana, pedir al menos tres referencias para localizar el lugar de la falla	Personal de oficina (director de alumbrado público y asistente)
		10	6	2	120		
Verificación de refacciones	Las refacciones elegidas no son las correctas	6	2	3	36	Mantener siempre en existencia las refacciones más utilizadas	Supervisor de cuadrilla
		10	4	2	80		
Requerimiento de materiales	Solicitud mal elaborada para los proveedores	8	3	1	24		
Realización del trabajo de mantenimiento	No funciona la luminaria pública	6	7	2	84	Realizar un análisis más detallado sobre la causa raíz de la falla en la lámpara del alumbrado público	Director de alumbrado público y supervisor de cuadrilla
		10	7	2	140		

Fuente: elaboración propia (2021).

Figura 3. Formato de registro de quejas.

H. AYUNTAMIENTO TIERRA BLANCA 2018 - 2021
Sumando esfuerzos damos resultados

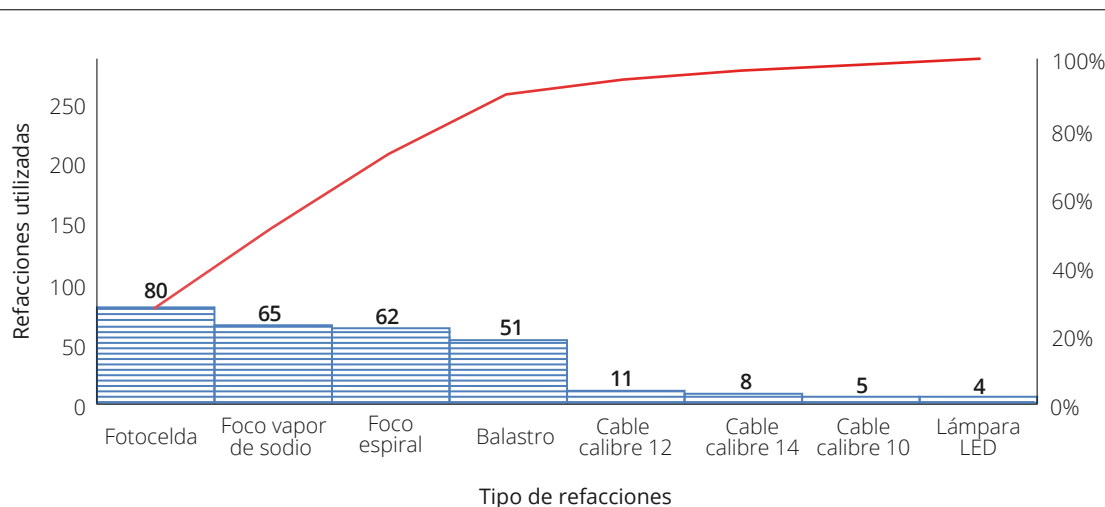
Dirección de Alumbrado Público

Formato de solicitud del servicio de mantenimiento

Fecha de reporte:	Fecha ejecución:	
Nombre:		
Ubicación de la luminaria:		
Colonia o congregación:		
Referencia 1:		
Referencia 2:		
Referencia 3:		
Material utilizado		
Foco 85 W _____	Bal. 100 _____	Soquet M. _____
Foco 70 W _____	Fotocelda D _____	Cable 10 _____
Foco 100 W _____	Base p/foto _____	Cable 12 _____
Otros _____		
Observaciones		
Nombre y firma del ciudadano		

