

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions: Especialitat Telemàtica

**DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO) PARA PYMES**

Memoria

**JUAN PABLO MARCO CARDONA
PONENTE: EDUARD DE BRUDE SALA CASTELLS
TARDOR 2012**



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Dedicatoria

La memoria de este proyecto se la deseo dedicar a mis padres.

Agradecimientos

Agradecer a mis amigos David, Eva y mi pareja Elisa por todo su apoyo moral.

También quisiera agradecer especialmente a mi tutor Eduard toda su ayuda.

Resumen

L'objectiu d'aquest projecte es desenvolupar una solució software en VB .net treballant contra la base de dades Microsoft Access, que serveixi de plataforma per gestionar seguint els estàndards de qualitat ISO el departament de manteniment d'una petita o mitjana empresa amb línees de producció. El software té com a finalitat omplir el buit existent d'un software adequat a les seves necessitats. Tambè, constituir una alternativa a les grans solucions comercials de elevat cost existents actualment en el mercat. Té l'avantatge de la facilitat per l'usuari de poder gestionar les dades sense necessitat d'ajut extern especialitzat i consta dels diferents mòduls que componen la gestió del manteniment.

Resumen

El objetivo de este proyecto es desarrollar una solución software en VB .net trabajando contra la base de datos Microsoft Access, que sirva de plataforma para gestionar siguiendo los estándares de calidad ISO el departamento de mantenimiento de una pequeña o mediana empresa con líneas de producción. El software tiene como finalidad llenar el hueco existente de un software adecuado a sus necesidades. También constituir una alternativa a las grandes soluciones comerciales de elevado coste existentes actualmente en el mercado. Tiene la ventaja de la facilidad para el usuario de poder gestionar los datos sin necesidad de una ayuda externa especializada y consta de los diferentes módulos que componen la gestión del mantenimiento.

Abstract

The goal for this project is to develop a software solution in VB .NET working against Microsoft's Access database, who serves as a platform to manage, by following the ISO quality standards, the maintenance department of a small or medium company with production lines. The software has as a goal to fill the gap for a software that fills his needs. Also to be an alternative to the expensive big commercial solutions that already exists in the market. It has the advantage that it's easy for the user to manage the data by himself without any specialised help and has the different parts that makes the maintenance management.

Índice.

Índice.....	I
Índice de figuras.....	V
Glosario de términos.....	IX
1 Objetivos.....	1
1.1 Propósito.....	1
1.2 Finalidad.....	1
1.3 Objeto.....	2
1.4 Alcance.....	2
2 Fundamentos de la gestión del mantenimiento.....	3
2.2 Evolución histórica de la gestión del mantenimiento: del mantenimiento correctivo al T.P.M.....	5
3 Conceptos de mantenimiento.....	9
3.1 Indicadores de producción.....	9
3.2 Mantenimiento correctivo.....	10
3.3 Mantenimiento planificado.....	10
3.4 Áreas funcionales de la gestión del mantenimiento planificado.....	11
3.4.1 Mantenimiento preventivo.....	11
3.4.2 Mantenimiento predictivo.....	12
3.4.3 Gestión del mantenimiento y costos.....	13
3.4.4 Mejoras.....	13
3.5 Mantenimiento autónomo.....	14
3.6 Mantenimiento de la calidad.....	14

3.7 Seguridad e Higiene.....	15
3.8 Organización del mantenimiento.	15
3.8.1 Fichas de mantenimiento autónomo.	17
3.8.2 Fichas de mantenimiento preventivo.	17
3.8.3 Fichas de mantenimiento predictivo.....	18
3.8.4 Fichas de mantenimiento correctivo (partes de incidencias).	18
4 Tipos de gestión de mantenimiento.....	19
4.1 Interno.....	19
4.2 Externo (subcontratado).....	19
4.3 Mixto.	19
5 Gestión del mantenimiento y la norma ISO9001.	21
5.1 Gestión de la calidad ISO9001.	21
5.2 Mantenimiento de infraestructuras en la norma ISO9001.	21
5.2.1 Etapas de la gestión de la infraestructura.	22
5.3 Método para el mantenimiento de infraestructuras.	22
5.3.1 Inventarios de la infraestructura.	23
5.3.2 Definir las actividades de mantenimiento.	23
5.3.3 Planificar actividades de mantenimiento.	24
6 Software para la gestión del mantenimiento.	27
6.1 Introducción al software para la gestión del mantenimiento.	27
6.2 Factores a considerar en la elección de un GMAO.....	27
6.2.1 Factores tecnológicos.	28
6.2.2 Factores de mantenimiento (funcionalidades).	28
6.3 Toma de requerimientos funcionales del GMAO.	30

6.4 Alternativas disponibles de softwares GMAO	32
7 Conceptos y elementos del GMAO v1.0	33
7.1 Introducción: Conceptos básicos.....	33
7.2 Gestión de equipos e instalaciones.....	33
7.2.1 Centros de coste.....	33
7.2.2 Gestión Costes	34
7.2.3 Consulta y análisis del histórico	34
7.3 Gestión del mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo).....	35
7.4 Ordenes de trabajo (WO)	36
7.5 Gestión de RRHH	38
7.6 Otros (no implementados en el PFC)	39
7.7 Implantación del GMAO.....	39
8 Elección de la tecnología.....	41
8.1 Perfil de la empresa usuaria objetivo	41
8.1.1 Tipología de empresa objetivo.....	41
8.1.2 Sistemas de información en las Pymes.	43
8.1.3 Perfil de usuario.....	44
8.1.4 Elección de la Base de Datos.....	44
8.1.5 Elección del lenguaje de desarrollo.	44
8.1.6 Medios utilizados.....	45
9 Diseño de bases de datos	47
9.1 Introducción al diseño de la base de datos	47
9.1.1 Fases del diseño de una base de datos.....	47
9.1.2 Toma y análisis de requerimientos	50

9.1.3 Modelo conceptual	50
9.1.4 Modelo lógico	54
9.1.5 Modelo físico.....	56
9.2 Diseño de la base de datos del programa GMAO	59
9.2.1 Toma y análisis de requerimientos	59
9.2.2 Modelo conceptual	61
9.2.3 Modelo lógico	78
9.2.4 Modelo físico.....	82
10 Conclusiones.....	83
10.1 Resultado	83
10.2 Posibles mejoras	84
11 Referencias.....	85

Índice de figuras.

Fig. 3.1. Áreas funcionales del mantenimiento planificado.....	11
Fig. 3.2. Organización del mantenimiento.....	16
Fig. 6.1. Flujos de entrada en la toma y análisis de requerimientos.....	31
Fig. 7.1. Flujos de estado permitidos de las órdenes de trabajo.....	38
Fig. 8.1. Distribución de empresas por sectores y número de trabajadores.....	42
Fig. 8.2. Distribución de sistemas operativos en las PYMES.....	43
Fig. 9.1. Fases del diseño de una base de datos.....	48
Fig. 9.2. Flujos de entrada en el diseño de una base de datos.....	49
Fig. 9.3. Ejemplo de una entidad de nombre coche	52
Fig. 9.4. Interrelación entre dos entidades	53
Fig. 9.5. Ejemplo de entidad de nombre coche.....	55
Fig. 9.6. Relación de nombre coche.....	55
Fig. 9.7. Entidades proveedores y “tipo_suministros”.....	62
Fig. 9.8 Entidades recambios, categorías y proveedores.....	63
Fig. 9.9 Entidades equipos, recambios, “recambios_equipos”.....	65
Fig. 9.10. Entidades equipos y líneas.....	67
Fig. 9.11. Entidades operarios, turnos, especialidades y “categoría_profesional”.....	68
Fig.9.12 Entidades gamas, normas, “normas_en_gamas” y “tipos_incidencias”.....	69
Fig. 9.13. Entidades equipos, “gamas_asociadas_equipos”, gamas, “recambios_en_gamas” y recambios.....	72
Fig. 9.14. Entidad <i>workorders</i> y las entidades con interrelaciones con ella.....	73
Fig. 9.15. Entidades gamas, “predictivo_equipos” y “predictivo_lecturas”.....	76

Fig. 9.16. Entidades gestor_conocimiento, equipos y “tipo_incidentes”78

Glosario de términos.

BD	Base de datos
CAD	diseño asistido por ordenador (<i>Computer Aided Design</i>)
CM	Monitorización de condiciones (<i>Control Monitoring</i>)
ER	modelo entidad-relación
ERP	Software de gestión de empresas (<i>Enterprise resources planning</i>)
EUPMT	Escola Universitària Politècnica de Mataró
GIS	Sistema de información de geolocalización
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
MTBF	Tiempo medio entre fallos (<i>MeanTtime Between Failures</i>)
MTTR	Tiempo medio de reparación (<i>Mean Time To Repair</i>)
OEE	Eficiencia general de equipos (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)
PFC	Proyecto Final de Carrera
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
SCADA	Supervisión, control y adquisición de datos (<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>).
SGBD	sistema gestor de base de datos.
TPM	Mantenimiento total productivo (<i>Total Productive Maintenance</i>)
WO	Orden de trabajo (<i>Workorder</i>)

1 Objetivos.

1.1 Propósito.

Desarrollar una solución software que sirva de plataforma para gestionar siguiendo los estándares de calidad ISO el departamento de mantenimiento de una empresa de pequeño o mediano tamaño que tenga actividad productiva.

Este *software* ha de permitir gestionar de una forma eficiente y centralizada los diferentes elementos que intervienen los procesos de mantenimiento de los equipos e instalaciones que formen parte de la empresa.

Esta solución consta de diferentes módulos que se corresponden con los diferentes elementos (como por ejemplo, la gestión de personal, de equipos, planificación de los trabajos, etc.) que forman parte de la gestión del mantenimiento.

1.2 Finalidad.

El desarrollo del PFC tiene como finalidad cubrir el vacío existente de aplicaciones adecuadas para la gestión del mantenimiento según las necesidades de las pequeñas y medianas empresas y constituir una alternativa a las grandes soluciones comerciales de elevado coste que existen en el mercado.

La utilización de este tipo de herramientas es necesaria en un entorno como el actual, donde se busca la reducción de costes, la gestión eficaz y eficiente mediante la mejora de la planificación, la previsión de recursos y la optimización en su uso.

Además, facilita el cumplimiento de lo indicado en la norma ISO 9001 respecto al mantenimiento de la infraestructura, ya que proporciona el soporte documental a las acciones de mantenimiento realizadas, solicitado por la norma.

1.3 Objeto

En este PFC se ha creado un software de gestión de mantenimiento orientado a PYMES.

1.4 Alcance

El alcance de este proyecto final de carrera se ha visto determinado por el entorno de este tipo de empresas, que al ser más reducido implica que las funcionalidades cubiertas por el *software* sean de menor envergadura.

Es por tanto un programa monousuario que se apoya en las capacidades de la base de datos Microsoft Access.

2 Fundamentos de la gestión del mantenimiento.

2.1 Interferencias en entornos productivos.

Dentro de un entorno productivo típico, existen una serie de factores que pueden interferir el normal desarrollo de los procesos que ahí tienen lugar. La mayoría de las veces, estas interferencias o "ruido", inciden sobre el proceso de producción mismo, modificando su curso y alterando los resultados.

Algunos de estos factores son ajenos al entorno mismo y son el resultado de la natural interacción de éste con el exterior. Son los llamados "factores externos" y por regla general son poco previsibles y/o controlables. Su incidencia en el proceso de producción no puede ser eliminada (ya que no dependen de nosotros) pero aún así, se pueden tomar ciertas medidas preventivas que minimicen sus efectos. Un ejemplo de esto, sería la dependencia con respecto al suministro eléctrico. Si por la falta de éste se debe detener una cadena de producción (algunos tipos de ellas son especialmente sensibles a los paros, como aquellas en que el paro de la misma provoca daños en el material, por efectos de temperatura, etc.,) puede resultar en un elevado costo que la empresa debe asumir. Si bien es cierto que se pueden tomar medidas preventivas (la adquisición de grupos electrógenos, por ejemplo), también lo es, que estas medidas son caras y no se puede mantener el grueso de la producción, funcionando bajo estas condiciones durante mucho tiempo.

Por otra parte, dentro del propio entorno, también aparecen interferencias que dificultan o impiden el normal funcionamiento del conjunto. Estas interferencias, están causadas por factores que, ahora sí, están bajo el posible control: son los "factores internos".

Los factores internos se pueden dividir en dos grupos, según sea su resultado.

Aquellos que dificultan o empeoran las condiciones de trabajo, son denominados como:

Alteraciones leves: Por lo general se convive con ellas y no se les da mayor importancia ya que los operarios las aceptan como algo normal, asociado al propio proceso de

producción. Su no solución da lugar a pequeñas pérdidas por desperdicios ocultos que a la larga pueden suponer grandes cantidades de dinero, o pueden degenerar en alteraciones graves.

Alteraciones graves: Son aquellas que comportan la detención total o parcial del proceso y/o causan daños a los material en curso de fabricación o disminuciones considerables en los rendimientos de la cadena de producción.

Dentro de este último grupo, son varios los factores que las causan, pero podemos citar como predominantes: Aquellos relacionados con el desgaste y/o rotura de la maquinaria que interviene en los procesos debidos al uso normal, pero que un deficiente control no ha sido capaz de detectar.

- Los debidos al excesivo desgaste (excesivo = antinatural) de la maquinaria, debido a un uso incorrecto o a una deficiente adaptación de ésta a las condiciones de trabajo en las que tiene que trabajar.
- Los debidos a una incorrecta manipulación de la maquinaria por parte de los operarios que se encargan de ello. La incorrecta utilización, suele ser fruto de la ausencia de medidas, que garanticen el correcto manejo y no den margen a que los usuarios cometan errores.
- Condiciones deficientes de limpieza, higiene o insalubridad. La falta de limpieza puede provocar averías en la maquinaria o puede dar lugar a accidentes laborales.
- Factores medioambientales: La falta de medidas o el incumplimiento de éstas por cualesquiera causas, puede dar lugar a la paralización (o en casos graves a la retirada definitiva) de las autorizaciones para poder desarrollar la actividad productiva.

Todos estos factores deben de ser tenidos en cuenta a la hora de abordar la elaboración de un plan de mantenimiento bien sea de un equipo o instalación de forma que garantizando al máximo su disponibilidad, obtengamos el máximo rendimiento.

2.2 Evolución histórica de la gestión del mantenimiento: del mantenimiento correctivo al T.P.M.

Hasta hace relativamente poco, el enfoque tradicional en la gestión del mantenimiento se centraba en buscar la mayor eficiencia a la hora de solucionar los problemas una vez ya se habían producido éstos.

Se contaba con la presencia de un departamento de mantenimiento, que mayormente consumía su tiempo realizando intervenciones de emergencia para volver a poner las instalaciones en funcionamiento en el menor tiempo posible.

El grado de eficacia se medía por el número de operaciones realizadas y el tiempo empleado en éstas, por lo que las actuaciones de mejora se encaminaban simplemente a tratar de gestionar más eficazmente este departamento y disminuir el tiempo de las intervenciones.

Es el llamado mantenimiento correctivo ya que actúa sobre el problema a posteriori, corrigiendo los problemas una vez se han presentado y asumiendo los costes que de ello puedan derivarse.

Este tipo de mantenimiento era el mantenimiento generalizado hasta más o menos la segunda guerra mundial. Antes de aquella época las máquinas eran simples, controladas por elementos muy sencillos y de construcción dura y fiable. El ritmo de trabajo de las máquinas era relativamente lento por lo que también lo era el desgaste de los elementos y dado el bajo coste de la mano de obra, el tiempo de paro no era un parámetro crítico.

El mantenimiento correctivo no responde a las necesidades de las empresas actuales, y sólo cabe considerarlo como asumible en los casos en que esperar a la corrección del problema cuándo este sucede sea ventajoso (en coste) al generado por la sustitución periódica de los elementos implicados.

A partir de la década de los años 50, con el resurgimiento de la industria después de la guerra y el crecimiento de los costes salariales, aumentó la presión sobre la disminución de los tiempos de paro.

Además las líneas de producción eran de construcción menos robusta y corrían a mayor velocidad (mayor desgaste). Producción demandaba una mejor gestión del mantenimiento que llevo al desarrollo del mantenimiento planificado.

En este caso la planificación, entendida como “la búsqueda sistemática de soluciones a los problemas antes de que aparezcan, es decir, la detección de los potenciales focos de problemas y su eliminación (o mejora)” [1].

El mantenimiento planificado es la herramienta que lo facilita, dotando a la gestión del mantenimiento de una estructura organizativa alrededor de la cual agrupar los diferentes trabajos que hay que realizar

A partir de los años 80, la complejidad creciente de las plantas, la competitividad de los mercados globales aumentan de forma significativa trasladando al departamento de mantenimiento la obligación de disminuir o eliminar los tiempos de paro y manteniendo los costes de mantenimiento, lo más bajos posibles.

Es la época del surgimiento de nuevos conceptos de producción y para darles respuesta apareció un nuevo concepto en la gestión del mantenimiento: la monitorización de las condiciones (CM) que devendría en el mantenimiento predictivo.

Este mantenimiento está basado en el sondeo periódico de algunas variables medibles del equipo, permitiendo detectar de forma anticipada la aparición de cambios en sus valores que signifiquen la aparición de un futuro problema y planificar la medida correctiva adecuada que será efectuada en el momento más oportuno en función de las necesidades de uso del equipo.

En la actualidad y desde la política de reducción de costes de mantenimiento, eliminación de los tiempos de paro y la cultura de eliminación de todo aquello que no aporte valor al producto, los diferentes departamentos (producción, ingeniería, mantenimiento, etc.) trabajan conjuntamente en esta meta común: la total desaparición de incidencias, que sería el fin último del mantenimiento.

El mantenimiento total productivo o T.P.M recogería las anteriores prácticas de mantenimiento y las proyectaría hacia adelante, al incorporar al personal encargado de manejar los equipos en las tareas de mantenimiento (mantenimiento autónomo) y un

enfoque global que intenta conseguir el “mantenimiento cero” ya desde la propia concepción del equipo y durante toda su vida útil.

El T.P.M. establece la excelencia en la gestión del mantenimiento mediante la persecución de una serie de metas:

- La mejora de la productividad de los equipos mediante la identificación y el análisis de todas las pérdidas que tienen lugar: tiempos de paro, pérdidas de rendimiento (el equipo funciona a menor capacidad) o pérdidas por productos defectuosos.
- El mantenimiento autónomo, basado en la idea de que nadie puede conocer mejor y mantener operativo un equipo que quien lo opera habitualmente.
- Un plan de mantenimiento global, que de forma sistemática determine y asigne a cada equipo y sus partes el nivel de mantenimiento adecuado en función de sus requerimientos.
- Mejorar de forma continua las habilidades de todo el personal implicado proveyendo el entrenamiento y la formación necesaria para ello.
- La gestión anticipada de las averías mediante un plan de mantenimiento planificado, de forma que no se produzcan y en última instancia proponiendo soluciones para que no se repitan.

3 Conceptos de mantenimiento.

3.1 Indicadores de producción.

A continuación se describen algunos de los términos utilizados en gestión de la producción.

