

# Estudio de fallas causadas por cucarachas en fuente conmutada

Ezequiel Chesini

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,  
Universidad Nacional de Córdoba  
Córdoba, Argentina  
echesini@efn.uncor.edu

Juan Cruz Bigliani

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,  
Universidad Nacional de Córdoba  
Córdoba, Argentina  
jbigliani@efn.uncor.edu

Celeste Bigliani

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,  
Universidad Nacional de Córdoba  
Córdoba, Argentina  
cbigliani@efn.uncor.edu

Ricardo A.M. Taborda

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,  
Universidad Nacional de Córdoba  
Córdoba, Argentina  
rtaborda@efn.uncor.edu

**Resumen**— Se presenta en este artículo una investigación llevada a cabo en el LIADE, Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba tendiente a localizar la causa de fallos en una fuente de alimentación de una balanza comercial que se utiliza ampliamente en comercios de Argentina. Se realizó un análisis estadístico de las fallas y se identificó el sector de la fuente y los componentes que producían el fallo. A partir de la presencia de restos de cucarachas se planteó la hipótesis que fueran éstas quienes producían los fallos. Dado que el objetivo de la investigación no era solo descubrir la causa de la falla sino también encontrar una solución rentable, se llevaron a cabo una serie de experimentos que en primera instancia confirmaron la hipótesis y luego el estudio de los hábitos de las cucarachas y la observación de su comportamiento en presencia de alta tensión, permitieron brindar una solución al problema.

**Palabras clave**—Fuentes conmutadas, Cucarachas, fallos

## I. INTRODUCCIÓN

El LIADE, Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo, dependiente del Departamento de Electrónica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba fue fundado en Abril de 1987 en pos de satisfacer necesidades puntuales de la sociedad. Si bien en sus orígenes se dedicaba únicamente a la bioingeniería, en la actualidad ha ampliado su campo de acción a otras ramas como electrónica industrial, control de parámetros físicos y químicos, ensayos, mantenimiento preventivo de equipos, adquisición de datos, etc.

Está integrado por un plantel estable de 18 personas y año tras año se incorporan estudiantes contribuyendo a la formación de recursos humanos calificados que luego ejercerán su profesión en distintas áreas de la sociedad.

. En este trabajo se presenta una investigación solicitada por un fabricante de balanzas comerciales para determinar la causa de fallos en fuente de alimentación durante el periodo de garantía. A partir del estudio de la causa de falla se propuso una solución para aplicar durante el proceso de producción tendiente a disminuir la tasa de falla. La investigación de las causas de fallo fue realizada con 82 fuentes provistas por el fabricante que fallaron en período de garantía.

Esta investigación fue realizada entre el 18/06/2012 hasta el 18/07/2012 en las instalaciones del LIADE, ubicado en el Pabellón de Ingeniería en Ciudad universitaria, Vélez Sarsfield 1611 Córdoba.

Al realizar una exhaustiva búsqueda bibliográfica sobre fallos de equipos electrónicos debido a la presencia de insectos fue escasa la información encontrada. Por tal motivo se considera valioso el aporte de este trabajo a la comunidad.

## II. OBJETIVOS

### A. *Objetivo General:*

Identificar la causa de fallos en las fuentes de la balanza y proponer soluciones para que no se repitan las mismas.

### B. *Objetivos Específicos:*

- Relevar y localizar componentes fallados en 82 fuentes que fueron retiradas de servicio en período de garantía de las balanzas.
- Análisis estadístico de tipos de fallas encontradas.
- Planteo de hipótesis de falla y reproducción de la causa de falla.

- En base a la hipótesis que mejor describa la causa de las fallas, proponer soluciones que deban agregarse al proceso de manufactura o mantenimiento de la balanza.

### III. DESARROLLO

Se analizaron 82 fuentes falladas, procediendo del siguiente modo:

- Se alimentó la fuente con 220Vac a través de un transformador aislador.
- Se comprobó si encendía.
- Se desarmó el gabinete sacando la tapa superior. Se observó el estado general del circuito impreso [PCB].
- Se observó si había componentes rotos, marcas o manchas en el gabinete.

Como en las primeras fuentes desarmadas se notó gran cantidad de insectos muertos (cucarachas), se empezó a prestar atención en el desarme de las sucesivas fuentes, en que lugares había restos de insectos, y se identificó un olor peculiar que se correspondía a la presencia de cucarachas, al que también se empezó a prestar atención como indicador de la presencia de insectos.

