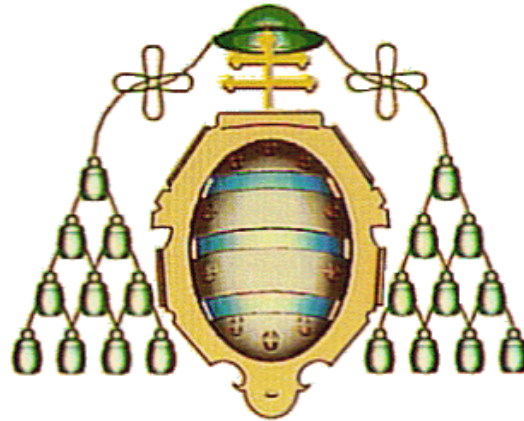


UNIVERSIDAD DE OVIEDO



Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Trabajo Fin de Máster

**INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE
GESTIÓN EMPRESARIAL SOBRE LA
SINIESTRALIDAD DE LAS EMPRESAS**

M^a del Carmen De Cos Juez

Director/a: D./Dña. Ana Suárez Sánchez

Febrero, 2013

ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PLANTEAMINETO Y OBJETIVOS DEL TRABAJO | 4 |
| 1.1 | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.2 | CÓMO SURGE Y EN QUÉ CONSISTE LA ENCUESTA NACIONAL DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LAS EMPRESAS | 4 |
| 1.3 | CÓMO SE ANALIZA LA GESTIÓN EMPRESARIAL EN LA ENGE | 7 |
| 1.4 | ¿QUÉ INVESTIGACIONES SOBRE EL TEMA HAN SIDO YA REALIZADAS? | 35 |
| 2 | PROCEDIMIENTO, MATERIALES Y MÉTODOS | 50 |
| 2.1 | INTRODUCCIÓN | 50 |
| 2.1.1 | SPLINES REGRESIVOS MULTIVARIANTES ADAPTATIVOS – (MARS) | 51 |
| 2.2 | MÉTODOS DE PROYECCIÓN | 54 |
| 2.2.1 | GENERALIDADES | 54 |
| 2.2.2 | PROYECCIÓN SAMMON | 57 |
| 2.3 | MÉTODOS DE DETECCIÓN DE ESPÚREOS | 59 |
| 2.3.1 | DETECCIÓN DE ESPÚREOS MEDIANTE LAS DISTANCIAS DE MAHALANOBID | 59 |
| 2.4 | MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y REGRESIÓN | 60 |
| 2.4.1 | MODELOS MULTIVARIANTES DE SPLINES ADAPTATIVOS REGRESIVOS (MARS). | 60 |
| 2.4.2 | SVM | 64 |
| 3 | DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL | 66 |
| 3.1 | NTRODUCCIÓN | 66 |
| 3.2 | DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES RELEVANTES. | 67 |
| 3.2.1 | VARIABLES EMPLEADAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO. | 67 |
| 3.2.2 | DETERMINACIÓN DEL ESPACIO TEÓRICO DE BÚSQUEDA | 70 |
| 3.3 | CONTROL DE CALIDAD SOBRE LA MUESTRA PARA EL MODELO | 75 |
| 3.3.1 | ANÁLISIS DE NORMALIDAD MULTIVARIANTE | 75 |
| 3.3.2. | PROYECCIÓN DE LAS MUESTRAS | 81 |
| 3.3.2 | CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS. | 83 |
| 3.3.3 | DETECCIÓN Y LIMPIEZA DE ESPÚREOS | 84 |
| 3.4 | IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO | 88 |
| 3.4.1 | DESCRIPCIÓN DEL MODELO | 88 |
| 4 | CONCLUSIONES | 98 |

1 PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene por objeto el estudio y la modelización matemática de la influencia de las actividades de gestión empresarial que realizan las empresas en los datos de su siniestralidad. Para ello, analizaremos la **Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas (ENGE)** realizada en 2009, y nos centraremos, especialmente, en su apartado C relativo a la Gestión Empresarial.

En primer lugar veremos cómo surge y en qué consiste la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas, continuaremos con una descripción pormenorizada de su apartado C relativo a la Gestión Empresarial, para finalizar señalando qué investigaciones sobre el tema han sido ya realizadas.

1.2 CÓMO SURGE Y EN QUÉ CONSISTE LA ENCUESTA NACIONAL DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LAS EMPRESAS

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) es un órgano científico-técnico de la Administración General del Estado, y entre sus funciones más relevantes destaca la de conseguir un conocimiento actualizado de las condiciones de trabajo en España. Con este motivo, utiliza como herramientas de investigación las Encuestas Nacionales de Condiciones de Trabajo (ENCT).

Las Encuestas Nacionales de condiciones de Trabajo, que obtienen información tanto de los trabajadores como de los empresarios y cuya primera edición se realizó hace ya más de veinte años, han venido mostrando su capacidad para describir de forma global la exposición a diferentes riesgos laborales y las actividades preventivas llevadas a cabo en los centros de trabajo.

Con el fin de mejorar la capacidad descriptiva y analítica de la Encuesta, se han venido aplicando cambios tanto en su cuestionario como en su metodología. En particular en el año 2007 se desarrolló un cambio metodológico sustancial en la encuesta dirigida a trabajadores, realizándose la entrevista en el domicilio del trabajador y no en su centro de trabajo, práctica habitual hasta el momento. Ello originó la necesidad de hacer, a partir de esa edición, 2 ENCUESTAS:

- Una dirigida a trabajadores (VI ENCT realizada en 2007)
- Otra dirigida a los responsables de empresa, denominada Encuesta Nacional de **Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas (ENGE)** realizada en 2009.

Esta Encuesta entre responsables de empresa, actualiza la información sobre aspectos trascendentes de la gestión preventiva, tales como:

- Modo en que organizan las empresas esta actividad.
- Tipo y frecuencia de las acciones que desarrollan.
- La percepción de los empresarios sobre la situación de riesgos en sus empresas.

En este sentido, la ENGE tiene como objetivo principal, obtener información fiable y representativa de la práctica de la gestión de la prevención de riesgos laborales en las empresas españolas. En concreto, sus objetivos específicos son:

- Conocer los recursos y la organización preventiva con que cuentan los empresarios para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.
- Estimar la actividad preventiva de las empresas a partir de las acciones desarrolladas.
- Conocer la percepción que la empresa tiene sobre los riesgos laborales y sobre las obligaciones que la legislación establece para su control.

De los resultados obtenido podemos destacar:

- **La modalidad de organización preventiva** con más asiduidad adoptada por las empresas es el servicio de prevención ajeno (73%); y esto ocurre, independientemente del tamaño de plantilla de empresa considerado.
- **Las actividades preventivas** realizadas con más frecuencia en los centros de trabajo son los reconocimientos médicos, la evaluación de riesgos y la elaboración del plan de prevención.
- **La actividad formativa sobre seguridad y salud**, ha sido realizada por más de la mitad de los centros de trabajo. El colectivo que en mayor medida ha recibido formación sobre seguridad y salud es el de los trabajadores en general (84% de los centros), seguido de los mandos superiores (69%), de las personas que desempeñan funciones específicas de seguridad y salud (63%) y de los mandos directos (60%).
- **Los riesgos para la salud** varían en función de la actividad siendo el riesgo de accidente y el riesgo de naturaleza ergonómica los más reconocidos (39,6% y 38,4% de los centros de trabajo respectivamente). A su vez hay que destacar:
 - que en el 21,5% de los centros se han producido accidentes de trabajo y/o enfermedades profesionales en los últimos años.
 - Tanto en el caso de los accidentes leves con baja como en el de las enfermedades profesionales, lo más frecuente es que los trabajadores afectados continúen en el mismo puesto sin que éste se modifique (65% de los accidentes leves y 64% de las enfermedades), mientras que entre los accidentes graves lo más habitual es que el trabajador se reincorpore al mismo puesto una vez modificado (38,3% de los accidentes graves).
 - En general, la actuación preventiva sobre el puesto de trabajo tras la ocurrencia de un accidente de trabajo o una enfermedad profesional es manifiestamente mejorable. En más de dos de cada tres situaciones, el trabajador se reincorpora a un puesto de trabajo en las mismas condiciones ambientales o de seguridad en las que se encontraba en el momento en que ocurrió el accidente o la enfermedad.
 - Por otro lado, el 16% de los accidentes de trabajo y el 29% de las enfermedades profesionales ocurridos en los dos últimos años no han sido

investigados. La actividad investigadora en esta materia se da con mayor frecuencia en las empresas grandes, mientras que en las empresas de menos de 10 trabajadores son el segmento de mayor debilidad en este aspecto, quedando uno de cada tres sucesos producidos sin investigarse.

- Cuando se investiga la contingencia, accidente o enfermedad, la entidad que mayoritariamente lleva a cabo dicha investigación es el propio personal de la empresa (61,1% de las enfermedades y 50,4% de los accidentes).

- En cuanto a los coste económicos, el 87,7% de los responsables de empresa no dispone de datos sobre los costes económicos de los accidentes producidos en su centro de trabajo, siendo el segmento de empresas más sensibles hacia este tema el de las que cuentan con 250 y más trabajadores; sin embargo, sólo el 27% de las grandes empresas dispone de datos sobre la repercusión económica de los accidentes.

- Cuando el empresario dispone de información sobre le coste económico del accidente de trabajo, éste prácticamente se limita al conocimiento de la cuantía de las cuotas a la Mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales o INSS (76,5% de los centros con accidentes de trabajo en los últimos dos años).

- Por último, la interpretación causal que del accidente de trabajo hace el responsable de empresa es limitada, focalizándose claramente en dos factores; primero, causas relacionadas con factores de comportamiento en el desarrollo de la tarea (*distracciones, descuidos, despistes o falta de atención*, 56%) y segundo, causas relacionadas con los requerimientos físicos de la actividad (*posturas forzadas o realización de sobreesfuerzos*, 36%).

1.3 CÓMO SE ANALIZA LA GESTIÓN EMPRESARIAL EN LA ENGE

La primera pregunta que nos debemos hacer es la siguiente: ¿en qué consiste la Gestión empresarial?

Es la actividad empresarial que busca a través de personas (como directores institucionales, gerentes, productores, consultores y expertos) mejorar la

productividad y por ende la competitividad de las empresas o negocios. Una óptima gestión no busca sólo hacer las cosas mejor, lo más importante es hacer mejor las cosas correctas y en ese sentido es necesario identificar los factores que influyen en el éxito o mejor resultado de la gestión.

En este sentido, para llevar a cabo un óptima gestión, la actividad de prevención de riesgos laborales se debe integrar en el conjunto de las actividades de la empresa. Estas actividades están guiadas por objetivos económicos específicos de cada empresa y condicionados por su tamaño, sector o rama de actividad en que se enmarca, así como la situación específica de cada empresa.

Para conocer la Gestión Empresarial de las distintas empresas, la Encuesta plantea cinco preguntas o cuestiones que iremos describiendo una por una. y, a su vez, a través de ellas y mediante tablas y gráficos, se irá analizando la importancia relativa que las empresas asignan a cada uno de los objetivos estratégicos básicos y las herramientas de gestión empleadas para alcanzar esas metas.

1ª.- En la primera cuestión, habrá que señalar **la estrategia de negocio actual** de la empresa, ordenando de más a menos importantes entre distintas opciones de estrategia (P.12).

Antes de nada, señalaremos que una estrategia es una directriz o lógica con la que se dirige la acción hacia un objetivo determinado, vistas las características que tiene el medio en el que se actúa: las fortalezas y las debilidades, los obstáculos, fuerzas en contra y las virtudes y habilidades para vencer estos obstáculos. Entonces, la estrategia surge de elegir un cauce de acción de entre varias posibilidades o alternativas. Carlos Corrales Díaz, ITESO, Cursos UAHI, 2000.

En la encuesta se recogen las siguientes estrategias de negocio:

- a) Aumentar la Productividad
- b) Mejorar la calidad del producto o servicio
- c) Desarrollo de nuevos productos o servicios

- d) Reducción de los costes de mano de obra
- e) Reducción de los costes de producción o distribución
- f) Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales
- g) Mejorar la imagen de la empresa
- h) Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación
- i) Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente
- j) Otras a especificar.

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Primer lugar | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 2062 | 40,1 % | 40,1 % | 41,0 % | 41,0 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 1429 | 27,8 % | 67,8 % | 28,4 % | 69,4 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 390 | 7,6 % | 75,4 % | 7,8 % | 77,1 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 218 | 4,2 % | 79,6 % | 4,3 % | 81,4 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 244 | 4,7 % | 84,4 % | 4,8 % | 86,3 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 194 | 3,8 % | 88,1 % | 3,9 % | 90,2 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 241 | 4,7 % | 92,8 % | 4,8 % | 95,0 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 128 | 2,5 % | 95,3 % | 2,5 % | 97,5 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 62 | 1,2 % | 96,5 % | 1,2 % | 98,7 % |
| Otra | 65 | 1,3 % | 97,8 % | 1,3 % | 100,0 % |
| NC | 114 | 2,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 5032 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Segundo lugar | | | | |
|---|---------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 986 | 19,2 % | 19,2 % | 19,9 % | 19,9 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 1506 | 29,3 % | 48,4 % | 30,3 % | 50,2 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 686 | 13,3 % | 61,8 % | 13,8 % | 64,0 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 471 | 9,2 % | 70,9 % | 9,5 % | 73,5 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 433 | 8,4 % | 79,3 % | 8,7 % | 82,2 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 274 | 5,3 % | 84,7 % | 5,5 % | 87,7 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 391 | 7,6 % | 92,3 % | 7,9 % | 95,6 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 105 | 2,0 % | 94,3 % | 2,1 % | 97,7 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 114 | 2,2 % | 96,5 % | 2,3 % | 100,0 % |
| Otra | 2 | 0,0 % | 96,5 % | 0,0 % | 100,0 % |
| NC | 179 | 3,5 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4967 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Tercer lugar | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 590 | 11,5 % | 11,5 % | 11,9 % | 11,9 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 607 | 11,8 % | 23,3 % | 12,3 % | 24,2 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 875 | 17,0 % | 40,3 % | 17,7 % | 41,9 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 597 | 11,6 % | 51,9 % | 12,1 % | 54,0 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 643 | 12,5 % | 64,3 % | 13,0 % | 67,0 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 518 | 10,1 % | 74,4 % | 10,5 % | 77,5 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 663 | 12,9 % | 87,3 % | 13,4 % | 90,9 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 272 | 5,3 % | 92,6 % | 5,5 % | 96,4 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 170 | 3,3 % | 95,9 % | 3,4 % | 99,9 % |
| Otra | 5 | 0,1 % | 96,0 % | 0,1 % | 100,0 % |
| NC | 207 | 4,0 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4940 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Cuarto lugar | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 408 | 7,9 % | 7,9 % | 8,4 % | 8,4 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 557 | 10,8 % | 18,8 % | 11,4 % | 19,8 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 718 | 14,0 % | 32,7 % | 14,7 % | 34,5 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 717 | 13,9 % | 46,7 % | 14,7 % | 49,2 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 725 | 14,1 % | 60,8 % | 14,9 % | 64,0 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 547 | 10,6 % | 71,4 % | 11,2 % | 75,3 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 659 | 12,8 % | 84,2 % | 13,5 % | 88,8 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 232 | 4,5 % | 88,7 % | 4,8 % | 93,5 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 306 | 6,0 % | 94,7 % | 6,3 % | 99,8 % |
| Otra | 10 | 0,2 % | 94,9 % | 0,2 % | 100,0 % |
| NC | 265 | 5,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4881 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Quinto lugar | | | | |
|---|---------------------|----------------|--------------------|------------------------|------------------------------|
| | N° casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 261 | 5,1 % | 5,1 % | 5,4 % | 5,4 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 284 | 5,5 % | 10,6 % | 5,9 % | 11,3 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 621 | 12,1 % | 22,7 % | 12,8 % | 24,1 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 756 | 14,7 % | 37,4 % | 15,6 % | 39,8 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 847 | 16,5 % | 53,8 % | 17,5 % | 57,3 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 745 | 14,5 % | 68,3 % | 15,4 % | 72,7 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 596 | 11,6 % | 79,9 % | 12,3 % | 85,0 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 432 | 8,4 % | 88,3 % | 8,9 % | 94,0 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 292 | 5,7 % | 93,9 % | 6,0 % | 100,0 % |
| Otra | 1 | * | 93,9 % | * | 100,0 % |
| NC | 312 | 6,1 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4834 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Sexto lugar | | | | |
|---|--------------------|----------------|--------------------|------------------------|------------------------------|
| | N° casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 235 | 4,6 % | 4,6 % | 5,0 % | 5,0 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 178 | 3,5 % | 8,0 % | 3,8 % | 8,7 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 501 | 9,7 % | 17,8 % | 10,6 % | 19,3 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 534 | 10,4 % | 28,1 % | 11,3 % | 30,6 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 650 | 12,6 % | 40,8 % | 13,7 % | 44,3 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 870 | 16,9 % | 57,7 % | 18,4 % | 62,6 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 757 | 14,7 % | 72,4 % | 16,0 % | 78,6 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 535 | 10,4 % | 82,8 % | 11,3 % | 89,9 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 476 | 9,2 % | 92,0 % | 10,0 % | 99,9 % |
| Otra | 4 | 0,1 % | 92,1 % | 0,1 % | 100,0 % |
| NC | 406 | 7,9 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4741 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Séptimo lugar | | | | |
|---|----------------------|----------------|--------------------|------------------------|------------------------------|
| | N° casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 203 | 4,0 % | 4,0 % | 4,3 % | 4,3 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 204 | 4,0 % | 7,9 % | 4,3 % | 8,6 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 494 | 9,6 % | 17,5 % | 10,5 % | 19,1 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 469 | 9,1 % | 26,6 % | 10,0 % | 29,1 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 413 | 8,0 % | 34,6 % | 8,8 % | 37,8 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 838 | 16,3 % | 50,9 % | 17,8 % | 55,7 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 724 | 14,1 % | 65,0 % | 15,4 % | 71,0 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 764 | 14,8 % | 79,9 % | 16,2 % | 87,3 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 591 | 11,5 % | 91,4 % | 12,6 % | 99,8 % |
| Otra | 7 | 0,1 % | 91,5 % | 0,2 % | 100,0 % |
| NC | 439 | 8,5 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4707 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Octavo lugar | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 69 | 1,3 % | 1,3 % | 1,5 % | 1,5 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 87 | 1,7 % | 3,0 % | 1,9 % | 3,4 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 344 | 6,7 % | 9,7 % | 7,4 % | 10,8 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 465 | 9,0 % | 18,7 % | 10,0 % | 20,7 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 424 | 8,2 % | 27,0 % | 9,1 % | 29,9 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 459 | 8,9 % | 35,9 % | 9,9 % | 39,7 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 413 | 8,0 % | 43,9 % | 8,9 % | 48,6 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 1281 | 24,9 % | 68,8 % | 27,5 % | 76,2 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 1097 | 21,3 % | 90,1 % | 23,6 % | 99,7 % |
| Otra | 12 | 0,2 % | 90,4 % | 0,2 % | 100,0 % |
| NC | 495 | 9,6 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4651 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Noveno lugar | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 80 | 1,6 % | 1,6 % | 1,8 % | 1,8 % |
| Mejorar la calidad del producto o servicio | 67 | 1,3 % | 2,8 % | 1,5 % | 3,3 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 224 | 4,4 % | 7,2 % | 5,1 % | 8,4 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 528 | 10,3 % | 17,4 % | 12,0 % | 20,5 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 377 | 7,3 % | 24,8 % | 8,6 % | 29,1 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 306 | 5,9 % | 30,7 % | 7,0 % | 36,0 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 335 | 6,5 % | 37,2 % | 7,6 % | 43,7 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 947 | 18,4 % | 55,6 % | 21,6 % | 65,2 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 1502 | 29,2 % | 84,8 % | 34,2 % | 99,4 % |
| Otra | 26 | 0,5 % | 85,3 % | 0,6 % | 100,0 % |
| NC | 755 | 14,7 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4391 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Estrategia de negocio actual de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Décimo lugar | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Aumentar la Productividad | 19 | 0,4 % | 0,4 % | 17,6 % | 17,6 % |
| Desarrollo de nuevos productos o servicios | 2 | * | 0,4 % | 1,5 % | 19,1 % |
| Reducción de los costes de mano de obra | 2 | * | 0,4 % | 1,8 % | 20,9 % |
| Reducción de los costes de producción o distribución | 7 | 0,1 % | 0,6 % | 7,0 % | 27,9 % |
| Mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales | 2 | * | 0,6 % | 1,7 % | 29,6 % |
| Mejorar la imagen de la empresa | 5 | 0,1 % | 0,7 % | 4,4 % | 34,0 % |
| Impulsar las tareas de investigación, desarrollo e innovación | 27 | 0,5 % | 1,2 % | 26,0 % | 60,0 % |
| Mayor compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente | 28 | 0,5 % | 1,8 % | 26,2 % | 86,2 % |
| Otra | 14 | 0,3 % | 2,0 % | 13,3 % | 99,5 % |
| NC | 5042 | 98,0 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 105 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

