

APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 14224 A LA GESTION DE DATOS

Gabriel M. Cuello

Ing. de mantenimiento Pedro Avila, Petrobras Energía, Yacimiento Medanito, Río Negro, Argentina
Ing. de mantenimiento Juan Carlos Revoredo, Petrobras Energía, CTA, Neuquén, Argentina.

Petrobras Energía, UTE Puesto Hernandez, Ruta Prov. 6, Km 20 (8319) , Neuquén.

Resumen. El sistema de control de mantenimiento de las instalaciones constituye la principal fuente de datos de confiabilidad y mantenimiento de los equipos. La calidad de los datos obtenidos de esta fuente depende, en primera instancia, de la manera en que se reportan. Por lo tanto es imperioso aplicar un lenguaje consistente y único en la recolección y registro de fallas en cualquier operación.

El presente trabajo expone la experiencia obtenida en la aplicación de la Norma Internacional ISO 14224 para el registro de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos de superficie en tres campos onshore de producción de petróleo y gas.

La Norma Internacional ISO 14224 presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos en un formato normalizado para las áreas de perforación, producción, refinación y transporte de petróleo y gas natural en oleoductos y gasoductos, respectivamente. Los principales objetivos de la aplicación de esta Norma son:

a) Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:

- Diseño y configuración del sistema.
- Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y las plantas.
- Costo del ciclo de vida.
- Planeamiento, optimización y ejecución del mantenimiento.

b) Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:

- Permitir el intercambio de datos sobre confiabilidad y mantenimiento entre plantas, propietarios, fabricantes y contratistas.
- Asegurar que los datos de confiabilidad y mantenimiento son de calidad suficiente, según el análisis que se pretenda realizar.

Introducción

Los sistemas de control del mantenimiento de las instalaciones almacenan la historia de lo realizado a cada equipo de un campo. Si agregamos la historia de las maniobras operativas, contaremos con la historia de operación y mantenimiento de cada equipo.

La historia se registra en reportes (partes diarios) que se asientan en el sistema de control de mantenimiento.

Una gran parte de las herramientas de análisis económico necesita conocer para cada equipo cuándo ocurrió un determinado evento, de qué tipo fue el evento (falla funcional, correctivo, preventivo, predictivo, maniobra de producción), cuánto costó en términos de mano de obra, repuestos y pérdida de producción (tiempo caído).

En cuanto a materiales y mano de obra se definió un proyecto piloto en el área Río Neuquén para estandarizar el reporte de las tareas de superficie. A la fecha este piloto está terminado se ha efectuado su replicación en las áreas de PESA en Argentina.

Equipo XXX-YYYY-ZZ

Diagrama de flujo de mantenimiento para un equipo, mostrando la secuencia de acciones y costos asociados a diferentes tipos de mantenimiento.

Equipo XXX-YYYY-ZZ

El diagrama se desarrolla sobre una línea horizontal que representa el tiempo, con un punto de partida marcado como 0.

Se muestran cuatro eventos de mantenimiento, cada uno precedido por una flecha descendente que indica el tipo de mantenimiento:

- P** (Preventivo)
- O** (Predictivo)
- F** (Correctivo)
- P** (Preventivo)

Las acciones de mantenimiento se indican por flechas descendentes desde la línea de tiempo:

- Desde el primer **P**: ¿Cuándo ocurrió?
- Desde el **O**: ¿Cuándo?
- Desde el **F**: ¿Cuándo? y Correctivo
- Desde el último **P**: ¿Cuándo ocurrió?

Los costos asociados a cada acción se detallan en las siguientes categorías:

- Correctivo**:
 - \$ en Materiales
 - \$ en Mano de obra
 - ¿qué falló?
 - \$ perd. producción
- Maniobra**:
 - \$ en Mano de obra
 - ¿qué se hizo?
 - \$ perd. producción
- Preventivo**:
 - \$ en Materiales
 - \$ en Mano de obra
 - ¿qué se hizo?
 - \$ perd. producción

La línea horizontal se etiqueta como **tiempo** en su extremo derecho.

Norma ISO 14224

Este estándar internacional presenta guías para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos de confiabilidad y mantenimiento, facilitando la recopilación de los mismos. Los datos permitirán que el usuario cuantifique la confiabilidad de los equipos y compare la confiabilidad de equipos con similares características.

