

Análisis de las ventajas y limitaciones de las técnicas de investigación cualitativa en el mantenimiento industrial

Francisco Javier Cárcel Carrasco y Carlos Roldán Porta

Analysis of the advantages and disadvantages of qualitative research techniques in industrial maintenance

RESUMEN

Dentro de la actividad del mantenimiento industrial, la medición y cuantificación de las diferentes variables físicas es vital para marcar el estado operativo y el servicio prestado. Todo esto se realiza mediante técnicas de investigación cuantitativas y se olvidan otros aspectos que influyen de una manera importante en el servicio (el propio personal), cuya manera adecuada de medición, en numerosos casos solo es posible investigar mediante técnicas cualitativas. En este artículo se pretende mostrar la percepción del investigador en la aplicación de diferentes técnicas de investigación cualitativa, en el estudio de las organizaciones de mantenimiento industrial de las empresas, tomadas estas como una representación social. Por ello, se presenta una comparativa de los métodos de investigación cualitativa, para entender y abordar las funciones tácticas del mantenimiento que dependen muy directamente del desempeño humano, las ventajas e inconvenientes en su utilización, que se han observado en una investigación global de la operativa de mantenimiento en función de la gestión del conocimiento.

Recibido: 27 de septiembre de 2012
Aceptado: 4 de febrero de 2013

Palabras clave

Mantenimiento, I+D, gestión del mantenimiento, investigación cualitativa, eficiencia energética

ABSTRACT

Within the activity of industrial maintenance, measurement and quantification of the different physical variables is vital to mark the operating status and the service provided. All this is done through research of quantitative techniques, forgetting other aspects that influence in a significant way the service (staff), whose proper way of measurement, in many cases, is only possible to research using qualitative techniques. This article seeks to show the perception of the researcher in the application of different techniques of qualitative research in the study of organizations of industrial maintenance of companies, taken as a social representation. For this reason, a comparison of qualitative research methods is presented, to understand and address tactical maintenance features that depend very directly on human performance, advantages and disadvantages in their use, that have been observed in a global investigation of the operation of maintenance based on the knowledge management.

Received: September 27, 2012
Accepted: February 4, 2013

Keywords

Maintenance, I+D, maintenance management, qualitative research, energy efficiency



Foto: Nostal6ie / Shutterstock

El mantenimiento industrial es una de las actividades estratégicas en las empresas, dado que su servicio afecta a la operación global, su disponibilidad, la parada de la producción o del servicio que prestan, así como el ciclo de vida de las instalaciones, equipos y maquinaria, que repercuten en los tiempos de amortización y en el balance económico de la empresa. Así mismo en su operativa normal, su desempeño repercute en la eficiencia energética y fiabilidad y calidad en la producción. Esta actividad, por su naturaleza intrínseca, tiene un fuerte componente técnico, y fundamentalmente humano, en el que los niveles de conocimiento tácito (basado en la propia experiencia de los técnicos de mantenimiento y no registrada) superan en gran medida a otros departamentos de la empresa.

El mantenimiento industrial, como cualquier actividad humana, precisa de unos niveles de información y conocimiento que definen su eficacia. La gestión del conocimiento, desde una visión como proceso, está integrada por la generación, la transferencia y la utilización del conocimiento dentro de la empresa (Wiig, 1997). El conocimiento es generado y transmitido por distintos medios que no son genéticos. Por ello, se aplican dos tipos de conocimiento: el tácito

y el explícito. Y es preciso analizar el proceso de creación y transferencia del conocimiento en las organizaciones identificando el *stock* de conocimiento que posee y cómo se usa para generar nuevo conocimiento (Camelo, 2000). Para ello se han utilizado técnicas cualitativas, que aun desde una base más subjetiva ayudan a abordar y entender el problema y su posible solución.

El mantenimiento se puede definir en un enfoque kantiano. El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno (Mora, 2005). Dentro de este sistema, y tal como se ha comentado, se plantea en concreto abordar esa transferencia de conocimiento que, sin duda, existe en la relación entre los tres elementos (figura 1) y que es de gran transcendencia en las funciones requeridas a los servicios de mantenimiento.

En este artículo se muestra un análisis de la percepción en su utilización de diversas técnicas de investigación cualitativa, que pueden ser utilizadas en el mantenimiento industrial, mostrando las principales ventajas y limitaciones, que pueden ser observadas en su aplicación, para pos-

teriormente hacer un comparativo a partir de un estudio de campo realizado en una empresa industrial muy tecnificada, en la que se pretende investigar los flujos de conocimiento que actúan sobre todos los componentes estratégicos del mantenimiento industrial y los procesos que interfieren en la adecuada gestión del conocimiento. Para ello se aplicaron los principales métodos, (panel Delphi, encuestas, grupos de discusión, entrevista individual, teoría fundamentada, técnica de observación, estudios de casos), y se obtuvieron las ventajas y limitaciones del uso de cada uno de ellos, en función de la visión del investigador.

Las técnicas de investigación cualitativas en su aplicación al mantenimiento industrial

Las investigaciones científicas se pueden realizar a partir de metodologías cuantitativas o cualitativas. La primera consiste en el contraste de teoría(s) ya existente(s) a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma. Es necesario obtener una muestra, ya sea de forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. Por tanto, para realizar estudios cuantitativos es indispensable contar con una teoría ya construida, dado que el