A través del estudio de las distintas tablas, se puede advertir que las prioridades de las empresas muestran una orientación clara por el incremento de la productividad respecto a otros objetivos como la calidad. Unido a los dos importantes objetivos de estrategia empresarial (productividad y calidad) y considerando el tamaño de la plantilla, en las empresas de 500 y más empleados cobran importancia otros factores como el desarrollo de nuevos productos o servicios, la reducción de los costes de la producción o distribución y la mejora de la gestión de la prevención de riesgos laborales.

A su vez, se puede deducir del estudio de las diez tablas anteriores, que si se considera el tipo de actividad de la empresa, cobran relevancia la reducción de los costes de producción y distribución (en Química) y la reducción de los costes de mano de obra (en transportes y comunicaciones).

2ª.- Con la siguiente pregunta: **¿se utiliza alguna de las siguientes herramientas de gestión de la actividad de la empresa?** (?P.13), la encuesta trata de averiguar si la empresa utiliza alguna herramienta de gestión, y si se encuentra entre alguna de las siguientes herramientas:

- Gestión total de la calidad
- Círculos de calidad o grupos de resolución de problemas
- Polivalencia de los trabajadores
- Equipos de trabajo autónomos
- Producción ajustada ("just in time")
- Aprovisionamiento ajustado
- Subcontratación y/o externalización de actividades propias de la empresa
- Flexibilización horaria
- Teletrabajo
- Remuneración variable ligada a los resultados del trabajador

Valorando la enorme influencia que tienen las formas de organizar el trabajo sobre los riesgos laborales (artículo 4 apartado 7 letra d), de la LPRL), se ha considerado interesante investigar su presencia en las empresas de mayor tamaño del conjunto de las actividades económicas.

De esta manera, a través de las siguientes tablas, se analiza la aplicación en las empresas de un total de 10 tipos de herramientas de gestión de distinto alcance. Unas enfocadas a gestionar el compromiso y dedicación de los trabajadores propios, como son: la polivalencia, el trabajo en equipo, la gestión de la calidad, la remuneración variable, la flexibilización horaria o el teletrabajo; otras se dirigen a la gestión de las relaciones entre empresas, como son: la subcontratación o

externalización de actividades propias o la producción y el aprovisionamiento "ajustado".

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Gestión total de la calidad | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 2076 | 40,4 % | 40,4 % | 42,1 % | 42,1 % |
| No | 2479 | 48,2 % | 88,5 % | 50,2 % | 92,3 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 380 | 7,4 % | 95,9 % | 7,7 % | 100,0 % |
| NC | 179 | 3,5 % | 99,4 % | | |
| NS | 32 | 0,6 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4936 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Círculos de calidad o grupos de resolución de problemas | | | | |
|--------------------------------|---|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 1291 | 25,1 % | 25,1 % | 26,9 % | 26,9 % |
| No | 3246 | 63,1 % | 88,2 % | 67,7 % | 94,6 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 258 | 5,0 % | 93,2 % | 5,4 % | 100,0 % |
| NC | 293 | 5,7 % | 98,9 % | | |
| NS | 59 | 1,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4794 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Polivalencia de los trabajadores | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 2241 | 43,6 % | 43,6 % | 46,0 % | 46,0 % |
| No | 2491 | 48,4 % | 92,0 % | 51,1 % | 97,1 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 144 | 2,8 % | 94,8 % | 3,0 % | 100,0 % |
| NC | 211 | 4,1 % | 98,9 % | | |
| NS | 59 | 1,1 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4877 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Equipos de trabajo autónomos | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 1075 | 20,9 % | 20,9 % | 22,3 % | 22,3 % |
| No | 3565 | 69,3 % | 90,1 % | 74,1 % | 96,4 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 170 | 3,3 % | 93,5 % | 3,5 % | 100,0 % |
| NC | 276 | 5,4 % | 98,8 % | | |
| NS | 61 | 1,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4810 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Producción ajustada ('just in time') | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 743 | 14,4 % | 14,4 % | 15,6 % | 15,6 % |
| No | 3919 | 76,2 % | 90,6 % | 82,1 % | 97,6 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 113 | 2,2 % | 92,8 % | 2,4 % | 100,0 % |
| NC | 309 | 6,0 % | 98,8 % | | |
| NS | 62 | 1,2 % | 100,0 % | | |

| | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|
| Suma | 5146 | 100% | | 4775 | 100% |
|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Aprovisionamiento ajustado ('just in time') | | | | |
|--|--|----------------|--------------------|------------------------|------------------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 921 | 17,9 % | 17,9 % | 19,3 % | 19,3 % |
| No | 3719 | 72,3 % | 90,2 % | 77,9 % | 97,2 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 135 | 2,6 % | 92,8 % | 2,8 % | 100,0 % |
| NC | 308 | 6,0 % | 98,8 % | | |
| NS | 62 | 1,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4776 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Subcontratación y/o externalización de actividades propias de la empresa | | | | |
|--|---|----------------|--------------------|------------------------|------------------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 958 | 18,6 % | 18,6 % | 19,9 % | 19,9 % |
| No | 3704 | 72,0 % | 90,6 % | 76,8 % | 96,6 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 161 | 3,1 % | 93,7 % | 3,3 % | 100,0 % |
| NC | 264 | 5,1 % | 98,8 % | | |
| NS | 60 | 1,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4823 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Flexibilización horaria | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 2268 | 44,1 % | 44,1 % | 46,6 % | 46,6 % |
| No | 2435 | 47,3 % | 91,4 % | 50,1 % | 96,7 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 158 | 3,1 % | 94,4 % | 3,2 % | 100,0 % |
| NC | 227 | 4,4 % | 98,9 % | | |
| NS | 59 | 1,1 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4861 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Teletrabajo | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 306 | 6,0 % | 6,0 % | 6,4 % | 6,4 % |
| No | 4419 | 85,9 % | 91,8 % | 92,1 % | 98,4 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 75 | 1,5 % | 93,3 % | 1,6 % | 100,0 % |
| NC | 286 | 5,6 % | 98,8 % | | |
| NS | 60 | 1,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4800 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Remuneración variable ligada a los resultados del trabajador | | | | |
|--------------------------------|--|---------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 1009 | 19,6 % | 19,6 % | 20,8 % | 20,8 % |
| No | 3685 | 71,6 % | 91,2 % | 75,9 % | 96,7 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 162 | 3,1 % | 94,4 % | 3,3 % | 100,0 % |

| | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| NC | 231 | 4,5 % | 98,8 % | | |
| NS | 60 | 1,2 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4856 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Uso de herramientas de gestión de la actividad de la empresa

| BASE=5146 Ponderación | Otra | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| Sí | 29 | 0,6 % | 0,6 % | 80,9 % | 80,9 % |
| No | 4 | 0,1 % | 0,6 % | 9,8 % | 90,6 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 4 | 0,1 % | 0,7 % | 10,1 % | 100,8 % |
| NC | 5109 | 99,3 % | 100,0 % | | |
| NS | 1 | * | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 36 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

TABLA 78. UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO DE 50 O MÁS TRABAJADORES SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD

| <i>Datos en %</i> | Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca | Ind. manufacturera y extractiva | Química | Metal | Otras industrias | Construcción | Comercio y Hostelería | Transporte y Comunicaciones | Intermedia. financiera, activ. inmobiliarias y de alquiler, serv. empresariales | Adm. pública y Educación | Activ. sanitarias y veterinarias; Serv. sociales | Otras activ. sociales y personales |
|--|---|--|----------------|--------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|---|---|
| Gestión total de la calidad | 70,1 | 65,6 | 80,0 | 81,1 | 69,4 | 64,6 | 57,0 | 62,0 | 77,8 | 48,1 | 67,9 | 45,3 |
| Círculos de calidad o grupos de resolución de problemas | 41,0 | 51,6 | 52,6 | 64,4 | 54,5 | 41,7 | 50,0 | 52,1 | 54,3 | 39,5 | 56,1 | 39,6 |
| Polivalencia de los trabajadores | 53,0 | 63,1 | 66,7 | 81,1 | 56,0 | 57,3 | 62,3 | 53,5 | 61,1 | 36,7 | 51,0 | 54,7 |
| Equipos de trabajo autónomos | 26,5 | 29,3 | 23,0 | 35,0 | 20,9 | 31,3 | 19,3 | 25,4 | 32,1 | 19,5 | 29,6 | 33,0 |
| Producción ajustada | 23,9 | 31,8 | 34,8 | 43,9 | 23,1 | 24,0 | 23,7 | 16,9 | 15,4 | 7,6 | 14,8 | 17,0 |
| Aprovisionamiento ajustado | 23,9 | 29,9 | 35,6 | 40,0 | 26,9 | 26,0 | 35,1 | 19,0 | 19,8 | 6,2 | 17,9 | 19,8 |
| Subcontratación y/o externalización de actividades propias de la empresa | 23,9 | 34,4 | 31,1 | 50,6 | 40,3 | 63,5 | 34,2 | 38,7 | 31,5 | 36,2 | 29,6 | 29,2 |
| Flexibilización horaria | 42,7 | 45,2 | 41,5 | 40,0 | 46,3 | 43,8 | 57,9 | 48,6 | 59,3 | 52,4 | 52,6 | 52,8 |
| Teletrabajo | 3,4 | 4,5 | 5,2 | 5,6 | 11,2 | 12,5 | 8,8 | 8,5 | 14,2 | 9,0 | 8,7 | 15,1 |

TABLA 79. UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN EN LOS CENTROS DE

| <i>Datos en %</i> | 50 a 249 | 250 a 499 | 500 y más |
|--|-----------------|------------------|------------------|
| Gestión total de la calidad | 64,5 | 71,4 | 68,9 |
| Círculos de calidad o grupos de resolución de problemas | 47,6 | 56,8 | 60,3 |
| Polivalencia de los trabajadores | 57,5 | 59,5 | 56,0 |
| Equipos de trabajo autónomos | 25,3 | 32,4 | 31,1 |
| Producción ajustada | 21,9 | 24,3 | 25,4 |
| Aprovisionamiento ajustado | 23,3 | 26,6 | 27,3 |
| Subcontratación y/o externalización de actividades propias de la empresa | 34,9 | 36,7 | 46,9 |
| Flexibilización horaria | 47,7 | 50,6 | 53,1 |
| Teletrabajo | 7,9 | 11,2 | 10,5 |
| Remuneración ligada a los resultados del trabajador | 31,9 | 39,8 | 45,9 |
| NINGUNA | 7,9 | 7,3 | 8,1 |

TRABAJO DE 50 O MÁS TRABAJADORES SEGÚN TAMAÑO DE PLANTILLA

Del análisis de las tablas expuestas se puede deducir la diferente implantación de las distintas herramientas de gestión por actividad y tamaño de plantilla de los centros de trabajo:

- La herramienta más utilizada en todos los tramos de plantilla considerados y en todos los sectores de actividad es **la Gestión total de la Calidad**. También es la herramienta más frecuente si se realiza el análisis por rama de actividad, con la excepción de Comercio y hostelería (ocupa el tercer lugar en esta rama), Administración pública y educación (ocupa el segundo lugar) y Otras actividades sociales y personales (ocupa el tercer lugar). Por otro lado, el sector donde se encuentra el mayor porcentaje de centros de trabajo que aplican la gestión total de la calidad es el industrial (74,3% de los centros) y, dentro de este sector, en Química y Metal.
- La **Polivalencia de los trabajadores**, es la segunda herramienta más utilizada, destacando su importancia en el sector industria (67,7%) y, dentro de este sector, en Metal, Química e Industria manufacturera y extractiva. Dentro del sector Servicios (51,7%) destacan las frecuencias de Comercio y hostelería (ocupando el primer lugar) e Intermediación financiera, actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales.
- Los **Círculos de calidad o grupos de resolución de problemas**, destacan en el sector Industria (56,3%) y, en concreto, en la rama del Metal. Su uso

aumenta al incrementarse el tamaño de plantilla, alcanzando el 60,3% en los centros de 500 y más trabajadores.

- La **Flexibilización horaria**, es muy empleada en el sector Servicios (53,8%) y, dentro de este sector, en Intermediación financiera, Actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales y Comercio y hostelería; también es la más utilizada en la Administración pública y educación.
- En cuanto a la **Subcontratación y/o Externalización de actividades**, es una herramienta de gestión que destaca en el sector de la Construcción (63,5%), constituyendo el segundo más importante en esta actividad. Tras el ámbito de la Construcción, hay que señalar las ramas de Metal, Otras industrias y Transporte y comunicaciones.
- La herramienta de **Remuneración variable ligada a los resultados del trabajador**, es especialmente utilizada en el sector Industria (39,8%) y, por rama de actividad, es utilizada aproximadamente por el 50% de los centros de Intermediación financiera, actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales, Comercio y hostelería y Otras industrias. Asimismo, es especialmente más utilizada en los centros de 250 y más trabajadores que en los centros con menor plantilla.
- Entre el resto de herramientas, los **equipos de trabajo autónomo**, supera el 30% de aplicación en centros de Metal, Otras actividades sociales y personales, Intermediación financiera, actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales, y Construcción. La **Producción ajustada** tiene un papel importante en el sector Metal, Química e Industria manufacturera y extractiva; y el **Aprovisionamiento ajustado**, es utilizada en centro de Metal, Química y Comercio y hostelería. Para finalizar, el **Teletrabajo** es la herramienta menos utilizada.