Límites de los equipos y jerarquía. Una frontera claramente definida es imperativa para recolectar, combinar y analizar datos de confiabilidad y mantenimiento provenientes de diferentes plantas. De lo contrario, la combinación de datos estará basada en datos incompatibles.

Para cada *clase de equipo* la norma ISO 14224 exige que se defina una frontera indicando qué datos de confiabilidad y mantenimiento serán recopilados.

El diagrama de frontera mostrará las subunidades que componen la clase de equipo así como las interfases con su entorno.

La norma recomienda preparar una jerarquía de equipos. El más alto nivel es la *clase de equipo*. El número de niveles para su subdivisión dependerá de la complejidad del equipo y del uso que se dará a los datos.

Los datos de confiabilidad necesitan estar relacionados con un cierto nivel particular dentro de la jerarquía del equipo, de forma que aquellos sean significativos y comparables. Por ejemplo, los datos de confiabilidad “clase de severidad” estarán relacionados al equipo particular, mientras que la causa de la falla estará relacionada al nivel más bajo en la jerarquía del equipo (ítem mantenible).

Un instrumento simple no necesita descomposición adicional, mientras que se requieren varios niveles para describir una turbina.

Según la ISO14224, para un equipo determinado, una subdivisión en tres niveles será normalmente suficiente.

La jerarquía propuesta para el hardware y su frontera correspondiente comprende:

- Clase de equipo
- Equipo particular (frontera del equipo)
- Subunidades del equipo (subdivisión dentro de la frontera)
- Ítems mantenibles (nivel de ítems mantenibles)

Estructura de la información. La norma ISO 14224 exige que los datos sean recopilados en forma organizada y estructurada. Los agrupa en tres categorías:

1. *Datos del equipo*, caracterizados por datos que identifiquen al equipo, datos de diseño y aplicación;
2. *Datos de falla*, que comprenden identificación del equipo, registro de la falla, ubicación del equipo, datos propios de la falla;
3. *Datos de mantenimiento*, que comprenden registros de mantenimiento, ubicación del equipo, registros de fallas, datos propios del mantenimiento, categoría del mantenimiento, ítems mantenidos, etc.

En el presente trabajo, se hizo uso de los *datos de falla* para incorporar esta estructura al parte diario existente que reportan y cargan en el sistema MANTECDB las cuadrillas de mantenimiento.

Sistema de control de mantenimiento

El sistema de control de mantenimiento en uso se denomina MANTECDB. Funciona en forma centralizada sobre la WAN. El sistema operativo está basado en AS400 de IBM.

Este sistema permite entre otras tareas ABM de equipos, seguimiento de contratos de mantenimiento, almacena reportes diarios, hojas de revisión realizadas durante los mantenimientos de tipo preventivo así como ABM de órdenes de trabajo.

El principal inconveniente del sistema consiste en la dificultad intrínseca para analizar información. Se pueden realizar listados, que de superar la longitud máxima de las planillas excel, debe importarse en formato texto. La solución para evitar los listados de texto es la vinculación de las tablas de MANTECDB con bases de datos locales Access a través de un driver denominado Client Acces para AS400.

Aplicación de la Norma a la gestión de mantenimiento y operación de superficie

De acuerdo con ISO14224, se utilizaron las siguientes definiciones para los eventos:

- Falla: finalización de la capacidad de un equipo para realizar una función dada,
- Modo de falla: modo observado de la falla,
- Componente – descriptor de la falla: combinación del ítem mantenible con el mecanismo de la falla.

Dado que el registro de actividades de mantenimiento incluye otras actividades cuya razón de realización no es el mantenimiento correctivo se incluyó en principio listas de acciones solas y acciones combinadas con componentes:

- Tareas o acciones
- Componente – acción

Tal y como se esquematiza en la Figura 2, con respecto al modo de falla, quien requiere alguna tarea cuenta solamente con este dato para la solicitud de Pedidos de Trabajo (PT) o Emisión de órdenes de trabajo (OT) .

Es el especialista que actúa en consecuencia de algún pedido quien utiliza para reportar al sistema códigos del tipo componente–descriptor de falla para tareas de correctivo, tareas/acciones o componente – acción para tareas que no sean mantenimientos correctivos.