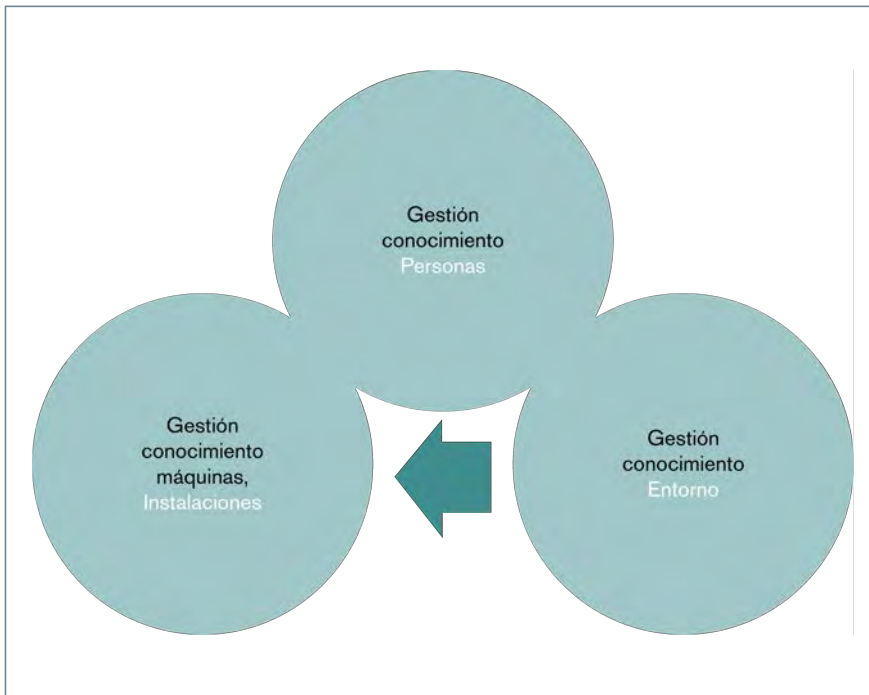
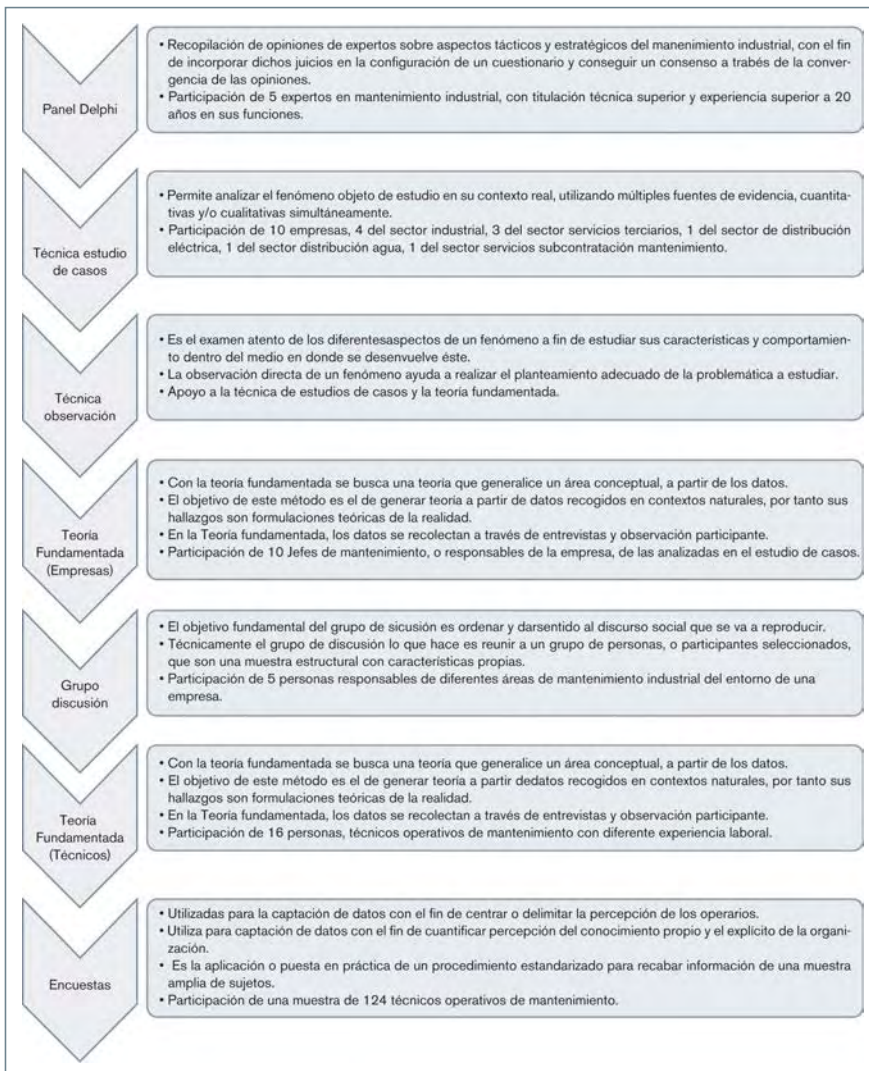


Figura 1. Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento con relación a la G.C. Fuente: elaboración pro.

Figura 2. Proceso y muestra de la investigación cualitativa. Fuente: elaboración propia.



método científico utilizado en la misma es el deductivo. Por otro lado, la segunda (metodología cualitativa) consiste en la construcción o generación de una teoría a partir de una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico que servirá de punto de partida al investigador, para lo cual no es necesario extraer una muestra representativa, sino una muestra teórica conformada por uno o más casos (Martínez P., 2006).

Una definición operativa de “mantenimiento industrial” podría ser el conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente.

Pueden extraerse de esta definición los siguientes elementos:

- Estado requerido.
- Exigencias de disponibilidad o conservación de ese estado.
- Conjunto de técnicas y procedimientos orientados a esa conservación.
- Actividad de reemplazo, reparación o modificación de unidades, componentes, conjuntos, equipos o sistemas de una planta industrial.

Muchos de los problemas fundamentales para la optimización de la función de mantenimiento vienen como consecuencia del factor humano, que en numerosas ocasiones no es posible advertir mediante técnicas cuantitativas. Es en este aspecto en el que las técnicas cualitativas pueden abordar y medir aspectos fundamentales que influyen en el desempeño del mantenimiento industrial.

En la investigación cualitativa (Strauss y Corbin, 1998), ser objetivos no significa controlar las variables, sino ser abiertos, tener la voluntad de escuchar y de “darle la voz” a los entrevistados, sean estos individuos u organizaciones. Significa oír lo que otros tienen para decir y ver lo que otros hacen, y representarlos tan precisamente como sea posible. Significa, al mismo tiempo, comprender y reconocer que lo que conocen los investigadores suele estar basado en los valores, cultura, educación y experiencias que llevan a las situaciones investigativas y que puede ser muy diferente de lo que saben o conocen sus entrevistados.

La investigación se ha centrado en tres vertientes fundamentales con el fin de describir las sensaciones, inquietudes y características en que se desarrollan los procesos de gestión del conocimiento en mantenimiento y su incidencia en sus acciones tácticas fundamentales. Para ello se utiliza diversas técnicas cualitativas (figura 2).

La utilización de las técnicas de investigación cualitativa en las acciones tácticas del mantenimiento industrial

En este apartado, se marcan la visión y percepción del investigador en la idoneidad de diversas técnicas de investigación cualitativa, que se observaron durante un proceso de estudio sobre los factores estratégicos que influyen en la actividad del mantenimiento industrial con relación a la gestión del conocimiento, la fiabilidad de la explotación, mantenibilidad y eficiencia energética. Con esto no se pretenden mostrar en este apartado los resultados obtenidos sobre los datos generales de la investigación principal, sino la percepción y la utilidad en la recolección de los datos que marcan la investigación final, con la utilización de diversas técnicas de investigación cualitativa.