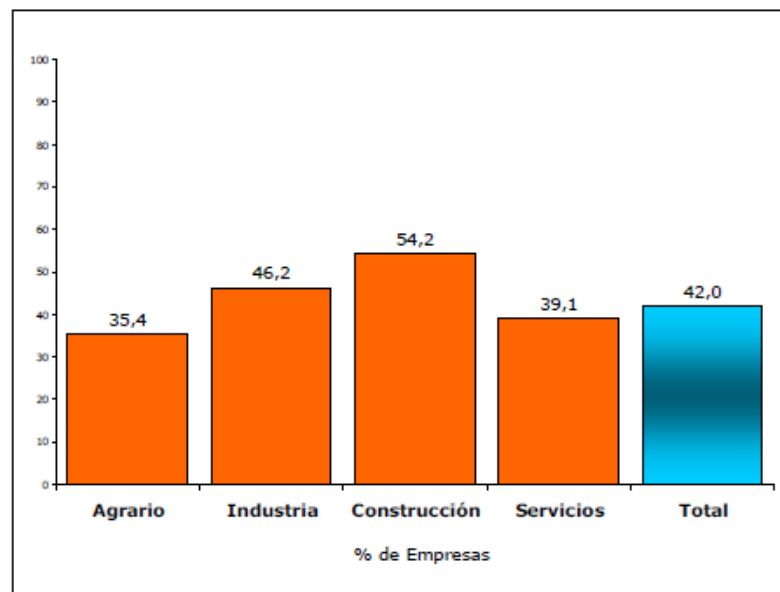
3. Para averiguar si la empresa tiene implantado un Sistema de Gestión, en la encuesta se le hace la siguiente pregunta: **¿En su empresa hay implantado un sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo?** (P.14). Las posibles respuestas aparecen en la tabla que se muestra a continuación:

Sistema de gestión para la seguridad y salud

| BASE=5146 Ponderación | Sistema de gestión para la seguridad y salud | | | | |
|---|--|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | Nº casos | %/Total | %Acum/Total | %/(Total-NS/NC) | %Acum / (Total-NS/NC) |
| No | 1217 | 23,6 % | 23,6 % | 25,7 % | 25,7 % |
| No, pero lo estamos estudiando | 751 | 14,6 % | 38,2 % | 15,8 % | 41,5 % |
| Sí, basado en la especificación técnica OHSAS 18001 | 1867 | 36,3 % | 74,5 % | 39,4 % | 80,8 % |
| Sí, basado en otro sistema | 908 | 17,6 % | 92,2 % | 19,2 % | 100,0 % |
| NC | 346 | 6,7 % | 98,9 % | | |
| NS | 56 | 1,1 % | 100,0 % | | |
| Suma | 5146 | 100% | | 4744 | 100% |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

GRÁFICO 32. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO OSHAS 18001 EN LOS CENTROS DE TRABAJO DE 50 O MÁS TRABAJADORES SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD DE LA EMPRESA



Base: Total de centros de trabajo de empresas con 50 o más trabajadores. Datos no ponderados (N= 2.368)

Este gráfico nos muestra que cuatro de cada diez centros de trabajo de empresas de 50 empleados o más, aplican un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo basado en la especificación técnica OSHAS 18001. En las empresas de entre 250 trabajadores o más ese porcentaje alcanza el 48,6%. Por otro lado, si

nos centramos en sectores de actividad, los sectores de la Construcción y la Industria lo utilizan más frecuentemente. Asimismo, dentro del sector Industria, destaca en las ramas de Metal (51,9%), Química (47,9%) y Otras industrias (46%). Finalmente, dentro del sector Servicios, este sistema de gestión es aplicado en la Intermediación financiera, actividades inmobiliarias y de alquiler y servicios empresariales (45.6%), en Comercio y hostelería (44%) y en Transporte y comunicaciones (42,2%).

Con la implementación de un sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo según OSHAS 18001, se van a conseguir una serie de objetivos que deberían ser seguidos por todas las empresas:

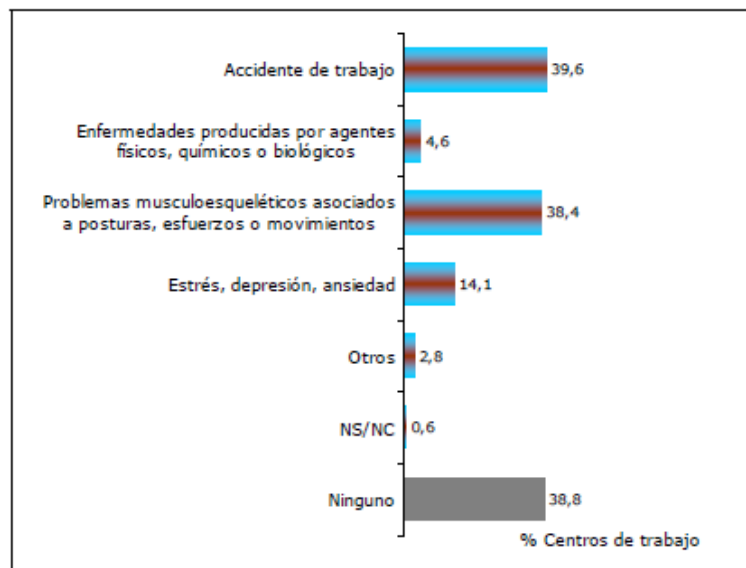
- Disminuir la siniestralidad laboral y aumentar la productividad, identificando, evaluando y controlando los riesgos asociados a cada puesto de trabajo, y evitando las causas que originan los accidentes y las enfermedades en el trabajo. La percepción de un entorno más seguro por los trabajadores, conlleva una disminución de las enfermedades, bajas o absentismo laboral, un aumento de la productividad, una reducción progresiva de la siniestralidad y una disminución de sanciones y gastos innecesarios.
- Cumplir la legislación en materia de prevención, integrando ésta última en los procesos de la organización, lo que conlleva una reducción de los costes y sanciones administrativas derivadas de su incumplimiento, además de una mejora de la gestión interna de la organización y de la comunicación entre empresa-trabajador, y empresa-administraciones y partes interesadas.
- Fomentar una cultura preventiva mediante la integración de la prevención en el sistema general de la empresa (exigido por ley) y el compromiso de todos los trabajadores con la mejora continua en el desempeño de la SST (OSHAS 18001).

4. Otra de las preguntas de la empresa es: **En este centro de trabajo, ¿hay riesgo de...?** (SON POSIBLES VARIAS RESPUESTAS) (P.15). Apareciendo entre las respuestas las posibles lesiones, patologías o enfermedades sufridas con motivo u ocasión del trabajo, convirtiéndose en la materialización de un riesgo:

- Accidentes de trabajo
- Enfermedades producidas por agentes físicos, químicos o biológicos
- Problemas musculoesqueléticos asociados a posturas, esfuerzos o movimientos.
- Estrés, depresión, ansiedad.
- Otras enfermedades o trastornos relacionados con el trabajo.

En este sentido, cuando se realizó la encuesta y se preguntó a los responsables de los distintos centros de trabajo sobre la presencia en los mismos de diferentes tipos de riesgos, el 60,6% identificó uno o más riesgos relacionados con el trabajo. Los accidentes y los problemas musculoesqueléticos asociados a posturas, esfuerzos o movimientos, fueron los riesgos más señalados. Sin embargo, en un 38,8% de los casos se afirmó que en el centro de trabajo no existía ningún riesgo (ver Gráfico 33).

GRÁFICO 33. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL CENTRO DE TRABAJO



Base: Total de centros de trabajo (N= 5.146)
Pregunta de respuesta múltiple

Por otra parte, estos datos generales varían cuando analizamos la actividad del centro de trabajo (ver tabla 80). De esta manera, el riesgo de accidente se observa con más frecuencia por las ramas de la Construcción, Otras industrial y Metal; sin embargo, en los centros que pertenecen a Actividades sanitarias, veterinarias y servicios sociales destaca el riesgo de enfermedades producidas por agentes físicos, químicos o biológicos. Por otro lado, el riesgo de problemas musculoesqueléticos asociados a posturas, esfuerzos o movimientos es más frecuente en los centros de Construcción y Otras industrias. Para finalizar, en las ramas de Administración pública y educación y Transporte y comunicaciones, el riesgo de estrés, depresión o ansiedad es percibido como un riesgo importante.

TABLA 80. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL CENTRO DE TRABAJO SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD

| Datos en % | Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca | Ind. manufacturera y extractiva | Química | Metal | Otras industrias | Construcción | Comercio y Hostelería | Transporte y Comunicaciones | Interm. financiera, activ. inmobiliarias y de alquiler, serv. empresariales | Adm. pública y Educación | Activ. sanitarias y veterinarias; Serv. sociales | Otras activ. sociales y personales |
|---|--|---------------------------------|---------|-------|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|---|--------------------------|--|------------------------------------|
| Accidente de trabajo | 41,8 | 46,5 | 42,8 | 60,1 | 60,8 | 68,2 | 37,7 | 43,0 | 18,7 | 27,5 | 34,7 | 22,2 |
| Enfermedades producidas por agentes físicos, químicos o biológicos | 7,2 | 7,6 | 13,5 | 8,4 | 9,7 | 5,8 | 1,4 | 0,6 | 0,9 | 6,0 | 25,0 | 5,2 |
| Problemas musculoesqueléticos asociados a posturas, esfuerzos o movimientos | 43,5 | 35,3 | 37,7 | 44,6 | 47,3 | 47,5 | 32,0 | 39,3 | 36,0 | 33,4 | 38,7 | 41,8 |
| Estrés, depresión, ansiedad | 7,2 | 11,9 | 12,6 | 8,3 | 9,5 | 5,3 | 9,1 | 29,5 | 21,5 | 31,3 | 22,7 | 17,8 |
| Otros | 0,2 | 1,8 | 4,7 | 1,7 | 2,7 | 2,3 | 1,7 | 1,7 | 2,5 | 10,4 | 13,6 | 2,0 |
| NS/NC | 1,0 | 2,2 | 2,2 | 1,2 | 1,4 | 0,2 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 2,4 | 0,0 | 0,3 |
| NINGUNO | 35,8 | 34,9 | 37,5 | 28,3 | 21,7 | 20,4 | 47,5 | 38,7 | 47,1 | 37,2 | 32,4 | 47,4 |

Base: Total de centros de trabajo (N= 5.146)
Pregunta de respuesta múltiple

También, se debe resaltar el elevado porcentaje de centros de trabajo que afirman la inexistencia de riesgos (ver tabla 81). En este sentido, en la rama del Metal un 39% de los centros de trabajo manifiesta no tener riesgo de accidente; y lo mismo sucede en el sector de la Construcción, en el que un 32% de las empresas afirma la inexistencia de riesgo de accidente.

Asimismo, el 92% de los centros de Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, el 84% de Química o el 75% de las Actividades sanitarias, veterinarias y

servicios sociales, no perciben en su empresa el riesgo de enfermedades producidas por agentes físicos, químicos o biológicos.

TABLA 81. NO IDENTIFICACION DE RIESGOS EN EL CENTRO DE TRABAJO SEGUN RAMA DE ACTIVIDAD

| Datos en % | Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca | Ind. manufacturera y extractiva | Química | Metal | Otras industrias | Construcción | Comercio y Hostelería | Transporte y Comunicaciones | Interm. financiera, activ. inmobiliarias y de alquiler, serv. empresariales | Adm. pública y Educación | Activ. sanitarias y veterinarias; Serv. sociales | Otras activ. sociales y personales |
|--|--|---------------------------------|---------|-------|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|---|--------------------------|--|------------------------------------|
| NO Accidente de trabajo | 57,2 | 51,3 | 55,0 | 38,7 | 37,8 | 31,5 | 62,2 | 56,5 | 81,2 | 70,1 | 65,2 | 77,5 |
| NO Enfermedades producidas por agentes físicos, químicos o biológicos | 91,8 | 90,3 | 84,3 | 90,4 | 88,9 | 93,9 | 98,5 | 98,9 | 99,0 | 91,6 | 74,9 | 94,5 |
| NO Problemas musculoesqueléticos asociados a posturas, esfuerzos o movimientos | 55,5 | 62,6 | 60,2 | 54,3 | 51,3 | 52,2 | 68,0 | 60,2 | 63,8 | 64,2 | 61,3 | 57,9 |
| NO Estrés, depresión, ansiedad | 91,8 | 86,0 | 85,2 | 90,5 | 89,1 | 94,5 | 90,8 | 70,0 | 78,4 | 66,3 | 77,2 | 81,9 |

Base: Total de centros de trabajo (N= 5.146)
Pregunta de respuesta múltiple

Por lo tanto, en la Gestión empresarial habrá de tenerse en cuenta que el trabajo, en sí mismo, constituye una actividad que puede ser peligrosa, en la medida que el proceso de producción de los bienes y servicios exige una relación de la persona con los elementos objeto de transformación, con la tecnología y con los modelos de organización del trabajo que se utilizan.

Todo ello, hace que la posición desde la que el trabajador se relaciona con los factores de riesgo sea peculiar; ya que está en una relación de dependencia con respecto al empresario, que es quien marca las pautas de la organización del proceso productivo y de la organización del trabajo.

5. Por último y en cuanto a la gestión empresarial, que tendrá que ser llevada a cabo por el empresario, habrá de analizarse si esa gestión, respecto a la seguridad y salud, ha tenido algunas repercusiones. Y de ahí, la P.16 del cuestionario se refiere a lo siguiente: **En su empresa, ¿la situación respecto a la seguridad y salud en el trabajo ha tenido alguna de las siguientes repercusiones?** Siendo posibles varias respuestas:

- Advertencia por escrito o sanción a uno o varios trabajadores.

- Paros o movilizaciones de los trabajadores.
- Propuesta de sanción por parte de la Inspección de Trabajo.
- Imputación a algún directivo o mando intermedio en un acto judicial.
- Recargo en las prestaciones a los trabajadores accidentados o enfermos, por parte de la Seguridad Social.
- Otro. Especificar.
- Ninguna de las anteriores.

En este sentido, la situación de la seguridad y salud en el trabajo ha tenido algún tipo de repercusión en el 7,4% de las empresas encuestadas y no ha tenido ninguna en el 91,7%. La advertencia por escrito o sanción a uno o varios trabajadores y las propuestas de sanción por parte de la Inspección de trabajo, han sido las repercusiones negativas más utilizadas. (ver Gráfico 34).

GRÁFICO 34. REPERCUSIONES DERIVADAS DE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA EMPRESA



Base: Total de centros de trabajo (N= 5.146)
Pregunta de respuesta múltiple

Asimismo, los sectores donde más empresas señalan consecuencias negativas derivadas de las condiciones de seguridad y salud son los de la Construcción e Industria (14,7% en Construcción, 11,7% en Industria, 4,9% en Servicios y 4,7% en el sector Agrario). Destacando, dentro del sector industrial la rama de Metal.

TABLA 91. EXISTENCIA DE REPERCUSIONES DERIVADAS DE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA EMPRESA SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

| Datos en % | Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca | Ind. manufacturera y extractiva | Química | Metal | Otras Industrias | Construcción | Comercio y Hostelería | Transporte y Comunicaciones | Interm. financiera, activ. inmobiliarias y de alquiler, serv. empresariales | Adm. pública y Educación | Activ. sanitarias y veterinarias; Serv. sociales | Otras activ. sociales y personales |
|---|--|---------------------------------|---------|-------|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|---|--------------------------|--|------------------------------------|
| ALGUNA REPERCUSIÓN | 4,7 | 7,0 | 10,6 | 22,1 | 9,3 | 14,7 | 6,4 | 2,6 | 4,7 | 5,4 | 4,9 | 2,0 |
| Advertencia por escrito o sanción a uno o varios trabajadores | 4,3 | 4,4 | 6,7 | 13,7 | 5,6 | 8,5 | 2,7 | 1,7 | 3,9 | 1,2 | 1,7 | 1,8 |
| Paros o movilizaciones de los trabajadores | 1,0 | 0,8 | 0,4 | 1,3 | 0,3 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,7 | 3,0 | 0,0 |
| Propuestas de sanción por parte de la Inspección de Trabajo | 0,4 | 1,6 | 3,5 | 11,9 | 2,9 | 6,3 | 3,7 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 0,2 | 0,2 |
| Imputación a algún directivo o mando intermedio en un acto | 0,1 | 0,2 | 1,2 | 1,4 | 0,3 | 1,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |

Por otro lado, si tenemos en cuenta el tamaño de plantilla de la empresa, la existencia de repercusiones negativas se da con más frecuencia en las empresas de 250 y más trabajadores, mientras en las microempresas con menos de 10 trabajadores apenas tiene repercusión (ver tabla 92).

TABLA 92. REPERCUSIONES DERIVADAS DE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA EMPRESA SEGÚN TAMAÑO DE PLANTILLA DE LA EMPRESA

| Datos en % | Menos de 10 | 10 a 49 | 50 a 249 | 250 a 499 | 500 y más |
|--|-------------|---------|----------|-----------|-----------|
| ALGUNA REPERCUSIÓN | 3,8 | 13,6 | 11,9 | 21,0 | 20,1 |
| Advertencia por escrito o sanción a uno o varios trabajadores | 1,7 | 8,8 | 8,9 | 14,0 | 10,9 |
| Paros o movilizaciones de los trabajadores | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 1,0 | 0,9 |
| Propuestas de sanción por parte de la Inspección de Trabajo | 2,0 | 3,8 | 4,9 | 9,1 | 9,4 |
| Imputación a algún directivo o mando intermedio en un acto judicial | 0,2 | 1,1 | 0,4 | 2,6 | 1,9 |
| Recargo en las prestaciones a los trabajadores accidentados o enfermos, por parte de la Seguridad Social | 0,3 | 1,2 | 1,6 | 4,9 | 6,5 |
| Otra | 0,1 | 1,1 | 0,7 | 0,1 | 0,2 |
| Ninguna de las anteriores | 95,4 | 84,8 | 87,2 | 78,6 | 79,5 |
| NS/NC | 0,8 | 1,5 | 0,9 | 0,4 | 0,4 |

Base: Total de centros de trabajo (N= 5.146)
Pregunta de respuesta múltiple

1.4 ¿QUÉ INVESTIGACIONES SOBRE EL TEMA HAN SIDO YA REALIZADAS?

En la búsqueda de la historia del arte, no se ha encontrado un trabajo que exactamente investigue sobre la influencia de las actividades de gestión empresarial que realizan las empresas en los datos de su siniestralidad tal y como se pretende hacer en este proyecto. Sin embargo si se han descubierto distintos trabajos que tratan el tema de una manera transversal.

Como muestra se puede mencionar el trabajo realizado por miembros del Departamento de Administración de Empresas y Contabilidad, área de Organización de Empresas, de la Universidad de Oviedo (Autores: Beatriz Fernández Muñiz, José Manuel Montes Peón y Camilo José Vázquez Ordás): "*El sistema de gestión de la seguridad laboral: desarrollo y validación de una escala de medición*".

