



LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL

Agustín PÉREZ FONSECA

RESUMEN

Desde el inicio de su actividad industrial hace veinticinco años, la fábrica de Juzbado del Grupo Enusa ha mantenido siempre un fuerte compromiso con la protección radiológica y la protección ambiental. Como resultado, la evolución de dosis ha experimentado una tendencia a la baja a lo largo de estos años. Aunque la producción haya aumentado gradualmente, las dosis medias a los trabajadores han permanecido por debajo de 1 mSv. Para identificar y prevenir las potenciales consecuencias de su actividad industrial para el medio ambiente y reducir al mínimo su impacto en los alrededores, la fábrica ha desarrollado un Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma UNE-EN-ISO 14001 a partir de 1999.

SUMMARY

From the beginning of its industrial activity twenty five years ago, the Juzbado Factory of Enusa Group has always upheld a strong commitment with Radiological Protection and environmental respect and protection. Consequently, the evolution of dose shows a downward trend over the years. Although production has been increased gradually, the average doses to workers have stayed below 1 mSv. In order to identify and prevent the potential environmental impacts of its industrial activity and minimize its impact on the surroundings, the facility develops an environmental management system according to UNE-EN-ISO 14001 since 1999.

**AGUSTÍN PEREZ FONSECA**

es licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Salamanca y Máster en Ingeniería Mediambiental por la EOI. Ingresó en Enusa en 1985, en los Servicios Analíticos de Control de Calidad. Desde 1997 ocupa el puesto de Jefe de Servicio de Protección Radiológica.

Los avances tecnológicos han conducido al desarrollo de la sociedad y el estado de bienestar. La radiactividad ha sido uno de los descubrimientos científicos que más campos de aplicación práctica y más beneficios ha dado a la sociedad. Sin embargo, este fenómeno podría ser peligroso si no se utilizara correctamente y podría llegar a tener efectos indeseados tanto para la salud de las personas como para el medio ambiente. Por ello, desde un principio surgió la necesidad de medir, controlar y conocer los efectos de las radiaciones sobre el ser humano y sobre el medio ambiente. Para dar respuesta a esta necesidad se ha desarrollado una ciencia compleja, cuyos fundamentos están basados en muchas ciencias básicas: la física, la medicina, la biología, la química, las matemáticas, la ecología, la ingeniería, la electrónica, la estadística, la sociología, la comunicación y el derecho. Incluso la filosofía y la psicología se utilizan habitualmente.

La mejora del nivel de vida ha venido acompañada del desarrollo de la sociedad del conocimiento y de la información y por el aumento de la conciencia social de que el hombre y la naturaleza son parte de un mismo sistema. James Lovelock, en los años 70 del siglo pasado, resume de una manera imaginativa el desarrollo de la ecología científica y el sentimiento de la sociedad, en su propuesta, concretada en el concepto de *Gaia*, en la que nuestra casa, el planeta Tierra, es considerado como una unidad en la que todos los seres vivos y los materiales inorgánicos se pueden considerar

como un solo organismo dinámico (vida = materia y energía) que se autorregula para buscar un equilibrio.

Desde el diseño de la fábrica de Juzbado, la protección radiológica y la gestión ambiental han ido de la mano. Tanto los estudios previos a la puesta en funcionamiento como los análisis y evaluaciones de seguridad realizados durante la operación, han tenido siempre el objetivo de la protección de las personas y del medio ambiente, de acuerdo con la Misión, Visión y Valores de Enusa.

Los principios de protección radiológica de justificación, limitación y optimización y el compromiso social de la protección del medio ambiente, han estado siempre presentes en la política de seguridad que la dirección ha implantado. El desarrollo práctico de esta política se ha realizado a través del Programa de Protección Radiológica y de la implantación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) certificado por AENOR. Esto ha permitido que los niveles de calidad conseguidos en protección radiológica sean una referencia a nivel internacional, y que Enusa haya sido una empresa pionera en conseguir la certificación por AENOR del Sistema de Gestión Ambiental (Nº CGM-1999/31) de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 14001 y, posteriormente, la verificación del sistema conforme al Reglamento Europeo 761/2001 (EMAS), siendo la fábrica la primera instalación industrial de Salamanca y la cuarta de Castilla y León en obtener dicha verificación, lo que evidencia su alto nivel de excelencia en gestión ambiental y su gran compromiso

con el entorno. Ambas acreditaciones han sido renovadas en los años 2008 y 2009 respectivamente (figura 1).

PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Los esfuerzos realizados a lo largo de los años por la fábrica de Juzbado en formación, desarrollo técnico e implantación de procedimientos, han permitido que el Programa de Protección Radiológica alcance unos niveles de eficiencia que supera con creces los límites de cumplimiento reglamentario. El programa desarrolla los siguientes aspectos:

- Medida y control de las dosis externas e internas del personal.
- Análisis continuo de los riesgos, clasificación de los trabajadores y de las zonas de trabajo.
- Vigilancia y control de la radiación y de la contaminación superficial y ambiental.
- Evaluación tanto del impacto radiológico de los nuevos equipos, procesos e instalaciones como de las modificaciones sobre los existentes.
- Desarrollo del programa de optimización de dosis (Alara).
- Implantación de las normas e instrucciones de protección radiológica.
- Formación continua de todos los trabajadores expuestos.
- Vigilancia y control de las fuentes radiactivas y de los equipos emisores de radiaciones.
- Control de efluentes radiactivos tanto líquidos como gaseosos.
- Vigilancia y control de los residuos radiactivos sólidos generados.
- Desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA).

Dosimetría

Todos los trabajadores expuestos de la fábrica, tanto de plantilla como de contrata, llevan un dosímetro TLD para el control de las dosis a cuerpo entero que reciben debido a la radiación externa. En algunos trabajos con campos de radiación no homogéneos se utilizan dosímetros de anillo. La lectura de los mismos se realiza en el Servicio de Dosimetría Externa (SDE) de la fábrica, autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) desde 1991 y que, actualmente, está acreditándose por ENAC de acuerdo a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Además de los dosímetros personales, en el SDE se leen los dosímetros de área y los ambientales. El SDE está sometido a un exhaustivo programa de calidad, que incluye tanto comprobaciones y



Figura 1.

verificaciones continuas de los equipos, calibraciones periódicas y participación en ejercicios de inter-comparación organizados por el CSN y por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y Eurados.

Adicionalmente, para el control de la dosis operacional del personal externo y para la vigilancia en operaciones especiales, se dispone de Dosímetros electrónicos de Lectura Directa (DLD).

Finalmente, si se diera una situación de emergencia debida a un accidente de criticidad, existen dosímetros de activación que se encuentran distribuidos en las áreas donde se maneja el material nuclear, y todas la tarjetas de identificación de los trabajadores llevan una pequeña lámina de indio (metal con una sección eficaz de captura neutrónica elevada) que permitiría estimar la dosis en caso de que se produjera dicho accidente.

La evolución de las dosis externas, tanto la Dosis Profunda (DP) como la Dosis Superficial (DS), del personal ha experimentado una tendencia descendente a lo largo de los años. A pesar de que la producción se ha ido incrementando, pasando de valores medios de 150 toneladas en los primeros años, a 250 toneladas en el año 2005 y a más de 320 toneladas en el año 2009, las dosis colectivas por tonelada han descendido, manteniéndose las dosis medias del personal por debajo de 1 mSv/año, límite de dosis del público, y consiguiendo mantener las dosis máximas anuales por debajo del 5% del límite anual para los trabajadores expuestos (figura 2).

En la fábrica de Juzbado existen algunas zonas donde se trabaja con polvo de óxido de uranio potencialmente dispersable y que podría dar lugar a un cierto riesgo de incorporación de isótopos radiactivos al organismo. Estas zonas están clasificadas como zonas con riesgo de contaminación. Por esta razón es neces-

sario disponer de un sistema para vigilar y asignar la dosis interna del personal.

La aplicación de unos estrictos criterios de diseño de los equipos e instalaciones, un sistema de ventilación forzada que permite la rápida renovación y la filtración del aire en las áreas de trabajo, y el trabajo en depresión en los equipos y cabinas de guantes ha permitido minimizar este riesgo. El Sistema de Ventilación y Extracción está controlado por automatismos que regulan su funcionamiento y detectan cualquier anomalía de manera inmediata, activando alarmas tanto locales como en la sala de control y deteniendo el funcionamiento de los equipos que están enclavados con dicho sistema.