Para el análisis de los datos de la investigación, en el que se quiere comparar diferentes técnicas de investigación cualitativa para observar el grado de la realidad social en el componente humano en la ingeniería de mantenimiento, y su interacción en los procesos fundamentales tácticos de sus procesos se ha realizado sobre una muestra en una población de una empresa industrial entre los componentes humanos que desempeñan su misión técnica en la organización de mantenimiento.

Se trata de una empresa de primer nivel dedicada al sector agroalimentario con una plantilla total de 1.137 empleados distribuida en tres sedes y un grupo de mantenimiento formado por 230 personas. Para tener un patrón de medida objetivo sobre el que se referencien los datos obtenidos por las técnicas cualitativas, se ha tomado como patrón una auditoría energética externa realizada a la empresa durante un periodo de 3 meses (entre febrero y mayo del 2010) en la que se han analizado mediante elementos cuantitativos y análisis profundo de todos los componentes que posibilitan una mejora en la eficiencia energética de la empresa y estudio de fiabilidad de las instalaciones. De los datos obtenidos de dicha auditoría energética, se han extraído los siguientes resultados para utilizarlos en la comparación con los obtenidos en los análisis cualitativos:

- Influencia de las instalaciones en el tipo y porcentaje de energía utilizado.
- Características de la información y documentación que influyen en la detección de la eficiencia energética.
- Instrumentación y toma de datos de procesos para estimación de mejora energética.

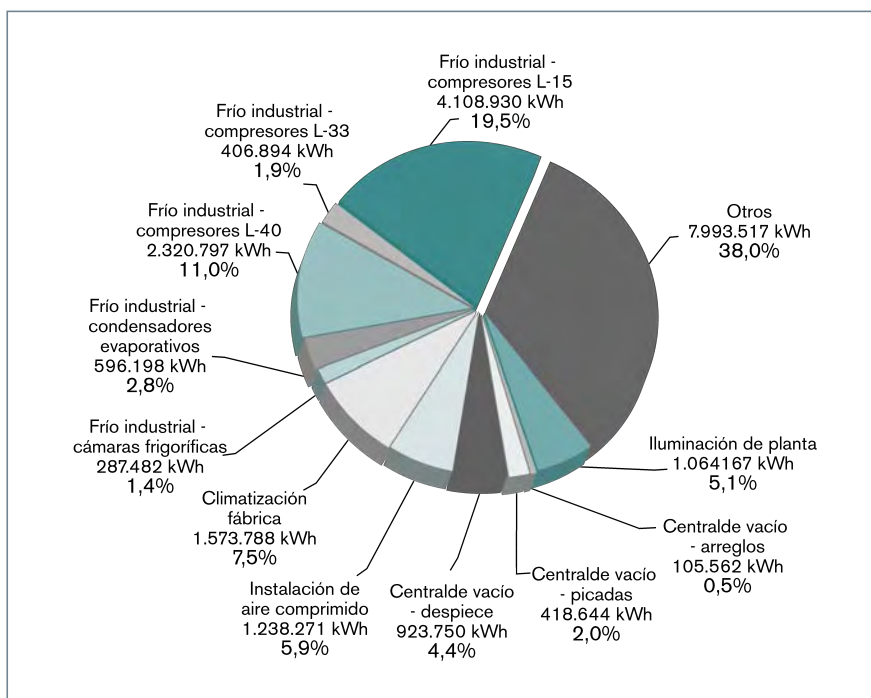


Figura 3. Ejemplo de consumo eléctrico por principales instalaciones consumidoras. Fuente: elaborada propia.

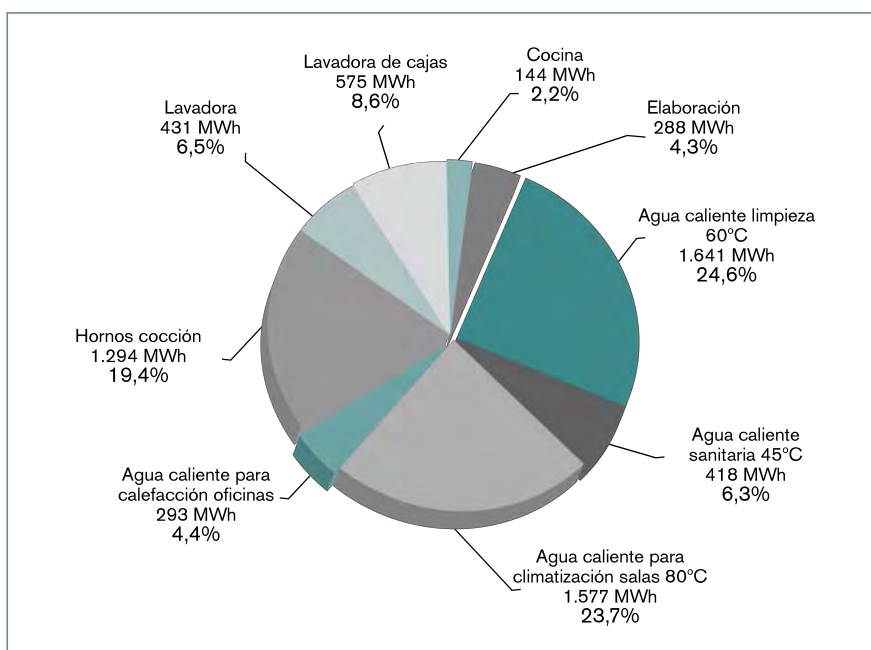


Figura 4. Ejemplo de consumo por principales instalaciones térmicas. Fuente: elaboración propia.

- Acciones que realizar para mejora de la fiabilidad de las instalaciones críticas.

- Acciones globales y específicas que realizar para la mejora energética.

En la fase cuantitativa de la investigación, se miden y observan factores objetivos (sectorizaciones de consumo por instalaciones [figura 3], por tipo de instalación [figura 4], acciones de mejora de la fiabilidad de las instalaciones [figura 5], acciones de mejora energética [tabla 1], etcétera), a partir de la utilización de instrumentos de medición

(cámaras termográficas [figura 6], analizadores de redes, medidores eléctricos y demás). Esta es la fase común utilizada en prácticamente todos los procesos de investigación en la ingeniería de mantenimiento y, en general, en todas las ramas técnicas industriales.