A continuación se hará un resumen de este trabajo, el cual se encuentra contenido en su abstract: "La reducción de la siniestralidad laboral y la mejora de la competitividad empresarial requiere la implantación de un sistema de gestión de la seguridad y salud laboral que promueva comportamientos seguros y la implicación personal de los trabajadores en actividades vinculadas con su bienestar en el trabajo. La literatura no ha llegado a un consenso acerca de las dimensiones que componen este sistema y son escasos los instrumentos proporcionados para valorar este tipo de gestión. En este trabajo se efectúa una revisión de la literatura más relevante en la materia, con el fin de desarrollar y validar una escala que permita la medición y evaluación de la gestión preventiva en las empresas españolas. Para ello se realizan análisis factoriales exploratorios y análisis factoriales confirmatorios, utilizando una muestra de 455 empresas".

Otro ensayo de los mismos autores sería el titulado "***Como influye la cultura preventiva en los resultados empresariales***" (Autores: Beatriz Fernández Muñiz, José Manuel Montes Peón y Camilo José Vázquez Ordás. Fuente: Gestión Práctica de Riesgos Laborales, nº 29, pág. 12, julio-agosto 2006). El resumen de este trabajo sería como sigue: "La reforma normativa en materia de prevención de riesgos laborales en España, iniciada en 1995 con la aprobación de la Ley 31/1995, no ha permitido alcanzar las expectativas generadas: la siniestralidad laboral, lejos de reducirse, se ha incrementado en los últimos años. En las empresas persiste una ausencia de compromiso directivo y, en definitiva, una pobre cultura preventiva, traduciéndose todo ellos en escasas inversiones en el área de la seguridad laboral. Entre las razones que explican esta situación se encuentra la creencia generalizada de que la prevención no es una actividad rentable. En este artículo se muestran, con evidencia empírica, las ventajas económicas de implantar un adecuado sistema de gestión de la seguridad y salud laboral en la organización, al ser un importante instrumento para mejorar la competitividad y rentabilidad empresarial."

Asimismo, la gestión de la seguridad en los resultados de la organización, es tratada en el documento "***La gestión de la seguridad laboral: incidencia sobre los resultados de la organización***" (autores: Beatriz Fenández Muñiz, José Manuel Montes Peón, Camilo Vázquez Ordás). Un resumen del mismo aparece en su introducción:

"La siniestralidad laboral en España ha aumentado de forma considerable en los últimos años pese a la reforma normativa iniciada en el año 1995. La elevada accidentalidad provoca un significativo coste humano para la sociedad española y una pérdida del potencial económico y productividad del país, puesto que además de decremento del patrimonio humano y de los daños sufridos en los bienes de producción, se pierde un elevado número de jornadas de trabajo. Aunque el ciclo económicos (Becerra *et al.*, 1986; Castejón, 2000)" y las características del mercado de trabajo español (Montero, 2000) puedan explicar una importante proporción de las variaciones de la accidentalidad, no pueden considerarse por sí solas las causas principales. Existen otras variables que influyen en la misma, entre ellas la valoración cultural de las acciones preventivas (Castejón, 2000). En este sentido, parece detectarse una deficiente cultura preventiva en las organizaciones españolas (Marocki, 1999; García, 2000), cuya creación constituye un objetivo prioritario de la nueva legislación. Sin embargo, la creación de una auténtica cultura de seguridad requiere no sólo una mayor presión institucional, sino un cambio de mentalidad y una auténtico compromiso empresarial donde todos participen y se comprometan con la seguridad y salud laboral. Dicho compromiso debe partir de los estamentos más elevados de la organización.

El deficiente compromiso directivo es atribuido por diversos autores a la creencia generalizada de que las medidas preventivas suponen desembolsos ajenos al fin productivo de la empresa y, por tanto, atentan contra la rentabilidad y competitividad empresarial. Sin embargo, la siniestralidad provoca consecuencias adversas materializadas en pérdidas de productividad y de calidad, deterioro de la imagen pública o del clima interno de la empresa. Es por ello que una buena gestión de la seguridad laboral puede tener un efecto positivo no solo en los

resultados de siniestralidad, sino también en las variables de competitividad y en los resultados financieros, constituyendo una gran oportunidad para las organizaciones que afronten el reto de su implantación. Son múltiples los autores que defienden esta teoría (Andreoni, 1986; HSE, 1994; Manzanedo *et al.*, 1996; Niederleytner *et al.*, 1996; Ashford, 1998; Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 1999; Narocki, 1999; Blanco, 2000; Gil, 2000; Smallman y John, 2001; Bestratén *et al.*, 2003; Rechenhain, 2004), sin embargo, existe en la literatura escasa evidencia empírica.).

En este contexto se plantea la realización del presente trabajo, con el objetivo fundamental de contribuir a la creación de una cultura de prevención y compromiso por parte de la dirección, ofreciendo evidencia empírica de las ventajas económicas del sistema de gestión de la seguridad y la compatibilidad entre la competencia de la empresa y la protección de los trabajadores.

Este objetivo puede concretarse en los siguientes objetivos específicos: 1) identificar prácticas preventivas adecuadas que integran un sistema de gestión de la seguridad y salud efectivo; 2) desarrollar y validar una escala que permita medir el grado de implantación del sistema de gestión de la seguridad en las organizaciones españolas; y 3) analizar el efecto de dicho sistema sobre los indicadores de resultados empresariales. Para la consecución de los citados objetivos se efectúa, en primer lugar, una revisión de la literatura sobre la gestión de la seguridad laboral y, posteriormente, se propone y contrasta un modelo de relaciones causales sobre una muestra de 455 empresas con más de diez trabajadores de los sectores industria, construcción y servicios, mediante el empleo de sistemas de ecuaciones estructurales".

Estos mismos autores del departamento de Administración de Empresas de la Universidad de Oviedo tratan otro aspecto de la gestión de la seguridad laboral en las empresas en su artículo "***Determinantes de la Gestión de la Seguridad Laboral en las empresas españolas***". Aquí se recoge un extracto, que aparece en la introducción del documento:

"Los accidentes laborales afectan negativamente a la competitividad y al potencial económico de las empresas y de los países, dado el fuerte decremento del patrimonio humano, el elevado número de jornadas de trabajo perdidas y los múltiples daños en los equipos de producción que ellos provocan. El Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales estimó en el año 1996 una pérdida de productividad de la economía española, como consecuencia de la siniestralidad laboral, del 3% del PIB nacional obtenido ese mismo año (13.280 millones de euros) y National Safety Council (Consejo Nacional de Seguridad de EEUU) estimó que en 1998, el coste total de muertes y lesiones relacionadas con el trabajo en EEUU ascendió a 125,1 billones de dólares (Brown *et al.*, 2000). Es por ello que la seguridad en el trabajo está considerada, hoy en día, una actividad de gran prioridad con importantes implicaciones sociales y económicas (Brown, 1996).

La literatura sobre la seguridad revela que el factor humano desempeña un papel fundamental en los resultados de seguridad de una organización (Donald y Young, 1996). Los empleados constituyen la última barrera ante los riesgos y su comportamiento es crucial para evitar daños tanto materiales como personales (Hofmann y Stetzer, 1996; Eiff, 1999; Fernández- Muñiz *et al.*, 2007a). No obstante, el comportamiento inseguro del trabajador es, frecuentemente, el producto de fallos latentes en la organización y en los sistemas de gestión que predisponen al trabajador a actuar sin seguridad (Reason, 1997, 1998; Kawka y Kirchsteiger, 1999).

Entre estos fallos cabe mencionar la falta de instrucciones y de formación adecuada (Mearns *et al.*, 2003), la desmotivación (Kletz, 1993), la ausencia de procedimientos de trabajo, el incorrecto diseño de tareas, la falta de control, el escaso compromiso directivo hacia la seguridad (Rundmo, 1996), y en definitiva, la ausencia de un adecuado sistema de gestión de la seguridad laboral (Hofmann *et al.*, 1995; Fernández-Muñiz *et al.*, 2007a). Por ello, el centro de atención en la prevención de accidentes se ha trasladado desde los errores técnicos y humanos hacia actividades y procesos involucrados en la gestión de la seguridad (Kennedy y Kirwan, 1998; Guldenmund, 2000).

Un sistema de gestión de la seguridad y salud laboral refleja el compromiso de la organización hacia la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y es considerado un antecedente del clima de seguridad de la empresa, entendido éste como el conjunto de actitudes y percepciones de los empleados sobre la importancia concedida por la organización hacia la seguridad (DeJoy *et al.*, 2004). Cuanto más desarrollado esté el sistema de gestión de la seguridad, más positiva será la actitud ante el riesgo de los trabajadores y, en consecuencia, más seguros serán sus comportamientos (Cohen, 1977; Hofmann *et al.*, 1995; Díaz y Cabrera, 1997; Vinodkumar y Bhasi, 2009). Asimismo, este sistema integra un conjunto de políticas y procedimientos encaminados a reducir el riesgo laboral, por lo que permite que los buenos propósitos sean trasladados en un programa que logre la seguridad deseada de forma eficiente, puesto que proporciona un medio para controlar y dirigir las actuaciones de los empleados (Smith *et al.*, 1978; HSE, 1997). Así pues, la implantación de un sistema de gestión de la seguridad laboral en la organización resulta vital dado su impacto significativo directo e indirecto sobre los índices de siniestralidad (Petersen, 2000).

La literatura ha estado enfocada hacia el análisis de las políticas y prácticas que constituyen un efectivo sistema de gestión de la seguridad y hacia el proceso de su implantación (Cohen *et al.*, 1975; Cohen, 1977; Smith *et al.*, 1978; Lindsay, 1992; Hale *et al.*, 1997; HSE, 1997; Mitchison y Papadakis, 1999; Petersen, 2000; ILO, 2001; Santos-Reyes y Beard, 2002; Fernández-Muñiz *et al.*, 2007b), pero en escasas ocasiones se han analizado las características de la organización que facilitan la implantación del mismo, a excepción de variables relacionadas con la gestión de la calidad y con la gestión medioambiental (Viña *et al.*, 1997; Ortiz, 1999; Bestratén y Carboneras, 2003).

En este contexto, planteamos la realización del presente trabajo con el objetivo de identificar los factores que promueven la implantación de sistemas de gestión de la seguridad y salud laboral en las empresas españolas. Así, consideramos que

pueden ser variables determinantes de su implantación y posterior desarrollo el sector de actividad, el tamaño de la empresa, la existencia de certificados de calidad y de medioambiente, la presencia en mercados exteriores, la existencia de capital extranjero y la existencia de estructuras internas de participación y consulta en materia preventiva.

Para el contraste de dichas hipótesis efectuamos un estudio empírico en el ámbito empresarial español. Mediante el envío de un cuestionario obtuvimos información de 455 empresas españolas. Posteriormente, efectuamos un cluster de dichas empresas en base al grado de desarrollo de su gestión de la seguridad laboral y analizamos, mediante contrastes no paramétricos, si las características anteriores sitúan a las empresas en el cluster configurado por empresas con gestión preventiva más avanzada. Para la clasificación de las empresas hemos utilizado una escala fiabilizada y validada por Fernández-Muñiz *et al.* (2007b), que recoge las principales prácticas y filosofías de seguridad que contribuyen a reducir los accidentes laborales."

Otro trabajo, que trata uno de los aspectos de la gestión empresarial sería el ensayo titulado "***Propuesta de un modelo para explicar y minimizar el coste humano y económico de la siniestralidad laboral***" cuyos autores son: Miguel Cuervo Blanco, Miguel Ángel Manzanedo del Campo y Adolfo López Paredes. Según aparece señalado en el resumen del mencionado ensayo: "Los estudios que históricamente han sido desarrollados en relación con los costes de los accidentes laborales, se han limitado principalmente a la evaluación cuantitativa de las pérdidas, sin analizar esta información de forma que contribuya al diseño de acciones de prevención de riesgos laborales.

En este artículo se presenta un modelo gráfico-teórico para explicar los costes de accidentes de trabajo tanto en los ámbitos empresarial como en el estatal, con el fin de optimizar la gestión de los recursos utilizados en la prevención de accidentes y de minimizar los costos humanos y económicos. La aplicación de diversas políticas de prevención de riesgos laborales en el modelo dinámico proporciona una predicción teórica de sus consecuencias en términos de costes y

tasas de accidentes, por lo que se puede considerar una herramienta para definir las estrategias en este campo.

Las conclusiones obtenidas del ensayo sobre el modelo teórico contrastan de forma importante con algunos de los axiomas planteados por el paradigma tradicional existente en el campo de la prevención de riesgos laborales y los costes de la siniestralidad laboral " .

Valentín Alfaya es el autor del siguiente trabajo: ***"Responsabilidad social empresarial (RSE). La empresa ""sostenible""***. La conclusión del mismo reza de la siguiente manera:

"Los nuevos retos y oportunidades que aparecen en la empresa del siglo XXI han dado lugar a la necesidad de orientar el crecimiento hacia un modelo de desarrollo generador de valor en el largo plazo. Tras la evolución reciente de las sociedades en las que los Estados han perdido peso en la transformación del modelo socioeconómico, nace la necesidad de hacer que el mercado trabaje a favor de un modelo de desarrollo que satisfaga las necesidades de las generaciones actuales sin hipotecar las de las generaciones futuras.

Este modelo de desarrollo, que denominamos sostenible, ofrece un nuevo panorama para empresas que desean tener éxito como organizaciones que generan valor para las sociedades en las que operan. En este sentido aparecen nuevas herramientas que acercan a la empresa a sus partes interesadas, nuevos propietarios que alimentan el verdadero valor de las compañías.

La empresa convencional trabaja para ofrecer beneficios a sus accionistas, y de ellas se distinguen aquéllas donde una parte de estos beneficios se aplican a paliar los perjuicios que producen. Estas empresas que se han venido a denominar socialmente responsables, son la avanzadilla de la nueva empresa del siglo XXI, pero mayoritariamente siguen percibiendo este esfuerzo como un coste. De ellas están naciendo nuevos diseños empresariales que tratan de satisfacer las necesidades de un mayor número de partes interesadas poniendo a trabajar más capitales que el financiero. Nuevas empresas que no ven en el medio ambiente o

en la creación de un mundo más justo una amenaza, sino una oportunidad de incalculables beneficios. Beneficios para sus accionistas y, por qué no, para las sociedades a las que sirven.

Esta nueva empresa observa los problemas ambientales como una oportunidad para hacer las cosas mejor, no como la amenaza, como el coste. Observa los problemas ambientales como una cuestión estratégica más allá de su sistema de gestión o del cumplimiento de tal o cual ley. En este enfoque encuentra formas que la diferencian, que le ayudan a gestionar mejor los valiosos recursos que gestiona. Una empresa que piensa en ganar el hoy y ganar el mañana.

Las empresas no son entes etéreos, son organizaciones que se componen de personas. Todos los que trabajamos en ellas somos responsables de su comportamiento directa o indirectamente y, por ello, de parte de la contribución de nuestra organización al desarrollo sostenible.

Muchas empresas han comenzado ya a evaluar sus capitales, identificando experiencias donde aplicar este modelo de desarrollo, organizándose para facilitar la alineación de sus compañías en torno a esta oportunidad, generando sistemas para conocer mejor las expectativas que las partes interesadas han depositado en ellos y consiguiendo, en muchos casos, los primeros beneficios tangibles, diferenciación, nuevos productos y servicio, mayor confianza de los inversores."

Por otro lado, el "***Plan 2010/2011 de actuación contra la siniestralidad laboral en empresas de la Comunitat Valenciana***" (Dirección General de Trabajo, cooperativismo y economía social. Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo (INVASSAT)), nos muestra cómo luchar contra la siniestralidad de las empresas de la Comunidad Valenciana a través de un Plan de actuación. A continuación se hace una transcripción de la presentación de este documento:

"El Plan 2010/2011 de Actuación contra la Siniestralidad Laboral en empresas de la Comunitat Valenciana, en base a los siniestros de trabajo registrados en el año 2009, se centra en las empresas que han tenido siniestros en dicho período, y se realiza con el objetivo de concienciar a los empresarios de que los siniestros, aunque ocurren, se pueden evitar y, por tanto, es posible reducir la siniestralidad laboral.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales y sus normas de desarrollo nos indican cual es el camino a seguir y debe aplicarse en todos los centros de trabajo, tengan o no tengan siniestros. Sin embargo, es evidente que un plan de actuación diseñado por la Administración Laboral para reducir la siniestralidad laboral, por la experiencia acumulada, se debe centrar, por razones de eficiencia, en los centros de trabajo donde ocurren los siniestros laborales.

En lo que se refiere a los accidentes con baja en jornada de trabajo, es un hecho constatado que a partir del año 2000, cuando se iniciaron estos planes de actuación preferente, el índice de incidencia ha pasado de cerca de diez accidentes con baja, por cada cien trabajadores a menos de cuatro en el año 2009.

Hasta la fecha, todos estos planes de actuación que se han realizado, se centraron en los accidentes con baja en jornada de trabajo, pues bien, en este plan 2010-2011 que presentamos, se van a incluir también los accidentes "in itinere" y las enfermedades profesionales, es decir, se van a tener en cuenta todos los siniestros laborales.

Los datos provisionales sobre los siniestros, accidentes con baja en jornada de trabajo, accidentes in itinere facilitados por el sistema Delt@ y las enfermedades profesionales comunicadas del sistema CEPROSS indican que en la Comunitat Valenciana en el año 2009 se produjeron un total de 57.277 siniestros.

El Plan 2010-2011 se va a centrar en las 23.534 empresas de la Comunitat que tuvieron al menos un siniestro en el año 2009, ya sea accidente con baja en

jornada de trabajo, accidente in itinere con baja o comunicada al menos una enfermedad profesional.

El Plan 2010-2011 se inicia con una carta de la Autoridad Laboral a todas las empresas con al menos un siniestro en el año 2009, y en el caso de 3 o más siniestros, se remite su informe de siniestralidad correspondiente a ese año, y se le indica cual es su situación en relación a la media de la Comunitat Valenciana y a la media de su propia actividad económica.