Se obtuvieron los resultados estadísticos de la Tabla I.

TABLA I. ESTADISTICAS DE FALLA

Falla	Cantidad	%
Fusibles quemados	29	35,37
Resistores R22 y R23 abiertos	31	37,8
Presencia de cucarachas	73	89,02
Varistores Rotos	10	12,2

Se destaca que las fuentes que tenían el varistor quemado, no tenían cucarachas y el resto de los componentes estaba en buen estado. Al cambiar fusibles y varistor funcionaban nuevamente.

Las 73 fuentes con cucarachas tenían rotura en el circuito de corrección de factor de potencia [PFC], en tanto que el circuito de fuente de alimentación conmutada [SMPS] estaba en buen estado.

Como en el mercado se encuentran fuentes de diversa calidad, se analizó el diseño de la fuente a los fines de descartar la hipótesis de que las fallas presentadas en las fuentes fueran a raíz de un mal diseño. Se procedió a relevar la fuente, y obtener un circuito esquemático. La fuente está diseñada en torno a dos controladores de la empresa ST. Un controlador de PFC [1] y un controlador de SMPS [2]. Se estudió la documentación del fabricante de estos controladores, y las notas de aplicación de los mismos [3]. Se concluyó que la fuente está diseñada siguiendo todas las recomendaciones del fabricante de los controladores. Los transistores mosfet y los diodos de conmutación son los recomendados por el fabricante. Otro componente clave en una fuente es el capacitor electrolítico, y

se comprueba que está correctamente seleccionado siendo de buena calidad. Se descarta la hipótesis de que la fuente esté construida con componentes alternativos de menor costo y menor calidad como los que se encuentran en fuentes de bajo costo con poca expectativa de vida útil.

Se continúa el trabajo bajo la consigna de que la fuente está bien diseñada, construida con componente de buena calidad y se busca que alternativas pueden producir las roturas encontradas.

Diez fuentes presentan rotura del varistor y los fusibles del circuito de entrada de alimentación de red, estando los otros componentes sanos. Estos componentes forman parte del circuito de protección de entrada de la fuente contra sobretensiones o picos de tensión. Como el resto de los componentes está en buen estado, podemos afirmar que estos componentes cumplieron la función para la que fueron diseñados y la fuente estuvo sometida a sobretensión o pico de tensión y se los separa para analizar luego la causa de esta falla.

De las fuentes restantes, 72 tenían el varistor en buen estado. Los componentes que fallan en el 89% de las fuentes analizadas son un par de resistores R22, R23, el transistor Q1, el diodo D4 y los fusibles. Estos componentes pertenecen a la etapa de conmutación del PFC, que maneja tensiones de hasta 400Vdc como puede verse en el circuito esquemático de la fig. 1.

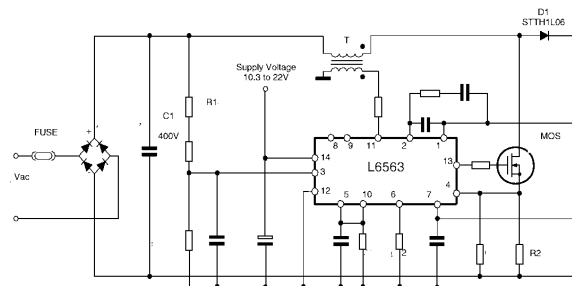


Fig. 1. Circuito esquemático PFC

El controlador de PFC, tiene un diseño tal, que permite proteger la fuente de excesos de corriente, excesos de tensión y saturación del inductor elevador. Siendo que la fuente está bien diseñada de acuerdo a la recomendación del fabricante, y que en todas se encuentran cucarachas, (incluso un par de ellas vivas), restos de cucarachas y restos de excremento con fuerte olor, se plantea la hipótesis de que la rotura se deba a la presencia de estos insectos y se investiga porque llegan a la fuente y como producen el fallo de la fuente. Se encontraron en las fuentes cucarachas de la especie *Blattella germanica* y *Periplaneta Americana* como se observa en la fig. 2.

Se consulta con el fabricante el lugar donde estaban instaladas las balanzas que fallaron. Todas funcionaban en supermercados y almacenes.