Sin embargo, existen muchos factores, sobre todo en lo que afecta al factor humano de la propia actividad, que no es posible evaluar por técnicas cualitativas o instrumentos de medición directos. Se trata del componente de cono-


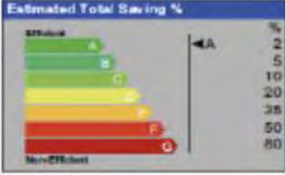



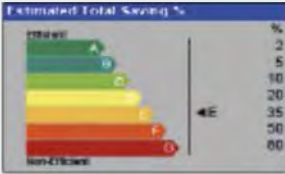
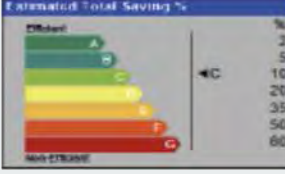
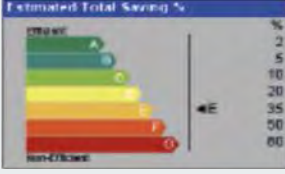

Ficha de acción N°	Sector / Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (KWH)	Reducción emisiones (TnCO2)	Ahorro estimado (K€ /año)	Inversión estimada	ROI (años)
1	Suministro eléctrico Aumento de potencia contratada		-	-	10,0	-	-
2	Instalación eléctrica de fábrica Instalación de sistema de supervisión para el control y monitorización del consumo eléctrico de planta		409.411	151,4	33,6	60,6	1,8
3	Instalación eléctrica de fábrica Mejora distribución eléctrica línea de CT1 a Cuadros de distribución de frío		29.986	11,1	2,5	-	-
4.1	Instalación de frío industrial Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A6		201.707	74,6	16,5	50,4	3,0
4.2	Instalación de frío industrial Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A9		184.522	68,3	14,8	58,6	4,0
5	Instalación de frío industrial Instalación de variadores de velocidad en condensadores evaporativos		192.897	71,4	15,8	24,5	1,5
6.1	Instalación de aire comprimido industrial Instalación de centralita de control multicompresor		85.301	31,6	7,0	3,5	0,5
6.2	Instalación de aire comprimido industrial Reducción de consumo residual		incluido en acción n° 2	incluido en acción n° 2	incluido en acción n° 2	incluido en acción n° 2	-
6.3	Instalación de aire comprimido industrial Reducción de fugas		118.780	43,9	9,7	-	-

Tabla 1. Ejemplo de acciones detectadas de la auditoría para eficiencia energética. Fuente: elaboración propia.

cimiento tácito que influye en el trabajo, la gestión del conocimiento que afecta en dicha actividad y que influye en la captación, generación y utilización del conocimiento operativo, etcétera. En esta fase es en la que entran las técnicas de investigación cualitativas.

El número de participantes utilizado en cada uno de los métodos cualitativos, se indica en la tabla 2, sobre miembros de la organización de mantenimiento de dicha empresa.

Para la muestra, y con el fin de tener datos homogéneos en los resultados obtenidos, se ha seleccionado personas que cumplieran unas condiciones similares, tales como edad, formación y experiencia en el desempeño. En concreto, todas las personas seleccionadas debían cumplir: edad entre 30 y 45 años, formación técnica universitaria o en ciclos superiores profesionales, experiencia en mantenimiento superior a 10 años y antigüedad en la empresa superior a 5 años.

Las características con que se ha analizado cada una de las técnicas de investigación cualitativa han sido las siguientes:

- Panel Delphi: Fue utilizado para marcar los factores fundamentales en la ingeniería del mantenimiento industrial, con relación a los factores intervinientes en los procesos de gestión del conocimiento con respecto a la operación-explotación, fiabilidad y eficiencia energética. Participaron cinco expertos de mantenimiento industrial de empresas diferentes. El panel sirvió para marcar los procesos de un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento, así como los cuestionarios generales y encuestas que sirvieran para la captación de la información primaria de comienzo de la investigación.

- Encuestas: se realiza una encuesta piloto básica formada por siete ítems

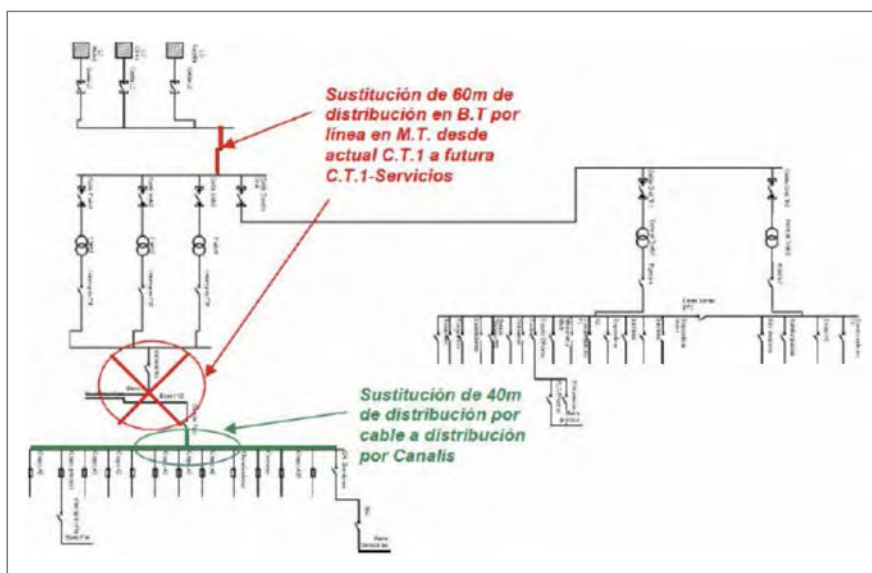


Figura 5. Ejemplo de acción para mejora de fiabilidad. Fuente: elaboración propia.