Las empresas se clasifican en dos grupos: Grupo "A", de mayor siniestralidad, en el caso de empresas con tres o más siniestros y con incidencias superiores a la media de la Comunitat Valenciana y/o a la de su actividad económica. Constituyen un colectivo importante de 3.717 empresas que acumulan 29.342 siniestros, es decir, que el 15,79% de las empresas que han tenido tres o más siniestros, acumulan un 51,23% del total de siniestros. Este colectivo es el que va a requerir una mayor atención, y Grupo "B", que son las empresas de menor siniestralidad.

También se clasifican por niveles del 1 al 6, de menor a mayor siniestralidad. En función del grupo y nivel se indican, las actuaciones a seguir en materia preventiva por las propias empresas y la Administración Laboral.

Del colectivo que hemos mencionado, que requiere una mayor atención, por el total de siniestros tenemos que destacar aquellas empresas cuya incidencia es mayor que la media de la Comunitat y también mayor que la media de su actividad económica. Estas empresas se clasifican como A-6 de alta siniestralidad y constituyen en la Comunitat un grupo de 3.279"

"El impacto de la prevención de riesgos laborales y los factores organizativos en la siniestralidad" es el trabajo realizado por Pablo Arocena Garro, Imanol Núñez Aldaz y Mikel Villanueva Ruiz, de la Universidad Pública de Navarra. En este caso, los citados autores se centran en analizar tres dimensiones organizativas: la

tecnología aplicada al proceso de producción, la aplicación de las prácticas de gestión de la calidad y la asunción de mayor control y responsabilidad de los trabajadores. A continuación se introduce un resumen de este trabajo contenido en su introducción:

"El enfoque tradicional de seguridad y salud en el trabajo se centra primordialmente en el estudio de los riesgos químicos, físicos y biológicos que afectan a los trabajadores en el desarrollo de sus tareas. A estas dimensiones iniciales se fueron añadiendo otros campos de investigación e interés como los riesgos psicológicos o psicosociales. Sin embargo, se puede afirmar que la revolución en el campo de la seguridad y salud en el trabajo se produce cuando el enfoque de la misma se amplía del individuo al establecimiento.

Como apuntan Hale y Hovden (1998), es en la década de los años ochenta cuando se extiende la convicción entre los responsables de la seguridad y salud en el trabajo de que el enfoque tradicional, centrado en la relación entre el individuo y la tecnología, es insuficiente. Estos autores identifican tres etapas en la evolución de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo. En la primera, el único objetivo era la búsqueda de medidas técnicas que redujesen el riesgo de accidente. En una segunda etapa, el interés se centra en el individuo, en el estudio de su comportamiento, en su ergonomía; en definitiva, el objetivo es adaptar el puesto de trabajo a cada individuo. La tercera etapa se caracteriza por la consideración de los factores organizativos y de gestión como objeto de análisis y mejora. En los últimos años, las instituciones públicas de los países desarrollados están realizando un esfuerzo importante por investigar en el campo de la organización de la empresa con el fin de perfeccionar las prácticas preventivas. Recientemente el *National Institute for Occupational Safety and Health* americano, además de subrayar que la investigación sobre la relación de los factores organizativos y la siniestralidad es todavía escasa e incompleta, avanza las prioridades que deben guiar la investigación (NIOSH, 2002).

En su informe destaca que los cambios organizativos y las nuevas prácticas de gestión adoptadas en las empresas en los últimos años, tienen potenciales implicaciones en materia de seguridad que no se han estudiado suficientemente hasta la fecha. En particular, el informe establece que la investigación de los siguientes aspectos merecen una atención prioritaria: (i) las alteraciones de la carga y presión del trabajo; (ii) el efecto de la descentralización vertical de los puestos de trabajo y del enriquecimiento de los mismos; (iii) la adecuación en la organización de los servicios y programas de prevención; (iv) el impacto de los cambios en la organización del trabajo sobre el conocimiento de los riesgos del trabajo, así como sobre el esfuerzo preventivo de la empresa y del trabajador, (v) los efectos que los cambios organizativos tienen en el equilibrio entre trabajo y ocio.

A pesar de su indudable interés, el análisis de la relación entre los parámetros organizativos, la intensidad y tipo de esfuerzo preventivo que desarrollan las empresas y los resultados de siniestralidad es una línea de investigación poco desarrollada. Asimismo, la mayoría de los trabajos realizados en este ámbito son informes descriptivos en los que se teoriza sobre el efecto de determinadas prácticas organizativas sobre el riesgo laboral. Los trabajos empíricos son escasos y con importantes limitaciones metodológicas e informacionales.

El propósito de esta investigación es profundizar en el análisis de estas cuestiones críticas, con un doble objetivo. En primer lugar, se pretende observar el efecto de diversos parámetros organizativos sobre la siniestralidad. En particular, analizamos tres dimensiones organizativas: la tecnología aplicada al proceso de producción, la aplicación de las prácticas de gestión de la calidad y la asunción de mayor control y responsabilidad de los trabajadores (*empowerment*). La relación de los tres indicadores con las medidas de siniestralidad nos permitirá determinar la naturaleza de su impacto en la siniestralidad. En segundo lugar, analizamos si la coexistencia de estos factores con la realización de esfuerzos preventivos intensos e innovadores produce efectos complementarios en la reducción de la siniestralidad. En otras palabras, si existen efectos sinérgicos entre los tipos de

prevención y los distintos factores organizativos. Analizamos estas cuestiones sobre una muestra de 213 establecimientos industriales con más de 30 trabajadores.

El trabajo se organiza como sigue. En el siguiente apartado se analiza la relación entre las decisiones de prevención y los factores organizativos con la siniestralidad, y se plantean las hipótesis a contrastar. El tercer apartado detalla la metodología econométrica. En el cuarto apartado se detalla el estudio aplicado, las variables utilizadas y la información recogida. En el quinto apartado se presentan y discuten los resultados del análisis econométrico. Por último, se resaltan las principales conclusiones".

A través del siguiente artículo: "*Influencia de la Cultura Preventiva en la Accidentalidad Laboral*" (García - Cardó, Alfonso y Blasco, Ricardo D.), se pretende corroborar que la cultura preventiva posee una influencia relevante sobre la accidentalidad laboral. El resumen del trabajo se expone a continuación:

"Fundamentación: La implantación de un sistema eficaz de gestión en prevención de riesgos laborales, requiere disponer de un nivel elevado de cultura preventiva en la organización. Pretendemos corroborar que la cultura preventiva posee una influencia relevante sobre la accidentalidad laboral.

Métodos: Estudio predictivo transversal realizado en nueve empresas del sector metalúrgico (CNAEs 28 y 29) de las cuales cuatro son de alta accidentalidad (n=133 sujetos) y cinco son de baja accidentalidad (n=177 sujetos). Toda la muestra (n=310 sujetos) es personal de producción. Se utiliza el cuestionario de factores psicosociales SWR10/45, confeccionado por García – Cardó y Blasco, que mide entre otras variables cultura preventiva, a través de siete ítems, mediante una escala tipo Lickert (1 a 7).

Resultados: Se encontraron diferencias muy significativas en el contraste de las medias de los siete ítems que miden esta variable (cultura preventiva), aplicados a las empresas de alta y baja accidentalidad. Alfa de Cronbach = 0.8773.

En la actualidad existen diversas metodologías y estrategias de gestión de la actividad preventiva en las empresas. Sin embargo, pocas se fundamentan en la relevancia de la cultura preventiva existente en la organización, ni siendo analizada en algunos cuestionarios psicosociales.

Nuestro modelo psicosocial explica como la cultura organizacional, junto con el riesgo basal existente en los diferentes puestos de trabajo, permite explicar parcialmente el fenómeno accidentalidad laboral.

El propósito del presente estudio fue evaluar las propiedades psicométricas de los reactivos confeccionados para analizar la cultura preventiva, así como la influencia de ésta en la accidentalidad laboral."

2 PROCEDIMIENTO, MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el estudio y modelización matemática de la influencia de las actividades de gestión empresarial que realizan las empresas en los datos de su siniestralidad, se ha seguido el procedimiento que, a continuación se detalla.

2.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar un modelo utilizando técnicas de tratamiento de datos, es preciso

1. que se introduzcan datos correctos y no existan errores tipográficos a la hora de cumplimentar el cuestionario, y
2. que se disminuya en lo posible la complejidad del problema, es decir, que se reduzcan el número de variables consideradas.

El garantizar que los datos son correctos requiere un trabajo exhaustivo de recopilación y filtrado de la información. Esta tarea es un esfuerzo de comprobación de rangos de valores y de uso de técnicas estadísticas sencillas, por lo que no es relevante explicar los métodos usados. Detallar los métodos es el objetivo del segundo apartado de este capítulo.

Reducir el número de variables implicadas en el problema se aborda utilizando dos tipos de técnicas. En primer lugar se utilizan técnicas enfocadas a la selección de variables. Además, se usarán técnicas de proyección que intentan disminuir las dimensiones de un conjunto de datos para obtener su representación bidimensional. Aunque no se obtenga un resultado analítico, sí se logran importantes observaciones sobre la relevancia de ciertas variables. Estas técnicas serán explicadas en el segundo apartado.

Una vez que se han determinado las variables más relevantes para el modelo, es necesaria una técnica que permita extraer la información subyacente en los datos recogidos y que implemente el modelo. Las técnicas de aprendizaje supervisado no paramétrico son las herramientas más adecuadas para la consecución de estos modelos tipo “caja negra”. El último apartado del capítulo introduce esta técnica,

detallando dentro del amplio campo que constituyen, el tipo de algoritmo utilizado en este trabajo.

2.2. Métodos de Selección de Variables

Una selección de las variables es un proceso de búsqueda de aquellas variables que contuvieran la información más significativa entre todos los datos originales. La formulación general de la selección de variables es la siguiente:

Para el vector de datos original $\bar{x} = (x_1, \dots, x_D)$ encontrar un $\bar{x}' = (x_1, \dots, x_d)$ con una dimensión reducida $d < D$ que represente los datos originales de forma más compacta.

Uno de los problemas fundamentales de la selección de variables es la imposibilidad de encontrar la solución óptima utilizando una búsqueda exhaustiva. Incluso para una relativamente pequeña dimensión, el número de posibles combinaciones es imposible de analizar. Sin embargo, en muchos de los casos puede ser implementada una aproximación heurística. Básicamente una selección de variables consiste en tres pasos:

1. una estrategia de búsqueda,
2. un criterio de selección, y
3. una condición para detener la búsqueda.

En este trabajo se partió de la capacidad inherente de evaluación de variables del algoritmo Mars desarrollado por Friedman (1991) y que se describe matemáticamente a continuación.

2.1.1 Splines Regresivos Multivariantes Adaptativos – (MARS)

Un problema común en muchas disciplinas es la adecuada aproximación de funciones de muchas variables, conocido únicamente el valor de dicha función en un reducido grupo de puntos del espacio de la variable independiente y, a menudo, perturbado por el ruido. El objetivo es encontrar el modelo de dependencia entre la variable respuesta y las variables de entrada x_1, \dots, x_n una

vez que se han realizado unas muestras $\{y_i, x_i, \dots, x_n\}_{i=1}^N$. El sistema que genera los datos se puede describir como:

$$y = f(x_1, \dots, x_n) + \varepsilon$$

sobre un dominio $(x_1, K, x_n) \in D \subset R^n$, el cual, contiene los datos.

$\tilde{f}(x_1, L, x_n)$ que sirva como una razonable aproximación de $f(x_1, \Lambda, x_n)$ sobre el dominio D de interés.

Para ello se considera un tipo de funciones denominadas *funciones básicas* B_m de la forma:

$$B_m(x) = I[x \in R_m]$$

I es una función que toma el valor 1 si el argumento es cierto, y el valor 0 en caso contrario. Los $\{a_m\}_{m=1}^M$ son los coeficientes de expansión cuyos valores son ajustados para obtener una buena adaptación a los datos. Los $\{R_m\}_{m=1}^M$ son las subregiones de espacio donde está definida la función. Si estas subregiones son disjuntas, sólo una función básica es distinta de 0 para cada x .

La principal limitación del método anterior es su falta de continuidad entre subregiones vecinas. Esta falta de continuidad limita severamente la precisión de la adaptación. Para conseguir modelos continuos, con derivadas continuas, se desarrolló el método de splines regresivos adaptativos (Multivariable Adaptive Regressive Splines, MARS).

El único aspecto que introduce discontinuidades en el modelo es la función escalón. Si se reemplaza esta función por otra que sea continua, el algoritmo 1 debería de producir modelos continuos. La función elegida para reemplazar a la función escalón es un *spline*.

Las dos partes de la división de la función básica tienen la forma:

$$b_q^\pm(x - t^n) = \left[\pm (x - t^n) \right]_+^{q_s}$$

donde t^n es la localización del nodo, q_s es el orden del *spline*, y el subíndice indica la parte positiva del argumento.

Para $q_s > 0$ la aproximación por *splines* es continua, y con q_s-1 derivadas continuas.

Las funciones escalón son un caso particular en que los *splines* son de grado cero, $q_s=0$.

Este método produce unas funciones básicas son el producto de *splines* univariantes. Estas funciones básicas tienen la forma:

$$B_m^{(q)}(x) = \prod_{k=1}^{K_m} [s_{km}(x_{v(k,m)} - t_{km})]$$

Es decir, reemplazando las funciones escalón por *splines* de grado q_s , se consiguen modelos continuos, con q_s-1 derivadas continuas.

El modelo MARS se escribe de la siguiente forma:

$$\tilde{f}(x) = a_0 + \sum_{K_m=1} f_i(x_i) + \sum_{K_m=2} f_{ij}(x_i, x_j) + \sum_{K_m=3} f_{ijk}(x_i, x_j, x_k) + L$$

El primer sumatorio contiene todas aquellas funciones que dependen de una sola variable. El segundo contiene las funciones básicas que dependen de dos variables, y representa las interacciones entre dos variables. El tercer sumatorio representa la contribución de las interacciones entre tres variables, y así sucesivamente.

Sea $V(m) = \{v(k,m)\}_1^{K_m}$ el conjunto de variables asociada con la función básica m , $B_m(x)$. Cada función del primer sumatorio puede ser expresada como

$$f_i(x_i) = \sum_{\substack{K_m=1 \\ i \in V(m)}} a_m B_m(x_i)$$

Esto es la suma de todas las funciones básicas que envuelven solamente la variable x_i y es el *spline* que representa la función univariante correspondiente.

Cada función bivalente del segundo sumatorio puede ser expresada como:

$$f_i(x_i, x_j) = \sum_{\substack{K_m=2 \\ (i,j) \in V(m)}} a_m B_m(x_i, x_j)$$

Lo cual representa la suma de todas las funciones básicas que envuelven un determinado par de variables x_i y x_j . Sumándole la correspondiente contribución univariante para esas mismas variables se tendrá:

$$f_{ij}^*(x_i, x_j) = f_i(x_i) + f_j(x_j) + f_{ij}(x_i, x_j)$$

que representa el conjunto de la contribución bivalente de x_i y x_j al modelo. Procediendo de la misma manera se obtienen las contribuciones de los términos correspondientes a grupos de tres variables y más variables.

2.2 MÉTODOS DE PROYECCIÓN

2.2.1 Generalidades

La representación de un conjunto de vectores d -dimensionales sobre un plano se llama *operación de proyección*, y el resultado de esta operación se denomina *proyección*. A menudo, el término *proyección* se utiliza para denominar indistintamente la operación y el resultado. La evaluación de una proyección se basa en su “fidelidad”; es decir, en cuánta información fue capaz de retener después del proceso de reducción de la dimensión del espacio. La fidelidad, normalmente medida con la ayuda de criterios asociados a los métodos de proyección, es una característica esencial en este tipo de algoritmos y la forma del criterio tiene un impacto fundamental en la sistematización de las diferentes técnicas de proyección.

Desde un punto de vista matemático, los métodos de proyección son casos especiales de métodos de reducción dimensional. En particular, aquellos métodos de proyección que reducen la dimensión del espacio a una o dos dimensiones son especialmente interesantes, debido a que las imágenes planas de los datos pueden ser entendidas y analizadas más fácilmente por un observador humano. Así, estos

métodos pueden ser utilizados como una poderosa herramienta de análisis de datos y son cualitativamente distintos de aquellos que reducen el espacio a dimensiones superiores a dos.

El método de proyección más extendido está basado en el algoritmo de clasificación lineal de los datos, propuesto por R. A. Fischer en 1936 [Fis36], siendo conocido como el *discriminante de Fischer*. El siguiente intento satisfactorio se produce 30 años después. Debido al avance de la computación en el terreno gráfico, se abren nuevas posibilidades en la utilización de representaciones gráficas para el análisis de datos. Surge así la proyección no lineal de Sammon [Sam69], cuya característica más destacada es la conservación de distancias. No obstante, la proyección de Sammon presenta algunos problemas de computación, lo que alienta la búsqueda de métodos más eficientes. Entre éstos problemas destaca la necesidad de volver a calcular todos los puntos cuando se quiere añadir una nueva observación, con el tiempo de computación que esto implica, provocando su incapacidad de uso en tiempo real

Existen un gran número de familias de técnicas de proyección, de las que la mayoría tiene más de una versión, con lo que el número total de técnicas muy elevado. Considerando que muchos de los algoritmos necesitan, para su operación, que el usuario estime previamente varios parámetros, está claro que la elección de la proyección que mejor se ajusta a los datos no es una tarea fácil.

Los métodos de proyección se pueden sistematizar de muchas maneras. Desde el punto de vista de su aplicabilidad a un problema - a saber, agrupamiento y diseño interactivo de clasificadores - la característica fundamental de los métodos de proyección es la generalidad de la transformación de la proyección. Distinguiremos entre transformaciones analíticas y no analíticas.