En Córdoba y gran parte de argentina habitan dos especies de cucarachas: la *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*. La especie *Periplaneta americana* es la cucaracha más grande, fácilmente localizable en asentamientos urbanos,

en alcantarillas y sistemas de desagüe, alrededor de drenajes y tuberías. Se alimenta de materiales muy diversos pero prefiere los que se encuentran en estado de descomposición. Anidan en lugares oscuros y húmedos, como el interior de cañerías y drenajes. Se localiza tanto dentro como fuera de las casas, buscando siempre lugares cálidos para anidar [4]



Fig. 2. Presencia de insectos en pistas con alta tensión

La cucaracha *Blattella germanica* es una de las plagas domésticas más importantes a nivel mundial, ya que es una especie con hábito alimenticio de tipo omnívoro, que le permite aprovechar diversas fuentes alimenticias y utilizar pequeñas cantidades de alimento para mantener grandes densidades poblacionales. Además presentan hábitos nocturnos, que las protege de posibles predadores y la puesta de sus huevos se realiza en cápsulas cerradas evitando la predación y la deshidratación [4]; tiene una alta tasa reproductiva, lo que la convierte en una especie con gran capacidad de infestación de baños y cocinas y comercios en general. Si bien se la encuentra en diversos ambientes, prefiere lugares cálidos (mayores a 21°C) y húmedos, por lo general se localiza en las cocinas, en donde se introduce mediante el acarreo de productos, envoltorios o electrodomésticos. Se alimenta de diversos materiales con valor nutritivo, incluyendo otros más diversos como pasta dental, jabón y papel. Esta especie de cucaracha es la más ampliamente distribuida y representa una plaga para los hogares y para el comercio en general [5]. Se la encuentra anidando en cocinas, normalmente debajo de las piletas o detrás de los calefones y en otras áreas del hogar donde el calor, humedad y alimento son adecuados [6]. Es común encontrarla anidando en electrodomésticos a donde son atraídas por la oscuridad y el calor, además de encontrar refugio dentro de dichos aparatos [4]. En la industria son una especie común en los establecimientos de comida y comercios distribuidores de alimentos en donde esta especie busca refugio dentro de los diferentes aparatos electrodomésticos, probablemente atraída por la oscuridad y el calor de dichos aparatos, además esta especie se caracteriza por anidar siempre en áreas cercanas a los alimentos por lo que resulta probable que aniden dentro de los electrodomésticos

debido a la temperatura adecuada y a la cercanía de diversas fuentes de alimento.

Las cucarachas dejan heces o excrementos fácilmente identificables. Las heces de las cucarachas pequeñas son negras y muy semejantes a café molido o a pimienta negra. Las cucarachas grandes dejan excrementos de color negro o café, los cuales son cilíndricos y miden aproximadamente 1.5 mm. de largo. Las cucarachas son insectos nocturnos. Algunas especies emiten un desagradable olor debido a las feromonas. En el evento de una infestación mayor, el olor que se presenta es fuerte, aceitoso o con olor a humedad (a moho). Los cuerpos de las cucarachas muertas también pueden ser encontrados en toda la casa. El estuche de los huevos es de forma oval y conocido como ooteca; algunas veces es visible detrás de los muebles y en otras ubicaciones escondidas, como los espacios entre los libros.

El interior de la balanza es un lugar cálido, oscuro, y cercano a restos de comida que se expenden en los almacenes. Es un lugar atractivo para que hagan nidos las *Blatellas germanas*. Se destaca que las balanzas siempre funcionaron en locales con cucarachas, pero que solamente desde que se instala esta nueva fuente SMPS se han producido las fallas.

#### IV. VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

Se plantearon los siguientes experimentos para determinar si las cucarachas podían producir la rotura del PFC:

Para realizar los siguientes experimentos se utilizaron cucarachas vivas de la especie *Blatellas germanas*.

El circuito del PFC de la fuente presenta tensiones del orden de los 400 Vdc. Se procedió a armar un recipiente de plástico con electrodos para introducir la cucaracha y ver su comportamiento con diversas tensiones.

##### A. Experimento 1:

En un vaso de poliuretano expandido, se colocaron dos electrodos paralelos de alambres de cobre sobre el fondo del vaso. Se conectaron los electrodos a 220 Vac.

Se colocó una cucaracha de 10 mm de largo en el vaso y se observó como se comportaba al hacer contacto con los electrodos. Al vaso se lo tapó con una lámina de plástico transparente. Al tocar los electrodos la cucaracha saltaba y se alejaba. No se murió ni explotó.