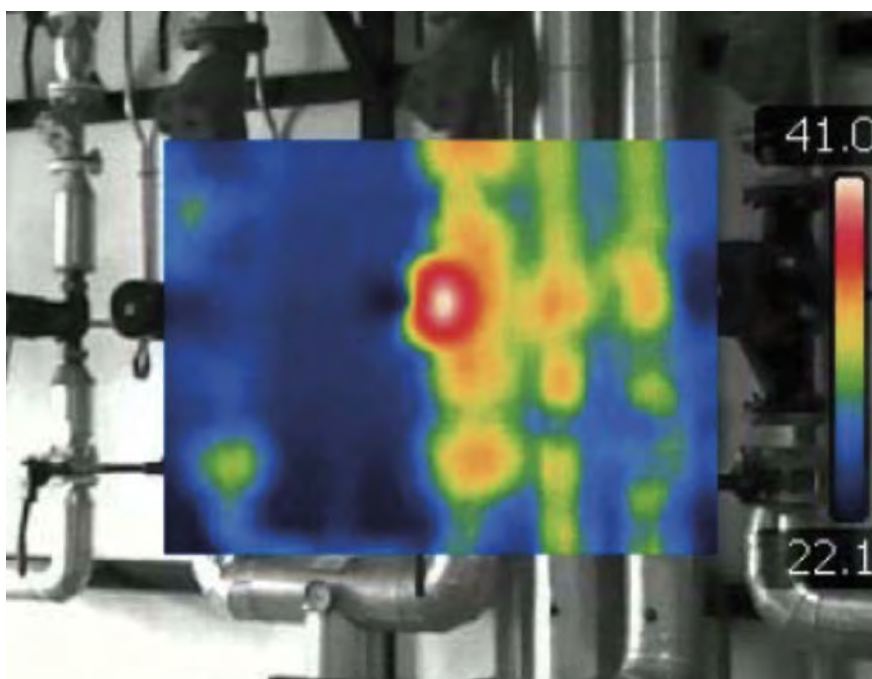


Figura 6. Ejemplo de técnica de medición por cámara termográfica, para estimación de pérdidas térmicas de tuberías de vapor. Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Tipo de técnica y muestra para contrastar análisis cualitativos, en el área de mantenimiento industrial de una empresa. Fuente: elaboración propia.

Técnica de investigación	Nº personas que intervienen	Observaciones
Panel Delphi	5	Expertos en el área de mantenimiento de cinco empresas diferentes
Encuestas	20	Agrupar todas las áreas de mantenimiento dentro de la misma empresa
Entrevista individual	5	Son 5 personas seleccionadas de las que participaron en la encuesta
Cuestionario	5	Son 5 personas seleccionadas de las que participaron en la encuesta, y diferentes a las que participan en la entrevista individual
Grupos de discusión	5	Forman parte de diferentes áreas de mantenimiento
Técnica observación	-	Realizado por el propio investigador en el entorno de la empresa.
Estudios de casos	-	Realizado por el propio investigador en el entorno de 5 empresas
Teoría fundamentada	8	Se comienza con integrantes de cada área hasta llegar a la saturación teórica

A-3 **Cuestionario prueba básica para determinar acciones de eficiencia energética. (A-3 EFICIENCIA ENERGÉTICA)**

001. Indica en base a tu experiencia e indicando el orden de importancia, la relación de equipos e instalaciones que consumen energía eléctrica y térmica, sobre los que crees que sería conveniente realizar acciones de eficiencia energética. (Introduce en el rectángulo el orden de importancia de las instalaciones descritas y pondera de 1 a 5, el efecto que tendría actuar sobre dichos equipos sobre la eficiencia energética).

a) Frio industrial, compresores	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Iluminación	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Calderas vapor y agua caliente	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b) Cámaras frigoríficas 1 2 3 4 5
d) Máquinas de producción 1 2 3 4 5
f) Otro: (Indicar)..... 1 2 3 4 5

002. ¿Qué información y documentación crees bajo tu punto de vista, serían necesarios para el estudio cuantitativo previo al estudio de eficiencia energética?

a) Planimetría clara, concisa y actualizada, que permitan hacer un análisis del flujo energético en los sistemas e instalaciones.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Procedimientos documentados con claridad para los procesos de detección de acciones de eficiencia energética.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Diagramas de bloques en que se pueden ver todos los elementos implicados en el consumo energético.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Datos concisos y claros, esquemas de fabricantes de equipos y maquinaria, sugerencias externas.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Otros: (Indicalo a continuación):	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

003. ¿Qué datos necesitarías tomar y qué equipos de medición utilizarías, con el fin tener conocimiento de todos las variables fundamentales que nos lleven al conocimiento de las acciones necesarias de eficiencia energética?

a) Datos de consumos energéticos de elementos o sistemas.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Datos de tiempos de funcionamiento.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Equipos de medición eléctrica.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Equipos medición combustión.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Otros equipos: (Indicar):	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

004. Pondera de las siguientes actuaciones para mejorar la fiabilidad, en que grado afectaría a la eficiencia energética. (1: nada; 5: máximo).

a) Remodelación redes distribución energía	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Mejora control sistema compresores frio industrial	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Sectorización redes fluidos	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Mejora disponibilidad distribución aire comprimido	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

005. A priori y de una manera genérica, en base a tu conocimiento de las instalaciones de la empresa, ¿Podrías indicar que acciones específicas crees, que podrían ser convenientes realizar para la mejora de la eficiencia energética, y su ponderación?

a) Instalación sistema supervisión energética.	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Variadores de velocidad en compresores de frio	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Mejora distribución eléctrica	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Reducción consumo residual aire comprimido	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Otras acciones: (Indicar):	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

006. Tu conocimiento sobre técnicas de mejora de eficiencia energética, medición, control, etc es:

	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

007. Tu conocimiento sobre acciones globales en los sistemas que puedan afectar significativamente el rendimiento energético es:

	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 7. Test básico para determinación de acciones de eficiencia energética. Fuente: elaboración propia.

principales (figura 7), que se pasa a 20 técnicos de mantenimiento para que la contesten y así realizar el posterior análisis de los resultados. Con ello se consiguen datos relevantes dentro del propio equipo de mantenimiento. Es un proceso rápido y económico de captación de información cuantitativa, y se puede fácilmente tratar mediante instrumentos estadísticos.

- **Entrevista individual:** se realiza una entrevista en profundidad a cinco personas que previamente han participado en la encuesta con el fin de obtener unos datos semejantes y confirmar la fiabilidad de la encuesta o recabar nuevos datos.

El formato de las preguntas para la entrevista individual (y utilizada también en otras técnicas cualitativas) se basa en cinco preguntas básicas, en la línea de la encuesta básica usada, para explorar las bases de una auditoría de eficiencia energética. El guion básico de la entrevista es como se indica a continuación:

«Basándose en su experiencia superior a 10 años en el ámbito de la ingeniería del mantenimiento industrial, se pretende estudiar los factores básicos en relación a la realización de acciones de eficiencia energética, contésteme a las siguientes preguntas:

1. Indique en función de su experiencia e marque el orden de importancia, la relación de equipos e instalaciones que consumen energía eléctrica y térmica, sobre los que cree que sería conveniente realizar acciones de eficiencia energética.

2. ¿Qué información y documentación cree bajo su punto de vista, que serían necesarios para el estudio cuantitativo previo al estudio de eficiencia energética?