MTBF

Tiempo medio entre fallos o en inglés *Mean Time Between Failures*: es el tiempo promedio entre fallos consecutivos de la misma especie, de un equipo o dispositivo. Aunque en según qué casos pueden ser proporcionados por el fabricante, los valores pueden variar notablemente según las circunstancias del entorno donde se utiliza ese equipo, por lo que acaban basándose en el registro histórico.

FITS

Es una medida del tiempo medio entre fallos expresada como el número de fallos por cada millón de horas

MTTR

Tiempo medio de reparación (*Mean Time To Repair*) expresa la cantidad de tiempo necesaria para reparar una avería del equipo. Da una idea de la gravedad de la avería y por tanto del coste que puede representar si se produce. Este valor permite valorar la rentabilidad de la acción de mantenimiento que debe prevenirla.

Disponibilidad (O.E.E)

Esta medida representa el porcentaje del tiempo que el equipo está disponible para su uso, el cual se expresa como la relación entre el Volumen de producción práctica y la capacidad de producción teórica del equipo. En aquellos equipos que no trabajan todo el tiempo la medida sería sobre el tiempo en que el equipo va a estar utilizándose no sobre todo el tiempo.

Tiempo de paro (Down Time)

Como su propio nombre indica es el número de horas que el equipo no ha estado operativo.

3.2 Mantenimiento correctivo.

Es el primer y más simple tipo de mantenimiento, y en mayor o menor medida todas las empresas se ven obligadas a utilizarlo ya que su misión principal es la de reparar las averías que se presenten de forma que el proceso productivo pueda continuar.

En este caso se trata de ser realizado en el menor tiempo y al menor coste posible.

La gestión de las averías concierne a los pasos que deben seguirse una vez se ha producido la avería, de cara a minimizar las repercusiones de ésta, los costos de reparación y recoger información sobre el problema surgido, a fin de encauzar las medidas correctoras, destinadas a evitar que la situación vuelva a reproducirse.

Por ello es útil disponer de piezas de un archivo técnico con el máximo de información que permita identificar la avería de que se trata, las instrucciones para su resolución y de los recambios necesarios para su reparación

3.3 Mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado, es el conjunto de actividades programadas de antemano para realizar operaciones de mantenimiento que permitan alcanzar el nivel de "cero averías".

Para ello en lugar de esperar a que suceda la avería, se estipula el momento adecuado para realizar la reparación antes de que esta tenga lugar, adecuando las necesidades de la intervención (que suele comportar el paro de la instalación) al calendario de funcionamiento de la misma.

Estas tareas de mantenimiento, serán llevadas a cabo por los equipos de mantenimiento de la planta, aunque algunas actividades puedan delegarse en los propios operarios que operan las máquinas (mantenimiento autónomo).

3.4 Áreas funcionales de la gestión del mantenimiento planificado.

Tal como se puede ver en la Fig. 3.1, se pueden distinguir cuatro áreas en la gestión del mantenimiento planificado.

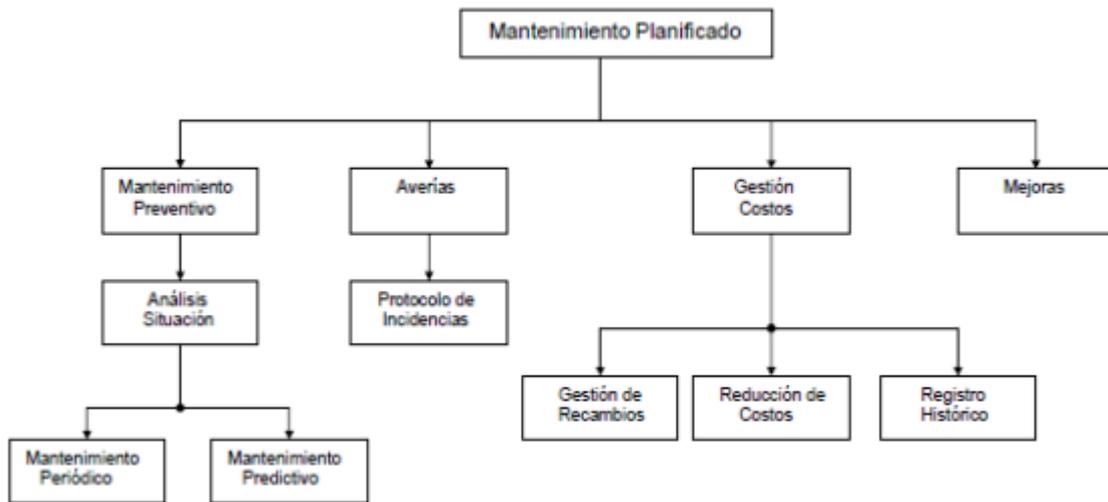


Fig. 3.1. Áreas funcionales del mantenimiento planificado.

3.4.1 Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es el nivel de mantenimiento que se debe realizar de forma periódica por efecto del uso o el paso del tiempo, normalmente debido al desgaste del elemento, u otros tal como el consumo de lubricantes y otros efectos similares. Se trata de realizar un mantenimiento periódico, reemplazo y/o reposición de piezas y partes que se consumen y/o desgastan durante su uso normal.

El mantenimiento preventivo se inicia con un análisis detallado del estado de la maquinaria. Para ello, se establecen unos parámetros de medida tales como:

- Tiempo entre fallos consecutivos (MTBF)
- Tiempos medios de reparación (MTTR)

- Rendimiento global de la maquinaria (OEE) y similares.

Con los resultados obtenidos, se establece una clasificación de las máquinas, en función de lo crítica que pueda resultar su parada y las consecuencias que pueda tener en el resto del entorno productivo.

Esta clasificación, sirve para conocer la situación real y el potencial de conflictividad de las distintas máquinas y es la base del desarrollo de las tareas de mantenimiento que se vayan a realizar y el orden en que se harán.

Los resultados de este análisis, se emplean, también, en el apartado de averías, estableciendo una clasificación de, cuáles son las máquinas que deben ser atendidas primero, en caso de un fallo simultáneo.

3.4.2 Mantenimiento predictivo.

Se trata del tipo de mantenimiento basado en el seguimiento de algunas variables importantes de funcionamiento CM (*Control Monitoring*), cuya desviación de los valores admitidos predice la futura aparición de un problema y permite actuar sobre el elemento de infraestructura antes de que se produzca un mal funcionamiento.

Algunas de las principales técnicas del *Control Monitoring* que son empleadas en el mantenimiento predictivo son:

- Análisis vibracional de equipos o elementos rotativos
- Análisis de la degradación de los aceites y lubricantes (motores, etc.)
- Termografía
- Medición de espesores.
- Etc.

La combinación de más de una técnica en el control de un equipo o elemento y el estudio de la correlación entre las medidas obtenidas permiten tener predicciones más precisas acerca del tiempo de vida restante del equipo, permitiendo apurar mejor la vida útil de los elementos a reemplazar.

La incorporación en la propia maquinaria de sensores de control y otros dispositivos de instrumentación permite que en muchos casos, sea la propia máquina quien efectúe el control y de aviso o se detenga de forma automática.

3.4.3 Gestión del mantenimiento y costos.

Debe disponerse de algún sistema para centralizar la información disponible acerca de averías anteriores, documentaciones y manuales de las máquinas y gestionar los recambios de forma eficiente, con la finalidad de minimizar los gastos de compra y almacenaje.

3.4.4 Mejoras.

La modificación en el diseño original de la máquina e instalaciones que impidan la aparición de problemas ya detectados. Estas modificaciones, pueden ser fruto de las sugerencias de los operarios, en función de lo que observan durante su trabajo o del análisis de los datos obtenidos en las incidencias, además de la verificación del estado de la maquinaria u otros.

Después de realizar una modificación, debe hacerse un seguimiento, para comprobar la efectividad de la misma

En las organizaciones con un alto nivel de mantenimiento, la mayoría del trabajo realizado se origina a través de los programas de mantenimiento preventivo y predictivo.

En ambos casos, (mantenimiento periódico y mantenimiento predictivo), el trabajo se reparte entre los equipos de mantenimiento autónomo (los propios operarios), en y el equipo de mantenimiento, en función del grado de complejidad que comporten las tareas a realizar. Este último puede ser apoyado por especialistas externos en los casos en que así se requiera.

3.5 Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo, consiste en traspasar la responsabilidad del mantenimiento del estado operativo de las máquinas, a los propios operarios encargados de su manejo. Así pues, el conjunto de actividades necesarias para garantizar la disponibilidad y el nivel de funcionamiento adecuado, pasan a ser realizados de forma complementaria a su actividad principal.

A las tareas de mantenimiento básicas (limpieza, lubricación, etc.) se suman tareas más complejas (sustitución de componentes, detección de anomalías en el funcionamiento de la máquina, etc.) que hacen necesario dotar a los operarios de un mayor grado de conocimiento sobre el mecanismo y funcionamiento de las máquinas que tienen a su cargo. Este conocimiento, debe dotarles de capacidad para distinguir entre condiciones normales y anormales de funcionamiento y de adoptar decisiones coherentes en caso de detectar alguna anomalía. Asimismo, se deberá inculcar la necesidad de mantener estrictamente el nivel de control sobre las condiciones de trabajo y los resultados de calidad derivados de éstas.

Al liberar a los equipos de mantenimiento de estas tareas, éstos pueden concentrarse en resolver rápidamente las incidencias de carácter grave, realizar tareas de mantenimiento, fuera del alcance de los operarios (aquellas que por su magnitud o complejidad no son asumibles por éstos) y especialmente en el desarrollo de mejoras de toda clase.

3.6 Mantenimiento de la calidad.

El objetivo de este tipo de mantenimiento es el de evitar los defectos producidos en los ítems fabricados por culpa del estado de los equipos productivos. El término "defecto" va más allá de su significado tradicional y se adentra en el terreno de la calidad, donde se considera defecto, a cualquier desviación de los parámetros establecidos como deseables del producto. Hay que averiguar las distintas relaciones entre las características de calidad del producto (o parte de éste) que se está produciendo y las posibles variables de operación de los equipos, temperaturas, velocidades, mezclas de gases, etc. y definir las condiciones

de operación en las que se está consiguiendo la calidad deseada, para luego, diseñar métodos y mecanismos que garanticen que se trabaja siempre dentro de esas condiciones.

3.7 Seguridad e Higiene.

Los términos "seguridad e higiene laboral" abarcan al aspecto, no menos importante, de la ausencia de accidentes laborales (seguridad) y condiciones adecuadas de salubridad (higiene) en los puestos de trabajo. Las consecuencias, que sobre el rendimiento de la fuerza laboral tienen la ausencia de éstas, como por ejemplo desmotivación, bajas o incluso demandas penales, hacen rentable, no solo, desde el punto de vista social, sino también económico, la adopción de medidas destinadas a la consecución de "cero accidentes" y de mejoras en las condiciones de trabajo de los puestos de trabajo.

La metodología, es similar a la de los apartados anteriores, denominándose a veces mantenimiento funcional. Este tipo de mantenimiento consiste en verificar el correcto funcionamiento de las distintas funcionalidades del elemento de infraestructura basándose, también, en un análisis (o inspección) de su estado operativo. El caso más ilustrativo y común sería el de verificar que los elementos de seguridad funcionan correctamente.

3.8 Organización del mantenimiento.

La organización del mantenimiento se aproxima (de forma simplificada) al siguiente esquema, tal como se puede ver en la siguiente Fig. 3.2

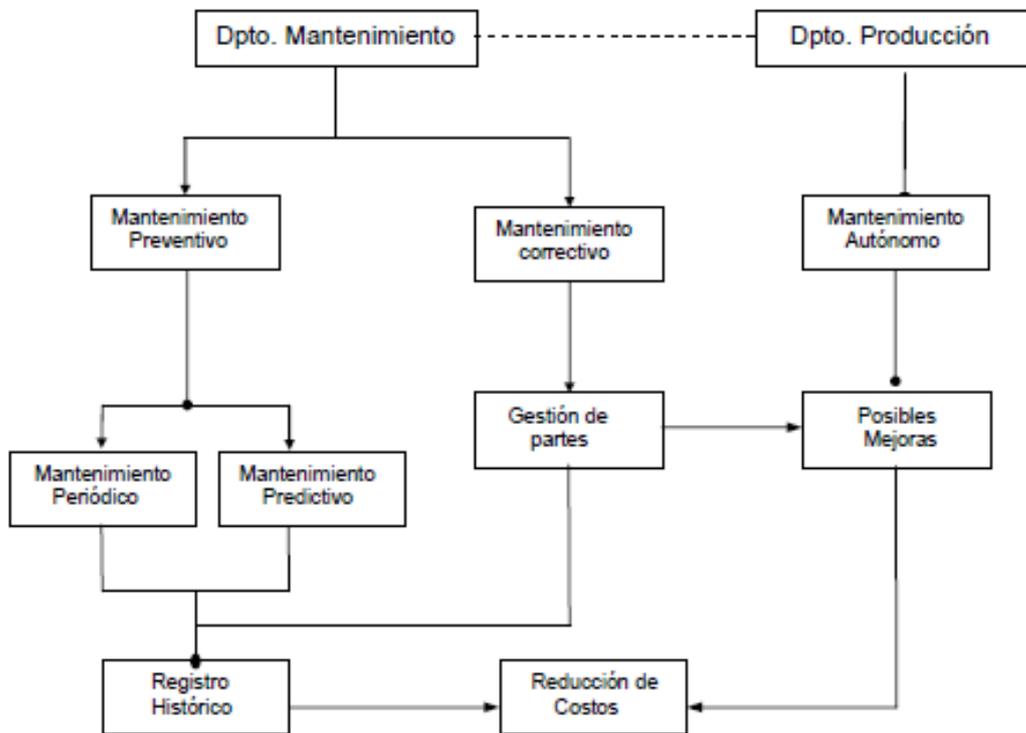


Fig. 3.2. Organización del mantenimiento.

En él se describe un circuito de gestión de la información generada en la instalación, bien sea en forma de estadísticas (registro histórico), o bien en forma de observaciones directas (partes de avería y solicitudes de mejora), todo ello con el claro objetivo de reducir los costos.

Tradicionalmente para la gestión de los trabajos se generan una serie de fichas o documentos donde se recogen por escrito las tareas a realizar y que se entregan a las personas encargadas de llevarlas a cabo. Una vez realizadas estas tareas, se devuelven al emisor para su computación en el sistema. La emisión de estos documentos será tarea del software de GMAO.

Esta disposición da lugar a cuatro tipos distintos de documentos de mantenimiento:

- Fichas de mantenimiento Autónomo.

- Fichas de mantenimiento Preventivos
- Fichas de mantenimiento predictivo/lectura de variables
- Partes de incidencias / Propuestas de mejora

A continuación se describe de forma breve el propósito que tienen los diferentes tipos de fichas

3.8.1 Fichas de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo se organiza en torno a la operativa de producción que tenga lugar.

Por lo tanto habrá diferentes modelos de ficha (para cada puesto y turno) que se adjuntarán a las hojas de producción con la lista de operaciones que el operario deberá realizar, dentro de las tareas propias del puesto de trabajo.

Ya que es el personal de producción el encargado de llevar a cabo estas tareas, la gestión del departamento de mantenimiento en este caso se limita a la elaboración de lista de tareas a realizar y la supervisión de su cumplimiento.

Es por tanto el propio departamento de producción el responsable de entregar estas fichas a los operarios de producción, generalmente de forma adjunta a las órdenes de fabricación.

3.8.2 Fichas de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo agrupa las operaciones que se llevan a cabo de forma periódica tomando como elemento para su lanzamiento el número de horas que el equipo o instalación han estado trabajando desde la última vez que se realizó la operación de mantenimiento.

En la cabecera de las fichas se encuentran datos referentes a su gestión, como qué tipo de operario que debe llevarla a cabo, el tiempo que se debería tardar o el equipo necesario. La parte inferior indica las tareas a realizar de forma secuencial.

En los casos en que sea preciso, acompaña a la tarea la referencia interna de los recambios y una indicación del plano donde situar la intervención, con el fin de facilitar la localización del elemento en cuestión.

Estos datos se encuentran codificados en la base de datos del sistema y se añaden a la orden de trabajo de forma automática cuando se genera ésta.

Una vez finalizadas las tareas el operario completa la ficha con sus datos y el tiempo real empleado en su ejecución y la devuelve para su registro.

3.8.3 Fichas de mantenimiento predictivo.

En este caso se trata de medir de forma periódica algún parámetro del equipo en cuestión, del que se sepa que una variación importante respecto a un valor objetivo, sea el aviso de una inminente avería.

La ficha indica el equipo a medir, el elemento y el valor objetivo (con un margen de tolerancia). Si durante la lectura se comprobase que la medida excede estos valores, se procedería a dar aviso de ello, para planificar la intervención correctiva correspondiente.

3.8.4 Fichas de mantenimiento correctivo (partes de incidencias).

Cuando por la circunstancia que sea hay que intervenir un equipo para repararlo., también se debe generar un documento (en este caso directamente una orden de trabajo) que incluya la información referente al equipo a reparar y las instrucciones necesarias para llevarlo a cabo.

Una vez realizada la intervención, se hará el correspondiente reporte de la misma, informando al sistema.

Del análisis de estos reportes se puede extraer información para analizar que permita determinar sus causas y en conjunción con el departamento de producción la adopción de medidas en los equipos que eviten su repetición

4 Tipos de gestión de mantenimiento.

A nivel de recursos humanos existen diferentes maneras de gestionar el personal que se encargará de llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

4.1 Interno.

Se llama mantenimiento interno a aquellos casos en que las operaciones de mantenimiento están a cargo de personal propio de la empresa.

Como ventajas se pueden citar el conocimiento de los procesos propios de la empresa que tienen los operarios y como desventaja principal la falta de especialización ya que el personal toca “todos los palos”

4.2 Externo (subcontratado).

En este caso es personal externo a la empresa el encargado de llevar a cabo las tareas. Existen diferentes modalidades en función del tipo de procesos que se llevan a cabo que van desde la externalización del departamento de mantenimiento entero, a la subcontratación de servicios de forma periódica y puntual.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento vienen por la parte financiera, al convertirse en un servicio, con los consabidos ahorros en personal, niveles de calidad del servicio etc. La desventaja principal de este tipo de mantenimiento viene dada por el desconocimiento de las peculiaridades del proceso por parte del proveedor externo y en ocasiones por la excesiva rotación de personal en la empresa subcontratada.

4.3 Mixto.

Este modelo, como su nombre indica, es un intermedio entre los dos anteriores, en el cual se mantiene un equipo de personas dentro de la empresa, que estarán a cargo de las operaciones de mantenimiento relativas al propio proceso de la empresa, mientras que aquellas de carácter más genérico y menos crítico son externalizadas.

5 Gestión del mantenimiento y la norma ISO9001.

5.1 Gestión de la calidad ISO9001.

La norma ISO 9001:2008 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad que puede utilizarse por las organizaciones para su aplicación interna.