Cada código de tarea en la tabla de la Figura 2 se genera combinando partes de otras tablas más pequeñas, denominadas tablas base: la lista de sectores, componentes, descriptores de falla, acciones y modo de falla. Estas listas se administran en forma centralizada y queda libre a criterio de cada área la forma de combinarlas entre sí.

La combinación de las tablas base Sector, Componente, Descriptor de la Falla y Acción, da por resultado un código de tarea alfanumérico que se dará de alta en el sistema de control de mantenimiento con el formato que se muestra en la Figura 2.

Esto fue definido así para que la coincidencia eventual de las combinaciones generadas en dos áreas diferentes dé por resultado el mismo código de tarea (que es lo que se busca para efectuar análisis más globales del mantenimiento por región).

Cada área debe hacer las combinaciones que sean necesarias para abarcar la información que se volcará en el parte diario.

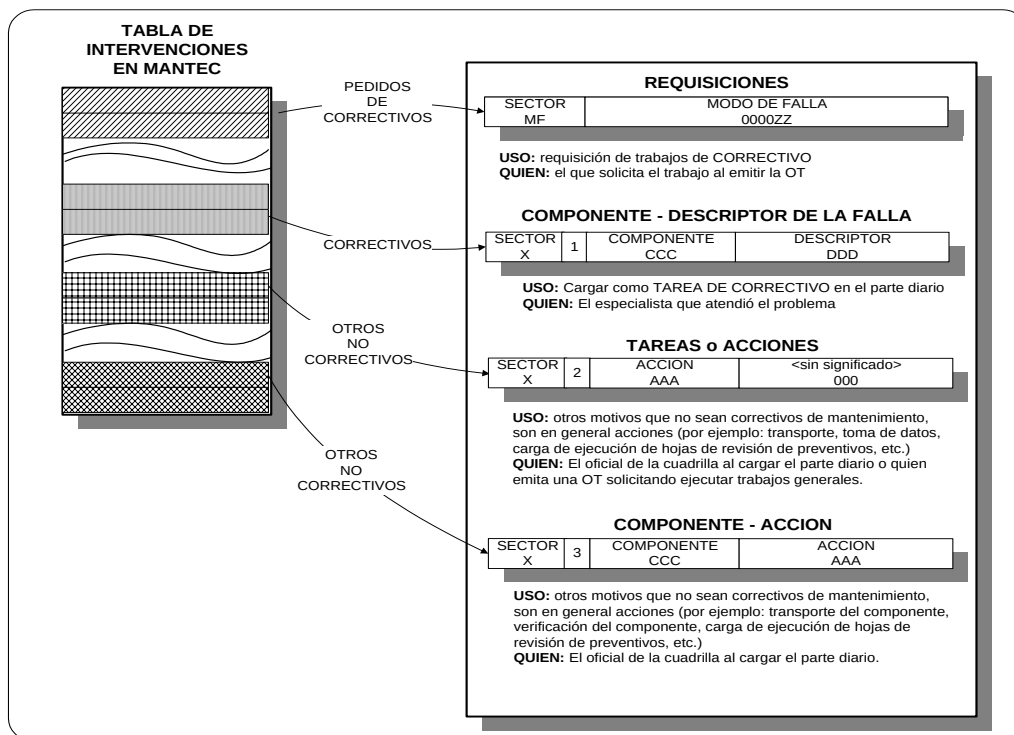


Figura 2: Estructura de la tabla de códigos de tareas para reportar en el reporte.

Tablas base

Las tablas base son cinco en total: Sector, Componente, Modo de falla, Descriptor de la falla y Acción. A continuación se describe cada una.

Sector: una letra mayúscula como se indica abajo.

E: Electricidad

I: Instrumentación y control

M: Mecánica (equipos fijos y rotativos)

P: Producción (tareas de seguimiento de producción, inyección y químicos)

S: Servicios auxiliares (movimiento de tierra, chupa, transporte cargas sólidas y líquidas, saneamiento y tareas generales)

Modo de falla: se han resumido en 42 modos y sale de la tabla Modo Observado de la Falla, de la norma ISO 14224 revisionado sobre cada tipo de equipo con que cuentan las áreas.

Componente: (tres dígitos de 001 a 999, auto - numérico). Derivado de las tácticas de mantenimiento para los equipos más otros listados consolidados.

Descriptor de la Falla: (tres dígitos de 001 a 999, auto - numérico) A partir de la norma ISO14224.