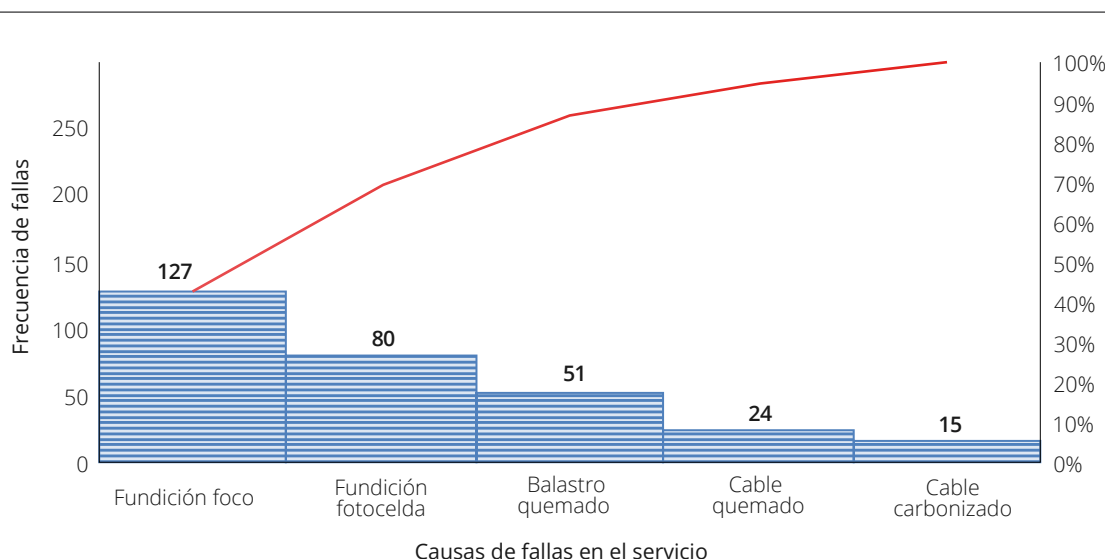
Fuente: elaboración propia (2021).

Figura 4. Gráfico de Pareto del consumo de refacciones.



Fuente: elaboración propia en MS Excel (2021).

Figura 5. Pareto para causas principales de falla.



Fuente: elaboración propia en MS Excel (2021).

Después de haber realizado las tres acciones explicadas anteriormente, se procedió a registrarlas en la tabla AMEF y a recalcular los índices NPR. Las actividades se describen enseguida:

1. Para elaborar el formato de reporte se realizó un monitoreo de los

aspectos relevantes para la identificación de las quejas. Esto se llevó a cabo en un lapso de dos semanas.

2. Como se explicó en la sección anterior, durante dos meses se registró, a partir del inventario, la

cantidad de refacciones que se utilizaban para realizar las actividades de mantenimiento.

3. A la par de lo mencionado en el punto 2 de esta lista, se realizó el seguimiento de las fallas que eran reportadas por los ciudadanos. Se registró la información y se resumió en el diagrama de Pareto de la figura 5 (sección anterior).

La severidad de ocurrencia para cada uno de los modos potenciales de falla sigue siendo la misma, las que se modificaron fueron las ocurrencias y las detecciones (tabla 5). Para obtener los nuevos puntajes de ocurrencia se consideró de manera subjetiva que el mal llenado de los reportes de solicitud iba a disminuir (la calificación bajó de 6 a 4), pero aún se tiene el riesgo de cometer errores, esto será mientras los servidores públicos se adaptan al formato diseñado y su detección ahora tiene calificación de 1 porque será más fácil identificar los errores o, en su caso, encontrar el origen de la

equivocación. Con respecto a la determinación de refacciones vitales para el servicio de mantenimiento, se tiene una calificación de 3 puntos para la ocurrencia porque ahora será menos frecuente cometer el error de no priorizar las refacciones que se están utilizando en todo momento. Cuando se desarrolle un proyecto para el control de inventarios, se podrá mejorar la calificación en la columna de detección (sigue siendo 2). Por último, para la investigación de los motivos por los que no funcionan las luminarias públicas, se decidió calificar a la nueva ocurrencia con 6 puntos. Para que este valor disminuya será necesario elaborar un proyecto de control de calidad para el servicio ofertado por el departamento de alumbrado público.

El AMEF final es el que se presenta en la tabla 6. Considérese que todas las tablas que se fueron presentando en el transcurso del trabajo representaban las secciones en las que se dividió el desarrollo de la metodología.

Tabla 5. AMEF con los nuevos NPR

Etapas del proceso	Modo potencial de falla	S	O	D	NPR	Acciones tomadas	S	O	D	NPR
Reporte de solicitud del servicio	Mal llenado de reporte de solicitud de servicio	7	6	2	84	Elaboración del formato de reporte de solicitud del servicio de mantenimiento	7	4	1	28
		10	6	2	120		10	4	1	40
Verificación de refacciones	Las refacciones elegidas no son las correctas	6	2	3	36	Determinación de las refacciones vitales para el servicio de mantenimiento	6	2	3	36
		10	4	2	80		10	3	2	60
Requerimiento de materiales	Solicitud mal elaborada para los proveedores	8	3	1	24		8	3	1	24
Realización del trabajo de mantenimiento	No funciona la luminaria pública	6	7	2	84	Investigación de las causas principales de la falla en las luminarias de alumbrado público	6	6	2	72
		10	7	2	140		10	6	2	120

Fuente: elaboración propia (2021).