Definición de la norma ISO 9000: *“Calidad: grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”* [2]

Un sistema de gestión de la calidad es una estructura operacional de trabajo, documentada e integrada con los procedimientos técnicos y de gestión, que debe servir de guía a la manera de proceder de las organizaciones (fuerza de trabajo, equipos, e información de la organización) de manera que se garantice la satisfacción del cliente y el mantenimiento de los costos lo más bajos posibles.

5.2 Mantenimiento de infraestructuras en la norma ISO9001.

La gestión de las infraestructuras es un requisito obligatorio de los sistemas de gestión de la calidad. El correcto funcionamiento de los equipos y el perfecto estado de las instalaciones incide directamente en el desempeño de los procesos y, por lo tanto, en la calidad percibida por los clientes.

En el apartado *“6.3 Infraestructura”*, perteneciente al capítulo *“6. Gestión de los recursos”* de la norma ISO 9001:2008, se define el concepto adoptado por esta normativa para gestionar la infraestructura de la organización:

“La organización debe determinar, proveer y mantener la infraestructura necesaria para conseguir la conformidad a los requerimientos del producto. Infraestructura incluye, cuando aplique, (a) edificios, lugares de trabajo y facilidades asociadas, (b) equipo de proceso (tanto hardware como software), y (c) los que dan soporte a los servicios (como transporte, comunicaciones o sistemas de información)” [3]

Mediante este capítulo de “Infraestructura“, la norma ISO 9001 promueve la aplicación de una política de mantenimiento adecuada a la infraestructura utilizada por la empresa, generando reducción de paradas imprevistas, manejo más racional del capital humano, compra ordenada de repuestos y prolongación de la vida útil de los equipos entre otros beneficios, que contribuyen a asegurar el logro de la conformidad con los requisitos del producto o el servicio.

5.2.1 Etapas de la gestión de la infraestructura.

A continuación se describen los pasos necesarios para una adecuada gestión de las infraestructuras de una organización según la normativa ISO9001 y que se puede resumir en 3 etapas:

- **Determinar:** Se requiere identificar claramente cuáles son los recursos de infraestructura que la organización necesita para lograr la conformidad con los requisitos del producto o el servicio.
- **Proporcionar:** Una vez que han sido determinados los recursos necesarios, éstos deben ser proporcionados a quienes los necesiten dentro de la organización.
- **Mantener:** Los recursos de infraestructura que en las etapas anteriores han sido identificados y proporcionados, requieren que la organización efectúe determinadas actividades de mantenimiento para continuar brindando las mismas prestaciones que le aseguren a la organización lograr la conformidad con los requisitos del producto o el servicio.

5.3 Método para el mantenimiento de infraestructuras.

A fin de desarrollar un método de mantenimiento de infraestructura que resulte de utilidad para la empresa, resulta conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Hardware:** el término “hardware” utilizado por la norma ISO 9001 no hace referencia únicamente a la informática, sino que comprende todos los recursos en soporte físico que requieran los procesos, tales como máquinas, equipos

(informáticos o no), herramientas, medios de transporte, edificios, mobiliario, equipos de comunicación, etc.

- **Software:** el término “software” utilizado por la norma ISO 9001 no hace referencia únicamente a la informática, sino que comprende todos los recursos en soporte lógico que requieran los procesos, tales como programas informáticos, datos, información.

5.3.1 Inventarios de la infraestructura.

El primer paso para establecer un método adecuado que permita mantener en condiciones la infraestructura consiste en identificar los elementos que conforman esa infraestructura, lo que puede realizarse mediante un inventario de la infraestructura que hay que mantener.

Habitualmente, es recomendable asignar un código único a cada elemento, y también crear familias o grupos de elementos.

Un inventario suele contener información sobre el código del elemento, su descripción, la familia, subfamilia y/o grupo al que pertenece, la fecha de compra o alta, el precio de compra, su ubicación, y el mantenimiento que éste debe recibir.

5.3.2 Definir las actividades de mantenimiento.

El primer paso para establecer un método adecuado que permita mantener en condiciones la infraestructura consiste en identificar los elementos que conforman esa infraestructura, lo que puede realizarse mediante un inventario de la infraestructura que hay que mantener.

Esta etapa requiere que para cada elemento de la infraestructura se definan las actividades necesarias para su mantenimiento. Esta definición consiste en establecer:

- Operaciones/tareas de mantenimiento a realizar
- Forma de realizar las operaciones/tareas de mantenimiento
- Herramientas, materiales, insumos necesarios para las operaciones/tareas de mantenimiento

- Responsabilidades para la ejecución de tareas.

La organización debe definir qué tipo de mantenimiento realiza por ser el que más adapta a sus necesidades.

También puede ser necesario que la organización deba elaborar las instrucciones que indiquen cómo realizar las actividades de mantenimiento.

Una vez realizada la actividad de mantenimiento se deben elaborar los registros correspondientes, bien sea de forma documental o informáticamente.

5.3.3 Planificar actividades de mantenimiento.

El objeto de la planificación de las actividades es lograr, con el mínimo costo, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinaria productivas, a fin de conseguir la máxima disponibilidad. Adicionalmente lograr la conformidad con los requisitos del producto o el servicio.

Los componentes o factores de la planificación del mantenimiento son:

- El costo.
- El tiempo de servicio.
- La seguridad de funcionamiento.

Estos tres factores son medibles, y conociendo su variación es posible optimizar el objetivo anteriormente definido, permitiendo efectuar un análisis para llegar a determinar nuevas acciones.

Una forma habitual de medir el desempeño del proceso de mantenimiento es mediante el O.E.E, el cual representa la relación entre el volumen de producción real conseguido y la capacidad de producción teórica del equipo.

Una mejora en este índice significa:

- Mejoras en plazos de entrega
- Mayor flexibilidad y simplicidad del Mantenimiento

- Optimización de recursos empleados
- Menores costos

6 Software para la gestión del mantenimiento.

6.1 Introducción al software para la gestión del mantenimiento.

A fin de obtener un estándar operativo desde el área de mantenimiento deben tomarse acciones que combinan factores tales como mano de obra, información, capital, energía, materiales y herramientas.

El proceso de toma de decisiones en mantenimiento involucra el manejo de gran cantidad de información que permite conocer el estado de los trabajos, evaluar el funcionamiento de los equipos, costear las intervenciones, evaluar riesgos, etc.

En el marco de esta evolución aparece el software de mantenimiento GMAO (o del inglés: *Computerized Maintenance Management System*), siendo su componente principal los módulos integrados para el manejo de almacenes, compras, facturas. Y algunas aplicaciones para el manejo de proyectos, herramientas, presupuestos, catálogos, planos, indicadores de gestión, emisión de reportes y control de autorizaciones.

La función principal de dicho software es permitir la realización de planes y control del mantenimiento, pues debe servir como herramienta para llevar a cabo dichos procesos. El sistema debe trabajar con datos compartidos e interrelacionados, lo que permite que la información fluya entre distintas dependencias en tiempo real. Los datos ingresados y almacenados en la base de datos una sola vez deben estar disponibles para cualquier usuario que tenga acceso al sistema.

6.2 Factores a considerar en la elección de un GMAO.

A continuación se describen los elementos que deben tenerse en cuenta al elegir una solución GMAO.

6.2.1 Factores tecnológicos.

Estos factores hacen referencia a la vertiente informática del programa y su nivel de cumplimiento con las características y capacidades que deben exigirse a cualquier software que vaya a ser usado en una compañía de su tamaño y tipología.

- **Compatibilidad:** Es la facilidad del software para integrarse con los sistemas usados por la organización (plataformas de hardware y bases de datos) y para comunicarse con el resto de programas. En el caso de las empresas de gran tamaño, suele ser una exigencia la compatibilidad con los software ERP (SAP y similares) así como su integración en bases de datos Oracle o similares.
- **Flexibilidad:** El programa escogido debe ser lo suficientemente flexible para recoger las particularidades de este entorno de producción, bien sea mediante la parametrización del mismo o mediante la realización de modificaciones en el código si fuera necesario.
- **Escalabilidad:** Es la capacidad de un software de aumentar su capacidad para atender una demanda creciente. Dado que su uso posteriormente será ampliado al resto de la fábrica, y en previsión del crecimiento de esta, el software debe ser capaz de resistir un gran número de usuarios simultáneos.

6.2.2 Factores de mantenimiento (funcionalidades).

A continuación se describen las funcionales que debe cumplir un software de gestión del mantenimiento de una organización.

- **Gestión del parque de maquinaria instalada:** Para poder tener inventariado dentro del sistema todos los bienes y equipos que deben ser mantenidos, con su correspondiente escandallo de piezas y componentes.
- **Gestión de los recambios:** Controlar el nivel de existencias, proveedores y plazos de aprovisionamiento

- **Planificación de las intervenciones:** Para asignar tareas en fechas y a los recursos disponibles. Es importante poder adjuntar documentación propia con la emisión de las órdenes de trabajo.
- **Reporte de la intervención:** Con el fin de realimentar el sistema de análisis con la información obtenida.
- **Gestión de recursos:** Asignación de personal a las diferentes tareas y control del personal interno y externo.
- **Gestión de compras:** Aprovechamiento de material.
- **Análisis de las actividades:** Permitir el análisis de las tareas realizadas en cada máquina y la creación de reportes personalizados.
- **Gestión documental:** El software en cuestión debe de disponer de algún tipo de gestión documental que permita la incorporación de documentos, planos CAD, manuales de instrucciones, etc. Se puede asignar la impresión de los documentos a la emisión de las órdenes de trabajo, para poder dar la ficha con las instrucciones al operario que vaya a realizarlas.
- **Control de costes:** Realizar una gestión y control de costes y adicionalmente una gestión presupuestaria integrable con el software ERP utilizado por la compañía.
- **Planificación del mantenimiento:** Que la planificación de los sucesivos lanzamientos de las órdenes de trabajo se encuentre introducida en el sistema informático. Este se encarga de controlar los calendarios de ejecución, y permite, una vez lanzada la orden hacer el reporte de la misma, así como el seguimiento en su conjunto.
- **Gestión de partes y sugerencias de mejora:** Con el fin de retroalimentar todo el proceso de gestión de la información en lo que al mantenimiento atañe, se dispone de un sencillo sistema basado en partes y hojas de sugerencias de mejora, que permiten hacer un seguimiento de las incidencias sucedidas en planta, o solicitar por parte de los operarios acciones de mejora. Todas las acciones de mejora, están amparadas por la normativa ISO 9001 que está implantada en la empresa, por lo que su circuito de seguimiento se incluye generalmente dentro del sistema de gestión de calidad. Por este motivo será el responsable de la gestión de la calidad quien se encargue de documentar de todo el proceso aunque sea finalmente el departamento de mantenimiento quien se encargue de la ejecución propiamente dicha

6.3 Toma de requerimientos funcionales del GMAO.

El objetivo en el desarrollo de una aplicación de base de datos es la de generar una aplicación que satisfaga los requerimientos funcionales o de procesos que necesita una organización.

En el caso concreto de este proyecto, la organización objetivo es una organización que tiene unas necesidades y requerimientos cuyo propósito es realizar las tareas de gestión del mantenimiento a través de una aplicación GMAO de una forma más eficiente con entre otros propósitos el de cumplir la norma ISO 9001.

En la fase inicial de recabar información del “mundo real” de la organización, llamada fase de toma y análisis de requerimientos, se recaban dos tipos de informaciones cuyos propósitos se encuentran bien diferenciados:

- A partir de la toma y análisis de información y requerimientos, generar una base de datos que almacene de una forma eficiente las estructuras de datos de la organización. Esta parte del proceso se describirá en mayor detalle en capítulo 9 de este documento.
- Extraer de la fase de toma y análisis de requerimientos aquellos requerimientos funcionales o de procesos de la organización que debe cumplir la aplicación que trabaje con la base de datos.

En la fase de toma y análisis de requerimientos existen una serie de flujos de entrada y salida de información y datos tal como se puede ver en la Fig. 6.1

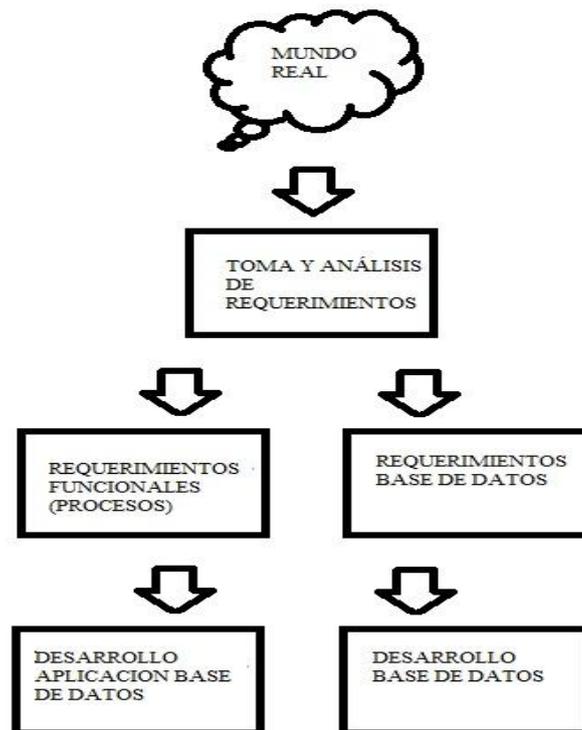


Fig. 6.1. Flujos de entrada en la toma y análisis de requerimientos

En el siguiente capítulo apartado se tratará lo concerniente a la definición de los requerimientos funcionales que debe cumplir la aplicación de gestión de mantenimiento GMAO.

Todo lo relativo al diseño de la base de datos se tratará en el capítulo 9 de este documento.

Respecto a los requerimientos funcionales recabados de la organización, se describen en el siguiente capítulo de este documento.

También se describirían una serie de conceptos y elementos que constituyen la base de la solución de gestión del mantenimiento GMAO v1.0.

6.4 Alternativas disponibles de softwares GMAO .

En el mercado existen numerosas alternativas de *software* GMAO disponibles, si bien existen dos que son consideradas como de referencia en este ámbito y han servido cómo referencia a la hora de elaborar este poryecto:

- Prisma (de la empresa Sisteplant): es el referente a nivel mundial en este tipo de *software*. Hay que destacar que está realizado en España, y es ampliamente utilizado por empresas importantes en muchos paises.
- Carl Software GMAO: Ampliamente utilizado a nivel Europeo, desarrollado en Francia.

Existen innumerables programas con menor base instalada, entre los más conocidos a estarían el Proteu de Eagle Technologies y Magma de Acimut.

7 Conceptos y elementos del GMAO v1.0

7.1 Introducción: Conceptos básicos.

El software de gestión de mantenimiento se divide en una serie de secciones o módulos que permiten, cada uno, realizar la gestión de las diferentes áreas que comportan el trabajo del mantenimiento

- Gestión de equipos e instalaciones
- Gestión del mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo)
- Gestión de RRHH
- Gestión Costes
- Consulta y análisis del histórico

Las tareas relacionadas con estas áreas suelen encontrarse agrupadas en diferentes menús o módulos del software de gestión.

A continuación se definen las principales partes de que constará la aplicación GMAO desarrollada en el PFC.

7.2 Gestión de equipos e instalaciones.

7.2.1 Centros de coste.

Como norma general los departamentos de contabilidad de las empresas tienen establecidos unos centros de coste donde imputar los gastos derivados de la realización de cierta actividad.

- **Líneas:** En esta sección se definen las líneas o instalaciones que componen la planta, industria o conjunto a mantener. Se les asigna un código, un nombre, una zona de ubicación, así como algunas características que la definen. Esto sirve para

facilitar el seguimiento de los costes de mantenimiento generados por cada unidad productiva, de forma separada.

- **Equipos:** Los diferentes equipos que componen el parque a mantener. En caso de existir diferentes equipos iguales, se tratan de forma diferenciada, generando para cada uno de ellos su conjunto de tareas de mantenimiento específico.
- **Gestión de recambios:** Acceso a la base de datos de todas las referencias de materiales que componen el conjunto de repuestos, con sus precios, proveedores, cantidades, control de stock mínimo, y tiempo de reabastecimiento.

7.2.2 Gestión Costes

Se realizará de forma conjunta con las *Workorders* ya que será en el cierre de estas donde se realizarán las imputaciones correspondientes (materiales, mano de obra y coste asociado a los recambios usados) que permitirán la supervisión de los costes generados.

7.2.3 Consulta y análisis del histórico

- **Gestión de conocimiento:** En muchas ocasiones, en la gestión del mantenimiento se pierde más tiempo tratando de diagnosticar las averías, o tratando de identificar que parámetro del equipo está provocando una anomalía, que resolviéndolo propiamente. Para estas ocasiones es de mucha utilidad disponer de un registro de la solución empleada o de cuál era la causa, de forma que si el problema surge de nuevo más adelante, sea posible “hacer memoria” buscando entre las anotaciones anteriores cuál es la solución.
- **Listados y consultas:** Al estar basado en Access, la aplicación desarrollada permite al usuario, o bien utilizar alguno de los reportes o consultas ya pre configurados, o bien (a través del propio Access) desarrollar los que sean de su propio interés, que podrán ser vistos y ejecutados desde el programa de GMAO.

7.3 Gestión del mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo)

A continuación se describen los elementos que participan en la gestión del mantenimiento dentro de la solución GMAO.

- **Operaciones:** Las acciones constituyen las unidades más simples del trabajo a realizar. Una acción puede ser genérica y aplicar a diferentes tareas/equipos o puede ser sólo necesaria en un determinado equipo. Las acciones se presentan al usuario cómo un catálogo que el usuario puede seleccionar al configurar una tarea de mantenimiento sobre un equipo concreto.
- **Gamas:** En terminología de mantenimiento las gamas definen los trabajos a realizar en una intervención (especialmente en el mantenimiento preventivo). En cada gama aparece definido y organizado un conjunto de acciones a realizar, para prevenir los defectos y averías. Las gamas asociadas a cada instalación se podrán planificar de una forma automática por el GMAO en intervalos prefijados de tiempo, de modo que será éste quien realizará por nosotros cálculo de qué trabajos debe realizarse en el siguiente intervalo de tiempo que le indiquemos, generando las ordenes de trabajo correspondientes.
- **Planificación:** En base a una frecuencia (cada cierto número de días o de horas de funcionamiento), de forma automática la aplicación lanza a ejecutar todas las órdenes de trabajo de tipo preventivo que se deben hacer al haber pasado ya el tiempo correspondiente desde la última vez que se ejecutó la operación. Para ello la aplicación verifica la fecha de la última ejecución y calcula si el equipo ha estado trabajando el número de horas necesario para cumplir el plazo marcado por la frecuencia asignada, y generar las órdenes de trabajo. Las órdenes preparadas quedan listas para ser revisadas por el usuario quien asignará la fecha de programación de la tarea que corresponda y designará a la persona que será responsable de llevarla a cabo. Una vez impresas se harán llegar a los operarios encargados de llevarlas a cabo, quienes las devolverán rellenas con la información complementaria necesaria para hacer el reporte y cerrarlas.
- **Órdenes de trabajo (*workorders*):** Las órdenes de trabajo (WO) son el documento propio que se genera para cada intervención de mantenimiento sobre una instalación. En él se cargan los trabajos, los conceptos y los gastos que se producen.