Los procedimientos de trabajo tienen asociada instrucciones específicas para proteger al personal contra la contaminación incluyendo, en caso necesario, el uso de máscaras de protección respiratoria en ciertas operaciones.

La vigilancia y control de la contaminación ambiental en las áreas y en los efluentes gaseosos se realiza con el Sistema de Protección Radiológica. Este sistema está formado por más de 150 puntos de tomamuestras de aire en los que se sustituyen los filtros cada ocho horas de trabajo para medir en el laboratorio la actividad retenida en los mismos. Con estas medidas se realiza la estimación de la dosis interna del personal. Las dosis internas del personal han sido siempre muy bajas e inferiores al 5% del límite de dosis anual.

En cada área de trabajo hay un equipo de medida continua de la contaminación ambiental, con detectores de barrera de silicio, que permiten detectar cualquier situación anómala de manera inmediata, activando el sistema de alarmas tanto de manera local como en la sala de control. También existen este tipo de equipos de medida continua conectados a las

sondas isocinéticas que muestrean los efluentes en las chimeneas de los extractores y que vigilan la actividad emitida al exterior. Estos equipos de medida continua van a ser sustituidos por sistemas modernos con mayores capacidades de detección y velocidad de respuesta, que permitirán optimizar la vigilancia tanto en las áreas como en los extractores.

El control de la contaminación superficial se realiza mediante equipos portátiles, con detectores de gas proporcional o de centelleo, optimizados para la detección de la contaminación alfa. Zonas. Un programa de inspecciones semanales asegura el cumplimiento de los límites establecidos. También se dispone de este tipo de equipos en todos los puntos de salida de las zonas con riesgo de contaminación, para el control del personal y el material que sale de dichas

La determinación de la contaminación interna se realiza mediante un Programa de Bioensayos, consistente en la realización de medidas directas e indirectas en el personal que trabaja en las zonas con riesgo de contaminación. La medida directa la realiza el Servicio de Dosimetría Interna (SDPI) del Ciemat, autorizado por el CSN, que dispone de un Contador de Radiactividad Corporal (CRC), equipo de medida con detectores de germanio de alta resolución, calibrados para la detección de uranio en pulmón. Adicionalmente, dentro de este programa, se realizan con una frecuencia mínima anual, medidas de concentración de uranio en orina en los laboratorios de la fábrica, con la técnica de fosforimetría por excitación láser, técnica acreditada por ENAC de acuerdo a la ISO 17025.

Durante los 25 años de funcionamiento de la fábrica ningún trabajador ha sufrido una contaminación interna. Los 5000 análisis de muestras de uranio en orina y los 2000 controles en el CRC han sido negativos.

Control de las emisiones radiactivas

El impacto al exterior se deriva de las posibles descargas de uranio vía efluentes líquidos y gaseosos, así como en los residuos radiactivos sólidos generados.

La emisión de efluentes gaseosos se produce después del paso del aire por un sistema que dispone de dos etapas con filtros de alta eficiencia (HEPA). En las chimeneas de salida se encuentran instaladas unas sondas de muestreo isocinético conectadas a detectores del Sistema de Protección Radiológica. En cuanto a los efluentes líquidos, la limitación del uso de agua en las zonas con riesgo de contaminación y el sistema de tratamiento de efluentes líquidos radiactivos han permitido asegurar que

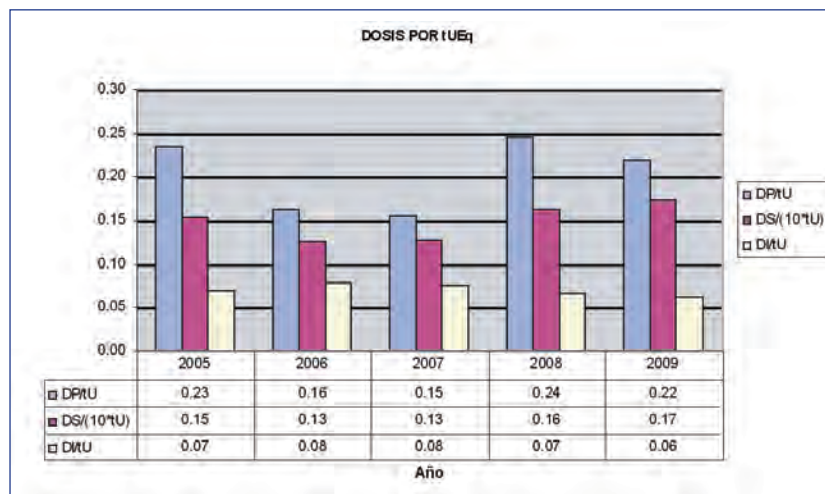


Figura 2.