Acción: (tres dígitos de 001 a 999, auto - numérico) Obtenida a partir del análisis de los trabajos volcados hasta el momento en los reportes diarios de todas las áreas.

Experiencias del piloto para mantenimiento y operación de superficie

Previo a la implementación del proyecto piloto se delinearon comentarios y sugerencias para la confección de las combinaciones y se diseñó una base de datos en MS Access para guiar la creación y seguimiento del correcto uso de las tareas a fin de minimizar errores.

Para el adiestramiento de la gente se difundió aparte de la norma ISO14224, la siguiente lista de conceptos y preguntas más frecuentes:

¿Qué se entiende por tarea? La palabra tarea significa: "Es el trabajo realizado en un determinado equipo por algún motivo particular y que se registra en el parte diario." Cada tarea cuenta con un código de identificación única que se registra en el parte diario.

¿Para qué se asigna un código a cada tarea? Una vez que se termina un trabajo, se reporta la tarea realizada utilizando algún código de la lista de tareas. La lista de tareas que todos los talleres ejecutan se guardan en la base de datos del sistema de control de mantenimiento al reportar el reporte diario. Para poder agrupar la información volcada como reporte diario, es necesario que lo registrado se cargue de manera uniforme, ya que sino no sería posible encontrar en forma automática información del mismo tipo. Por ejemplo, si una tarea de algún reporte diario dice "se ajustó empaquetadura" y en otro parte se registró "ajuste de empaquetadura", si bien al leer queda claro que es lo mismo, debe tenerse en cuenta que las búsquedas en la base de datos se hacen utilizando programas mucho menos inteligentes que lectores humanos. En conclusión, el reporte de tareas utilizando códigos permite agruparlas para hacer análisis automático de la información.

¿Se debe codificar absolutamente todo lo que hacemos? No es necesario. Sólo se codifican aquellos trabajos que interese seguir en el tiempo. Sin embargo debería existir algún código para indicar en forma general tareas no previstas, que sólo se utilizaría en caso de que los códigos previstos no representen el trabajo que se ejecutó. A medida que el grupo de códigos esté mejor ajustado, el código para tareas genéricas no debería usarse mucho.

¿Cómo se determina cuándo utilizar un código? Cada líder de sector (de ahora en más, líder) especificará en qué casos se utilizará cada tarea. Debería escribir el alcance de cada tarea (es decir qué se abarca con ese código) y transmitirla a cada persona a cargo para asegurarse de que esté bien entendido cada alcance. También podrá ponerse de acuerdo con los talleres y agregar aquellas que no haya tenido en cuenta.

¿Qué efecto provoca reportar la tarea que más recuerdan o alguna tarea que no represente lo realmente ejecutado? En este caso, la calidad de los datos registrados en el sistema de control se distorsiona severamente porque no queda registrado lo que realmente sucede en campo. Si un determinado trabajo requiere de varios móviles con distinta especialidad, ¿qué debería registrar cada uno de ellos en el reporte diario? Consideremos una electro-bomba centrífuga de batería se encuentra con el motor quemado. Supongamos que el móvil eléctrico necesita que el móvil mecánico desacople la bomba y luego de reemplazado el motor acople y alinee nuevamente el conjunto: ¿qué tarea reportaría cada uno? Para responder a esto, se debe tener en cuenta quién es el que genera el trabajo, es decir, cuál es la tarea principal que se está llevando a cabo. En este caso, quien genera el trabajo para el móvil mecánico es el eléctrico. El móvil mecánico entonces es apoyo del móvil eléctrico. El móvil eléctrico asentará en el parte diario una tarea del tipo componente-descriptor de la falla, mientras que el móvil mecánico registrará una tarea del tipo apoyo móvil.

En general, ante un trabajo que requiera más de un móvil, uno solo de ellos colocará la tarea que representa mejor el trabajo y los demás serán apoyo móvil. De esta manera, es posible cuantificar la totalidad de lo que implica un trabajo conjunto. También se debe tener en cuenta que no todos los participantes del evento coinciden en el tiempo y que la consolidación de tareas de otra forma sería más difícil.

Esta limitante se debe a que, para los trabajos planificados, en el sistema MANTEC DB no se cuenta con ordenes de trabajo padre para cada uno de los móviles participantes; mientras que para las tareas no programadas, directamente no se cuenta con orden de trabajo. En ambos casos el efecto es el mismo: consolidar reportes de distintos móviles especialistas.