En la orden de trabajo que se genera en cada intervención debe constar la mano de obra empleada, operario por operario, el trabajo realizado, observaciones durante el trabajo y otros datos que deseemos formen el histórico de dicha instalación, para usar ese histórico en el análisis de cómo se está manteniendo esa instalación.

- **Registro de predictivos:** La lectura de las variables seleccionadas generará una gama de lectura que se lanzará simultáneamente a las gamas de mantenimiento preventivo, cuándo se genere una planificación. Los valores obtenidos en la lectura se almacenarán en una tabla al efecto de poder controlar sus variaciones y tomar las acciones correctivas adecuadas en caso de que la lectura supere unos márgenes prefijados.

7.4 Ordenes de trabajo (WO)

Dentro de cualquier aplicación hay alguna funcionalidad o parte que se puede considerar el núcleo o la parte más importante de la misma.

En el caso concreto de la aplicación para la gestión del mantenimiento (GMAO) que se ha realizado en este PFC, se trata de las órdenes de trabajo (*workorders*). Por lo que se describirá con un mayor detalle la función de esta parte de la aplicación.

Las órdenes de trabajo son el resultado de realizar una tarea de mantenimiento (gama) sobre un equipo. La gama estará compuesta de una o diversas operaciones más simples (normas). Por tanto cada orden de trabajo tendrá asociado un equipo y una gama.

Cada orden de trabajo tendrá una persona responsable (un operario) de la ejecución de la misma. Adicionalmente uno o varios operarios pueden realizar las tareas de la WO.

En el apartado de costes asociados a cada orden de trabajo, cada WO puede tener los siguientes costes:

- El coste económico de las horas dedicadas por el operario u operarios en base a las horas que dedican cada uno. Multiplicando las horas por el coste hora de cada operario o operarios que participen en la WO para calcular el coste total de mano

de obra de cada orden de trabajo. El coste de la hora será diferente según se trate de horas extras o en días festivos.

- Coste adicional en concepto de gasto extras asociados a la orden de trabajo, como puede ser el alquiler temporal de un medio de transporte para transportar una serie de materiales adicionales para la ejecución de la WO
- Finalmente el coste de los recambios necesarios para la ejecución de la orden de trabajo. Ya que una WO es la ejecución en el tiempo de una gama, que puede tener uno o varios recambios de equipos asociados. Pudiendo ser que para algún recambio fuera necesario más de una unidad del mismo.

A continuación se describe los diferentes estados que puede tomar una orden de trabajo y los eventos o acciones que provocan los cambios de estado:

- **Pendiente:** en este estado la orden de trabajo está pendiente de ser revisada, antes de ser lanzada. Es el estado por defecto al generar una WO
- **Lanzada:** En este estado la WO ya ha sido validada por el responsable de mantenimiento. En esta fase ya se ha definido la fecha de ejecución de la misma. En este estado se han puesto en reserva los recambios necesarios para la ejecución de la misma. En caso de haber llegado al umbral mínimo de existencias para algún recambio, se genera de forma automática un aviso avisando de este hecho, pero la aplicación permite poner la orden de trabajo en estado lanzada.
- **Standby:** En este estado la orden de trabajo se encuentra parada a causa de algún motivo que impida ponerla en estado lanzada. En este estado se encuentra hasta que el responsable de la misma decida cambiarla de estado.
- **Cerrada:** Este es el estado en el cual se encuentra aquellas ordenes de trabajo que ya se han realizado y en las que ya se debería o podría haber realizado las diversas imputaciones de coste asociadas (mano de obra, gastos adicionales y recambios). Es importante reseñar que al cerrar una orden de trabajo, y si no hubieran suficientes unidades en stock (en existencias) de algún recambio para la ejecución de la WO, se impediría cerrarla poniéndola en estado *standby*, y se mostraría un aviso pidiendo que se aumentaran en la base de datos las unidades necesarias en existencia de los pertinentes recambios. Cuando una WO se encuentre en estado cerrado, no será posible cambiar el estado de la misma ni ningún otro atributo de la orden de trabajo a excepción de las imputaciones de costes asociadas a la misma.

A continuación, tal como se puede ver en la Fig. 7.1, se describe el flujo de estados que puede tomar una WO. Anteriormente han sido descritos los eventos que provocan los cambios de estado en una orden de trabajo.

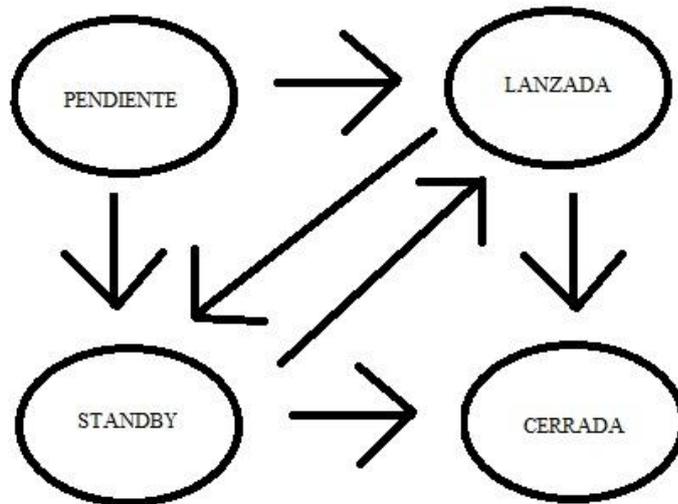


Fig. 7.1. Flujos de estado permitidos de las órdenes de trabajo

7.5 Gestión de RRHH

A continuación se describen los elementos que forman parte del módulo de RRHH de la aplicación GMAO.

- **Mano de obra** (operarios): La finalidad de esta es controlar la mano de obra tanto propia como externa (contratas), teniendo el listado de todos aquellos operarios o entidades que colaboran en nuestro departamento. Se crea aquí un número de operario (interno o externo si trabaja para una subcontrata), con su nombre y datos personales, así como un pequeño resumen de su currículum. Cuando se desee cargar determinada mano de obra a un trabajo en una instalación, usaremos una orden de trabajo (WO) y

los datos de esta sección para que figure esa mano de obra empleada con los costes indicados, teniendo en cuenta el diferente coste que tendrán sus horas de trabajo, dependiendo de si son realizadas en horario normal, fuera de él , o en días festivos.

- **Proveedores:** Permite mantener de forma unificada los datos de los diferentes proveedores, fabricantes de los equipos mantenidos, o proveedores de los suministros necesarios.

7.6 Otros (no implementados en el PFC)

Algunas otras aplicaciones GMAO de nivel comercial suelen incorporar algunas funciones que se encuentran fuera del alcance de este PFC. Estas funciones se describen a continuación:

- Sistemas GIS de posicionamiento geográfico para geolocalización de equipos remotos.
- Visualización directa y capacidad de integración de planos en CAD.
- Sistema de gestión de los pedidos de recambios integrable con el E.R.P de la empresa.
- Modulo de comunicación con sistemas SCADA para la adquisición automática de datos, aviso de alarmas, generación automática de órdenes de trabajo, etc.

7.7 Implantación del GMAO.

Una consideración importante es el hecho de que se aproveche para implantar un sistema de gestión informatizada del mantenimiento o GMAO conjuntamente con la elaboración de un plan de mantenimiento de una línea o instalación nueva, dado que la gran cantidad de trabajo administrativo que va a suponer el realizar desde cero un nuevo plan de mantenimiento puede incorporarse directamente sobre la base de datos.

Este momento es especialmente adecuado porque:

- Se van a generar nuevas fichas para las tareas de los diferentes planes de mantenimiento. Cuesta lo mismo realizar esta tarea directamente de la forma que se

venía realizando hasta ahora, mediante fichas en papel, que emplear ese mismo tiempo en ser introducido en la solución GMAO desarrollada.

- Este proceso va a servir para revisar el inventario de partes y componentes de la línea, lo que también puede traspasarse al sistema.

El hecho de limitar el alcance de la implantación a una línea piloto facilita el seguimiento de los diferentes ajustes en la forma de trabajar que haya que realizar para adaptarse a la utilización del GMAO. Posteriormente existirá la posibilidad de incorporar más secciones de la planta.

Hay que destacar la conveniencia de implantar un *software* GMAO junto al desarrollo de un nuevo plan de mantenimiento debido a todo el trabajo que se podrá ahorrar al hacerlo de forma conjunta.

8 Elección de la tecnología.

Previo al proceso de diseño de la solución software, se ha llevado a cabo una tarea de recogida de información y toma de requisitos en cuanto a la tecnología que debe soportar el programa.

8.1 Perfil de la empresa usuaria objetivo

Teniendo en cuenta el tipo de empresas susceptibles de utilizar el software GMAO (PYMES) se ha recogido información acerca de las necesidades básicas de gestión para incorporarlas al diseño.

8.1.1 Tipología de empresa objetivo

El tejido empresarial español está básicamente constituido por microempresas, pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Según la UE [4] se consideran Pymes las empresas que ocupan a menos de 250 personas y que tienen un volumen de negocio anual inferior a 50 millones de euros o un balance general anual que no exceda de 43 millones de euros

Según el último Directorio Central de Empresas (DIRCE) publicado por el Instituto Nacional de Estadística, a 1 de enero del año 2010 había en España 3.283.495 Pymes (empresas comprendidas entre 0 y 249 asalariados). Esto supone el 99,88% de las 3.287.374 empresas que conforman el total del censo, excluida la agricultura y la pesca. Las PYMES constituyen el 99,88% del censo de empresas, excluidos los sectores de agricultura y pesca [5].

Tal como se puede ver en la Fig. 8.1, en el caso de Catalunya, la distribución por sectores y en función del número de empleados es:

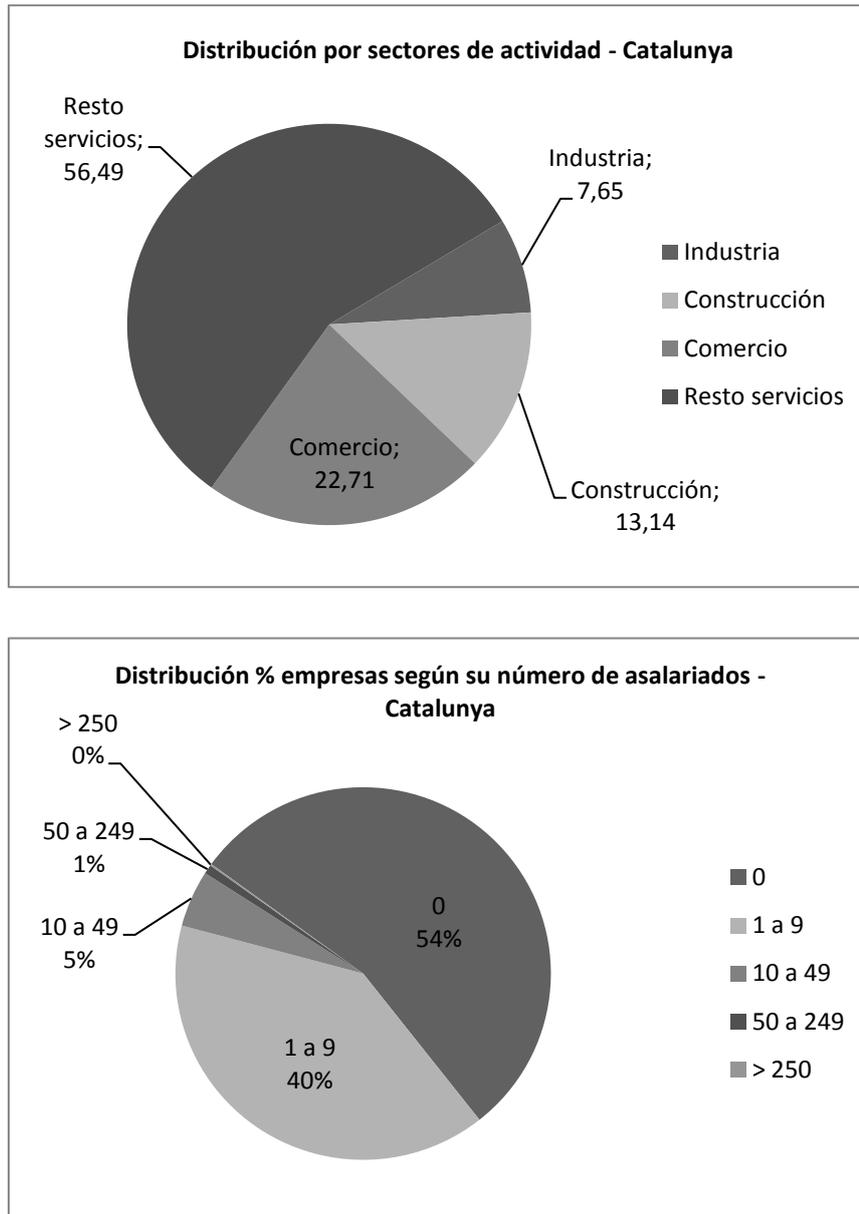


Fig. 8.1. Distribución de empresas por sectores y número de trabajadores.

La empresa objetivo candidata a utilizar un software para la gestión del mantenimiento de características similares al desarrollado en el proyecto estaría en ese 7,65% de empresas cuya actividad se encuadra en el sector industrial (es decir disponen de equipos productivos que hay que mantener) de las cuáles un porcentaje del 45%, tendrán menos de 50 trabajadores.

Este tipo de empresas dedican el grueso de su fuerza laboral a las tareas de producción, disponiendo de un reducido número de personas en el equipo de mantenimiento y recayendo la tarea de gestionar este, sobre alguna de las personas con formación técnica,

generalmente la misma persona responsable de producción o responsable de ingeniería, quien lo compagina con sus propias tareas.

8.1.2 Sistemas de información en las Pymes.

Dentro del entorno de los sistemas de información en las PYMES españolas se observa que aún hoy en día el sistema operativo más utilizado sigue siendo el Windows XP, con una cuota que se aproxima al 77%, mientras que otras alternativas del mismo fabricante, tienen una cuota del 11%, y el resto de sistemas operativos quedan relegados a cuotas de mercado inferiores al 5%. [6]

Destacar el hecho de que un pequeño porcentaje (aproximadamente 3%) aún utilizan versiones anteriores de Windows (Windows 2000 y Windows 98), tal como se aprecia en la siguiente Fig. 8.2

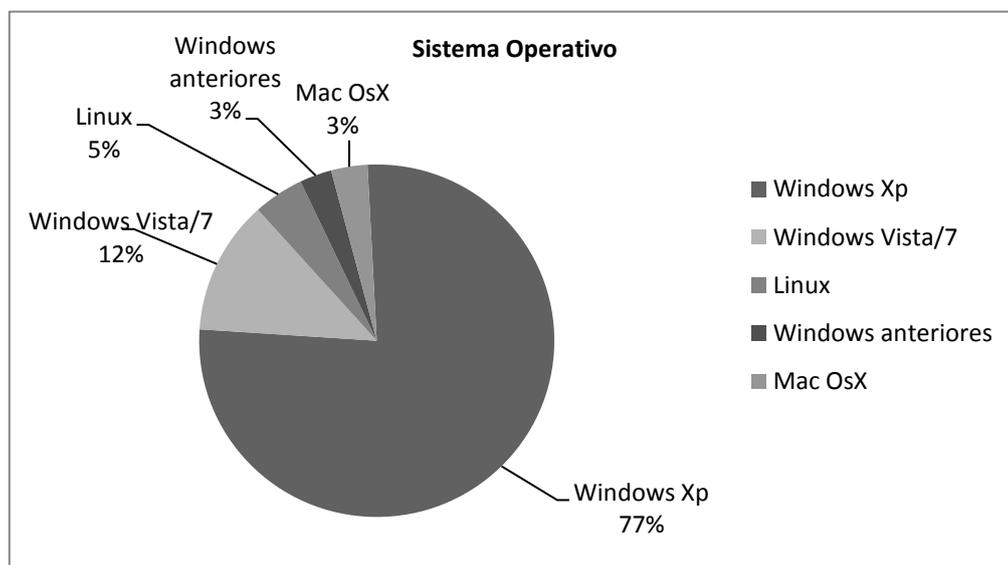


Fig. 8.2. Distribución de sistemas operativos en las PYMES.

A nivel de aplicación ofimática, indiscutiblemente la más utilizada es el Microsoft Office (en alguna de sus múltiples variantes) y que copa casi el 90% del mercado [7]

8.1.3 Perfil de usuario.

Por tanto el usuario del sistema de gestión GMAO será una persona con formación técnica, probablemente de la rama de conocimientos ligados a la actividad de la empresa (ingenieros industriales, químicos, etc.) con un perfil de conocimiento ofimático, que se podría considerar de usuario avanzado, aunque sin llegar a tener conocimientos de programación.

Este nivel le permite trabajar con soltura con las soluciones ofimáticas más comunes y manejar la información contenida en el *software* GMAO, poseyendo la capacidad de generar sus propios análisis y reportes, además de los que por defecto traiga la aplicación.

8.1.4 Elección de la Base de Datos.

Por todo ello, la elección de la plataforma tecnológica para soportar la aplicación desarrollada en el PFC utilizará como motor de base de datos, el componente Access de la aplicación Microsoft Office, que cumple con las siguientes premisas:

- **Economía:** Una amplia base de usuarios que ya disponen de la aplicación instalada con lo que parte de la inversión (licencia y motor de BD) ya se habría realizado.
- **Rapidez de desarrollo:** Una vez entendida la necesidad de la organización y diseñada la solución, Access es la herramienta más rápida de desarrollo de bases de datos debido a su interfaz y su integración con el sistema operativo Windows.
- Solidez y facilidad de mantenimiento de la base de datos Microsoft Access.
- **Escalabilidad:** Si el crecimiento de las necesidades así lo hiciera necesario, llegado el caso Access está diseñado para escalar rápidamente a bases de datos SQL de cualquier tipo, sin tener que desarrollar de nuevo la base de datos.

8.1.5 Elección del lenguaje de desarrollo.

El lenguaje elegido para desarrollar la aplicación ha sido VB .NET, en su versión 2008 por los siguientes motivos:

- Integra el diseño e implementación de formularios de Windows de forma nativa ya que fue concebido desde el origen con la finalidad de realizar el desarrollo rápido de aplicaciones para Windows.
- Tiene acceso prácticamente total a la interfaz de aplicaciones Windows, lo que le permite interactuar con otras aplicaciones y librerías para obtener funcionalidades avanzadas.
- Está altamente integrado con las aplicaciones de Microsoft Office, permitiendo automatizar muchas tareas y funcionalidades en documentos, hojas de cálculo y bases de datos.
- Es uno de los lenguajes de uso más extendido, siendo fácil encontrar soporte técnico del tipo que se necesite (información, fuentes para los proyectos, o desarrolladores).
- La curva de aprendizaje de este lenguaje de programación es más rápida que otros tipos de lenguajes.

8.1.6 Medios utilizados.

Para el desarrollo del programa se han utilizado los siguientes medios:

- PC portátil con sistema operativo Windows 7 Home Edition.
- Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition.
- Editor gratuito de modelado conceptual de base de datos Rise Editor
- Herramienta gratuita MS Access to MySQL para transformar el modelo físico de la base de datos Access a MySQL
- Microsoft Access 2007 Enterprise Edition.