1. Una *transformación analítica* proyecta cada punto del espacio multidimensional (incluyendo todos los puntos que no estén en el conjunto original) en un punto correspondiente sobre el plano imagen. Esta característica hace las transformaciones analíticas convenientes para el diseño directo de clasificadores. Esto es, la técnica de diseñar clasificadores consistente en el trazado de zonas límite de decisión en un

espacio bidimensional imagen de los datos. Además, en ocasiones son capaces de reproducir el espacio original de los datos, generando hipersuperficies.

2. Una *transformación no analítica* crea proyecciones (imágenes planas) sólo para los puntos que pertenecen al conjunto de datos. Para añadir un punto al espacio imagen es necesario volver a realizar toda la transformación. En la práctica esto significa que las transformaciones no analíticas son inútiles para el diseño directo de clasificadores y sólo pueden ser útiles para inferir la estructura intrínseca de los datos analizados.

La separación de los métodos de proyección en analíticos y no analíticos corresponde casi exactamente a la separación entre proyecciones lineales y no lineales.

El número de clases especificadas en los datos es otro atributo importante de las proyecciones. Así, se pueden distinguir métodos que:

1. No requieren clasificación previa,
2. Necesitan exactamente dos clases, y que tratan de mantener la separabilidad de las dos clases y
3. Están definidos para al menos tres clases preestablecidas.

La característica más importante de las técnicas de proyección es que pertenecen a un pequeño grupo de métodos de análisis de datos multivariantes que son capaces de soslayar el “Problema de la Dimensionalidad”. Esta expresión describe las limitaciones de los métodos estadísticos debido a la necesidad de que el número de muestras crezca exponencialmente al aumentar la dimensión del espacio de datos. Esta característica es inapreciable en el reconocimiento de patrones, donde la capacidad de optimizar el uso eficiente de los datos e ignorar variables irrelevantes - redundantes o ruido - es de la máxima importancia [Wer74].

2.2.2 Proyección sammon

Uno de los métodos no analíticos y no lineales más extendidos es el propuesto por Sammon en 1.969 [Sam69].

Sean N vectores en un espacio L -dimensional, $X_i, i=1, \dots, N$. Tomemos N vectores en un espacio M -dimensional ($M=2$ ó 3), $Y_i, i=1, \dots, N$. y definimos una distancia en cada espacio $d_{ij}^* = [X_i, X_j]$ y $d_{ij} = [Y_i, Y_j]$

Escogidos aleatoriamente los N vectores en el espacio M :

$$Y_1 = \begin{bmatrix} y_{11} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{1M} \end{bmatrix} \quad Y_2 = \begin{bmatrix} y_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{2M} \end{bmatrix} \quad \dots$$

$$Y_N = \begin{bmatrix} y_{N1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{NM} \end{bmatrix}$$

se calculan las distancias entre ellos, sean d_{ij} . A partir de estas distancias se define el error E_S , que representa hasta que punto la configuración actual de N puntos del espacio M -dimensional coincide con los N puntos en el espacio L -dimensional.

$$E_S = \frac{1}{\sum_{i < j} [d_{ij}^*]} \sum_{i < j} \frac{[d_{ij}^* - d_{ij}]^2}{d_{ij}^*}$$

El error es una función de $M \times N$ variables y_{pq} , con $p=1, \dots, N$ y $q=1, \dots, M$. Las y_{pq} variables se deben obtener mediante un método adecuado de minoración (mínimo descenso, gradiente, etc.).

El funcional es el caso especial de un método de proyección más general conocido en Estadística como *Técnicas de escalado métrico multidimensional*. A la luz de una crítica posterior realizada por Kruskal [Kru73], la contribución de Sammon

no parece ser muy novedosa. No obstante, las técnicas de normalización multidimensional se utilizaron inicialmente en el campo de las ciencias sociales y Sammon fue el primero en popularizar esta aproximación como una herramienta válida en el reconocimiento de patrones y el análisis de datos de ingeniería. Por esta razón, en vez del de normalización multidimensional, comúnmente se asocia el nombre de Sammon con la ecuación anterior.

La expresión a minimizar se puede generalizar según la propuesta de Niemann [Nie79], que utilizan una expresión más general:

$$E_s = \frac{1}{\gamma_p} \sum_{i < j} \delta(x_i, x_j)^p \left[\delta(x_i, x_j) - \delta(y_i, y_j) \right]^2$$

donde γ_p se define como $\gamma_p = \sum_{i > j} \delta(x_i, x_j)^{p+2}$.

Dependiendo del valor de p distinguiremos:

1. *Método de Proyección Local* ($p < 0$). Tiende a proyectar puntos que están próximos de una forma más precisa que los que están algo más alejados entre sí, y donde el caso más habitual es el *Método de Sammon* ($p = -1$).
2. *Método de Proyección Neutra* ($p = 0$). Tanto los puntos próximos como los alejados entre sí, se proyectan con la misma precisión
3. *Método de Proyección Global* ($p > 0$). Proyecta mejor los puntos que están más alejados entre sí.

Las ventajas fundamentales de estos métodos son:

4. La función no depende de ningún parámetro de control.
5. Su eficiencia es alta, pues identifica estructuras de datos complejas (*hiperelipsoide d-dimensional*)
6. La proyección resultante es de fácil evaluación por el investigador.
7. La decisión humana facilita la clasificación de puntos conflictivos.
8. El algoritmo es simple y eficiente.

Entre sus limitaciones cabe destacar que:

9. La precisión del gráfico es mala si el error es muy grande ($E \gg 0,1$)

10. El número de puntos debe ser reducido.
11. El número de variables debe ser tan pequeño como sea posible, lo que obliga a utilizar previamente técnicas de discriminación.
12. No es analítica, aunque se han estudiado algunos métodos para determinar una inversa.

Generalmente, el problema de optimización dado por este funcional es complicado, debido a la gran dimensión que tiene el espacio de entrada. Esta dimensión es $2n$, es decir, dos veces el número de puntos proyectados.

El algoritmo original utiliza una versión del algoritmo de gradiente con un factor de paso fijo. Se proponen otros algoritmos, incluyendo “el método de relajación” de Chang y Lee, el descenso con paso variable, el método del gradiente conjugado, y el método de Niemann y Weiss [Nie79]. No obstante, todos estos métodos están basados en el mismo principio, la optimización de una función a lo largo de una dirección preestablecida.

2.3 MÉTODOS DE DETECCIÓN DE ESPÚREOS

2.3.1 Detección de espúreos mediante las distancias de Mahalanobid

Los espúreos (también llamados comúnmente “outliers”) son aquellas muestras cuya disposición espacial resulta sensiblemente extraña frente al comportamiento general del conjunto. Barnett y Lewis definieron al outlier como “una observación (o subconjunto de observaciones) que parecen ser inconsistentes con el resto de ese conjunto de datos”. La aparente inconsistencia puede ser causada por la contaminación de las muestras recogidas por datos procedentes de una distribución de distinta naturaleza, o ser valores extremos de la distribución original. Este alejamiento del comportamiento general puede ser debido bien a errores de muestreo, con lo que habría que eliminar dicha observación, o bien puede darse el caso de que tal observación represente un comportamiento del sistema que si bien es raro e infrecuente no puede ser despreciado en los análisis.

El mayor problema que plantea la detección de estos puntos es el enmascaramiento. Este efecto se produce cuando existe un número considerable de observaciones espúreas concentradas en una zona concreta. Parece claro que el algoritmo de identificación tendrá cierta dificultad a la hora de discernir entre las dos situaciones que pueden presentarse; bien puede ser que sean observaciones perjudicadas por ruidos, o bien es posible que realmente esas observaciones, dado su número, constituyan un grupo característico de comportamiento diferenciado.

El análisis de detección debe ser realizado dentro de cada clase. No puede ser de otra manera dado que las diferencias entre grupos pueden ser apreciables y un punto típico de una clase, con toda probabilidad tenga un comportamiento claramente anómalo frente a otra clase distinta a la suya.

Este estudio fundamentará la detección de espúreas en la distribución estadística que siguen las distancias generalizadas de Mahalanobis. Si X , matriz de observaciones muestrales, sigue una distribución normal multivariante (N observaciones de n componentes), se puede definir la distancia de Mahalanobis de la observación x_j al centro de la muestra como

$$d_j^2 = (x_j - \bar{x})S^{-1}(x_j - \bar{x})'$$

Los N valores de las distancias d_j^2 siguen una distribución χ^2 con n grados de libertad. Si una muestra concreta se caracteriza por una distancia superior a la dada por la distribución χ^2 para un determinado nivel de confianza, puede aceptarse la clasificación de esa muestra como espúrea.

2.4 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y REGRESIÓN

2.4.1 Modelos multivariantes de splines adaptativos regresivos (MARS).

Un problema común en muchas disciplinas es la adecuada aproximación de funciones de muchas variables, conocido únicamente el valor de dicha función en un grupo reducido de puntos del espacio de la variable independiente y, a menudo, perturbado por el ruido. El objetivo es encontrar el modelo de

dependencia entre la variable respuesta y las variables de entrada x_1, \dots, x_n una vez que se ha realizado un muestreo $\{y_i, x_{i1}, \dots, x_{in}\}_1^N$.

El sistema que genera los datos se puede describir como $y = f(x_1, \dots, x_n) + \varepsilon$ sobre un dominio $(x_1, K, x_n) \in D \subset R^n$, el cual, contiene los datos.

La función f relaciona la variable de salida con las variables de entrada y ε es el ruido estocástico. El objetivo del análisis de regresión es encontrar una función $\tilde{f}(x_1, L, x_n)$ que sirva como aproximación de $f(x_1, \Lambda, x_n)$ sobre el dominio D .

Para ello se considera un tipo de funciones denominadas funciones básicas

B_m de la forma:

$$B_m(x) = I[x \in R_m]$$

I es una función que toma el valor 1 si el argumento es cierto y 0 en caso contrario. Los $\{a_m\}_1^M$ son los coeficientes de expansión cuyos valores son ajustados para obtener una buena adaptación a los datos. Los $\{R_m\}_1^M$ son las subregiones del espacio donde está definida la función. Si estas subregiones son disjuntas, sólo una función básica es distinta de 0 para cada x .

La principal limitación del método anterior es su falta de continuidad entre subregiones vecinas. Esta falta de continuidad limita la precisión de la adaptación. Para conseguir modelos continuos, con derivadas continuas, se desarrolló el método de splines regresivos adaptativos (Multivariable Adaptative Regressive Splines, MARS) (Friedman, 1991; Steinberg y Colla, 1995; Steinberg et al. 1999).

El único aspecto que introduce discontinuidades en el modelo es la función escalón. Si se reemplaza esta función por otra que sea continua, el algoritmo 1 debería de producir modelos continuos. La función elegida para reemplazar a la función escalón es un spline.

Las dos partes de la división de la función básica tienen la forma:

$$b_q^\pm(x - t^n) = [\pm(x - t^n)]_+^{q_s}$$

donde t^n es la localización del nodo, q_s es el orden del spline, y el subíndice indica la parte positiva del argumento.

Para $q_s > 0$ la aproximación por splines es continua (Prenter, 1975), y con $q_s - 1$ derivadas continuas.

Las funciones escalón son un caso particular en que los splines son de grado cero, $q_s = 0$.

Este método produce unas funciones básicas que son el producto de splines univariantes. Dichas funciones básicas tienen la forma:

$$B_m^{(q)}(x) = \prod_{k=1}^{K_m} [s_{km}(x_{v(k,m)} - t_{km})]$$

Es decir, reemplazando las funciones escalón por splines de grado q_s , se consiguen modelos continuos, con $q_s - 1$ derivadas continuas.

El modelo MARS se escribe de la siguiente forma:

$$\tilde{f}(x) = a_0 + \sum_{K_m=1} f_i(x_i) + \sum_{K_m=2} f_{ij}(x_i, x_j) + \sum_{K_m=3} f_{ijk}(x_i, x_j, x_k) + L$$

El primer sumatorio contiene todas aquellas funciones que dependen de una sola variable. El segundo contiene las funciones básicas que dependen de dos variables, y representa las interacciones entre dos variables. El tercer sumatorio representa la contribución de las interacciones entre tres variables, y así sucesivamente.

Sea $V(m) = \{v(k, m)\}_{k=1}^{K_m}$ el conjunto de variables asociada con la función básica m , $B_m(x)$. Cada función del primer sumatorio puede ser expresada como:

$$f_i(x_i) = \sum_{\substack{K_m=1 \\ i \in V(m)}} a_m B_m(x_i)$$

La ecuación anterior representa la suma de todas las funciones básicas que envuelven solamente la variable x_i y es el spline que representa la función univariante correspondiente.

Cada función bivalente del segundo sumatorio puede expresarse como:

$$f_i(x_i, x_j) = \sum_{\substack{K_m=2 \\ (i,j) \in V(m)}} a_m B_m(x_i, x_j)$$

Lo cual representa la suma de todas las funciones básicas que envuelven un determinado par de variables x_i y x_j . Sumándole la correspondiente contribución univariante para esas mismas variables se tendrá:

$$f_{ij}^*(x_i, x_j) = f_i(x_i) + f_j(x_j) + f_{ij}(x_i, x_j)$$

que representa el conjunto de la contribución bivalente de x_i y x_j al modelo. Procediendo de la misma manera se obtienen las contribuciones de los términos correspondientes a grupos de tres o más variables.

El método MARS combina los métodos de proyección activa y proyección recursiva, utilizando regresión multivariante adaptativa con splines (Chevochot, 1999; Steinwart, 2001). El modelo utilizado por el MARS es el mismo que en proyección recursiva pero con distintas funciones base. Las funciones base utilizadas por el MARS son splines multivariantes, es decir, el producto tensorial de splines de una dimensión.

Con el fin de conocer la importancia de las variables que forman parte de un modelo MARS, el algoritmo muestra los resultados correspondientes a tres criterios. Estos son:

- El criterio de **nsubsets**: este criterio cuenta el número de subconjuntos de modelos en el que se ha incluido cierta variable. Aquellas variables que se han incluido en un mayor número de subconjuntos de modelos son consideradas de mayor importancia. En este contexto, debe tenerse en cuenta que se denomina subconjunto a cada subconjunto de términos generado por el algoritmo en cada una de sus pasadas de poda. Es decir, existe un subconjunto para cada uno de los posibles tamaños del modelo,

partiendo de una variable y llegando hasta el número final de variables que es elegido por el modelo. Es decir, la estimación se realiza tomando en cuenta solo aquellos modelos de tamaño menor o igual que el del modelo final.

- El criterio **rss**: este criterio calcula el valor de la ecuación RSS (véase al respecto Friedman, 1991) para cada uno de los subconjuntos. Así, las variables cuya eliminación contribuyen de manera más significativa a la reducción del RSS son consideradas como las más importantes para el modelo final.
- Finalmente, el criterio **gcv** es análogo al del rss pero empleando esta vez la ecuación de GCV en vez de la del RSS (véase al respecto Friedman, 1991).

2.4.2 SVM

La teoría de los modelos de máquinas de soporte vectorial (SVM) ha sido ampliamente descrita en la literatura (15,24–30). Por tanto, en el presente trabajo solo se ofrece una breve descripción. Los modelos SVM se basan en la teoría estructural de minimización del riesgo, principio de la teoría del aprendizaje estadístico (24). En aquellos que se consideran como linealmente separables, el modelo SVM construye un hiperplano que separa los vectores de datos en dos grupos diferentes buscando la maximización del margen o distancia entre ambos. El hiperplano se construye buscando otro vector w y un parámetro b que minimice $\|w\|^2$ y sea capaz de satisfacer las siguientes condiciones:

$$w \cdot x_i + b \geq +1, \text{ for } y_i = +1 \quad \text{Group 1 (positive)}\mathbf{1}$$

$$w \cdot x_i + b \leq -1, \text{ for } y_i = -1 \quad \text{Group 2 (negative)}\mathbf{2}$$

Donde y_i es el grupo denominado índice, w es un vector normal al hiperplano, $|b|/\|w\|$ es la distancia perpendicular desde el hiperplano al origen y $\|w\|^2$ es la norma euclídea de w . Después de la determinación de w y b , un vector dado x se puede clasificar por:

$$\text{sign}[(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}) + b]$$

En casos no separables linealmente tal y como es el del presente trabajo, se emplean las funciones kernel $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$, las cuales realizan las transformaciones adecuadas para lograr la separación de los casos. Un ejemplo de función kernel es el kernel gaussiano, el cual se ha empleado con profusión en diferentes tipos de estudios (15,24–30):

$$K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = e^{-\|\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i\|^2 / 2\sigma^2}$$

3 DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL

3.1 INTRODUCCIÓN

El enfoque planteado en este trabajo para lograr la modelización predictiva de las enfermedades registradas en la base de datos de la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas en función de las variables de gestión empresarial consiste en aplicar las técnicas mostradas en el apartado de técnicas empleadas, las cuales permiten extraer la información de los datos recogidos del proceso. El desarrollo efectuado tiene dos objetivos diferenciados: Por un lado determinar las variables relevantes de la encuesta, dentro de las que recogen la gestión empresarial, que tienen una influencia directa con la probabilidad de sufrir una enfermedad laboral.

Por otra parte se generará una herramienta capaz de avanzar cual será el riesgo de producir un accidente laboral obtenido a partir de las condiciones dadas por las variables relevantes previamente determinadas. El sistema desarrollado pretende suprimir los poco eficaces métodos de predicción que hasta la fecha se utilizan. Así mismo resulta interesante disponer de una estimación de dicho dato que sirva de realimentación a la propia empresa puesto que se trata de uno de los principales requisitos de calidad exigibles a cualquier actividad empresarial.

El procedimiento empleado para llevar a buen término los dos objetivos propuestos pasa en primer lugar por analizar la relevancia de las variables de la encuesta así como el grado de influencia que las mismas tienen sobre el parámetro a estimar (Riesgo de sufrir un accidente). Una vez determinadas las variables más relevantes, se estudiará en profundidad la bondad de los registros almacenados en las bases de datos de proceso con el fin de eliminar aquellos que, por muy diversas razones, puedan considerarse espúreos o no representativos del proceso. Finalmente se analizarán diversas variaciones de algoritmos conexionistas, mayoritariamente con aprendizaje supervisado, de entre las que se escogerá las que mejor se adapten a las necesidades de la línea.