¿Cómo deberían registrarse las tareas secundarias consecuencia de algún trabajo? Por ejemplo, si la reparación en taller de alguna máquina genera residuos de aceite que deben ser posteriormente procesados, dichos trabajos deberían registrarse con el mismo código de la tarea que los originó (asociado siempre a la misma orden de trabajo) de forma de consolidar el costo total del trabajo.

¿Cómo se registrarán las tareas que se realizan en el taller, destinadas a tener equipos de reserva? Esto suele darse en el caso de talleres que realizan mantenimiento de bombas dosificadoras, reparación de tableros eléctricos, sensores electrónicos, etc. Muchas veces se usa parte del tiempo para tener en condiciones equipos de reserva a fin de responder rápidamente a los correctivos. Estas tareas deberán estar asociadas a algún equipo que represente el taller y con un código tipo componente – acción o acción sola.

¿Quién usa la información de la base de datos del sistema de control del mantenimiento? Normalmente, los líderes e ingeniería de mantenimiento para sacar valores que indiquen tendencias. Con dichos valores se toman decisiones con fundamento. Si la calidad de los datos en la base de datos es mala, las decisiones también pueden llegar a ser malas decisiones.

Conclusiones y resultados del piloto de tareas de parte diario en Río Neuquén

En el área Río Neuquén se llevó a cabo la prueba piloto del sistema de codificación de tareas para los sectores de mantenimiento de superficie.

Para la generación de códigos se utilizó una base de datos access especialmente configurada para el piloto. Con ella fue posible el fácil análisis de la generación de códigos y se minimizaron errores de tipeo ya que los códigos generados se exportaban desde la base hacia el sistema AS400 donde funciona el sistema MANTECDB.

A continuación se detallan los resultados cuantitativos del piloto y se describen las herramientas para la medición del mismo.

En particular se destaca que la tabla de tareas originalmente descrita sufrió cambios. Comparar las figuras 2 y 4.

Análisis estadístico

Durante la implementación del piloto se crearon 1469 códigos en total distribuidos por sector como se indica.

Electricidad	Tareas grales.	Instrumentos	Mecánica	Soldadura	Servicios	Total
161	115	516	219	189	268	1469

Del total de tareas analizadas, se observó que se dieron de alta tareas con el formato componente-acción que deberán ser reemplazadas con el formato componente-descriptor de falla. La distribución cuantitativa sobre cada subtotal es la siguiente:

Electricidad	Tareas grales.	Instrumentos	Mecánica	Soldadura	Servicios
25%	10%	48%	18%	47%	29%

Para determinar el grado de aceptación del uso de códigos en función del tiempo, se procedió a detectar registros de parte diario con y sin código, totalizándolas por período mensual y por sector. En la Figura 3 se puede ver un gráfico de la evolución en el tiempo.

Este tipo de gráfico será deseable que sea incorporado como una utilidad a la misma base de datos con que se generan los códigos para facilitar el seguimiento de la implementación en áreas que anteriormente no utilizaran código. Para aquellas áreas que tengan implementada codificación local, se deberá hacer lo propio para contabilizar los nuevos códigos.

La base de datos permite asociar un código de tarea a un tipo de equipo particular. Esto permite acotar el mal uso de los códigos al cruzar códigos de tarea cargados en el parte diario con una tabla interna que asocia cada código al tipo de equipo. De esta manera el control “grueso” puede automatizarse.

Se observó que en la base de datos había un solo código relacionado a un solo tipo de equipo. Esta funcionalidad de la base no fue aprovechada en el piloto.