A fin de simular de forma más real el entorno “tipo” donde va a trabajar el software el desarrollo y pruebas de funcionamiento se han realizado la tarea del desarrollo del programa sobre una máquina virtual con las siguientes características:

- Sistema operativo Windows XP Profesional.
- Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition.
- Microsoft Access 2007 Enterprise Edition.

9 Diseño de bases de datos

9.1 Introducción al diseño de la base de datos

El diseño de una base de datos se puede definir como el proceso en el cual a partir de una serie de datos e información del mundo real, se crea una estructura de datos que constituye la base de datos de un sistema de información determinado.

La base de datos es una abstracción en el mundo de los sistemas de información que se genera a partir de las necesidades, requerimientos e información que se extraen del mundo real.

El diseño de una base de datos es un proceso complejo, que debe ser dividido en diversas fases hasta llegar al estado final en el cual se ha generado la base de datos del sistema de información.

Al dividir este proceso en varias etapas, se consigue simplificar la tarea de generar la base de datos a partir de la información conseguida de un subconjunto de la realidad.

9.1.1 Fases del diseño de una base de datos

El proceso de diseño de una base de datos se descompone en varias fases cuyo estadio final es la generación de una base de datos física de un sistema de información.

Cada fase en el diseño dispone de sus propios elementos, reglas y mecanismos que permiten generar una serie de estructuras de datos para que sean procesadas en la siguiente fase.

Tal como se muestra en la Fig. 9.1, existen una serie de fases que forman parte del diseño de una base de datos.

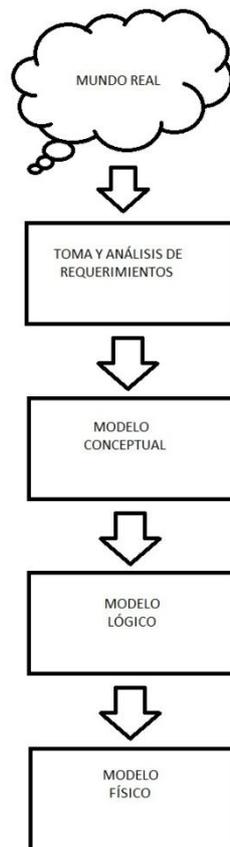


Fig. 9.1. Fases del diseño de una base de datos

En el proceso de diseño de una base de datos existe un flujo de datos e información de entrada que son necesarios para realizar de una forma correcta el diseño de la base de datos.

Tal como se muestra en la fig. 9.2 hay unos flujos de información de entrada en el diseño de una base de datos.

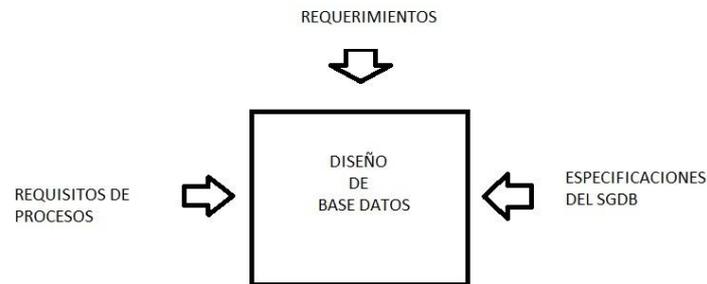


Fig 9.2. Flujos de entrada en el diseño de una base de datos

A continuación se detallan en mayor profundidad los elementos de entrada que alimentan el diseño de una base de datos.

- **Requerimientos:** Se realiza una serie de entrevistas con los futuros usuarios de la base de datos con el fin de captar sus necesidades de información. Además de recabar el uso que se quiere dar a la base de datos. También se revisa la documentación que disponga la organización sobre la información que se desea modelizar en una base de datos.
- **Requisitos de procesos (funcionales):** Se obtendrán aquellas características funcionales que deberá cumplir la aplicación o aplicaciones que trabajaran con la base de datos que se está diseñando.
- **Especificaciones del SGDB:** Se recopilara también todos los datos necesarios sobre el sistema de gestión de base de datos (SGDB) sobre el cual se implementará físicamente la base de datos.

Una vez realizado el diseño de la base de datos, este generará una serie de elementos.

- Los modelos conceptual, lógico y físico de la base de datos.
- Las especificaciones que deben cumplir los programas que quieran trabajar con la base de datos

9.1.2 Toma y análisis de requerimientos

El objetivo en esta fase del diseño de una base de datos es el de realizar la tarea de identificar y describir la información y datos del mundo real que se almacenaran en la misma.

En esta etapa se decide en base a los requerimientos de la organización que información y datos se representaran en la base de datos.

También se deberán identificar los usuarios y aplicaciones de la empresa u organización que interactuaran con la futura base de datos. Una vez identificados, se realizaran una serie de entrevistas con el propósito de obtener la información necesaria para delimitar el tipo de datos que albergará la base de datos.

Estas entrevistas se complementaran con el análisis y estudio de la documentación existente en la organización sobre la información que se desea almacenar en la estructura de la base de datos.

Una vez recabada toda esta información, se dispone de un esquema descriptivo que será refinado y estructurado de una forma correcta en la siguiente fase del diseño de la base de datos.

9.1.3 Modelo conceptual

El objetivo en esta etapa del diseño de la base de datos es refinar, estructurar y representar de una forma correcta la información captada en la fase de toma y análisis de requerimientos. Independientemente de usuarios o aplicaciones particulares.

El modelo conceptual que se genera en esta fase es un modelo de datos de alto nivel que define el alcance general de la información recabada en la anterior fase del diseño.

La estructura de datos que se obtiene en esta etapa es independiente de la tecnología sobre la que se hará la implementación física de la base de datos. Por lo tanto, aún no se tiene en

cuenta sobre qué tipo de base de datos se almacenará la información. Tampoco se tiene en cuenta el SGDB que se usará para gestionar los datos.

Para representar las estructuras de datos en esta fase se utilizará el modelo de datos ER [8] (*entity-relationship*). Debe su nombre al hecho que los dos elementos principales que lo forman son las entidades y las relaciones.

Existen en la actualidad diversas herramientas que usan el modelo ER para realizar el diseño de los datos. Así como diversos tipos de notación de los diagramas del modelo ER.

Este es un modelo de datos que más se usa en la actualidad debido a su gran simplicidad y legibilidad. Esta legibilidad se consigue en gran medida a que utiliza diagramas muy comprensibles.

El modelo de datos de alto nivel de nombre ER, fue propuesto por Peter Chen en 1976 [9].

Este modelo de datos propone organizar los datos en unas estructuras de datos de alto nivel. La información se organiza usando las siguientes estructuras.

- Entidades
- Atributos
- Interrelaciones

Una entidad se define como un objeto que se distingue del resto de objetos del mundo real y que lo forman una serie de propiedades que son significativas. Una entidad existe de forma independiente del resto de objetos y es posible identificarlo de forma única. Una entidad con sus propiedades es susceptible de ser almacenada en una base de datos.

Una entidad puede ser un objeto físico, como por ejemplo un coche. Una entidad puede ser también un objeto que representa un concepto. Como por ejemplo una orden de compra de un ordenador.

En el modelo ER a las propiedades de una entidad se les denomina atributos.

Un posible ejemplo de una entidad con sus atributos podría ser un coche. De un coche podría ser interesante tener registrado su marca, precio, color, etc.

El concepto entidad sirve tanto para designar a objetos concretos (un coche en particular) de los que sean relevantes los mismos atributos, como también hacer referencia a un conjunto de objetos individuales (un conjunto de coches).

En el modelo ER se utiliza una notación de diagramas para representar a las entidades y a sus atributos.

- A las entidades se les representa como un rectángulo. El nombre de la entidad está escrito en mayúsculas dentro del rectángulo.
- Los atributos se representan por su nombre y se ubican dentro del rectángulo de la entidad

Tal como se muestra en la Fig 9.3, un posible ejemplo de una entidad coche con algunos de sus posibles atributos que pueda ser relevante representar.

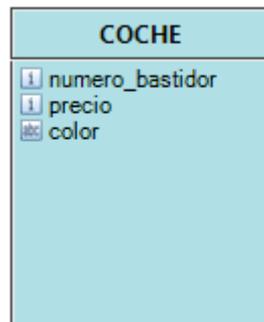


Fig. 9.3. Ejemplo de una entidad de nombre coche.

El valor de un atributo debe ser atómico. Esto quiere decir que no es posible descomponerlo en unidades más pequeñas. Además un atributo debe ser univaluado, ya que por cada ocurrencia singular de una entidad, cada uno de sus atributos solo puede tener un posible valor.

Cada ocurrencia de una entidad debe poder ser diferenciada del resto de ocurrencias de esa entidad. Para diferenciarlas se utiliza un atributo que sea único en cada ocurrencia. A este atributo se le denomina clave de la entidad.

Siguiendo con el ejemplo anterior de entidad, en la entidad coche su clave podría ser el atributo número de bastidor, ya que cada coche tiene un número de bastidor diferente.

Cuando una clave de una entidad sirve para identificar de forma inequívoca a una ocurrencia de una entidad, esta clave tiene el nombre de clave primaria.

Es tarea del diseñador de la base de datos definir la clave primaria de cada entidad.

A continuación se explica el concepto de interrelación. Una interrelación es una asociación entre entidades.

Una interrelación se representa en el modelo conceptual como una línea que une dos entidades. En cada extremo de la entidad hay un símbolo que define la cardinalidad de la misma. El concepto de cardinalidad de una relación entre entidades se explica un poco más adelante en esta misma sección de este documento.

Tal como se muestra en la Fig. 9.4, se muestra una interrelación entre las entidades persona y coche.

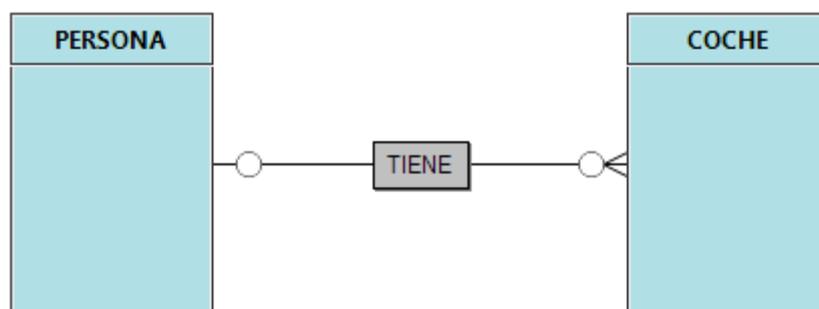


Figura 9.4. Interrelación entre dos entidades.

La entidad persona tiene una interrelación de nombre “tiene” con la entidad coche, ya que en este ejemplo de modelo conceptual, cada persona puede o no tener uno o más coches. Y un coche puede o no tener una persona como dueño.

Cuando la interrelación se realiza sobre dos entidades, esta interrelación es de grado 2 o también llamada interrelación binaria.

A continuación se describirá el concepto de cardinalidad de las interrelaciones binarias.

El objetivo de la cardinalidad de una interrelación es la de expresar el tipo de correspondencia que existe entre las ocurrencias de las entidades vinculadas por la interrelación.

Una interrelación binaria tiene 3 tipos de cardinalidades principales.

- **Cardinalidad uno a uno (1:1):** Este tipo de cardinalidad de una interrelación entre dos entidades indica que una ocurrencia de la primera entidad solo se puede asociar con una ocurrencia de la segunda entidad. Y viceversa. En este tipo de cardinalidad, en cada extremo de la interrelación que une con las entidades hay un símbolo \dagger
- **Cardinalidad uno a muchos (1: N):** Este tipo de cardinalidad define que en una interrelación entre dos entidades, cada una de las ocurrencias de la primera entidad solo puede estar vinculada con una ocurrencia de la segunda entidad. En cambio cada ocurrencia de la segunda entidad puede estar vinculada con diversas ocurrencias de la primera entidad. Los símbolos para este tipo de interrelación son $\nabla\dagger$ y \dagger
- **Cardinalidad muchos a muchos (M: N):** En este tipo de cardinalidad, la primera entidad puede estar asociada diversas veces con la segunda entidad y viceversa.

A continuación se explica el concepto de entidad asociativa.

Una entidad asociativa en el modelo conceptual es una entidad fruto de una interrelación (N:M) entre dos entidades que se convierte en una entidad propiamente dicha. Adicionalmente esta entidad dispone de atributos propios que la identifican de forma inequívoca.

En el proceso de transformación de interrelación (N:M) a entidad asociativa, la nueva entidad se relaciona con las otras dos entidades mediante dos interrelaciones (1:N).

9.1.4 Modelo lógico

El objetivo del modelo lógico es el de transformar el modelo ER resultado de la fase anterior del modelado conceptual en un modelo relacional.

En esta fase del diseño de la base de datos aún es independiente del SGDB que se utilizará para la implementación física de la base de datos.

En esta fase del diseño de una base de datos, cada elemento de la fase del modelo conceptual se transforma en un nuevo elemento en el modelo relacional.

Una entidad con sus atributos en el modelo conceptual se transforma en una relación también con sus atributos en el modelo relacional. La clave primaria de la entidad también será la clave primaria de la relación.

Tal como se muestra en la Fig. 9.5, se muestra una entidad de nombre coche que se transforma en una relación en el modelo relacional.

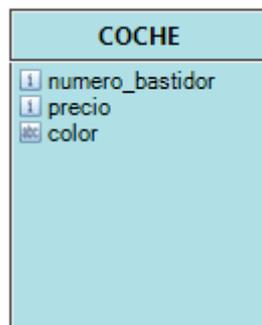


Fig. 9.5. Ejemplo de entidad de nombre coche.

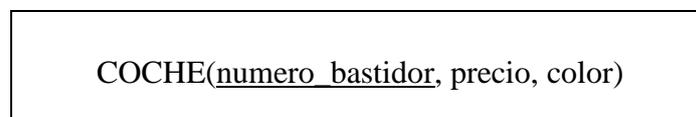


Fig.9.6. Relación de nombre coche.

En el ejemplo anterior se ha transformado la entidad coche con sus atributos a una relación de nombre coche en el modelo relacional, Tal como se puede ver en la Fig. 9.6

Una vez que se han transformado todas las entidades del modelo conceptual a relaciones en el modelo relacional, se pasa a transformar las interrelaciones del modelo conceptual al modelo relacional.

Las interrelaciones de tipo (1:1) y (1: N) al transformarse al modelo relacional, se añaden como nuevos atributos de tipo clave foránea a la relación.

A la hora de transformar una interrelación binaria se han de tener en cuenta los siguientes aspectos.

- La cardinalidad de la interrelación.
- Si las entidades son obligatorias u opcionales en la interrelación

A continuación se explica el proceso de transformación de las interrelaciones del modelo conceptual según su cardinalidad al modelo relacional.

- **Cardinalidad uno a uno (1:1):** Una interrelación uno a uno se transforma en una clave foránea que se añade como atributo a una de las relaciones que formaban parte de la interrelación (1:1) en el modelo conceptual.
- **Cardinalidad uno a muchos (1: N):** Se parte del hecho que ya se ha realizado la transformación de las entidades en relaciones del modelo relacional. El siguiente paso es transformar la interrelación de tipo (1:N) en una clave foránea que se añadirá en la relación, que en el modelo conceptual era la entidad del extremo N de la interrelación.
- **Cardinalidad muchos a muchos (M:N):** Una interrelación de este tipo se transforma en una relación cuya clave primaria está formada por la unión de las claves primarias de las dos entidades interrelacionadas.

9.1.5 Modelo físico

La finalidad del modelo físico en el diseño de una base de datos es el de generar la estructura de datos de la base de datos física. Siempre de la forma más eficiente posible.

Las estructuras de datos resultantes de la fase de de diseño del modelo lógico, se deberán transformar en las estructuras de datos del modelo físico.

Las relaciones y claves del modelo lógico se transformaran a las tablas y claves del modelo físico.

Una vez en la fase de desarrollo del modelo físico en el diseño de la base de datos relacional, y habiendo decidido el SGDB que mejor se ajuste a las necesidades y uso que vaya a tener la futura base de datos, quedan pendiente realizar las siguientes tareas:

- Definir el tipo y tamaño de los atributos de las relaciones
- Configurar la integridad referencial entre las claves primarias y las foráneas vinculadas

La sintaxis del modelo físico usado en el siguiente ejemplo es el del SGDB MySQL.

Se tratan de dos tablas de nombres empleado y “puesto_trabajo” que tienen asociadas una tabla de nombre “trabaja_en” que incorpora como claves foráneas las claves primarias de las dos anteriores tablas.

La tabla “trabaja_en” es una tabla resultado de una interrelación muchos a muchos (N:M) entre las tablas empleado y “puesto_trabajo”.

```
CREATE TABLE `EMPLEADO` (  
  
  `num_empl` INTEGER NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  
  `nombre` VARCHAR(255) NOT NULL,  
  
  PRIMARY KEY (`num_empl`)  
  
  ) ENGINE=innodb DEFAULT CHARSET=utf8;  
  
CREATE TABLE `PUESTO_TRABAJO` (  
  
  `num_puesto` INTEGER NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  
  `descripción_puesto` VARCHAR(255) NOT NULL,
```

```
PRIMARY KEY (`num_puesto`)  
  
) ENGINE=innodb DEFAULT CHARSET=utf8;  
  
CREATE TABLE `TRABAJA_EN` (  
  
`num_empl` INTEGER NOT NULL,  
  
`num_puesto` INTEGER NOT NULL,  
  
INDEX (`num_empl`),  
  
INDEX (`num_puesto`),  
  
PRIMARY KEY (`num_empl`, `num_puesto`)  
  
FOREIGN KEY (`num_empl` ) REFERENCES `EMPLEADO`(`num_empl` )  
  
ON UPDATE CASCADE ON DELETE NOT ACTION  
  
FOREIGN KEY (`num_puesto` ) REFERENCES  
`PUESTO_TRABAJO`(`num_puesto` );  
  
ON UPDATE CASCADE ON DELETE NOT ACTION  
  
) ENGINE=innodb DEFAULT CHARSET=utf8;
```

9.2 Diseño de la base de datos del programa GMAO

A continuación se explica el proceso del diseño de la base de datos que se ha realizado para el programa de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO).

Se realiza una serie de entrevistas con los futuros usuarios de la base de datos con el fin de captar las necesidades de información de la organización. También se debe tener en cuenta el uso que se quiere dar a la base de datos.

Se recopilara también todos los datos necesarios sobre el sistema de gestión de base de datos (SGDB) sobre el cual se implementará físicamente la base de datos.

En el caso concreto de este proyecto, la base de datos física elegida es Microsoft Access, tal como se ha mencionado anteriormente en este documento.

Una vez realizado el diseño de la base de datos, se generarán Los modelos conceptual, lógico y físico de la base de datos.

9.2.1 Toma y análisis de requerimientos

El objetivo en esta fase del diseño de una base de datos es el de realizar la tarea de identificar y describir la información y datos del mundo real que se almacenaran en la misma.