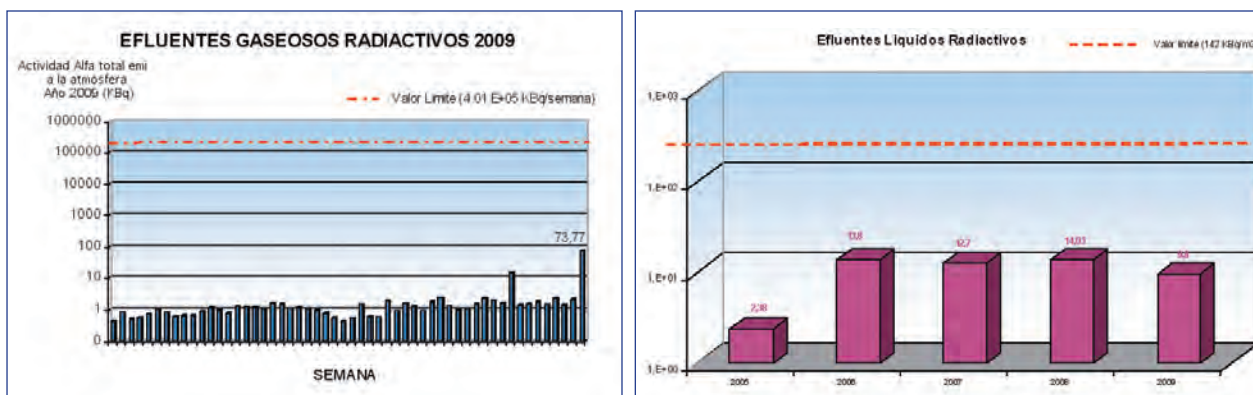


Figura 3.

la actividad vertida sea inferior al 1% de los límites establecidos por el CSN (figura 3).

A partir de los valores de actividad emitida por efluentes líquidos y gaseosos se calcula la dosis al público mediante la aplicación de un modelo matemático complejo que se recoge en el Manual de Cálculo de Dosis al Exterior. Como era de esperar, las dosis al público como consecuencia de la actividad de la fábrica han sido insignificantes y se encuentran en valores inferiores al 0.01% de los límites establecidos por el CSN, $1.66\text{E}-05\text{ mSv/año}$.

Por último, en la fábrica se producen residuos radiactivos sólidos de baja o muy baja actividad, como consecuencia de las operaciones de mantenimiento, limpieza o reparación de los equipos e instalaciones. Los planes de minimización establecidos han dado lugar a que en los 25 años de funcionamiento sólo se hayan producido una media de unos 20 m³ anuales de estos residuos.

Vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental que ha sido establecido de acuerdo a los requisitos del CSN, se desarrolla anualmente mediante la toma de casi 600 muestras anuales, recogidas en un radio de 10 km en torno a la fábrica, y cerca de 900 determinaciones de distintos parámetros radiológicos. Los análisis se realizan en los laboratorios de la fábrica para la medida de muestras de radiactividad ambiental, que están acreditados por ENAC de acuerdo a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Como control de calidad, parte de las muestras se envían a un laboratorio independiente (Ciemat) y los resultados se envían directamente al CSN. Adicionalmente, los laboratorios de la Universidad de Salamanca tienen un acuerdo con el CSN para la toma y análisis de muestras independientes que ratifican los resultados del PVRA de la fábrica.

Los resultados de estos análisis de las muestras del PVRA de la fábrica no han detectado valores diferentes del fondo radiológico del emplazamiento, con lo que se confirma que la fábrica no ha tenido ningún impacto en el entorno.