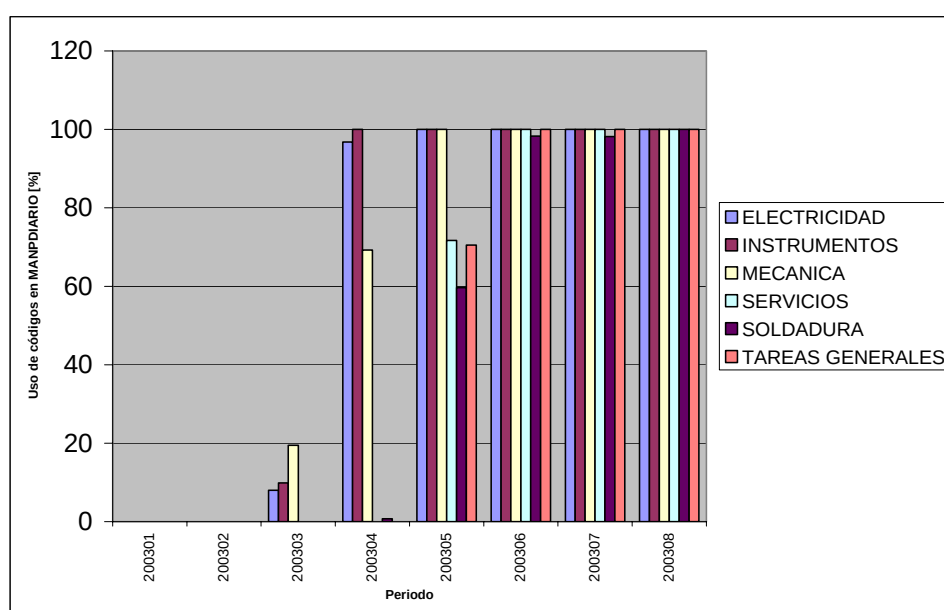


Figura 3: Porcentaje de utilización de códigos de tareas por período y por sector

Mecanismos de control en la etapa posterior a la replicación.

Una vez replicado el piloto en las áreas, se diseñó un sistema de control del correcto uso de los códigos para el registro del evento en el parte diario.

La generación de los códigos se realizó mediante una base de datos que no solo construye el código que deberá darse de alta en la tabla de intervenciones del sistema MANTEC DB; también solicita tres datos adicionales: qué cuadrilla lo utilizará, en qué tipo de equipo se aplicará y cuáles son los motivos de mantenimiento asociados (correctivo, preventivo, producción, entre otros.). Con estos tres datos relaciona el código de la tabla de intervenciones con “el uso previsto” del código.

Con la información así definida, es posible acceder al listado del parte diario –que posee entre otros datos, cuadrilla, tipo de equipo y código de intervención—para cruzarlo con el uso previsto de los códigos, informando los desvíos.

Complementaria al parte diario está la aprobación del mismo por parte del supervisor. La metodología de trabajo en las áreas se basa en una programación semanal; se definió un plazo máximo de siete días para aprobar los partes diarios basándose en el hecho que la calidad del dato

se degrada a medida que se incrementa la distancia en el tiempo entre la ejecución y la aprobación: pasado un cierto tiempo, a la hora de aprobar un grupo de partes diarios se recuerdan pocos detalles como para asegurar que el código de intervención pretendido fue utilizado correctamente y si éste representa correctamente el trabajo ejecutado.

El uso correcto de los códigos así como el tiempo de aprobación de partes fue incluido en los objetivos de desempeño de los supervisores a cargo de cuadrillas que reporten mediante el parte diario. Este seguimiento se sostuvo con el transcurrir del tiempo porque se observó que a pesar de estar definido el listado de códigos de intervención y la mecánica de trabajo, el uso de los códigos y el tiempo de aprobación de partes diarios se degradaba de no existir control.