En esta etapa se decide en base a los requerimientos de la organización que información y datos se representaran en la base de datos. Y la forma de representar esa información.

También se deberán identificar los usuarios y aplicaciones de la empresa u organización que interactuaran con la futura base de datos.

En el caso concreto de este proyecto, la persona que principalmente hará uso de la aplicación que trabajará sobre la base de datos será el responsable de mantenimiento de la organización.

Una vez identificado en este caso el usuario, se realizarán una serie de entrevistas con el propósito de obtener la información necesaria para delimitar el tipo de datos que albergará la base de datos.

Estas entrevistas se complementarán con el análisis y estudio de la documentación existente en la organización sobre la información que se desea almacenar en la estructura de la base de datos.

A partir de las entrevistas realizadas con el responsable de mantenimiento, se ha determinado que la base de datos requiere de las siguientes estructuras de datos de alto nivel con el fin de almacenar la información relevante sobre la gestión del mantenimiento de los equipamientos de la organización:

- Disponer de un inventario de fichas modificables de proveedores que provisionan tanto de recambios de piezas como también equipos a la organización.
- Por cada recambio debe ser posible saber cuántas unidades en existencia quedan y siguiendo las directrices de la organización, definir para cada equipo un umbral de unidades mínimas en existencia por cada recambio. Al llegar a ese umbral, la organización debería realizar un pedido de ese recambio al proveedor.
- Disponer también de un inventario de equipos y recambios factibles de poder ser modificados y tener la posibilidad de asociar a cada equipo los recambios que forman parte del mismo.
- Definir una lista de intervenciones de mantenimiento (gamas) sobre el parque de equipos de la organización, así como poder asociar las gamas a los equipos
- Tener la posibilidad de asociar operaciones a las diversas gamas de la organización.
- Asociar los recambios y el número de unidades asociadas a cada gama para llevar un correcto control de la cantidad de recambios necesarios para la correcta realización de las gamas a través de las órdenes de trabajo (WO).
- Una orden de trabajo (WO) es la ejecución de una gama asociada a un equipo en un instante de tiempo, ya sea de forma periódica (preventiva y/o predictiva) o correctiva.
- Tener la posibilidad de agrupar grupos de equipos en líneas de producción.
- Disponer de un listado modificable de operarios que realizan las tareas de mantenimiento.

- También debe ser posible la recolección de una forma organizada del conocimiento adquirido durante la resolución de incidencias para reutilizarlo en el futuro de forma que sucesivas veces que ocurra la misma incidencia se resuelva de forma más rápida y correcta. Ese conocimiento debe obtenerse en base a la realización de ordenes de trabajo de tipo correctivo.

Una vez recabada toda esta información, se dispone de un esquema descriptivo que será refinado y estructurado de una forma correcta en la siguiente fase del diseño de la base de datos.

9.2.2 Modelo conceptual

En esta fase del diseño de la bases de datos del programa GMAO se van a generar una serie de estructuras de datos de alto nivel a partir de la información recabada en la anterior fase de toma y análisis de requerimientos del proyecto.

Tal como se ha comentado anteriormente, la estructura de datos que se obtiene en esta etapa es independiente de la tecnología sobre la que se hará la implementación física de la base de datos.

En el caso concreto de este proyecto, la implementación física de la base de datos del programa de gestión de mantenimiento (GMAO), se realizará sobre una base de datos Microsoft Access. La elección de este SGDB se justifica en el capítulo “Elección de la tecnología de este mismo documento.

A continuación se enumeran y describen las estructuras (entidades, atributos y interrelaciones) que se generan en esta fase.

Debido al número de entidades y sus interrelaciones existentes en el modelo conceptual de esta base de datos, se enumeran y describen de forma escalonada.

Aquellos atributos de entidades que sean bastante fáciles de interpretar por si solos, no se describirán ya que no se considera necesario. Se describirán aquellos atributos que no sean tan obvios de interpretar su propósito o significado dentro de la entidad donde están ubicados.

Comentar que de forma estándar la clave primaria en cada entidad será siempre una clave de nombre “id_NombreEntidad”, donde “NombreEntidad” es el nombre en singular de la entidad donde se ubica este atributo. Se trata de una clave primaria auto-numérica

Las dos primeras entidades que se describen junto con la interrelación que las vincula son las entidades proveedores y “tipo_suministros” tal como se puede ver en la siguiente Fig. 9.7

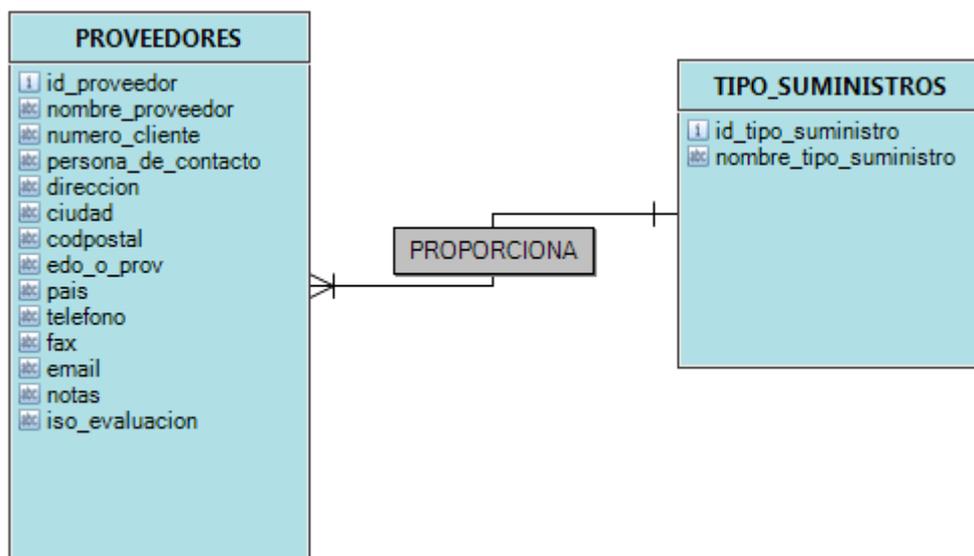


Fig. 9.7. Entidades proveedores y “tipo_suministros”

En la entidad proveedores se guarda la información relevante de los distintos proveedores de la organización. Esta entidad debe tener atributos tales como nombre, dirección, teléfono, etc.

Los atributos a destacar son los siguientes:

- **numero_cliente:** Es el identificador que usa el proveedor para referenciar a la organización. Es una información importante que se debe poseer con el fin que la propia organización sepa el número con el que la identifica cada uno de sus proveedores.
- **edo_o_prov:** El estado o provincia donde se encuentra ubicado el proveedor

- iso_evaluacion: Atributo informativo que describe si el proveedor tiene la homologación ISO.

En la entidad “tipo_suministros” se almacena los diferentes tipos de suministros que proporciona el proveedor, como por ejemplo electricidad o material de oficina entre otros.

Entre estas dos entidades existe una interrelación de nombre “proporciona” de cardinalidad uno a muchos (1:N), ya que cada proveedor solo puede proporcionar un tipo de suministro, pero el mismo tipo de suministro puede ser proporcionado por varios proveedores al mismo tiempo.

A continuación, tal como se puede ver en la Fig. 9.8, se describen las entidades recambios, categorías y de nuevo proveedores, ya que tienen una serie de interrelaciones con la entidad recambios.

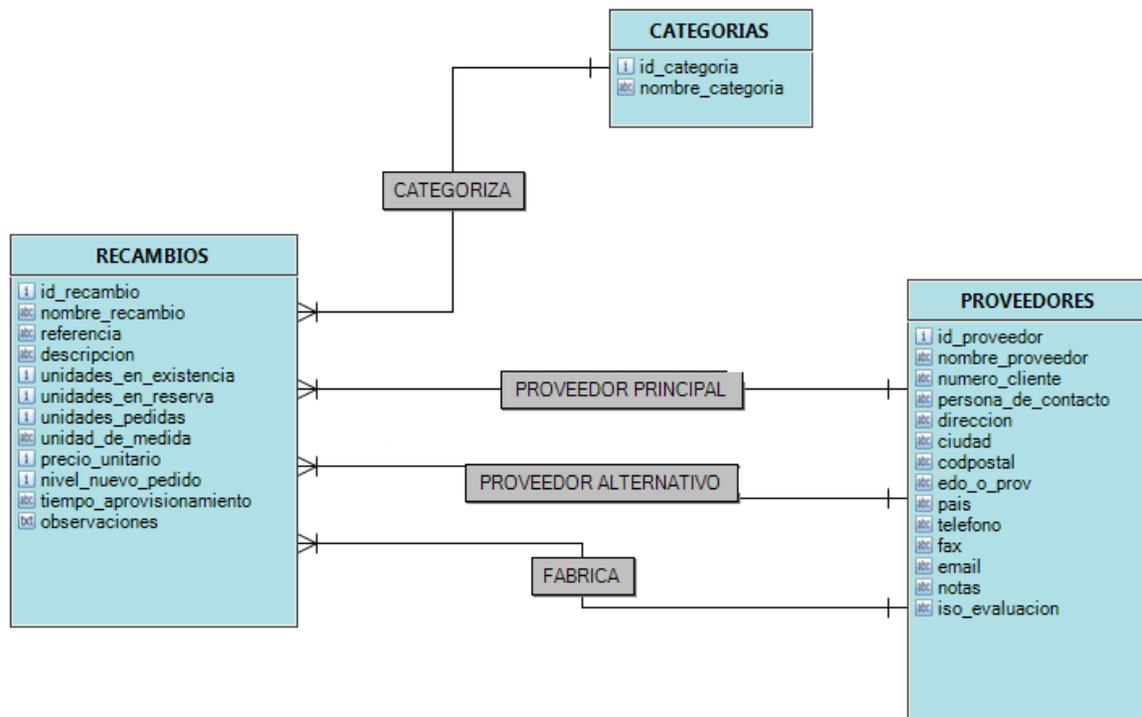


Fig. 9.8 Entidades recambios, categorías y proveedores

En la entidad recambios se almacena la información que se considera importante almacenar de los recambios que utiliza la organización. A continuación se describen aquellos atributos más interesantes de reseñar de la entidad.

- referencia: Código interno que usa la organización para identificar cada recambio en concreto.
- unidades_en_existencia: Número de unidades en existencia que tiene la organización del recambio.
- unidades_en_reserva: Unidades que se encuentran reservadas por WO que se encuentran en estado lanzada.
- unidades_pedidas: Número de unidades que se han pedido al proveedor para ese recambio en concreto.
- unidad_de_medida: En este atributo se define las unidades de medida del recambio en concreto. Por ejemplo unidades, kg, litros, etc.
- nivel_nuevo_pedido: El umbral de unidades en existencia que fuerza a realizar un pedido al proveedor para el recambio en cuestión.
- tiempo_aprovisionamiento: El tiempo aproximado que tarda el proveedor en proporcionar el recambio cuando se realiza un pedido del recambio

Los atributos “unidades_en existencia”, “unidades_en reserva”, y “nivel_pedido” son el resultado de la implementación a bajo nivel de las especificaciones funcionales descritas en el anterior capítulo donde se describen los requerimientos funcionales de alto nivel de la aplicación GMAO.

En la entidad categorías se almacena las diferentes categorías de los recambios de la organización.

A nivel de interrelaciones entre las anteriores entidades, existe una interrelación de uno a muchos (1:N) de nombre “categoriza” entre las entidades categorías y recambios. Cada recambio solo tiene asignado un tipo de categoría pero la misma categoría puede estar asociada a diversos recambios.

Entre las entidades recambios y proveedores existen tres interrelaciones de nombre “fabrica”, “proveedor principal” y “proveedor alternativo” de tipo un a muchos (1: N). Ya que cada recambio solo puede ser fabricado un por una empresa ubicada en la entidad proveedores, pero un proveedor puede fabricar diversos recambios.

Lo mismo que ocurre con la interrelación “fabrica”, pasa también con las otras dos interrelaciones de nombres “proveedor principal” y “proveedor alternativo”

Otra entidad que se ha generado a partir de la toma y análisis de requerimientos es la entidad equipos. En esta entidad se almacena aquella información relevante del parque de equipos de los que dispone la organización.

Tal como se puede ver en la figura 9.9, esta entidad tiene una relación de tipo muchos a muchos (N:M) con la entidad recambios , que se ha convertido en una entidad asociativa de nombre “recambios_equipos” que también tiene sus propios atributos.

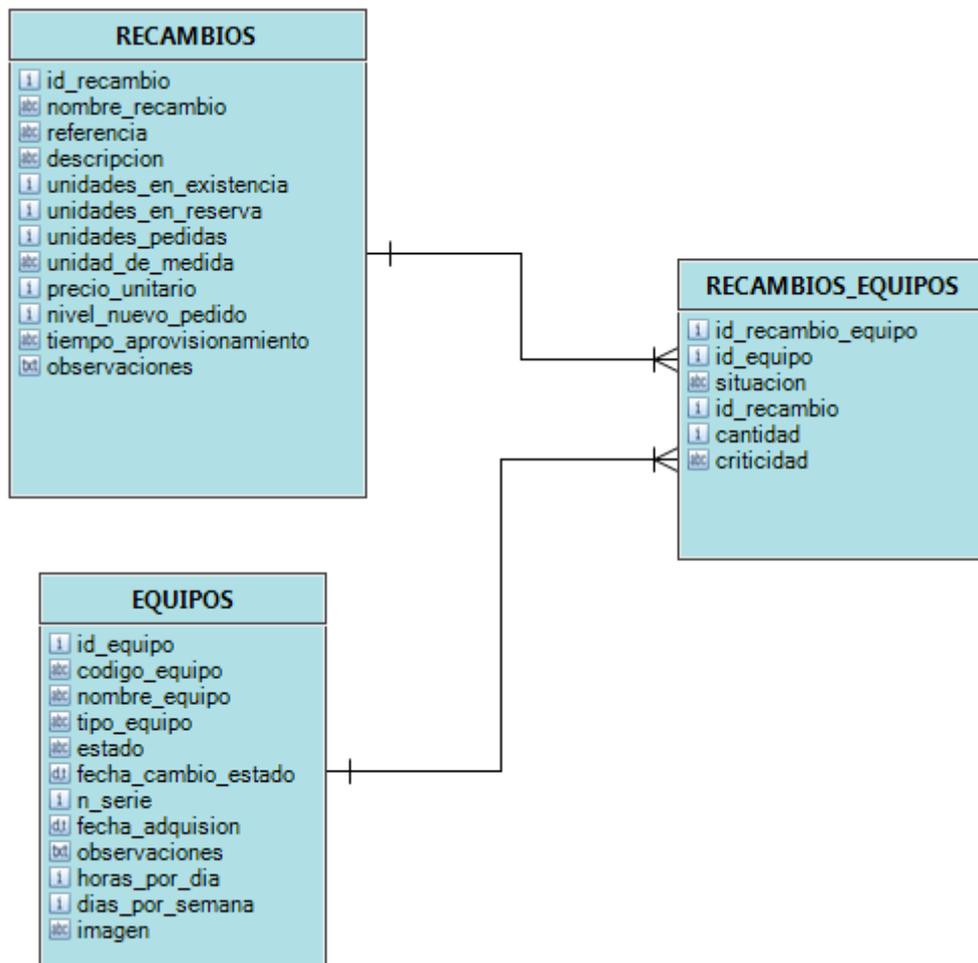


Fig. 9.9 Entidades equipos, recambios, “recambios_equipos”

En la entidad equipos, tal como se ha explicado con anterioridad, se almacena la información relevante sobre el parque de equipos de la organización.

Los atributos susceptibles de ser explicados de la entidad equipos son los siguientes:

- **codigo_equipo:** El código identificador interno que usa la organización para identificar cada equipo
- **tipo_equipo:** Describe el tipo de equipo, es un campo informativo.
- **estado:** El estado que puede tener un equipo. Los diferentes estados que puede tener un equipo en base a los requerimientos tomados, son los de “en funcionamiento”, “absoluto” y en “reserva”
- **horas_por_dia:** Las horas al día que está en funcionamiento el equipo. Este campo es necesario fruto de las especificaciones funcionales del proyecto especificadas en el capítulo anterior de este documento.
- **dias_por_semana:** El número de días a la semana en los que el equipo se encuentra en funcionamiento. Este campo también nace en base a las especificaciones funcionales del proyecto.

La entidad “recambios_equipos” es una entidad asociativa que nace de una interrelación muchos a muchos (N:M) entre las entidades equipos y recambios. Ya que un mismo tipo de recambio puede estar asociado a diversos equipos y viceversa, un mismo equipo puede estar asociado con varios recambios.

La función de la entidad “recambios_equipos” es la de almacenar el resultado de la relación muchos a muchos (N:M) entre las entidades equipos y recambios. A continuación se describen aquellos atributos más relevantes de esta entidad:

- **situacion:** La ubicación del recambio dentro del equipo asociado al recambio en concreto.
- **cantidad:** El número de unidades que se encuentran ubicadas en el equipo al cual está asociado el recambio.
- **criticidad:** El nivel de criticidad del recambio asociado al equipo. Campo informativo.

A continuación tal como se puede ver en la Fig. 9.10, se muestran las entidades “líneas y equipos.

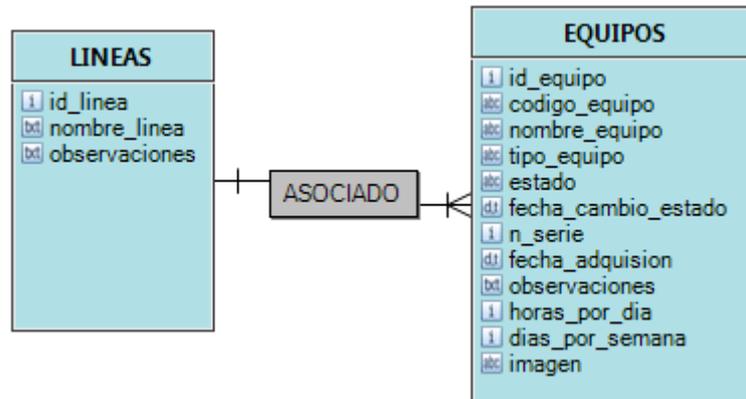


Fig. 9.10. Entidades equipos y líneas.

Entre las relaciones equipos y líneas existe una interrelación uno a muchos (N:M), ya que un equipo solo puede estar asociado a una línea pero una línea puede tener asociados diversos equipos.

El atributo “nombre_linea” de la entidad líneas es el nombre identificativo de la línea.

Tal como se muestra en la Fig. 9.11, se describirá la entidad operarios juntos con otras dos entidades que tienen interrelaciones con ella. Estas entidades son “categoría_profesional” y “especialidades”.