Formación del personal

La formación del personal es uno de los aspectos fundamentales en los que se basa la eficacia del Programa de Protección Radiológica. El contenido de los programas de formación, la capacitación del profesorado que imparte las clases, así como el alcance y desarrollo del mismo, se ha ido adaptando a la nueva reglamentación y requisitos establecidos por el CSN. La utilización de nuevos medios audiovisuales para preparar e impartir la formación ha mejorado la eficiencia de los cursos y ha facilitado el acceso a la documentación de todo el personal.

EL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

Adicionalmente a los aspectos radiológicos mencionados en el Programa de Protección Radiológica, el Sistema de Gestión Ambiental engloba los siguientes elementos:

- Política Ambiental. Documento público en el que se refleja el compromiso de la dirección de Enusa con el medio ambiente. Este documento está basado en el cumplimiento legal, la mejora continua y la filosofía de la prevención de la contaminación. La política ambiental de Enusa puede consultarse en la página web www.enusa.es.
- Estructura organizativa. La Dirección de Fabricación de Combustible de Enusa tiene asignadas las responsabilidades del mantenimiento del Sistema de Gestión Ambiental, así como el control del comportamiento ambiental de la fábrica.
- Registro de los requisitos legales y de otros requisitos aplicables.

- Evaluación de impactos ambientales directos e indirectos generados por las actividades de la fábrica.
 - Establecimiento de objetivos y metas ambientales anuales.
 - Programa de Gestión Ambiental. Asignación de responsabilidades y recursos, con una planificación temporal de las diferentes actividades necesarias para alcanzar su cumplimiento.
 - Manual de Gestión Ambiental. Documento que recoge la política ambiental y describe el desarrollo del Sistema de Gestión Ambiental implantado en la fábrica.
 - Plan de formación para los trabajadores.
 - Control Operacional. Vigilancia de los aspectos ambientales de la fábrica, diferenciados en dos bloques: control radiológico y control no radiológico.
 - Comunicación. Principalmente mediante la Declaración Ambiental (validada conforme los requisitos del reglamento EMAS), y puesta a disposición del público en la página web de Enusa (www.enusa.es).
 - Evaluación periódica del cumplimiento de los requisitos legales.
 - Auditorías anuales del Sistema de Gestión Ambiental. El Sistema de Gestión Ambiental se somete a dos tipos de auditoría: internas y externas. En 2009, el sistema se sometió a la correspondiente auditoría interna. Además, ese mismo año AENOR ha realizado la primera auditoría de seguimiento del Sistema de Gestión Ambiental según ISO 14001:2004, y la auditoría para la segunda renovación de la verificación del Sistema de Gestión Ambiental según el Reglamento Europeo EMAS.
 - Revisión anual del sistema por parte de la dirección. Evaluación formal del estado y conformidad del Sistema de Gestión Ambiental en relación con la política ambiental declarada (figura 4).
- El control operacional de los aspectos ambientales de la fábrica de Juzbado, desarrolla los principios declarados en la

Política Ambiental, que es el documento en el que la dirección declara sus intenciones y compromiso y proporciona la estructura para la actuación y el establecimiento de objetivos y metas ambientales. Se desarrolla anualmente a partir de la evaluación anual de los aspectos ambientales, el establecimiento de indicadores, la evaluación del cumplimiento con la legislación, el establecimiento de objetivos y metas, la formación y las inspecciones.

El control no radiológico del desempeño ambiental permite evaluar el impacto en el medio ambiente como consecuencia del desarrollo de las actividades de la fábrica (figura 5).

Efluentes líquidos

Los criterios y normas para el control no radiológico de los distintos tipos de efluentes líquidos que se generan en la fábrica de Juzbado se recogen en la autorización de vertido otorgada por el organismo regulador competente, en este caso la Confederación Hidrográfica del Duero.

Los parámetros regulados en la autorización de vertido (cloruros, detergentes, demanda química de oxígeno,

sólidos en suspensión y fósforo total) se analizan previamente a su incorporación al río Tormes. Además se determinan periódicamente las características de calidad aguas abajo una vez alcanzada la zona de mezcla. Los volúmenes vertidos en 2009 han sido de 12.741 m³.