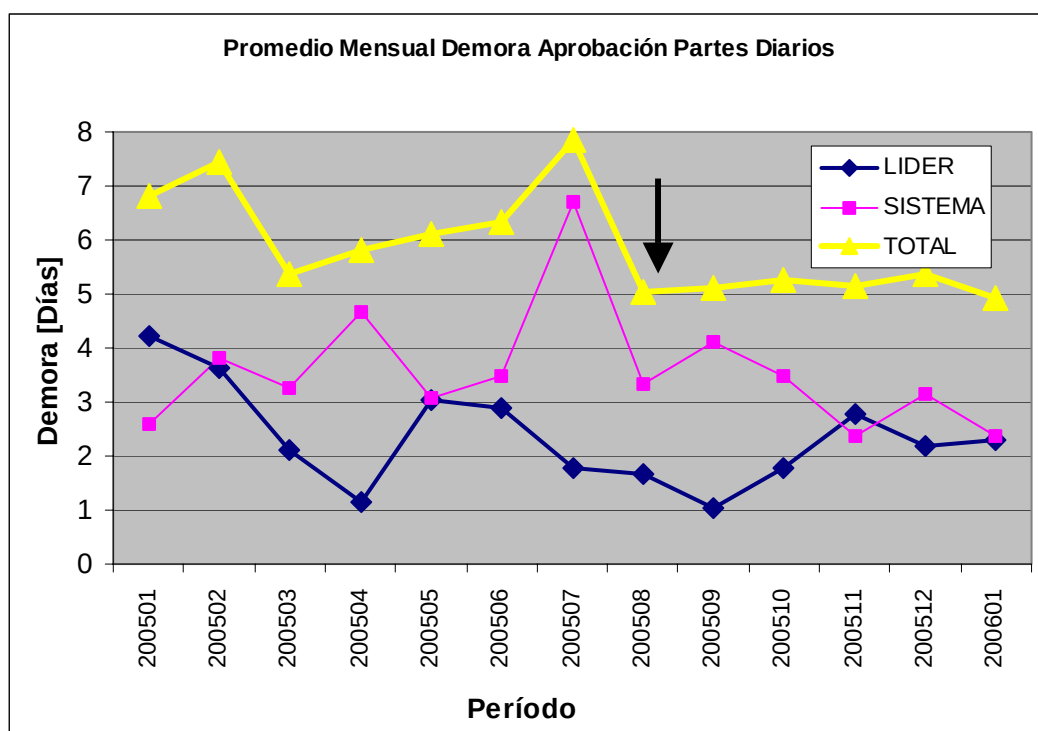


Figura 4: Seguimiento del tiempo de aprobación de partes diarios.

En la figura 4 se observa la historia del control del último año. TOTAL es la demora total que comprende la demora del supervisor (LIDER) más la demora entre que se ejecuta el trabajo y se carga en el sistema (SISTEMA) para que lo apruebe el supervisor (el supervisor no carga el parte diario de sus cuadrillas). Se indica con una flecha el mes posterior al establecimiento de los objetivos de aprobación de partes.

En la figura 5 se observa la evolución del otro aspecto, la calidad de uso de códigos. Durante agosto del 2004 hasta abril del 2005 puede observarse un uso prácticamente perfecto de lo pretendido para los códigos; sin embargo, la falta de control hace que este índice aumente nuevamente.

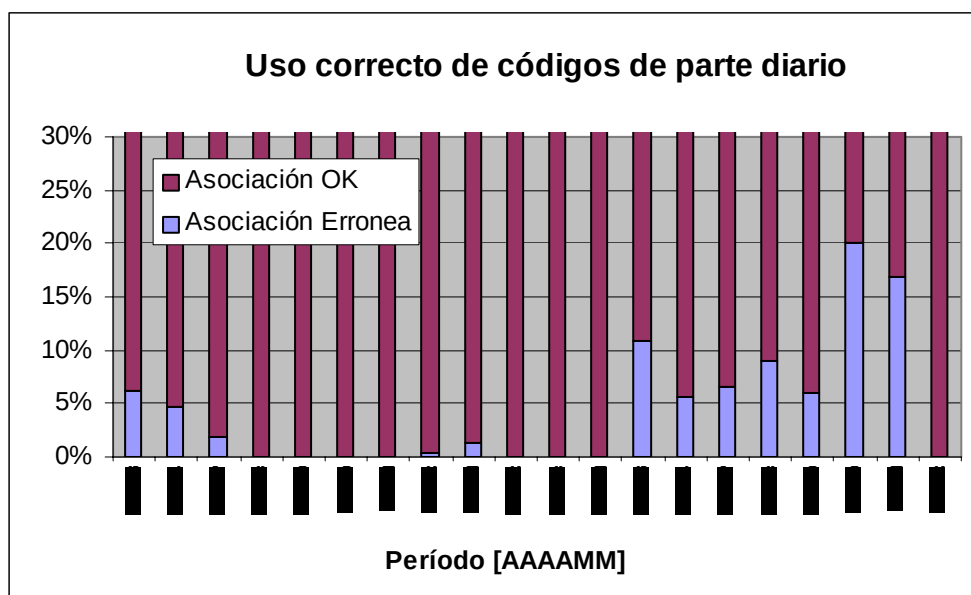


Figura 5: Seguimiento del uso correcto de códigos de parte diario.

Conclusiones

Conclusiones del piloto. Si bien hay errores de concepto en la generación de las tareas de intervención, la metodología puede ser aplicada satisfactoriamente ajustando criterios.