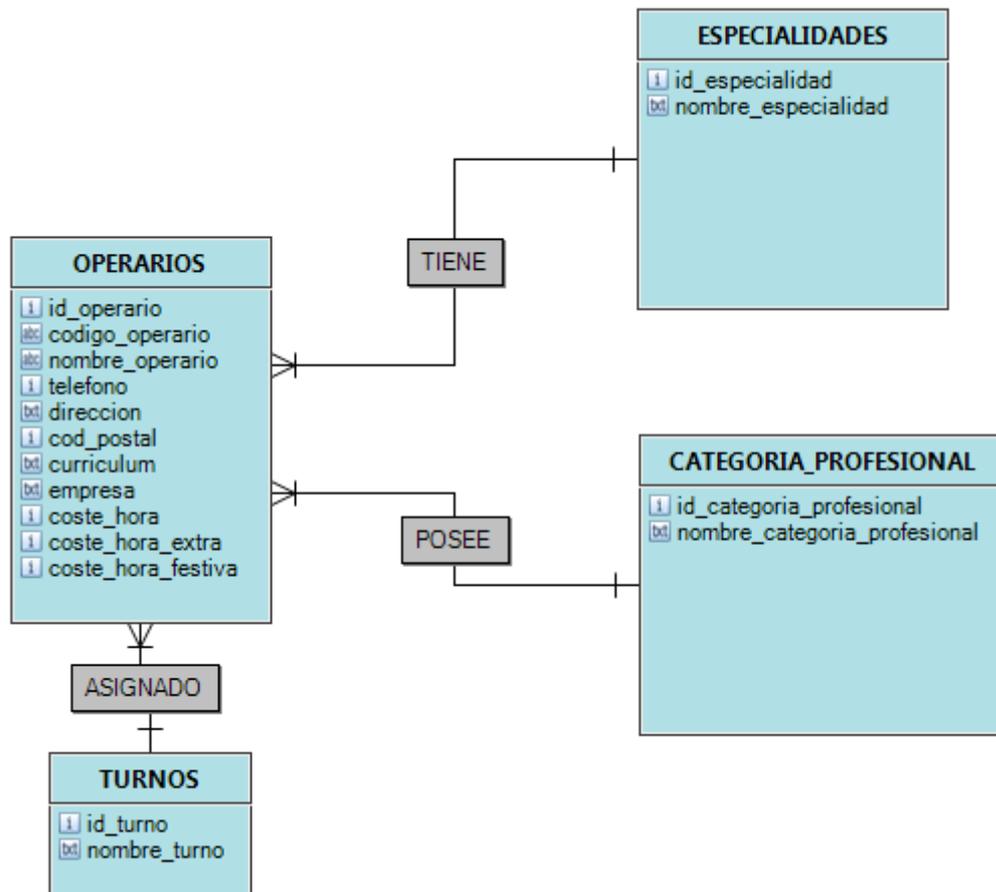


Fig. 9.11. Entidades operarios, turnos, especialidades y “categoría_profesional”

La función de la entidad operarios es almacenar la información más importante de los operarios de la organización. A continuación se describen aquellos atributos más interesantes de comentar:

- **codigo_operario:** Es el código interno que usa la organización para identificar a cada operario.
- **empresa:** El nombre de la empresa para la que trabaja el operario.
- **coste_hora:** Los costes x hora en euros del operario en cuestión. Este campo es necesario en base a los requisitos funcionales del programa definidos en el capítulo anterior. En concreto a los referente a los costes de mano de obra asociados a las ordenes de trabajo.

La función de las entidades especialidades y “categoria_profesional” son las de almacenar respectivamente, los diferentes tipos de especialidades y categorías profesionales que pueden tener los operarios de la organización

Entre la entidad operarios y las entidades especialidades y “categoria_profesional” existen dos interrelaciones de nombres “tiene” y “posee” de tipo uno a muchos (1:N).

Un operario solo puede tener una especialidad y poseer una categoría profesional, pero una especialidad y categoría profesional puede estar asociadas a diversos operarios.

Por último la función de la entidad turnos es la de almacenar los diferentes turnos de producción de la organización. Entre esta entidad y la entidad operarios existe una interrelación de tipo uno a muchos (1:N) que implica que un operario solo puede estar asignado a un turno pero un turno puede estar asociado a diversos operarios.

A continuación se describirán las entidades gamas, “normas_en_gamas”, normas “tipos_incidencias” y sus interrelaciones tal como se muestra en la Fig. 9.12

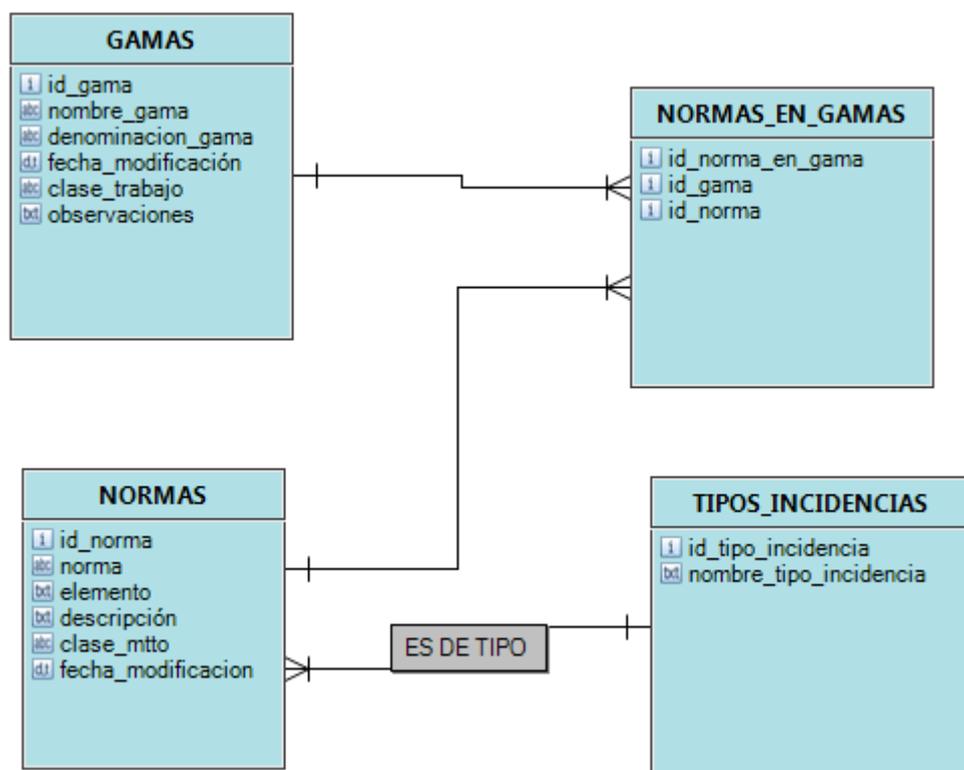


Fig.9.12 Entidades gamas, normas, “normas_en_gamas” y “tipos_incidencias”

En la entidad gamas se almacenan aquellas intervenciones de mantenimiento que se realizan sobre los equipos de la organización. Son tareas formadas por una o varias operaciones. Esas operaciones de mantenimiento se encuentran almacenadas en la entidad normas.

En la entidad “tipos_incidencias” se almacenan los diferentes tipos de incidencias que se pueden producir en los equipos de la organización. Como por ejemplo eléctricas, hidráulicas, etc. Se encuentra vinculada por una interrelación con la entidad normas, ya que cada norma es de un tipo de los que se guardan en la entidad “tipos_incidencias”

A continuación se describen aquellos campos dignos de reseñar de la entidad gamas:

- nombre_gama: Es el nombre identificativo de la gama en la organización.
- descripcion_gama: Es el nombre que describe la naturaleza de la gama.
- clase_trabajo: Describe el tipo de trabajo entre las siguientes clases: preventivo, predictivo y correctivo.

En la entidad normas, tal como se ha explicado anteriormente, se almacena las operaciones (tareas simples) que forman parte de las gamas.

A continuación se describen aquellos campos más importantes de la entidad normas:

- norma: Código identificativo de la operación dentro de la organización.
- elemento: Elemento sobre el que se realiza la operación.
- especialidad: Tipo de especialidad (mecánica, eléctrica, etc.) de la operación
- clase_mnto: La clase mantenimiento que realiza la operación. Que puede ser preventivo, predictivo y correctivo.
- fecha_modificacion: La fecha de la última modificación realizada sobre los atributos de la operación.

La entidad “normas_en_gamas” es una entidad asociativa resultado de una interrelación de muchos a muchos (N:M) entre las entidades normas y gamas. Ya que una norma puede estar asociada a diversas gamas, y una gama estar asociada a diversas normas.

Los atributos de la entidad “normas_en_gamas” son una clave primaria de nombre “id_norma_en_gama”. También está formada por los atributos “id_gama” y “id_norma” que son a su vez claves primarias de sus respectivas entidades.

Entre la entidad normas y “tipos_incidencias” existe una interrelación de uno a muchos (1:N) de nombre “es de tipo” que define el tipo o la categoría de cada norma (cada ocurrencia) de las almacenadas en la entidad normas.

Una norma solo puede estar asociada con un tipo de incidencia o categoría (por ejemplo eléctricas, hidráulicas, etc.). Y una misma incidencia puede estar asociada a diversas normas.

Tal como se ve en la Fig 9.13, se describirán algunas interrelaciones muchos a muchos (N:M) entre la entidad gamas y un par de entidades (recambios y equipos) del modelo conceptual de la base de datos, que se han convertido en entidades asociativas (“recambios_en_gamas” y “gamas_asociadas_equipos”).

Todas aquellas entidades que ya se han descrito anteriormente, no se volverán a describir.

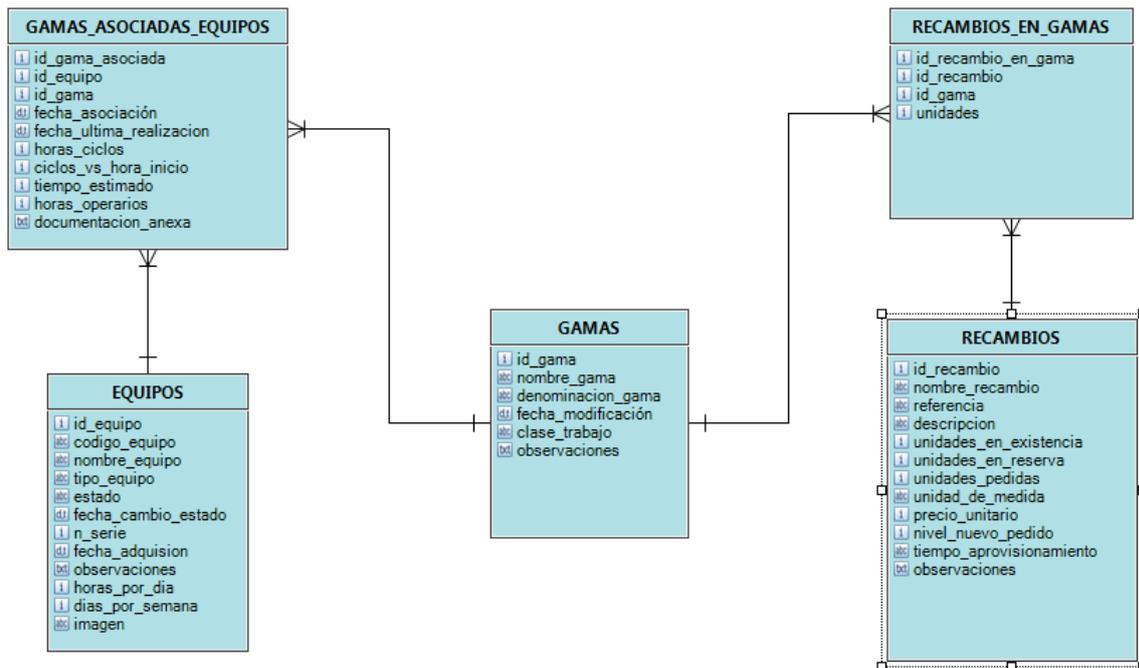


Fig. 9.13. Entidades equipos, “gamas_asociadas_equipos”, gamas, “recambios_en_gamas” y recambios.

La entidad asociativa de nombre “gamas_asociadas_equipos” es fruto de una interrelación muchos a muchos (N:M) entre las entidades equipos y gamas. Una gama puede estar asociada a diversos equipos y un equipo puede tener asociadas diversas gamas.

Los atributos más relevantes de la entidad “gamas_asociadas_equipos” son los siguientes:

- **fecha_ultima_realizacion:** Es la fecha en la cual se ha realizado una orden de trabajo (WO). En la WO están asociados la gama y equipo especificados en cada ocurrencia de la entidad “gamas_asociadas_equipos”. Este campo es uno de los utilizados siguiendo los requerimientos funcionales del programa, con el propósito de lanzar de forma automatizada las WO planificadas.
- **horas_ciclos:** Este campo define después de cada cuantas horas se debe realizar la WO planificada asociada. Este campo también es uno de los utilizados con el fin de concretar a bajo nivel los requerimientos funcionales definidos en el anterior capítulo de este documento, para lanzar de forma automatizada las WO planificadas.

- **ciclos_vs_horas_inicio:** Contador de horas al inicio para realizar la primera gama sobre el equipo.
- **tiempo_estimado:** Es una estimación del tiempo en horas que se tardaría en realizar la ejecución de la gama (WO) sobre el equipo asociado.
- **horas_operarios:** También es otra estimación de tiempo, en este caso cuantas horas tardarían en total el o los operarios en realizar la ejecución de la WO.

En la entidad asociativa “recambios_en_gamas” alberga el atributo unidades, cuya finalidad es la de cuantificar el número de unidades del recambio o recambios necesarias para la realización de cada gama a la cual están asociados. Este atributo también es necesario para cumplir el requerimiento funcional del cálculo de costes asociados a los recambios vinculados a las ordenes de trabajo.

Al ser una entidad asociativa, describe que una gama puede tener diversos recambios asociados, y un recambio puede estar asociado a diversas gamas.

La siguiente entidad que se describe, tal como se puede ver en la Fig. 9.14, es la entidad “workorders”, juntos con algunas otras entidades que tienen una serie de interrelaciones con ella. Todas aquellas entidades que se han descrito anteriormente, no se volverán a explicar.

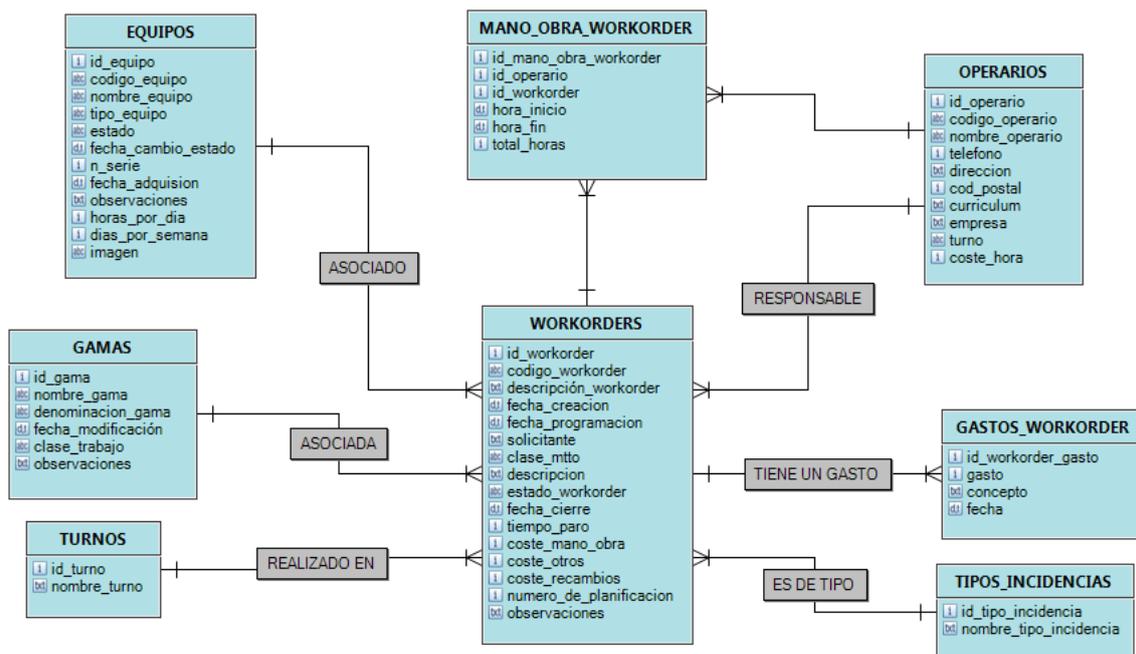


Fig. 9.14. Entidad *workorders* y las entidades con interrelaciones con ella.

En la entidad “workorders” se almacenan los diferentes ordenes de trabajo (WO) que se realizan sobre el parque de equipos de la organización. Una orden de trabajo no es sino la ejecución en una fecha concreta de una gama en el equipo en el cual se encuentra asociada. A continuación se describen aquellos campos más interesantes de *workorders*:

- *codigo_workorder*: El código interno que usa la organización para identificar a cada *workorder* en concreto.
- *descripcion_workorder*: Este atributo describe la finalidad de la orden de trabajo.
- *fecha_programacion*: La fecha prevista en la cual se realizara la WO.
- *solicitante*: Atributo informativo que describe quien ha solicitado la WO.
- *clase_mtto*: Este atributo define la clase de trabajo, que puede tomar los valores preventivo, predictivo y correctivo
- *estado_workorder*: Los diferentes estados que puede tener una orden de trabajo, que pueden ser pendiente, *standby*, lanzada y cerrada.
- *coste_mano_obra*: Atributo calculado con la suma del coste total en euros de todas las horas de los operarios que han participado en la orden del trabajo. Toma su valor de la suma de los costes de los operarios (horas trabajadas x coste hora operario) vinculados a la orden de trabajo a través de la entidad asociativa “*mano_obra_workorder*”. Este atributo es fruto de las necesidades o requerimientos funcionales relacionados con el cálculo del coste de la mano de obra asociado a cada una de las ordenes de trabajo.
- *coste_otros*: Atributo calculado con la suma de otros gastos asociados a la WO especificados en la entidad “*gastos_workorder*”. Este atributo también nace de las especificaciones funcionales de costes especificadas en el capítulo anterior.
- *coste_recambios*: Otro atributo calculado en base al coste total de los recambios necesarios para realizar la ejecución de la WO. Los recambios necesarios para la ejecución de cada WO se encuentran asociados a la gama que se realiza a través de la orden de trabajo. Este atributo también se genera debido a los requerimientos funcionales.

La entidad turnos tiene una interrelación de tipo uno a muchos (1: N) de nombre “realizado en” con la entidad “workorders”. Una orden de trabajo solo puede estar realizada en un tipo de turno, pero diversos turnos pueden estar vinculados a diversas WO.

La entidad “gastos_workorder” almacena todos aquellos gastos adicionales que a nivel de coste se asocian en la realización de una WO. Esta entidad también nace a partir de los requerimientos funcionales recabados de la organización en el anterior capítulo. Tales como por ejemplo el alquiler de un equipo de limpieza necesario para la realización de una orden de trabajo. Los atributos reseñables de esta entidad son:

- gasto: El coste en euros del gasto asociado a la WO.
- concepto: El atributo descriptivo (nombre) del gasto realizado.