Tabla 6. AMEF completo del proceso de mantenimiento de alumbrado público

Etapa del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	S	Causas potenciales de falla	O	Controles de detección	D	NPR	Acciones recomendadas	Responsables	S	O	D	NPR
Reporte de solicitud del servicio	Mal llenado del reporte de solicitud del servicio	No se ubica el lugar de la falla (dirección, etc.)	7	Descuido y falta de atención al llenar el reporte	6	Al momento de ir a realizar el trabajo, el personal de cuadrilla no encuentra la dirección o los daños	2	84	Verificar la ubicación de la falla reportada con el jefe de manzana, pedir al menos tres referencias para localizar el lugar de la falla	Personal de oficina (director de alumbrado público asistente)	7	4	1	28
		No se repara el daño o avería	10		6	El ciudadano reinicide en la queja	2	120			10	4	1	40
Verificación de refacciones	Las refacciones elegidas no son las correctas	Reincidencia en el daño o avería	6	El personal desconoce la refacción ideal	2	Se tiene poco tiempo de vida útil (reincidencia). El ciudadano o el personal de cuadrilla detecta que la refacción no es la adecuada	3	36			6	2	3	36
		No se puede reparar el servicio	10	En el reporte no se detalló exactamente el daño o avería	4	En el lugar de la falla, el personal de cuadrilla se da cuenta de que no era la queja que les habían especificado	2	80	Mantener siempre en existencia las refacciones más utilizadas	Supervisor de cuadrilla	10	3	2	60

Etapa del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	S	Causas potenciales de falla	O	Controles de detección	D	NPR	Acciones recomendadas	Responsables	Acciones tomadas	S	O	D	NPR
Requerimiento de materiales	Solicitud Mal elaborada para los proveedores	No se recibe el material esperado	8	El personal de cuadrilla no proporciona suficiente información	3	El personal de cuadrilla al recibir el material entregado por el proveedor	1	24				8	3	1	24
Realización del trabajo de mantenimiento	No funciona la luminaria pública	Incremento de quejas de los ciudadanos La lámpara no funciona	6 10	Falla de refacciones, corto circuito, problemas en la instalación eléctrica	7	El personal de oficina al recibir las quejas El personal de cuadrilla durante la realización del mantenimiento	2	84	Realizar un análisis más detallado sobre la causa raíz de la falla en la lámpara para del alumbrado público	Director de alumbrado público y supervisor de cuadrilla	Investigación y establecimiento de las causas principales de la falla en las luminarias del alumbrado público	6	6	2	72

Fuente: elaboración propia (2021).

A manera de proyección de un trabajo a futuro y como continuidad de la presente investigación, es necesario considerar que los encargados de la dirección de alumbrado público mantendrán actualizado y en uso constante el formato de reportes, que realicen proyectos que permitan controlar los inventarios de las refacciones más utilizadas, donde se puedan determinar los tiempos de requerimientos o niveles mínimos en existencia, llevar a cabo una investigación a fondo sobre los motivos de esas causas comunes de falla para poder atacar la raíz de las afectaciones al alumbrado público y que la tabla AMEF elaborada sea mantenida y mejorada de forma continua.

Discusión

Los resultados de la presente investigación encuentran coincidencia con lo realizado por Aguirre y Rodríguez (2021), quienes a través de un estudio de criticidad con AMEF y NPR identificaron las fallas determinantes en paralizaciones en tableros de transferencia. Los resultados ayudaron en la proyección de mejora de indicadores que contribuyeron a la reducción de los costos de mantenimiento y, consecuentemente, de refacciones.

Así mismo, una vez aplicado el AMEF, Silva *et al.* (2019) identificaron las principales fallas y crearon protocolos de los activos seleccionados en talleres del Centro de Industria, Empresa y Servicios (CIES) del Sena. Los autores elaboraron unas fichas necesarias para la correcta implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Con respecto a la mejora en el control del inventario derivado de este trabajo, una situación similar sucedió con la investigación realizada por Torpoco y Villón (2019). Ellos diseñaron un programa de mantenimiento para las grúas *Reach Starcker*, con base en el AMEF fue posible un manejo eficiente en los gastos en el inventario al no generar compras de piezas innecesarias y mantener las existencias en los niveles necesarios.

Se coincide también con Tomas (2021), quien determinó que, al aplicar el AMEF en una empresa suministradora de servicio de maquinaria pesada del equipo, se incrementa la disponibilidad y confiabilidad, lo que origina una reducción de fallas, intervenciones, horas de reparación y un aumento en el tiempo promedio entre fallas.