Los registros de capacitación evidencian seguimiento de la instrucción de los diferentes roles participantes en los procesos de trabajo, pero en función de los resultados, han sido insuficientes las horas dedicadas a acompañar la Implementación.

Se observó que para disminuir el porcentaje de errores en la utilización de las tablas, sin sacrificar la calidad de los datos, se eliminará la combinación de las tablas “COMPONENTE-ACCION” para las tareas no correctivas. El esquema definitivo de la tabla de intervenciones de MANTECDB se muestra en la Figura 6.

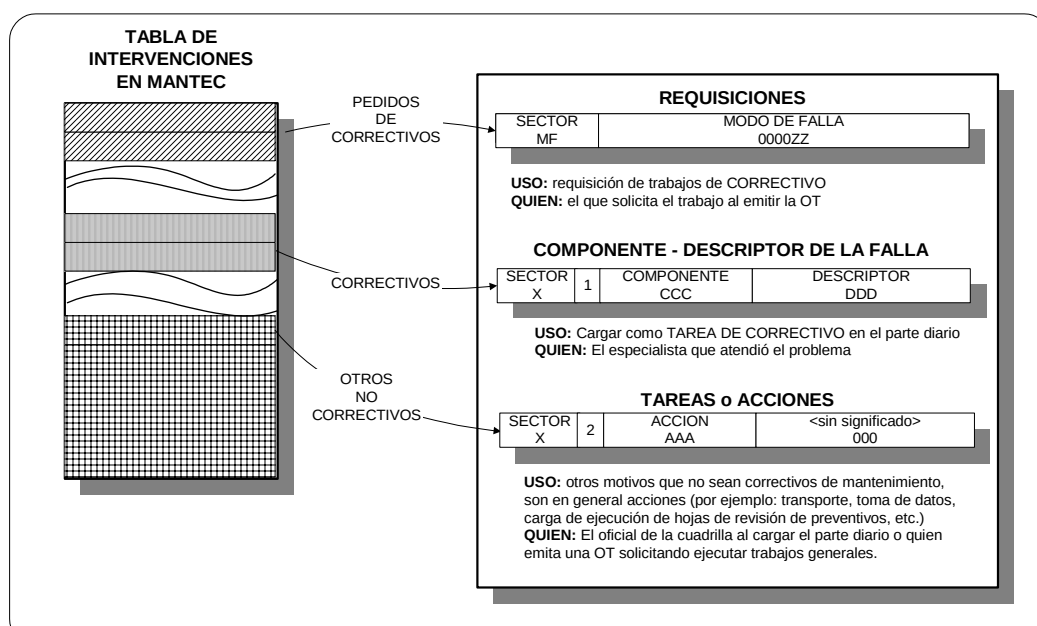


Figura 6: Esquema de la tabla de intervenciones implementado

Análisis de consistencia. En la base de datos para la creación de códigos de tareas, se debería incluir el chequeo de componente vs. tipo Equipo; no se debería usar un componente que coincida con el tipo de equipo. Por ejemplo bomba – reparación asociada con equipo tipo PAL (bomba alternativa) o tipo PCE (bomba centrífuga). Es redundante y no indica cuál componente del equipo se rompió, debería ser, por ejemplo eje – rotura del equipo PAL o del equipo PCE.

La base de datos debería registrar la fecha de creación de cada código, de forma tal que pasado un tiempo y cuando se analice información de parte diario, se sepa si ese código existía en aquel período. De no hacerse esto, no habría forma de saber si un código tipo componente–descriptor ocurría realmente o si es que el código no existía en ese entonces. La base de datos para creación de tareas debería llevar esa cuenta.

El administrador de la base de datos para la creación de tareas debería ser bien capacitado para cuidar el alta innecesaria de tareas y para guiar a los líderes en la confección de las mismas.

Mecanismos de control post-implementación. Como conclusión a la fecha, se ha observado que si bien es más fácil controlar el tiempo de aprobación de partes diarios, esto no garantiza que la calidad de los registros sea buena. Por tanto, el fijar un solo objetivo no basta y se debe cuidar el aspecto combinado tiempo-forma viendo los dos indicadores.

Referencias

[1] Manual del sistema de parte diario mantenimiento y hoja de revisión, TTI S.A.

[2] Petroleum and natural gas industries-Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, ISO 14224, 2000..