3. ¿Qué datos necesitaría tomar y qué equipos de medición utilizaría, con el fin tener conocimiento de todas las variables fundamentales que nos lleven al conocimiento de las acciones necesarias de eficiencia energética?

4. ¿Cree que acciones de mejora de la fiabilidad de las instalaciones pueden

inducir acciones de eficiencia energética? ¿Podría poner algún ejemplo que a su entender sea factible?

5. A priori y de una manera genérica, según su conocimiento de las instalaciones de la empresa, ¿podría indicar qué acciones específicas cree que podrían ser convenientes realizar para la mejora de la eficiencia energética?»

- **Cuestionario:** se distribuye un cuestionario que implementará por escrito por parte de cinco personas independientemente, que con anterioridad han participado en la encuesta y diferentes de los que han participado en la entrevista individual, con el fin de obtener unos datos y ver la semejanza con lo obtenido en la encuesta. El formato es semejante al guion de la entrevista individual, explicando claramente a los participantes que, bajo su criterio e independencia, contesten en la extensión que consideren conveniente dichas preguntas.

- **Grupo de discusión:** entre cinco personas, pertenecientes a diferentes áreas de mantenimiento (mecánica, eléctrica, sistemas, maquinaria producción, oficina técnica), dentro de un ambiente distendido y con la presencia del investigador como moderador, mediante las preguntas guía utilizadas en las entrevistas individuales.

- **Técnica de observación directa:** durante la fase de investigación, y con acceso a las instalaciones, documentación y equipamiento de la factoría por parte del investigador, se contrastaban las características reales de los trabajos realizados en mantenimiento, el estudio de sus relaciones internas y las características de la información utilizada por los equipos de mantenimiento, dando una visión de los fenómenos en el entorno de investigación por parte del investigador. Con ello se consigue el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en el que se desenvuelve este.

- **Estudio de casos:** previo a la investigación de campo en la factoría. Se realizó a cinco empresas del área industrial en sus actividades de mantenimiento. Sirvió para tomar la determinación de las características globales que inciden en todas las empresas en el entorno de mantenimiento, así como la selección de la empresa en la que se pudiera realizar la investigación de campo.

- **Teoría fundamentada:** se comienza con personas de un área determinada

Técnica de investigación	Ventajas en su utilización en la investigación del mantenimiento industrial	Inconvenientes en su utilización en la investigación del mantenimiento industrial	Observaciones
Técnicas cuantitativas (Medición de las variables físicas que afectan un fenómeno en el entorno del equipamiento e instalaciones)	Imprescindible para la medición de las variables fundamentales en una investigación en entorno técnico (Variables de temperatura, tensión, intensidad, potencia, tiempos, vibraciones, etc.)	Los propios del diseño de la investigación y la precisión de los equipos de medida.	Es complementario a las técnicas cualitativas. Son necesarios equipos e instrumentos para su registro y cuantificación. Se detectan y estudian variables del entorno del equipamiento e instalaciones, no el factor humano en su implicación.
Panel Delphi (Cualitativa)	Recopilación de opiniones de expertos. Facilita la participación, da tiempo para reflexionar, es anónima y evita presiones intragrupalas.	Excesiva duración del proceso, posibles abandonos, selección sesgada de participantes.	Es muy útil, sin embargo, cuando los recursos son escasos, los temas son complejos y se quiere contar con la opinión de expertos en un área concreta.
Encuestas/Test (Cuantitativa)	Los datos obtenidos gracias a este procedimiento permiten un tratamiento riguroso de la información y el cálculo de significado estadística.	La muestra ha de ser representativa de la población de interés. La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas.	Sirve para acudir a poblaciones más amplias y ser más económica que las entrevistas.
Entrevista individual semi-estructuradas (Cualitativa)	Marca un flujo de información que la va dotando de contenidos. Permite profundizar en alguna idea que pueda ser relevante, realizando nuevas preguntas. Son los mismos actos sociales a quienes proporcionan los datos relativos a sus conductas. Permite la interacción del investigador.	El entrevistado nos dará la imagen que tiene de las cosas, lo que cree que son, a través de toda su carga subjetiva.	Útil cuando lo que realmente nos interesa recoger es la visión subjetiva de los actores sociales, máxime cuando se desea explorar los diversos puntos de vista "representantes" de las diferentes posturas que pudieran existir en torno a lo investigado.
Cuestionario (Cuantitativa/Cualitativa)	Permite recoger información más abierta, a juicio del cuestionado, sobre el tema tratado. Más económico que las entrevistas individuales. Permiten enviarlo a una muestra más amplia.	La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas. El tratamiento de la información es más complejo que en los tests.	
Grupos de discusión (Cualitativa)	Reune a un grupo de personas, que son una muestra estructural con características propias que en este momento constituye la dimensión grupal. Lo que conseguimos con relaciones simétricas entre los participantes es que se acoplen las hablas y se favorezca la reproducción social del discurso. Se pueden pedir opiniones, hacer preguntas, aplicar cuestionarios, discutir casos, intercambiar puntos de vista y valorar aspectos varios.	Resulta costosa por la lógica que involucra. Se necesita personal altamente capacitado en el tema a tratar.	La selección del número de grupos responde a criterios estructurales y no estadístico.
Técnica Observación (Cualitativa)	Ayuda a realizar el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar. Permite hacer una formulación global de la investigación. El investigador se introduce en el contexto y el ambiente del fenómeno a tratar, dando una visión más clara y precisa.	Se debe tener autorización total del investigador en el área que se estudia de la empresa, difícil de conseguir a veces.	En el mantenimiento industrial, ayuda a introducirse dentro del contorno del fenómeno y los movimientos operativos que se producen.
Estudio de casos (Cualitativa)	Se mide y registra la conducta de las personas u organizaciones de la empresa en el fenómeno estudiado. Persigue la ilustración, representación, expansión o generalización de un marco teórico.	Tendencia a la generalización de las conclusiones.	Utilizado por numerosos investigadores como un método de diseño preexperimental.
Teoría fundamentada (Cualitativa)	Generar teoría a partir de datos recogidos en contextos naturales. Sus hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad. El resultado de un estudio de teoría fundamentada se presenta como un proceso, o algunos de sus elementos como las estrategias.	No existe una muestra fija. Se finaliza al llegar a la saturación teórica, no estando definido al comienzo de la investigación.	Útil para el desarrollo de nuevas teorías o procedimientos. Existen diversos programas informáticos para el tratamiento de la información cualitativos.