Esta entidad tiene una interrelación de nombre “tiene un gasto” uno a muchos (1: N) con la entidad “workorders”, ya que una WO puede estar asociada a diversos gastos, pero un gasto solo puede estar asociado a una sola orden de trabajo. La entidad “tipos_incidencias” tiene asociada una interrelación uno a muchos (1: N) de nombre “es de tipo” a la entidad *workorders* ya que una orden de trabajo solo puede estar asociada con un tipo de incidencia, pero un tipo de incidencia puede estar asociada con varias WO. Como tipo de incidencia entendemos por ejemplo de clase hidráulica o mecánica entre otras.

La entidad operarios tiene una interrelación de tipo uno a muchos (1: N) de nombre “responsable” con la entidad workorders, puesto que en una orden de trabajo solo puede ser un operario el responsable de realizar la WO, pero diversos operarios pueden ser responsables de diversas ordenes de trabajo.

La entidad asociativa “mano_obra_workorder” es una entidad resultado de una interrelación de tipo muchos a muchos (N: M) entre las entidades “workorders” y operarios. Las WO pueden estar ejecutadas por diversos operarios (estar asociados), así como diversos operarios pueden estar vinculadas a diversas ordenes de trabajo. Esta entidad nace a partir de los requerimientos funcionales de cálculos de costes de mano de obra en las WO recabados de la organización

Los atributos más interesantes de describir de esta entidad son los siguientes:

- hora_inicio: La fecha de inicio del principio de las tareas del operario en la orden de trabajo a la cual está asociado.
- hora_fin: La fecha final de de las tareas del operario en la WO.
- total_horas: Este es un atributo calculado en base al número total de horas realizadas por un operario en concreto en la orden de trabajo en la cual está asociado. Se calcula usando los atributos “hora_inicio” y “hora_inicio” de esta misma entidad. Este atributo también se usa en el cálculo de costes de la mano de obra.

A continuación en la Fig. 9.15, se describen las entidades “predictivo_equipos” y “predictivo_lecturas”

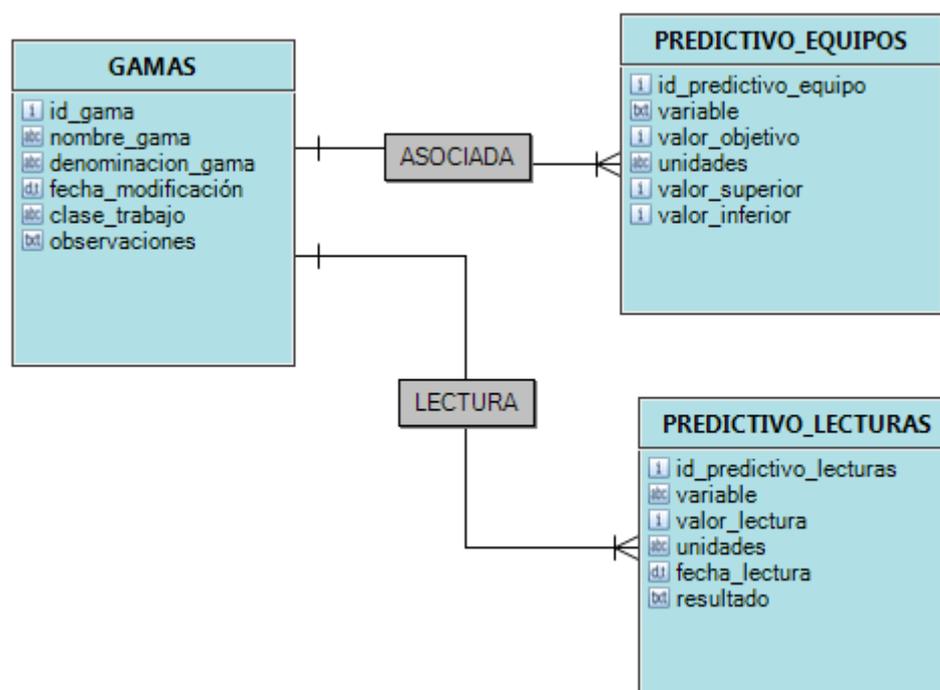


Fig. 9.15. Entidades gamas, “predictivo_equipos” y “predictivo_lecturas”

La función de las entidades “predictivo_equipos” y “predictivo_lecturas” es la de definir y almacenar las lecturas de variables de los equipos que dispongan de esa posibilidad. Este tipo de lecturas son las que se realizan en por las ordenes de trabajo de clase predictivo.

Los atributos de la entidad “predictivo_equipos son los siguientes:

- variable: El nombre de la variable del equipo sobre la que se realiza la lectura
- valor_objetivo: El valor esperado de lectura para la variable
- unidades: Las unidades de medición de la variable verificada.
- valor_superior: El valor superior máximo esperado para la variable
- valor_inferior: El valor inferior mínimo esperado recoger de la variable

La función de la entidad “predictivo_lecturas” es la de almacenar el histórico de las lecturas realizadas a las variables de los equipos.

Estos son los atributos que forman parte de la entidad:

- variable: El nombre de la variable de la que se ha hecho la lectura
- valor_lectura: El valor recogido de la medición de la variable
- unidades: El tipo de unidades de la medición realizada.
- fecha_lectura: La fecha en la cual se hizo la medición.
- Resultado: Atributos informativo que describe si la medición realizada ha estado dentro de los márgenes permitidos.

Ya por último, tal como se puede ver en la Fig. 9.16, se muestra la entidad de nombre “gestor_conocimiento”. El propósito de esta entidad es la de almacenar el conocimiento de las incidencias para posteriormente poder usarlo para resolver de forma más eficiente las mismas.

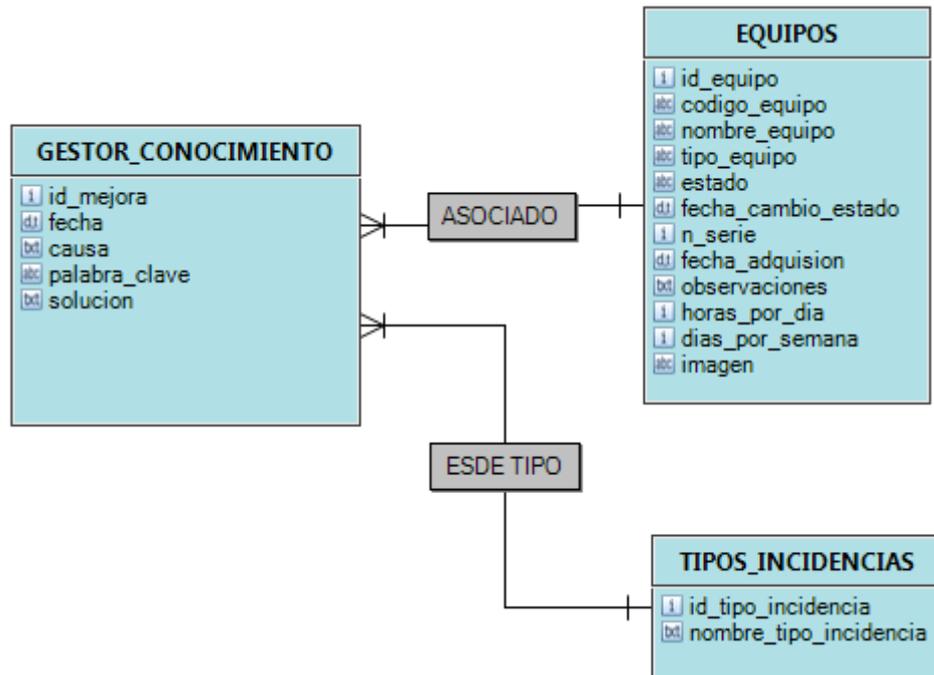


Fig. 9.16. Entidades gestor_conocimiento, equipos y “tipo_incidencias”

Los atributos de la entidad “gestor_conocimiento” son los siguientes:

- fecha: La fecha en la cual se ha introducido una mejora en la entidad
- causa: La causa que ha provocado la incidencia en el equipo asociado
- palabra_clave: Palabra clave que ayuda a realizar búsquedas de la mejora.
- Solución: Descripción que explica cómo solucionar la incidencia

9.2.3 Modelo lógico

Una vez que se ha realizado el modelado conceptual de todas las estructuras de datos necesarias para que la organización pueda gestionar de una forma más eficiente la gestión de su mantenimiento.

En esta fase se transforma el modelo conceptual en un modelo relacional aún desvinculado del SGDB sobre el cual se realizará el modelo de datos físico de la base de datos.

En esta fase las entidades se transforman en relaciones, los atributos se mantienen y las relaciones de cardinalidad uno a muchos (1:N) generan una clave foránea en el costado N de la interrelación.

En el caso de las interrelaciones muchos a muchos (N:M) se genera una nueva entidad (en el modelo lógico ya se llama relación) que incorpora dos claves foráneas (que son la clave primaria de la relación) fruto de las dos claves primarias de las relaciones que tenían entre sí la interrelación (N:M) en el modelo conceptual.

A continuación se realizara el proceso de transformación de todas las entidades y sus interrelaciones del modelo conceptual a sus estructuras equivalentes en el modelo relacional.

A continuación se muestra las entidades proveedores y “tipo_suministros” transformadas al modelo de relacional. La interrelación (1:N) entre ellas se ha convertido en clave foránea en proveedores.

PROVEEDORES (id_proveedor, nombre_proveedor, numero_cliente, persona_de_contacto, dirección, ciudad, codpostal, edo_o_prov, pais, telefono, fax, email, notas, iso_evaluacion) donde (id_tipo_suministro referencia (tipo_suministros)

TIPO_SUMINISTROS (id_tipo_suministro, nombre_tipo_suministro)

A continuación se muestra las entidades recambios y categorias transformadas al modelo de relacional. Las tres interrelaciones (1: N) entre la entidad recambios y proveedores se han convertido en 3 claves foráneas en recambios

RECAMBIOS (id_recambio, nombre_recambio, referencia, descripcion, unidades_en_existencia, unidades_en_reserva, unidades_pedidas, unidad_de_medida, precio_unitario, nivel_nuevo_pedido, tiempo_aprovisionamiento, observaciones) donde (id_categoria) referencia (categorias) donde (id_fabricante) referencia (proveedores) donde (id_proveedor) referencia (proveedores) donde (id_proveedor_alternativo) referencia (proveedores)

CATEGORIAS (id_categoria, nombre_categoria)

Ahora es el turno de mostrar las relaciones equipos y “recambios_equipos”.

EQUIPOS (id_equipo, codigo_equipo, nombre_equipo, tipo_equipo, estado, fecha_cambio_estado, n_serie, fecha_adquisicion, observaciones, horas_por_dia, dias_por_semana, imagen) donde (id_linea) referencia (lineas)

RECAMBIOS_EQUIPOS (id_recambio_equipo, situacion, cantidad, criticidad) donde (id_equipo) referencia (equipos) donde (id_recambio) referencia (recambios)

A continuación se describen las relaciones lineas y “equipos_lineas” en el modelo relacional

LINEAS (id_linea, nombre_linea, observaciones)

Ahora se describen las estructuras relacionales de las relaciones operarios, turnos, especialidades y “categorias_profesionales”.

OPERARIOS (id_operario, codigo_operario, nombre_operario, telefono, direccion, codpostal, curriculum, empresa, coste, hora) donde (id_especialidad) referencia (especialidades) donde (id_categoria_profesional) referencia (categorias_profesionales) donde (turno) referencia (turnos)

TURNOS (id_turno, nombre_turno)

ESPECIALIDADES (id_especialidad, nombre_especialidad)

CATEGORIA_PROFESIONAL(id_categoria_profesional, nombre_categoria_profesional)

Las siguientes relaciones que se describe su estructura relacional son normas, gamas, “normas en gamas” y “tipos_de_incidencias”

NORMAS (id_norma, norma, elemento, descripción, clase_mtto, fecha_modificacion) donde (especialidad) referencia a (tipos_incidencias)

TIPOS_INCIDENCIAS (id_tipo_incidencia, nombre_tipo_incidencia)

GAMAS (id_gama, nombre_gama, denominación_gama, fecha_modificacion, clase_trabajo, observaciones)

NORMAS_EN_GAMAS (id_norma_en_gama) donde (id_gama) referencia (gamas) donde (id_norma) referencia (normas)

A continuación se describen las relaciones asociativas “gamas_asociadas_equipos” y “recambios_en_gamas”.

GAMAS_ASOCIADAS_EQUIPOS (id_gama_asociada, fecha_modificacion, fecha_ultima_realización, horas_ciclos, ciclos_vs_hora_inicio, tiempo_estimado, horas_operarios, documentación_anexa) donde (id_equipo) referencia (equipos) donde (id_gama) referencia (gamas)

RECAMBIOS_EN_GAMAS (id_recambio_en_gama, unidades) donde (id_recambio) referencia (recambios) donde (id_gama) referencia (gamas).

A continuación se describirán las relaciones “workorders” junto con algunas otras relaciones aún no explicadas en el modelo lógico, que en el modelo conceptual tenían algún tipo de interrelación con “workorders”

WORKORDERS (id_workorder, codigo_workorder, descripción_workorder, fecha_creacion, fecha_programacion, solicitante, clase_mtto, descripcion, estado_workorder, fecha_cierre, tiempo_paro, coste_mano_obra, coste_otros, coste_recambios, numero_de_planificacion, observaciones) donde (id_turno) referencia (turnos) donde (responsable_ejecucion) referencia operarios donde (id_equipo) referencia (equipos) donde (id_gama) referencia (gamas) donde (id_tipo_incidencia) referencia (tipos_incidencias)

MANO_OBRA_WORKORDER (id_mano_obra_workorder, hora_inicio, hora_fin, total_horas) donde (id_operario) referencia (operarios) donde (id_workorder) referencia (workorders)

GASTOS_WORKORDER (id_workorder_gasto, gasto, concepto, fecha) donde (id_workorder) referencia (workorders)

Ahora es el turno de describir las relaciones “predictivo_equipos” y “predictivo_lecturas”

PREDICTIVO_EQUIPOS (_, variable, valor_objetivo, unidades, valor_superior, valor_inferior) donde (id_gama) referencia (gamas)

PREDICTIVO_LECTURAS (id_predictivo_lecturas, variable, valor_lectura, unidades, fecha_lectura, resultado) donde (id_gama) referencia (gamas)

Por último se describe la relación de nombre “gestor_conocimiento”

GESTOR_CONOCIMIENTO (id_mejora, fecha, causa, palabra_clave, solucion) donde (id_equipo) referencia (equipos) donde (id_tipo) referencia (tipos_incidentes)

9.2.4 Modelo físico

La finalidad del modelo físico en el diseño de una base de datos es el de generar la estructura de datos de la base de datos física. Siempre de la forma más eficiente posible.

Las estructuras de datos resultantes de la fase de de diseño del modelo lógico, se deberán transformar en las estructuras de datos del modelo físico.

En el caso concreto de este proyecto, el SGDB elegido para realizar la implementación física de las estructuras de datos generadas en la fase del diseño lógico es Microsoft Access.

Las relaciones y claves del modelo lógico se transformaran a las tablas y claves del modelo físico.

Una vez en la fase de desarrollo del modelo físico en el diseño de la base de datos relacional, y habiendo decidido el SGDB que mejor se ajuste a las necesidades y uso que vaya a tener la futura base de datos, quedan pendiente realizar las siguientes tareas:

- Definir el tipo y tamaño de los atributos de las relaciones
- Configurar la integridad referencial entre las claves primarias y las foráneas vinculadas

Debido al tamaño del modelo físico de la base de datos del programa GMAO, éste se muestra en el Anexo I de la documentación de este proyecto.

10 Conclusiones.

Cabe destacar como principal virtud al realizar este PFC la adquisición de conocimientos en las siguientes áreas:

- Teoría de la gestión del mantenimiento.
- Programación en VB .NET
- Diseño de base de datos.

Como punto a señalar se destacaría que debido a los pocos o nulos conocimientos iniciales en las anteriores áreas citadas, con los que se partía, el programa final puede ser mejorable en los apartados de programación y el diseño de la base de datos. A pesar de lo cuál dada la envergadura del programa y la cantidad de trabajo se puede considerar como satisfactorio el hecho de disponer de un programa completamente operativo y que cubre las necesidades del usuario final.

10.1 Resultado

A pesar de que en un principio no se vislumbró que era tanta la complejidad y el trabajo necesarios para su realización, una vez finalizado el desarrollo del programa GMAO, podemos constatar esto, al ver el grna número de tablas y formularios requeridos para su funcionamiento.

En total han sido necesarias:

- Tablas: han sido un total de 24 tablas con sus relaciones.
- Formularios: han sido un total de 40 formularios.

En el siguiente subapartado se describen posibles continuaciones de este PFC.

10.2 Posibles mejoras.

Durante el desarrollo del proyecto fueron detectadas una serie de oportunidades de crecimiento y mejora del proyecto, que no fue posible implementar, principalmente porque su complejidad o extensión excedían el alcance del proyecto en su intención original, pero de las que se deja constancia para posibles continuaciones del mismo.

- Escalado a una base de datos multiusuario, tipo MySQL o SQL server.
- Desarrollo de una sub-aplicación con acceso restringido a determinadas áreas del programa, según privilegios del usuario, de forma que los propios operarios puedan reportar sus trabajos o acceder a ver su agenda de trabajo.
- Planificador de trabajos que de forma visual muestre cuándo está programada la ejecución de los trabajos.
- Mejora del soporte documental. Capacidad de incluir múltiples documentos por gama e integración con algún visor de planos CAD.
- Permitir la anidación recursiva de equipos dentro de equipos, de forma que puedan formarse subconjuntos de equipos que a su vez sean parte de otro equipo de ámbito superior.
- Integración de la gestión de costes con algún formato de exportación a software de contabilidad.
- Cálculo automático de los indicadores de producción MTBF, MTTR y OEE, ya que en la actualidad estos valores sólo pueden obtenerse mediante consultas a la base de datos y la realización aparte del cálculo de forma manual.

11 Referencias.

- [1] Lluís Cuatrecasas, *TPM Total productive maintenance*. Gestión 2000 Editorial. Año 2000.
- [2] European Foundation for Quality Management, *Autoevaluación 1996 - Directrices para empresas*. Club Gestión de la Calidad. Año 1996.
- [3] www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm, International Organization for Standardization, .2008.
- [4],[5] Instituto Nacional de Estadística, Directorio Central de Empresas, “Estadísticas Pyme”. Secretaría General de Industria. Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa, Enero 2010.
- [6],[7] Escuela de Organización Industrial, “Informe TIC Pymes 2009”. Escuela de Organización Industrial, Año 2009.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Entity-relationship_model, Wikipèdia, Modelo ER (*entity-relantioship*), Año 2012.
- [9] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.123.1085>, Peter Chen, *The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data*, Año 1976.
- Angel Alonso García, *Conceptos de organización industrial*. Marcombo Boixareu Editores 1984.
- Francesc Flores i Salgado, Jesús Javier Lasheras Ibañes y Juan MaríaPalencia Fernández,, *aplicaciones de técnicas JIT y TPM en empresas españolas*. TGP Hoshin s.l. Año 1996.
- Teorey, T.J. , *Database Modeling & Design. The Fundamental Principles (3ª ed.)*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. , . Año 1999.