##### B. Experimento 2:

En el mismo vaso se conecta un capacitó al que se carga con un rectificador de media onda y un resistor inrush de 390  $\Omega$ . El capacitor se carga a 390Vdc. Se coloca una cucaracha, que al tocar los electrodos se paraliza sobre ellos y queda convulsionada. Se observan algunas chispas entre la antena del insecto y el electrodo de cobre. Se desconecta el capacitor y la cucaracha aún estaba viva, pero en mal estado, presentaba un caminar errático. Al realizar una nueva descarga se muere.

Se coloca otra cucaracha y al tocar los alambres se muere. No hay explosión y el capacitor se descarga hasta llegar a 200Vdc en 4 seg.

Se carga nuevamente el capacitor y se deja enchufado al transformador de 285 Vac que lo alimenta. Se aprieta el cuerpo de la cucaracha con un material aislante. De la cucaracha sale vapor o humo. Pero no se ve explosión, y el fusible de 2A que alimenta el primario del transformador que carga al capacitor permanece intacto.

Se presiona más fuerte el cuerpo de una de las cucarachas que presentaba movimientos erráticos contra los electrodos, con un capacitor cargado a 390Vdc; al hacer esto se liberan los líquidos internos de la cucaracha, se percibe olor a carne quemada y el capacitor se descarga en menos de 1 seg. a 1V.

#### C. Experimento 3:

Se desarmo una fuente nueva y sobre el PCB del lado de la soldadura se deposita una *blatella germana* de 6mm de largo para que camine sobre el PCB. Al tocar el capacitor cargado con 400Vdc, el bicho temblaba pero no moría. La fuente continuó funcionando sin problemas

#### D. Experimento 4:

Se cubrió la cucaracha con el plástico aislante del fondo de la caja. El insecto caminaba entre el PCB y el plástico. Al tocar el capacitor el insecto se muere (o queda paralizado) y queda cortocircuitando el capacitor, pero la fuente sigue andando. Pasados algunas decenas de segundos el insecto empieza a hervir y se ven luces y la cucaracha se va carbonizando hasta que explota. Se marca el plástico y se mancha el PCB con el negro de la explosión. Pero la fuente no se rompe y continúa funcionando.

#### E. Experimento 5:

Se coloca otra cucaracha de 6mm cubierta por el plástico aislante y al pasar por los terminales de drenador y surtidor del transistor Q1, se paraliza y pasado unos minutos hierve y se ven chispas y en unos segundos explota. El insecto revienta y se marca el PCB con negro de explosión. Los fusibles se queman y se rompe Q1.

#### F. Medición de la resistencia de la cucaracha

Con un tester de banco GDM-8246 se midió la resistencia de una cucaracha a la que se le dio previamente un shock de 400V y presenta movimientos convulsivos,

Al apoyar las puntas mide alrededor de 15 MΩ. Al apretar con las puntas de medición baja hasta 100 KΩ

### V. DISCUSIÓN

Las cucarachas normalmente tienen una alta impedancia y pueden hacer contacto con tensiones de 220Vac o 400Vdc sin morir.

Sin embargo en ciertas condiciones en que el movimiento de la cucaracha es limitado, como por ejemplo al moverse en el confinado espacio que existe entre la lámina aislante del fondo del gabinete de la fuente y la parte de soldaduras del PCB, la cucaracha puede quedar paralizada por la descarga de 400V. Al quedar haciendo contacto entre dos puntos con una diferencia de potencial de este orden, con el paso del tiempo empieza a disminuir la impedancia que presenta la cucaracha y pasado

unos segundos la cucaracha conduce suficiente corriente como para calentarse y explotar.

#### A. Las cucarachas como causa de fallas

Las cucarachas de 5mm al moverse entre el plástico aislante y la parte baja del PCB del lado de soldaduras, tiene la posibilidad de hacer contacto eléctrico entre las pistas soldadas con estaño del capacitor C9 y el transistor Q1. En estos puntos la tensión de 400V, puede llegar a paralizar al insecto. El cuerpo del insecto al quedar en contacto permanente con la alta tensión, comienza a bajar su resistencia y llega un punto en que circula una gran corriente por el insecto. Puede suceder que una corriente de suficiente intensidad genere calor por efecto joule y el insecto explote generando un punto de mucha temperatura.