Por otra parte se dedicara un breve espacio a resaltar el efecto que determinadas variables tienen sobre la probabilidad de sufrir un accidente analizando especialmente los resultados no esperables a priori.

Resulta, por supuesto, necesario un detenido estudio comparativo de la calidad de los resultados obtenidos, así como una posterior validación de los modelos con datos de años no incluidos en el conjunto de estudio. De lo anteriormente mencionado se deducirá la bondad del modelo y el grado de fiabilidad y robustez del mismo, parámetros indispensables a la hora de proceder a modelización matemática de cualquier actividad empresarial.

3.2 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES RELEVANTES.

Como se deriva de lo expuesto en el apartado referente al estado del arte, no existe hasta la fecha, a conocimiento de la autora, un estudio que evalúe de forma directa los distintos aspectos que caracterizan el uso de herramientas de gestión empresarial desde el punto de vista de su influencia en cuanto al riesgo de padecer algún tipo de enfermedad laboral.

Por tanto, en los siguientes subapartados de este capítulo se procederá en un primer momento a enumerar las variables empleadas en el estudio para posteriormente acometer los procesos de selección de variables relevantes a través del uso de la técnica descrita en el apartado de herramientas utilizadas.

3.2.1 Variables empleadas para la realización del estudio.

De entre los parámetros que se recogen en la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas se han seleccionado un conjunto de variables por ser las que, a priori y por criterio experto, contienen la información necesaria para una correcta modelización de la variable de estudio. Con objeto de contrastar y formalizar los estudios teóricos llevados a cabo en el presente trabajo se han empleado los datos reales disponibles en Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas.

El análisis de los datos se enfrenta a un hecho habitual en los casos de resolución de problemas reales: la limitación en la diversidad de los datos – restringida al número de variables que la base de datos contiene - y la incertidumbre acerca de su validez.

Las variables seleccionadas para la realización del modelo están disponibles en ¿la página web del ministerio? y son actualizadas de manera automática con periodicidad anual. Por otra parte y a pesar de que su fiabilidad ha sido contrastada no es posible asegurar en absoluto que dicha base de datos no contengan entradas erróneas o anómalas. Más adelante se dedicara un apartado completo dentro de este capítulo a la detección de dichos datos inadecuados y a su posterior filtrado.

Para la realización de este estudio se parte de 5107 registros correspondientes a los datos recogidos en XXX empresas durante dos años (2008 y 2009), contemplando para cada registro un total de 69 variables diferentes que se presenta de manera resumida en la siguiente tabla:

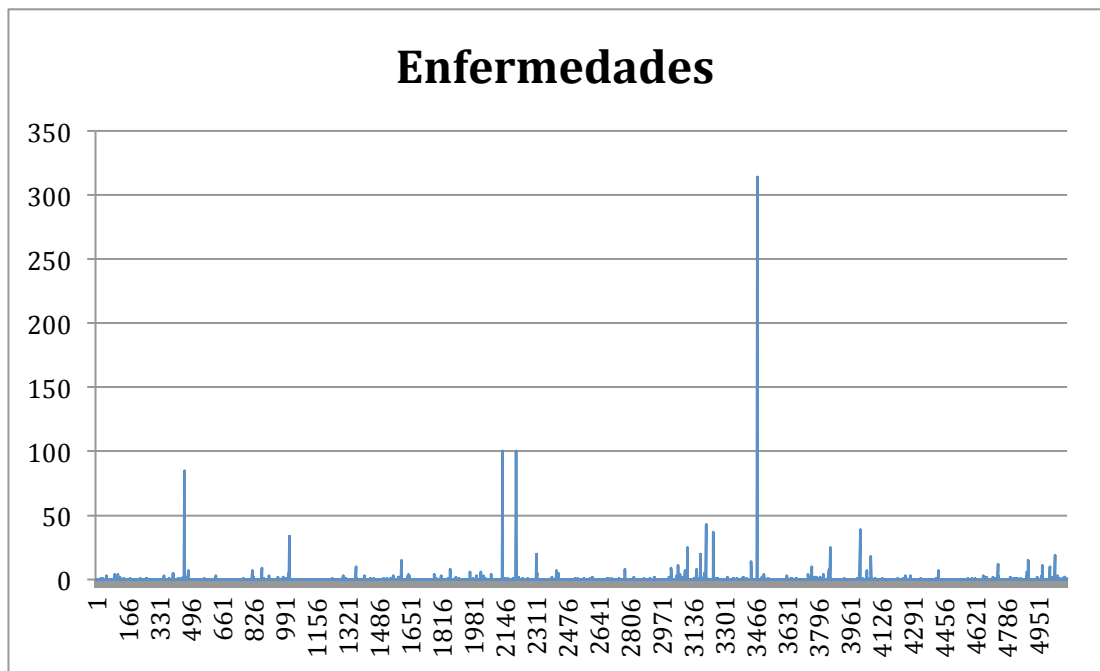
| VARIABLE | DESCRIPCIÓN |
|-----------------|---|
| P1 | Número de centros |
| PLANT_EM | Plantilla empresa |
| P4_ACCT | Actividad centro |
| SECTOR_C | Sector centro |
| P5m | Antigüedad centro |
| Trab_centro | Trabajadores totales centro |
| Precariedad | Porcentaje de trabajadores propios no fijos |
| Porc_ajenos | Porcentajes de trabajadores ajenos |
| Porc_apoyo | Porcentajes de trabajadores de apoyo |
| Porc_mujeres | Porcentaje de mujeres |
| Porc_extranj | Porcentaje de extranjeros |
| Media_edad | Edad promedio de la plantilla |
| Proc_trab_fuera | Porcentaje que trabaja fuera de las instalaciones de la empresa |
| Porc_teletrab | Porcentaje que trabaja en casa |
| Trab_turnos | Porcentaje que trabaja a turnos |

| | |
|-------------------|---|
| Trab_fijo_noche | Porcentaje que trabaja siempre de noche |
| Trab_noche | Porcentaje que trabaja de noche |
| Peligrosidad | Empresas que realizan actividades del anexo 1 |
| Productividad | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Calidad | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Desarrollo | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Costes mano obra | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Costes prod/distr | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Gesitón PRL | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Imagen | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| I+D+I | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| Medio amb | Factor importante en la estrategia de la empresa |
| P13_1 a P13_10 | Herramientas de gestión |
| P14 | Sistema de gestión de la SST |
| OHSAS | Tiene sistema de gestión basado en OHSAS |
| P15_1 a P15_6 | Tipos de riesgos presentes |
| P16_1 a P16_7 | Tipos de apercibimientos |
| P23_1 a P_23_9 | Tipos de recursos PRL |
| Motiv1 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 1 |
| Motiv2 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 2 |
| Motiv3 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 3 |
| Motiv4 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 4 |
| Motiv5 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 5 |
| Motiv6 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 6 |
| Motiv7 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 7 |
| Motiv8 | En la P56 indicó como motivación, entre otras, la 8 |

Variables identificadas por criterio experto procedentes de la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas

En la siguiente figura puede apreciarse como la variable a modelizar, que hace referencia al número de enfermedades sufridas entre los años 2008 y 2009 por el

conjunto de empresas evaluadas, alcanza en un caso singular el valor de 314 siendo la tónica general para el resto de empresas muy inferior.



3.2.2 Determinación del Espacio Teórico de Búsqueda

Partiendo de las variables referenciadas en los apartados anteriores se pretende seleccionar aquellas variables que tienen una mayor influencia a la hora de determinar el riesgo de sufrir un accidente, entendiéndose dicho riesgo como la cuantía prevista de accidentes.

3.2.2.1 Selección de Variables

Las variables objeto de este estudio, serán las de la anteriormente mostrada y presentan el siguiente comportamiento estadístico:

| | P1 | PLANT_E M | P4_ACC T | SECTOR_ C | p5m | Trab_centro | Precariedad | Porc_ajenos | Porc_apoyo | Porc_mujeres | Porc_extra nj | Media_eda d | Porc_trab_fuer a | Porc_teletra b | Trab_turno s |
|-------------------|----------|--------------|-------------|--------------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|------------------|----------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| Mediana | 1 | 2 | 8 | 4 | 180 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 39,5 | 0 | 0 | 0 |
| Desviación Est | 1,1 | 1,4 | 3,5 | 1,1 | 355, 2 | 368,9 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 7,9 | 0,3 | 0 | 0,3 |
| Curtosis | - 0,2 | 0 | -1 | -1,3 | 143, 1 | 174,9 | 1,1 | 12 | 20,9 | -1 | 13,5 | 13,8 | 1 | 349,1 | 2,6 |
| Máximo | 4 | 8 | 13 | 4 | 9480 | 8884 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 67,5 | 1 | 1 | 1 |

| | Trab_fijo_noche | Trab_noche | Peligrosidad | Productividad | Calidad | Desarrollo | Costes_mano_obra | Costes_prod/dist | Gestion_PR L | Image n | I+D+ l | Medio_am b | P13_ 1 | P13_ 2 | P13_ 3 |
|-------------------|-----------------|------------|--------------|---------------|---------|------------|------------------|------------------|-----------------|------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Mediana | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| Desviación Est | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 1 | 1 |
| Curtosis | 163,6 | 10,7 | -0,8 | -1,5 | -1,4 | -1,5 | -0,8 | -0,9 | -0,5 | -0,1 | 3,6 | 5,3 | -1,8 | -1,8 | -2 |
| Máximo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |

| | P13_ 4 | P13_ 5 | P13_ 6 | P13_ 7 | P13_ 8 | P13_ 9 | P13_1 0 | P1 4 | OHSA S | P15_ 1 | P15_ 2 | P15_ 3 | P15_ 4 | P15_ 5 | P15_ 6 | P16_ 1 | P16_ 2 | P16_ 3 | P16_ 4 | P16_ 5 | P16_ 7 | P23_ 1 | P23_ 2 | P23_ 3 | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| Mediana | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Desviación Est | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | |
| Curtosis | -0,4 | 0,5 | 0 | -0,9 | -1,9 | 8,3 | -1,1 | 1,5 | -1,7 | -2 | 3,1 | -2 | -0,3 | 15,2 | -0,6 | 3,2 | 72,4 | 7 | 45,1 | 19,5 | 0,3 | -0,2 | 2,3 | 5,9 | |
| Máximo | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

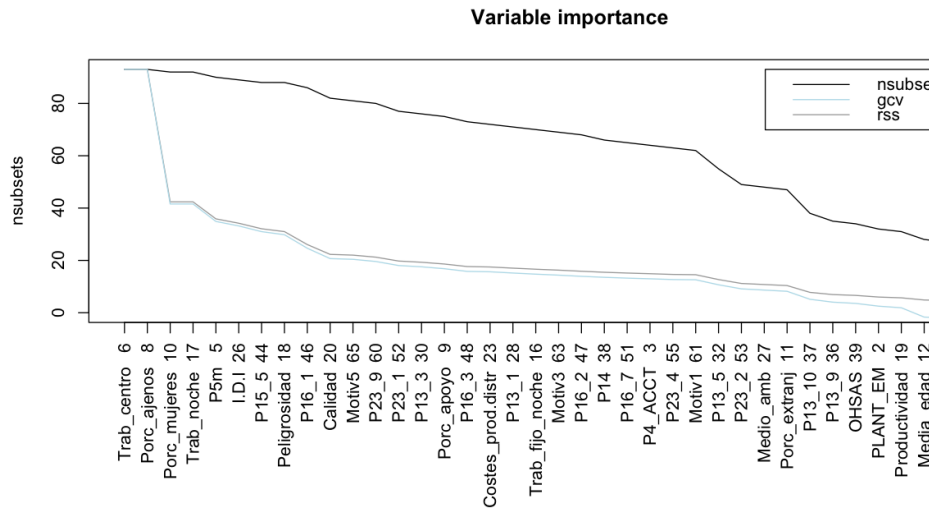
| | P23_4 | P23_5 | P23_6 | P23_7 | P23_8 | P23_9 | Motiv1 | Motiv2 | Motiv3 | Motiv4 | Motiv5 | Motiv6 | Motiv7 | Motiv8 | Enfermedades |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| Máximo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 314 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|

3.2.2.2. Selección Basada en Splines Regresivos MultiAdaptativos.

El hecho de tomar como salida la variable que representa el número de acaecidos durante los años 2008 y 2009 obliga al algoritmo a clasificar variables en cuanto a su influencia sobre dicha salida.

.Con animo de simplificar la representación, se incluye en este documento salida gráfica del algoritmo como las variables tabuladas, en ambos representan las variables seleccionadas ordenadas de mayor a menor grado de influencia relativa respecto a la variable de salida e incremento porcentaje de veces que la variable apareció como relevante utilizando cruzada en el algoritmo.



| Variable | Gcv |
|--------------|-----|
| Trab_centro | 93 |
| Porc_ajenos | 93 |
| Porc_mujeres | 92 |
| Trab_noche | 92 |
| P5m | 90 |
| I.D.I | 89 |
| P15_5 | 88 |

| | |
|-------------------|----|
| Peligrosidad | 88 |
| P16_1 | 86 |
| Calidad | 82 |
| Motiv5 | 81 |
| P23_9 | 80 |
| P23_1 | 77 |
| P13_3 | 76 |
| Porc_apoyo | 75 |
| P16_3 | 73 |
| Costes_prod.distr | 72 |
| P13_1 | 71 |
| Trab_fijo_noche | 70 |
| Motiv3 | 69 |
| P16_2 | 68 |
| P14 | 66 |
| P16_7 | 65 |
| P4_ACCT | 64 |
| P23_4 | 63 |
| Motiv1 | 62 |
| P13_5 | 55 |
| P23_2 | 49 |
| Medio_amb | 48 |
| Porc_extranj | 47 |
| P13_10 | 38 |
| P13_9 | 35 |

| | |
|---------------|----|
| OHSAS | 34 |
| PLNT_EM | 32 |
| Productividad | 31 |
| Media_edad | 28 |
| Motiv8 | 27 |
| Precariedad | 25 |
| Motiv7 | 22 |
| P13_6 | 10 |

3.3 CONTROL DE CALIDAD SOBRE LA MUESTRA PARA EL MODELO

Se ha comentado en apartados anteriores la necesidad de validar los datos registrados que se emplearán para la generación del modelo de estimación de las consignas de fuerza, una vez determinadas las variables más relevantes. Este procedimiento resulta adecuado a la hora de implementar cualquier tipo de modelo, aunque es de especial importancia cuando esté se desarrolle con técnicas basadas en datos, las cuales son especialmente sensibles a la introducción de datos erróneos.

Debe distinguirse este filtrado del que se realizo de manera previa a la elección de las variables de proceso

A continuación se detallan los diferentes pasos seguidos para el filtrado de las muestras, todos ellos basados en las diferentes técnicas expuestas en el apartado de material y métodos.

3.3.1 Análisis de Normalidad Multivariante

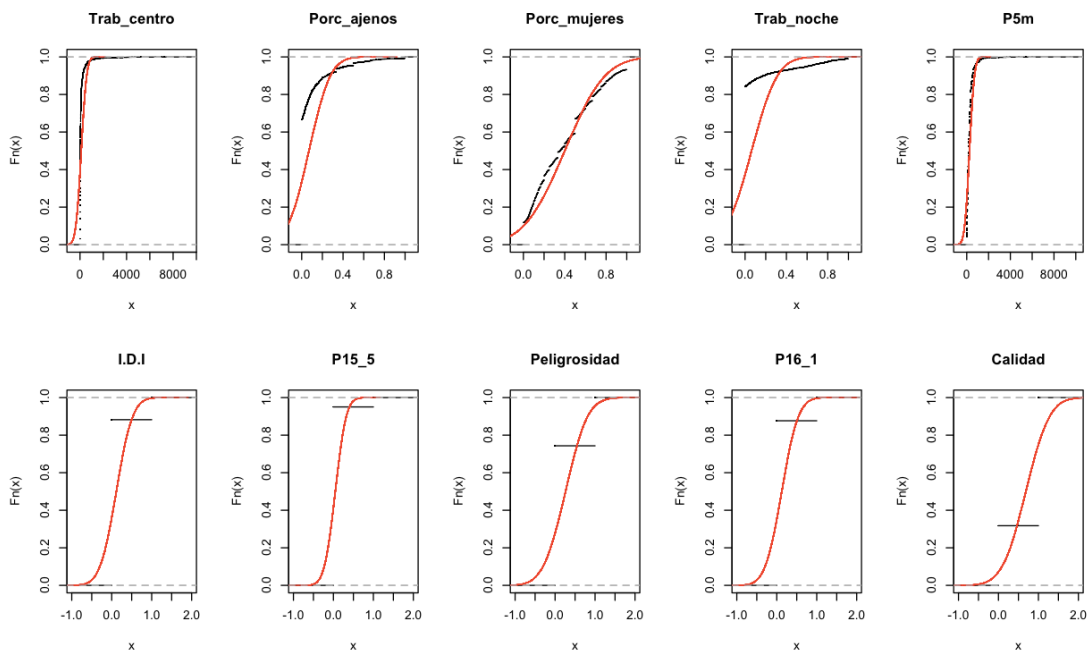
Dado que gran número de herramientas asume condiciones de normalidad multivariante para la validez de sus resultados, es interesante comprobar si el comportamiento de las muestras sigue una distribución normal multivariante.

El análisis de normalidad multivariante puede abordarse mediante métodos gráficos y utilizando técnicas estadísticas, ya sean estas de naturaleza univariante, aplicadas sobre las componentes principales, o de carácter multidimensional.