Conclusiones

Al haber realizado el análisis de las causas de fallo en el proceso que conforman las actividades de mantenimiento de la dirección de alumbrado público del municipio de Tierra Blanca, Veracruz, se pudo completar una tabla AMEF en la que aparecen las etapas del proceso que tienen fallas potenciales y sus índices NPR correspondientes. Al mismo tiempo, se planearon acciones de mejora y se fijaron responsabilidades. Posteriormente, se llevaron a cabo ciertas actividades de las que se puede concluir lo siguiente:

- La elaboración de un formato de reportes y quejas permite que se

detalle la mayor información posible sobre la falla que reporta el ciudadano, además, se tiene menos probabilidad de no ubicar la luminaria defectuosa, ya que se incluyen todos los datos necesarios para su localización. Los NPR en la etapa del reporte para la solicitud de servicio disminuyeron de 84 y 120 a 28 y 40, respectivamente.

- Las cuatro refacciones que siempre deben tenerse en existencia son fotocelda, foco de vapor de sodio, foco de espiral y balastro, ya que son las que se utilizan en poco más del 80 % de los servicios de mantenimiento realizados. Esta mejora contribuyó a la identificación correcta de las refacciones elegidas para realizar los trabajos de mantenimiento. El NPR era 80 y se redujo 20 puntos, quedando en 60.
- Los motivos por los que fallan las luminarias se deben principalmente a la fundición de los focos y fotoceldas, también a los balastros quemados. Sabiendo lo anterior, se puede evaluar la calidad de las refacciones que envían los proveedores o del sistema eléctrico en los postes que conectan los cables en la ciudad. Los NPR que se mejoraron fueron los relacionados con la etapa de realización del trabajo de mantenimiento, los cuales eran de 84 y 140 y ahora quedaron en 72 y 120, respectivamente.

Información complementaria

Agradecimientos: al director del Departamento de Alumbrado Público y presidente municipal por permitir el

acceso a registros y demás información necesaria para la realización del proyecto.

Contribuciones de autoría: los dos autores tienen la misma contribución de participación en la elaboración de esta investigación.

Referencias

- Aguirre, J.V. & Rodríguez, J.J. (2021). *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de los tableros de transferencia automática de los grupos electrógenos de un centro comercial en Trujillo*. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <http://bit.ly/3UXP2LX>
- De la Torre, J. (2014). *Reforma municipal y capacidad de gestión de los gobiernos municipales en México: un estudio comparado en seis municipios del estado de San Luis Potosí, México (1983-2000)* [tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional UCM. <https://bit.ly/3OvS7zc>
- García, A. (2015). *La primera manifestación de la electricidad en la Ciudad de México: el alumbrado público y privado, 1881-1921* [sesión de simposio]. III Simposio Internacional de historia de la electrificación, Ciudad de México. <https://bit.ly/3tLbRqA>
- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2013). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (3.ª ed.). McGraw Hill.
- Hurtado, A. (2016). *Influencia del alumbrado público sobre la seguridad y la conducta* [tesis de doctorado, Universidad de Granada]. Repositorio Institucional UGR. <http://bit.ly/3AjXL2H>
- López, S. (2015). *Iluminación y alumbrado público* [tesis de maestría, Univer-

- sidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNC. <https://bit.ly/3n17pQH>
- Miralrio, J. (2013). *Evaluación del ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. <http://bit.ly/3hOzWta>
- Morales, H., Morales, N., Palacios, M. & Rosas, E. (2015). *Propuesta de diseño de alumbrado público alimentado con energía solar y con estación de carga* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. <http://bit.ly/3EaqUOR>
- Secretaría de Energía. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-031-ENER-2012, Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (leds) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba*. México: Diario Oficial de la Federación. <https://bit.ly/3Grx0NG>
- Silva, I., Rodríguez, M., Acosta, R. & Gómez, P. (2019). Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF. *Mundo Fesc*, 9(17), 36-46.
- Tomas, D.A. (2021). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa suministradora de servicio de maquinaria pesada en Huaraz* [tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <http://bit.ly/3V4W7tp>
- Torpoco, J.F. y Villón, A. (2019). *Optimización de la baja disponibilidad e implementación del método AMEF en la gestión del mantenimiento de las grúas Reach Stacker para aumentar la productividad en la empresa APM Terminals Callao 2019* [tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <http://bit.ly/3ty-sAgj>