Tabla 3. Resumen de ventajas y limitaciones observadas en los ensayos experimentales, en la población de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

(eléctrica), pasando por diferentes técnicos de diversos ámbitos, hasta alcanzar la saturación teórica. El objetivo de este método es el de generar teoría a partir de datos recogidos en contextos naturales. Por tanto, sus hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad (Glaser et al., 1967). Los datos se recolectan a través de entrevistas semiestructuradas y observación participante. La fuente de datos es la interacción humana y el análisis se focaliza en desvelar los procesos que subyacen en esta interacción.

Resultados

En la utilización de diversas técnicas de investigación en el mantenimiento industrial, se ha comprobado el alto valor científico en la utilización de la combinación entre las técnicas cuantitativas normalmente usadas en el desempeño industrial y que nos ayudan a analizar y conocer los procesos físicos que, sin duda, intervienen en la eficiencia de los procesos, con la utilización de las técnicas cualitativas (poco utilizadas en la técnica industrial) y, sin embargo, imprescindibles para el conocimiento de la eficiencia de los procesos desde el factor humano y organizativo, de gran transcendencia en la ingeniería del mantenimiento industrial. En la tabla 3 se pueden observar las diferentes ventajas y limitaciones observadas en su uso y que clarifican los procesos en los que se pueden utilizar.

Discusión

La investigación cuantitativa se dedica a recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas y estudia la asociación o relación entre las variables que han sido cuantificadas (potencia, energía, vibraciones, procesos térmicos, etcétera). Un ejemplo explicativo de ello son las auditorías energéticas o de mantenimiento, utilizadas en el proceso de investigación global del mantenimiento. Esto le da una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado, pues estos datos que se muestran en un informe final están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos (Sarduy, 2007).

Sin embargo, en la investigación en el mantenimiento industrial existen muchos aspectos difícilmente medibles o cuantificables y que, sin embargo, afec-

tan sustancialmente a su desempeño, tales como los procesos humanos en la gestión del conocimiento que influyen en cómo se desarrollan las actividades operativas relacionadas directamente a la fiabilidad, la eficiencia energética y la mantenibilidad, y que pueden afectar en gran medida a la empresa. Es en esta fase en la que la utilización de metodologías de investigación cualitativa puede tomar el relevo para complementar o ampliar la investigación, a partir de los estudios cuantitativos que marcan la evidencia física de la investigación.

Son identificadas cuatro formas generales en las que se utiliza este tipo de investigación.

- Como mecanismo de generación de ideas.
- Para complementar un estudio cuantitativo.
- Para evaluar un estudio cuantitativo.
- Para identificar y procesar el conocimiento tácito, aspecto intensivo en las organizaciones de mantenimiento.
- Como método principal, cuando se investigan cómo se producen los procesos de adquisición, generación, transmisión y utilización del conocimiento en el desempeño del mantenimiento en sus aspectos tácticos principales (Nonaka et al., 1995).

La investigación cualitativa exige el reconocimiento de múltiples realidades y trata de capturar la perspectiva del investigado. Debe ser utilizada como complemento fundamental o auxiliar en el uso de técnicas cuantitativas (figura 8). El empleo de ambos procedimientos cuantitativos y cualitativos en una investigación podría ayudar a corregir los sesgos propios de cada método.

En la investigación, mediante el estudio de casos, se pudo estudiar y marcar la realidad en el desempeño del mantenimiento industrial mediante la visión de diversas empresas de ámbito industrial, marcando las relaciones incidentes en todas ellas en cuanto a su desempeño y centrando la investigación en una de ellas que reuniera las mejores condiciones para centrarse en el estudio particular que pudiera ser extrapolado al resto de las empresas.

Con las técnicas de panel Delphi, se consensuó las variables principales que investigar mediante el uso de cuestionarios tipo test o entrevistas. Dicho panel marca el punto fundamental de centrado de la investigación.

Mediante los test producidos a partir de los paneles Delphi, se pudo establecer de una manera intensiva una

muestra de la población de mantenimiento, los diferentes factores intervinientes por parte de los operarios y, a partir de sus criterios, que en mayor medida afectaban a su trabajo en particular y, por extrapolación, al resto de la organización. Se pudo comprobar, entre un grupo de los participantes en los test, que mediante el uso de cuestionarios escritos de manera abierta según las preguntas, se extraían nuevas conclusiones que con el test, dado al aspecto cerrado de las preguntas y valoración, no quedaban precisadas o no eran correctamente interpretadas.

Con las entrevistas individuales semiestructuradas con interrelación entre el entrevistado y el investigador se consiguió extraer otras conclusiones que podrían aportar nuevas perspectivas a la investigación.

Con los grupos de discusión, mediante la reunión de diversos expertos en el área de mantenimiento se produce un cruce de ideas, confirmaciones y se enlaza entre diversas disciplinas técnicas con el objeto de detectar su interrelación. Tratamos de recoger vivencias y experiencias del grupo con gente con unas características similares. Lo que conseguimos con relaciones simétricas entre los participantes es que se acoplen las hablas y se favorezca la reproducción social del discurso (Cano, 2008). No obstante, en el grupo de discusión, se ha observado por parte del investigador que existe una función de moderación más fuerte, para evitar que las opiniones sean focalizadas por una única persona del grupo (tendencia de líder), pudiendo silenciar o acortar la opinión de otros miembros del grupo.

Mediante la teoría fundamentada junto técnicas de observación directa, se genera teoría a partir de datos recogidos en contextos de la propia actividad de mantenimiento, por tanto los hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad. En la teoría fundamentada, los datos se recolectan a través de entrevistas y observación participante. Mediante la interacción humana y el análisis, se focaliza en desvelar los procesos que subyacen en las características humanas y técnicas de la ingeniería de mantenimiento. El proceso se presenta en etapas, en las que se identifican las condiciones de la acción, las estrategias (o lo que las personas hacen para resolver los problemas a los que cotidianamente se enfrentan) y sus efectos, y se denominan consecuencias. El análisis de datos en la teoría funda-