Efluentes gaseosos

Las emisiones atmosféricas no radiactivas más significativas de la fábrica son las resultantes del funcionamiento de sus dos calderas de vapor, empleadas en la calefacción y la producción de agua caliente sanitaria. En 2009, al igual que en los ejercicios anteriores, las medidas realizadas por un Organismo Colaborador con la Administración (OCA) han certificado que los valores registrados en dicho año han sido inferiores a los límites autorizados.

Residuos convencionales

La tendencia general en la fábrica de Juzbado respecto a la generación de residuos es claramente decreciente, gracias a las medidas de minimización estableci-

das en los últimos años. En 2009 se concluyó con el estudio de minimización de residuos peligrosos correspondiente al cuatrienio 2005-2008, habiéndose eliminado en el período correspondiente definitivamente todos los transformadores con PCB, además de haber implantado definitivamente el equipo de radiografía digital, que ha conseguido reducir significativamente los residuos de líquidos de revelado fotográfico y placas.

- Sanitarios: s (grupo III) durante el año 2009 se han generado 57 kg.
- Inertes: maderas de embalajes (64 Tm) y chatarras (46 Tm).
- Asimilables a urbanos: papel (21.3 Tm), plástico y aluminio (6.4 Tm) y vidrio.
- Residuos sólidos urbanos (55.4 Tm).

Contaminación acústica

Durante el año 2009 se han realizado medidas de niveles sonoros en el entorno de la fábrica. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que no se han superado los niveles máximos permitidos.

Programa de Vigilancia Química Ambiental

Se basa en el análisis de 32 parámetros en muestras tomadas de aguas (superficiales y subterráneas) recogidas en el entorno de la instalación, tal como establece la autorización de vertido concedida por la Confederación Hidrográfica del Duero, que se analizan en los laboratorios de la fábrica. Durante 2009 se han registrado valores inferiores a los límites autorizados.

Para terminar, cabe destacar las **iniciativas para el ahorro y la eficiencia**. Las inversiones realizadas en 2009 superan los 100.000 €. Se enumeran a continuación las más significativas:

- Sustitución de las antiguas torres de refrigeración para el ahorro de energía debido a la conservación y a mejoras en la eficiencia.
- Sustitución de la antigua tubería de fibrocemento de captación de agua de río para disminuir las pérdidas de agua por disminución de espesores por abrasión. La nueva tubería instalada de polietileno de alta densidad discurre paralela a la antigua situándose a la izquierda de esta separada aproximadamente 3 m.
- Mejora de la planta potabilizadora de agua, sustituyendo el filtro y minimizando el tiempo de operación y el consumo de productos químicos.
- Nuevo equipo de radiografía digital para minimizar los residuos peligrosos.
- Nuevos muestreadores de partículas y de aguas, con bombas más eficientes que minimizan el consumo y los residuos procedentes de operaciones de mantenimiento. ■

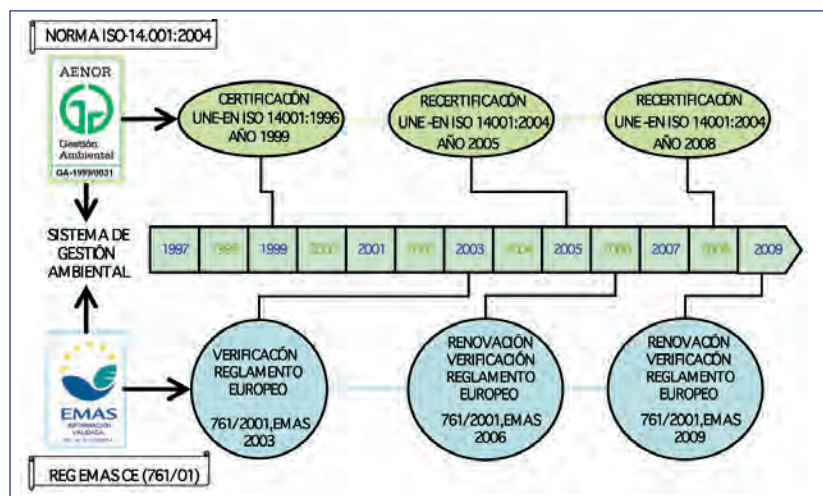


Figura 4.



Figura 5.