Otra rotura observada es cuando el insecto polariza el gate del transistor Q1 haciéndolo conductor y circulando alta corriente por este transistor.

En estos casos circula alta corriente (producto de la descarga del capacitor C9 por los caminos de baja impedancia) y es factible la rotura de los fusibles, los resistores y el transistor Q1.

Es de resaltar que por los experimentos realizados, una cucaracha que tuviera más espacio para moverse que el que tiene al estar limitada por el plástico aislante y el fondo del PCB, al tocar puntos con 400V sufriría una convulsión, pero podría moverse como para escapar. Se encontraron cucarachas muertas por el lado de arriba del PCB, por ejemplo entre los resistores R22 y R23. Estas cucarachas quedaron atrapadas, pero no produjeron roturas en Q1.

### VI. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Aceptando la hipótesis de que las roturas se producen por la presencia de cucarachas entre el plano inferior del PCB y el plástico aislante del fondo de la fuente, podemos analizar varias propuestas de solución. Estas propuestas surgen entre el equipo de trabajo del LIADE. La solución óptima se obtiene en conjunto con la participación de los ingenieros de desarrollo y mantenimiento de la fábrica de balanzas.

1) Barnizar o cubrir con resina el PCB por el lado de las soldaduras formando una capa aislante que impida el contacto de la cucaracha con los puntos de soldadura.

2) Quitar a las fuentes la carcasa metálica, y montar la fuente 1 cm por sobre el piso de la balanza.

3) Cerrar herméticamente la fuente en un gabinete que no permita el paso de las cucarachas. Este gabinete puede ser de malla fina, de aluminio o de plástico.

La solución adoptada fue cubrir con resina el lado de soldaduras del PCB.

### VII. CONCLUSIÓN

A partir de una falla en un equipo electrónico se condujo una investigación interdisciplinaria que involucro no solo una búsqueda bibliográfica sobre el comportamiento de las cucarachas sino la recolección de insectos y el diseño de

experimentos con los mismos para reproducir la falla que presentaban las fuentes de las balanzas.

Es de destacar que se encontró escaso material publicado sobre la acción de insectos en circuitos electrónicos. Se considera valioso el aporte de este trabajo a la comunidad a la vez que es un punto de inicio para conducir futuras investigaciones sobre la incidencia de los insectos en los equipos electrónicos.

Si bien puede llegar a parecer obvio que la causa de falla eran las cucarachas, para el fabricante resultó valiosa la investigación llevada adelante dado que aportó información específica de cómo y bajo que condiciones se producía la falla ante la presencia de estos insectos, lo que permitió encontrar una solución económica, fácilmente aplicable al proceso productivo y con garantías de funcionamiento. La cucaracha puede circular por circuitos con alta tensión sin producir fallos en los mismos como sucede habitualmente en numerosos dispositivos electrónicos y como sucedía en el modelo anterior de fuentes empleados en las balanzas. Pero se encontró que la combinación de alta tensión y presión en el cuerpo de la cucaracha producida por un aislante plástico era lo que producía el fallo.

Al realizar este trabajo se puso de manifiesto la función principal del LIADE, como Laboratorio de Investigación

Aplicada y Desarrollo que nace para brindar respuestas a la sociedad no solo desde la electrónica sino abarcando otras áreas de la ingeniería y las ciencias naturales.

#### REFERENCIAS

- [1] ST Microelectronics; Hoja de datos L6563; <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00045960.pdf> [Consulta: 18 de junio de 2012]
- [2] ST Microelectronics; Hoja de datos L6599; <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00108892.pdf> [Consulta: 18 de junio de 2012]
- [3] ST Microelectronics; Nota de aplicación AN2509; [http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/application\\_note/CD00152408.pdf](http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/application_note/CD00152408.pdf) [Consulta: 18 de junio de 2012]
- [4] Ponce, G; Cantú, P y col. 2005. Cucarachas: Biología e importancia en salud pública. Revista de salud pública y nutrición. Vol. 6, N° 3.
- [5] Aguilera, L; Marquetti, C y col. 1996. "Observaciones sobre aspectos biológicos de *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) en condiciones de laboratorio". Revista Cubana de Medicina Tropical. Vol.48 n.1.
- [6] Collete y Laurent, 1996. Weighting of different orientation sources in conflict experiments in *Blattella germanica* (L.). *Animal Learning & Behavior*. 1996,24 (3),318-326