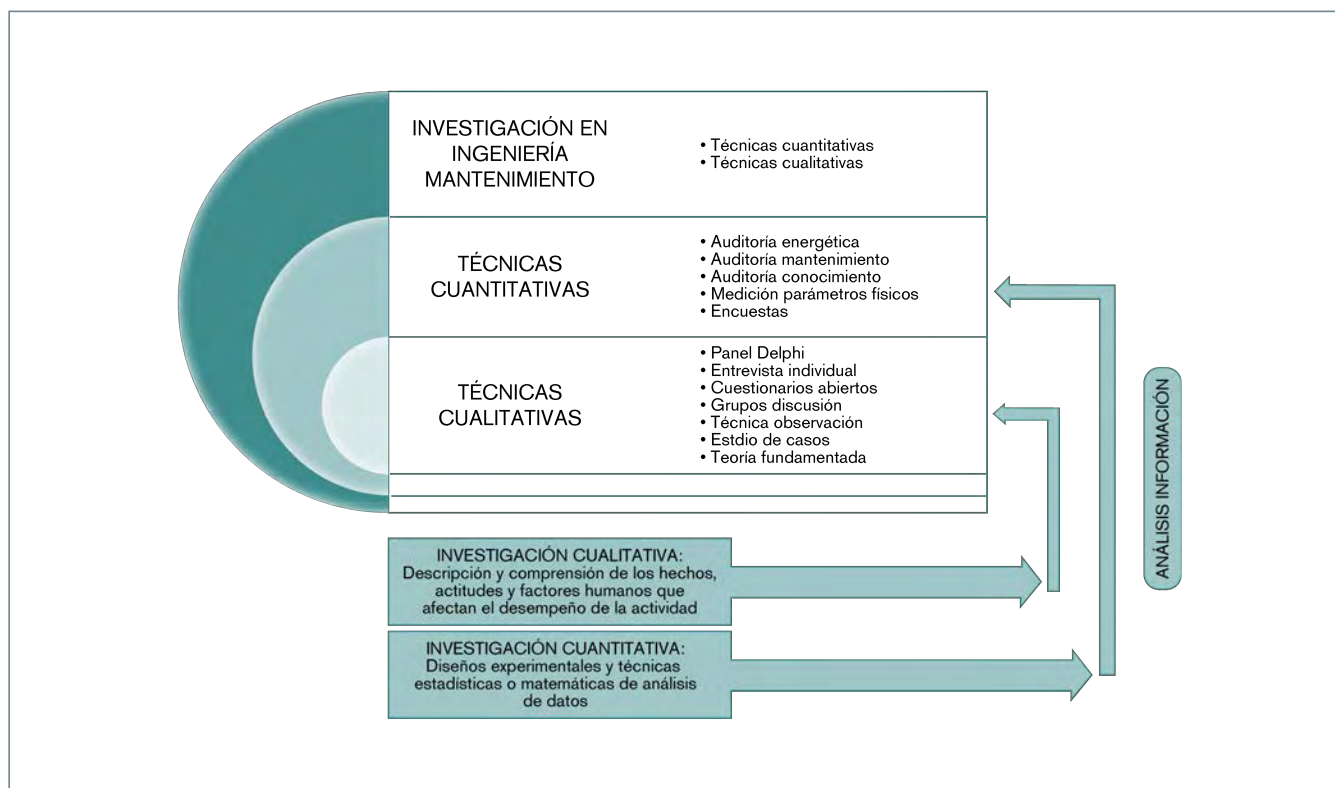


Figura 8. La combinación de las técnicas de investigación cuantitativa-cualitativa en los procesos del mantenimiento industrial. Fuente: elaboración propia.

mentada se hace a través de la codificación, la realización de memos analíticos y diagramas; tiene por fin descubrir categorías, desarrollarlas, relacionarlas y saturarlas, todo ello alrededor del proceso básico de la propia operativa de mantenimiento. Mediante las técnicas de observación, se confirman las conclusiones extraídas, se reafirman o rechazan procesos, y posiciona al investigador dentro de la naturaleza del área investigada, por observación directa de la realidad.

Conclusiones

Se ha presentado la utilización de diversas técnicas cualitativas y la percepción del investigador en los resultados que se pueden obtener con su uso. Con la combinación con técnicas cuantitativas (normalmente utilizadas en el mantenimiento industrial), se observa que los métodos cualitativos pueden ser de gran ayuda entre los técnicos e ingenieros de mantenimiento industrial cuando lo que se quiere investigar es la interacción del factor humano, con un alto grado de conocimiento tácito, implícito en los técnicos que operan el mantenimiento industrial.

La principal limitación de la presente investigación es la generalización de los resultados. Este artículo ha tratado de plasmar la visión e impresiones del investigador, en una primera fase explo-

ratória, ante la utilización de técnicas de investigación cualitativas en el estudio del mantenimiento industrial, y no en sí los propios resultados finales de una investigación, que serán profundizados en nuevos estudios que se están llevando a cabo. Al tratarse de una investigación cualitativa, la generalización de los resultados se basan principalmente en el desarrollo de una teoría que pueda ser extendida a otros casos y no en cómo estos resultados pueden ser extrapolados a una población (Maxwell, 1996).

Bibliografía

Camelo C (2000). La Estrategia de la Diversificación Interna: Una aproximación desde la Teoría basada en el Conocimiento. Madrid: Biblioteca Civitas Economía y Empresa.

Cano A (2008). Técnicas conversacionales para la recogida de datos en investigación cualitativa: El grupo de discusión (I). Nure Investigación, nº 35, julio-agosto 08.

Glaser B, Strauss A (1967) The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Chicago: Aldine.

Martínez P (2006). El método de estudio de caso estrategia metodológica de la investigación científica. Pensamiento & gestión, 20. Universidad del Norte, 165-193.

Maxwell JA (1996). Qualitative Research Design. An Interactive Approach. California: Sage Publications.

Mora A (2005). Mantenimiento estratégico para empresas de servicios e industriales-AMG.

Nonaka I, Takeuchi H (1995): The knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press, New York.

Sarduy Y (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. Rev. Cubana Salud Pública. 2007;33(2).

Strauss A, Corbin J L (1998). Bases de la investigación cualitativa., U. Antioquia, 2ª ed.

Wiig K (1997). Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management. Long Range Planning, 30(3), 399-405.

Francisco Javier Cárcel Carrasco

fracarc1@csa.upv.es
Ingeniero técnico industrial, ingeniero industrial y doctor ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Valencia; ingeniero en Electrónica por la Universidad de Valencia y licenciado en ingeniería mecánica y energética por la Universidad de París. Ha realizado diversos másteres, entre los que destacan los de ingeniería energética, prevención de riesgos laborales y evaluación de impacto ambiental. Ha desarrollado su experiencia profesional en el sector industrial durante más de 25 años en diversas empresas industriales y de servicios. En la actualidad es profesor del departamento de Construcciones Arquitectónicas, área Instalaciones, de la Universidad Politécnica de Valencia.

Carlos Roldán Porta

crolدان@die.upv.es
Ingeniero industrial y doctor ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Valencia. En la actualidad es catedrático del departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica de Valencia