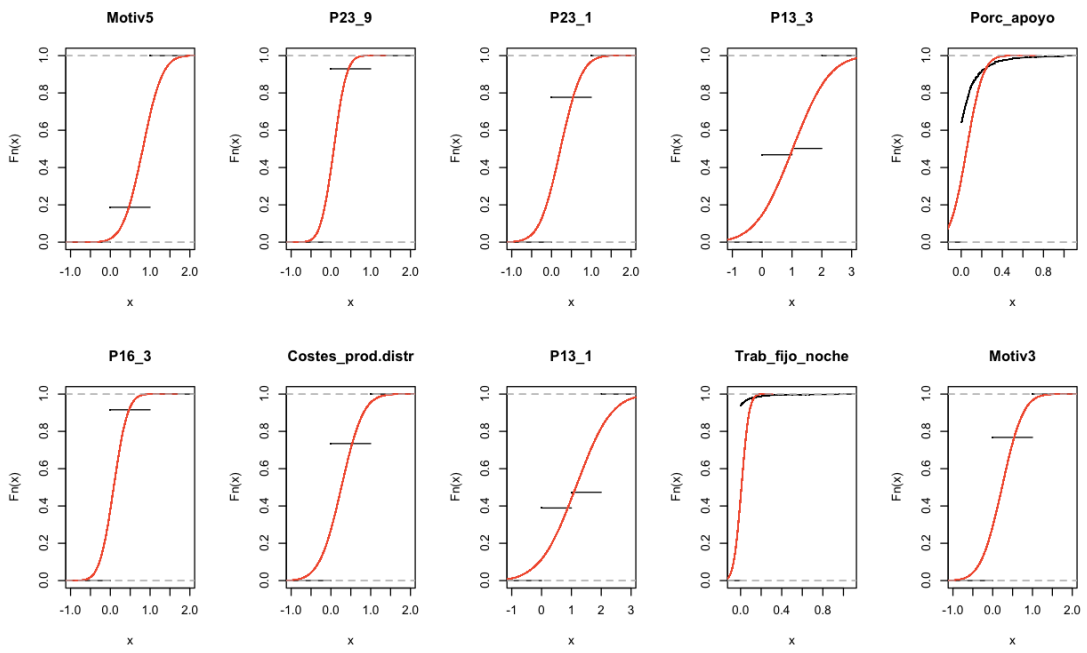
Puesto que en esta ocasión los métodos estadísticos vienen a corroborar los resultados observables en los métodos gráficos, y con ánimo de simplificar la exposición de este apartado, solo se incluirán estos últimos

Los dos tipos de gráficos más utilizados en la comparación de dos muestras son las curvas de probabilidad acumulada y la recta cuantil cuantil.

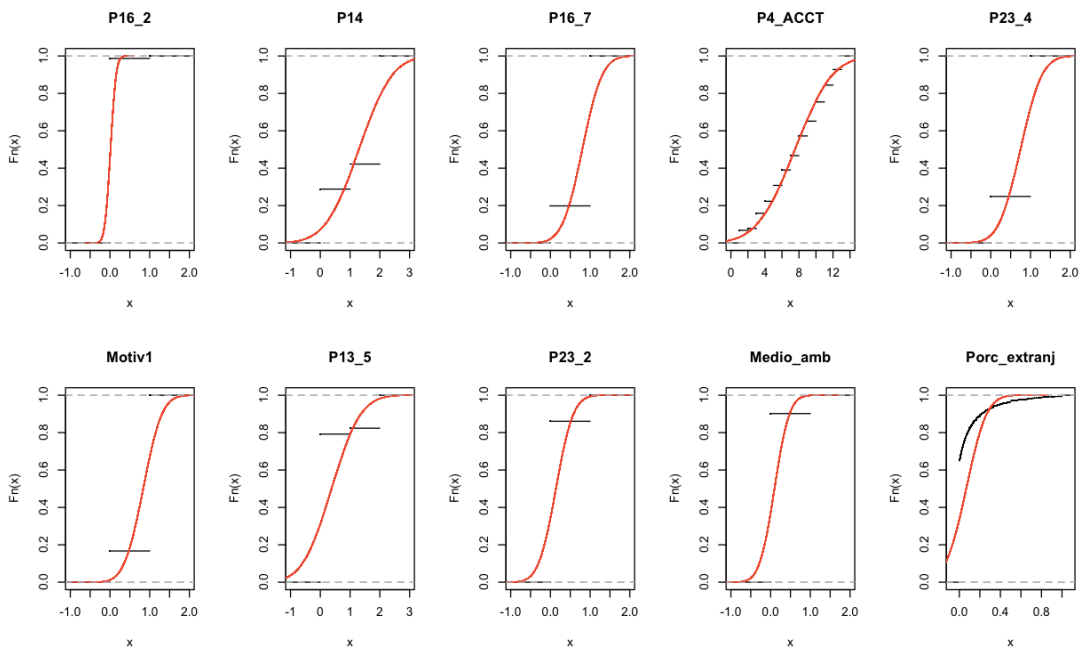
En el primero de ellos se trazan las curvas de probabilidad acumulada de ambas distribuciones y se compara su forma, es decir, la distribución real de los datos de cada variable con una distribución normal acumulada con ánimo de determinar el grado de ajuste entre ambas. Los resultados de la aplicación de dicho método gráfico pueden verse en las siguientes figuras.



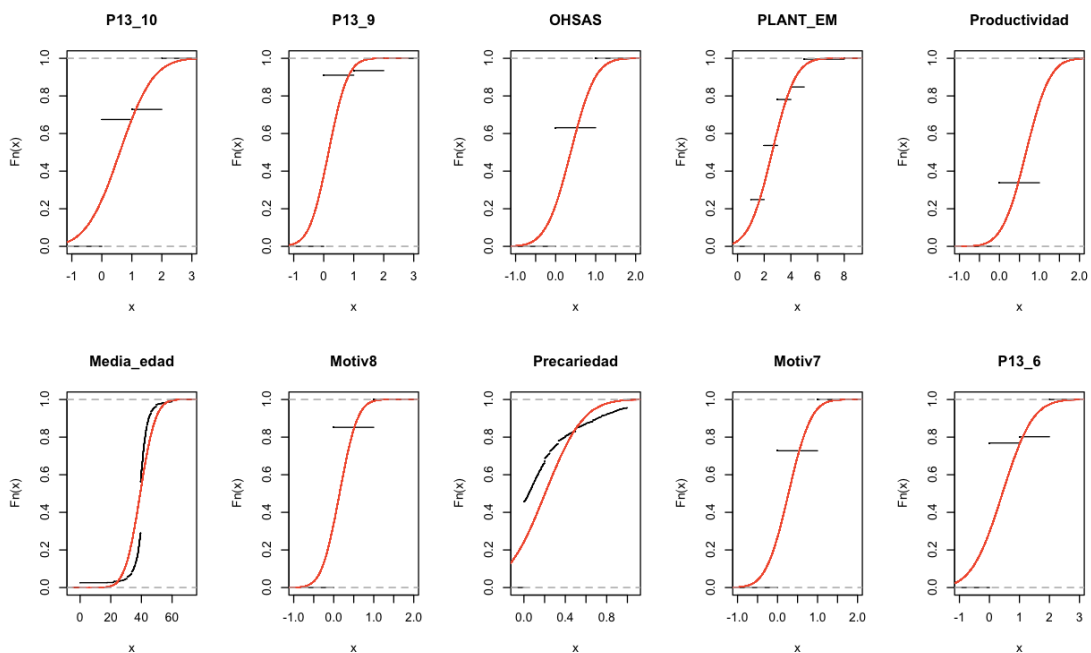
Curvas ecdf de las variables relevantes de la encuesta frente a distribuciones normales (I)



Curvas ecdf de las variables relevantes de la encuesta frente a distribuciones normales (II)



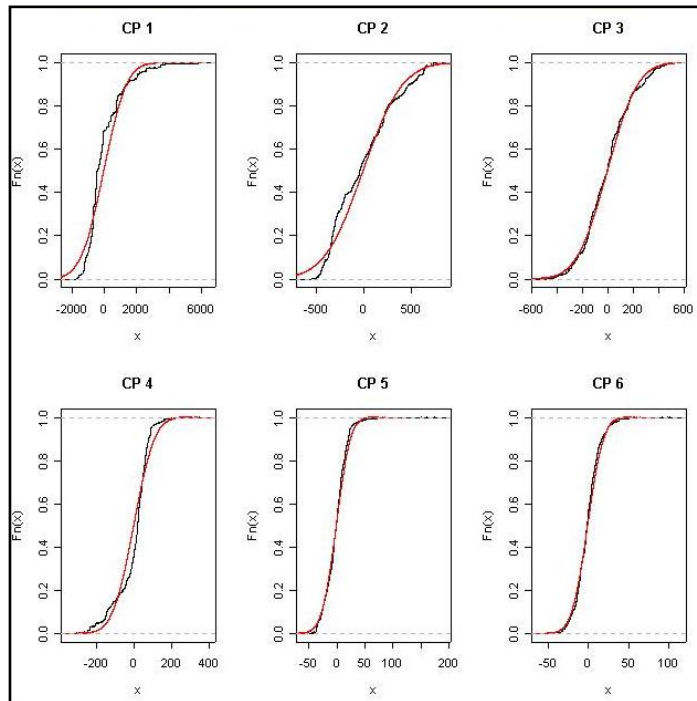
Curvas ecdf de las variables relevantes de la encuesta frente a distribuciones normales (III)



Curvas ecdf de las variables relevantes de la encuesta frente a distribuciones normales (IV)

Se observa como la mayoría de las variables recogidas presentan un comportamiento claramente no normal. Sus curvas ecdf (en trazo negro) son distintas a las ecdf normales que les corresponderían (trazo rojo). Este efecto de anormalidad de los datos es muy destacado para las variables que toman valores discretos y tienen un rango de variación limitado.

Es interesante, asimismo, obtener las curvas *ecdf* correspondientes a las componentes principales, dado que puede demostrarse que si las observaciones correspondientes a cada una de las componentes principales sigue una distribución normal univariante, el conjunto sigue una distribución normal multivariante [ref]. Nótese que en una base no principal, que cada coordenada supere los test de normalidad, es una condición necesaria pero no suficiente para asegurar la normalidad multivariante.



Curvas ecdf de las componentes principales frente a ecdfs normales.

Las componentes principales tampoco muestran un comportamiento normal como puede apreciarse en la última figura. Merece la pena, eso sí, observar más de cerca la curva correspondiente a la primera componente principal, por su mayor relevancia (60%). Se diferencia con mayor detalle su trayectoria de la esperada si fuera normal.

Si se representan gráficamente los valores observados de los cuantiles frente a los valores esperados para ese tipo concreto de distribución de probabilidad, debería obtenerse una línea recta del tipo identidad. Si el resultado (gráfico cuantil-cuantil o *Q-Q Plot*) no es dicha línea recta, la distribución de la muestra no se corresponde con la tomada como referencia.

Si la recta no pasa por el origen, la muestra tiene su media desplazada frente a la de referencia. Si la pendiente no es unitaria significa que existe un factor de escala entre ambas distribuciones.

Para la generación de la cuantil cuantil se ha calculado la distancia de Mahalanobis de cada observación al centro de gravedad de la muestra. Si los datos de trabajo proceden de una distribución normal multivariada, las distancias de Mahalanobis de sus observaciones centradas sigue una χ^2 cuyo grado de libertad es igual al número de variables de la muestra.

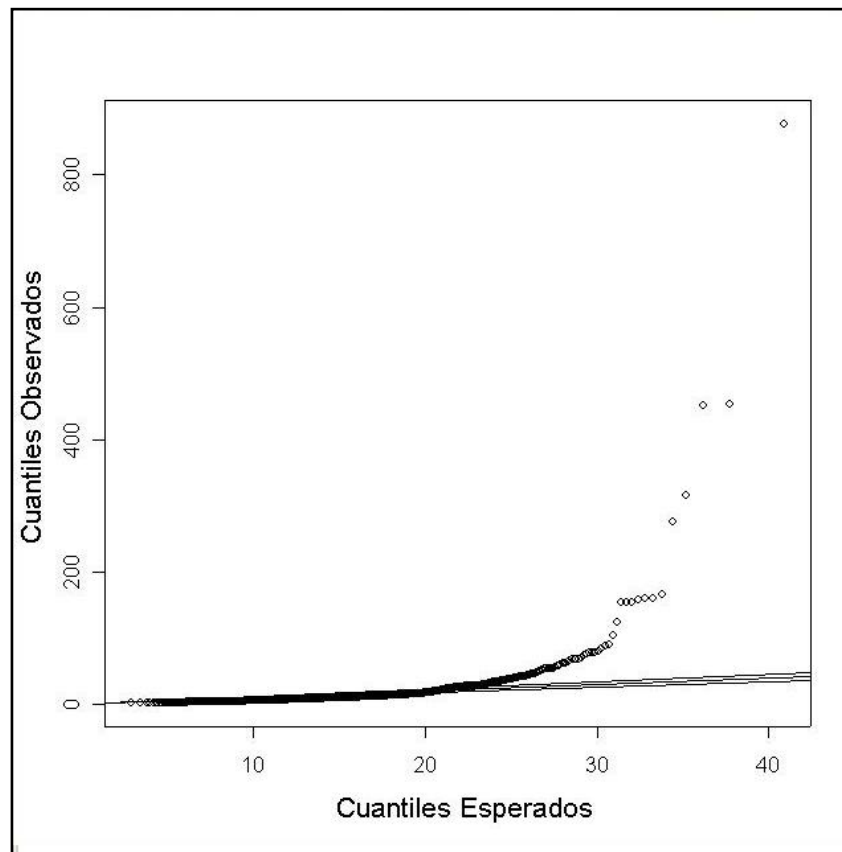


Gráfico Cuantil Cuantil para la primera componente principal.

Comparando los cuantiles correspondientes a la distribución χ^2 esperada y los obtenidos en el muestreo, se observa que la función de probabilidad acumulada de las distancias observadas al cuadrado respecto a los valores esperados resulta monótona creciente pero su pendiente no se ajusta a la recta esperada, (ni siquiera permanece en la banda del 15% de tolerancia) con lo que se rechaza la hipótesis de normalidad multivariante anteriormente aceptada.

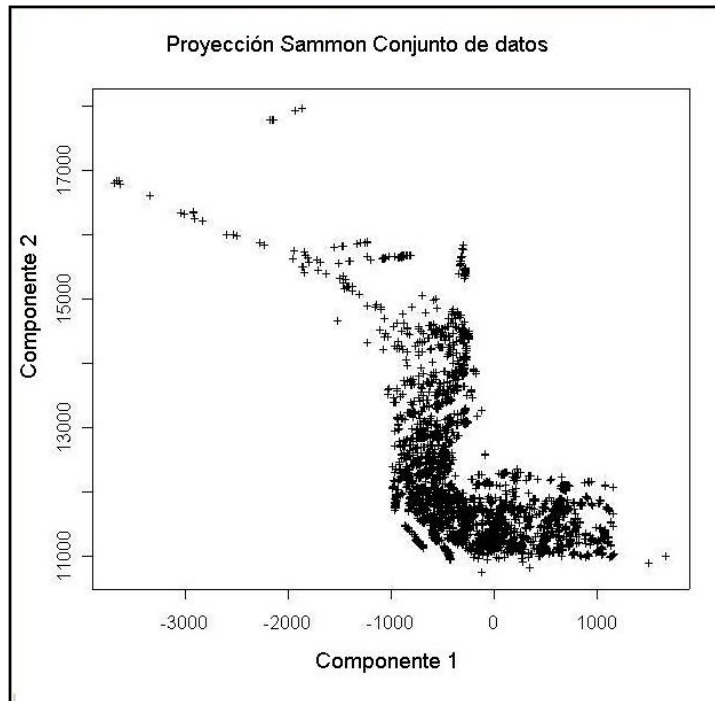
Las pruebas realizadas sobre la muestra indican la no normalidad de la misma. No son, por tanto, aplicables, aquellas herramientas estadísticas que supongan normalidad de la distribución multivariante.

3.3.2. Proyección de las muestras

Existen distintos algoritmos matemáticos que permiten examinar, de forma visual, la disposición espacial de los N puntos correspondientes a espacios vectoriales de dimensión n , ($n > 2$), a través de su proyección sobre un espacio vectorial de dimensión 2. De estos algoritmos se muestran como más útiles aquellos que intentan conservar las distancias entre los distintos puntos a la hora de proyectar, de forma que la distancia entre dos puntos cualesquiera pueda ser medible, si así se desea, directamente sobre su proyección. Entre estos algoritmos destaca el método de Sammon que será utilizado en este estudio.

La capacidad de ver sobre un plano la posición de cada punto permite distinguir visualmente las distintas clases de comportamiento que pudieran presentarse, por aparecer agrupados puntos similares en la proyección, así como también desestimar (o estudiar separadamente) muestras demasiado alejadas de cualquier grupo reconocible. Las diferentes clases estarán formadas por aquellas observaciones que presenten un comportamiento uniforme entre sí y distinto al de otros grupos existentes.

La aplicación directa del algoritmo sobre los datos de proceso disponible tiene como resultado la representación gráfica de la figura mostrada a continuación:.



Proyección Sammon del espacio multidimensional de trabajo.

En ella puede observarse que las proyecciones en el espacio bidimensional de algunos de los datos registrados quedan muy alejadas de las zonas de comportamiento general, lo que a priori sugiere que podrían tratarse de datos erróneos y merecen un estudio aparte.

En este punto hay que enfrentarse a una dificultad añadida e inherente al propio algoritmo: realizar dos veces el algoritmo Sammon sobre un mismo conjunto de datos dará lugar a dos representaciones gráficas distintas. En realidad se tratará de la misma figura girada en el plano un ángulo variable.

No obstante pese a la realización de diversos ensayos que permiten un mejor ajuste dados los diferentes puntos de inicialización, no se observa gran cantidad de datos espureos eliminables mediante esta técnica, excepto aquellos resaltados en la figura dado su pequeño se decide perseguir el resto de etapas de tratamiento con el total de datos, si bien prestando especial atención a los citados.

3.3.2 Clasificación de las muestras.

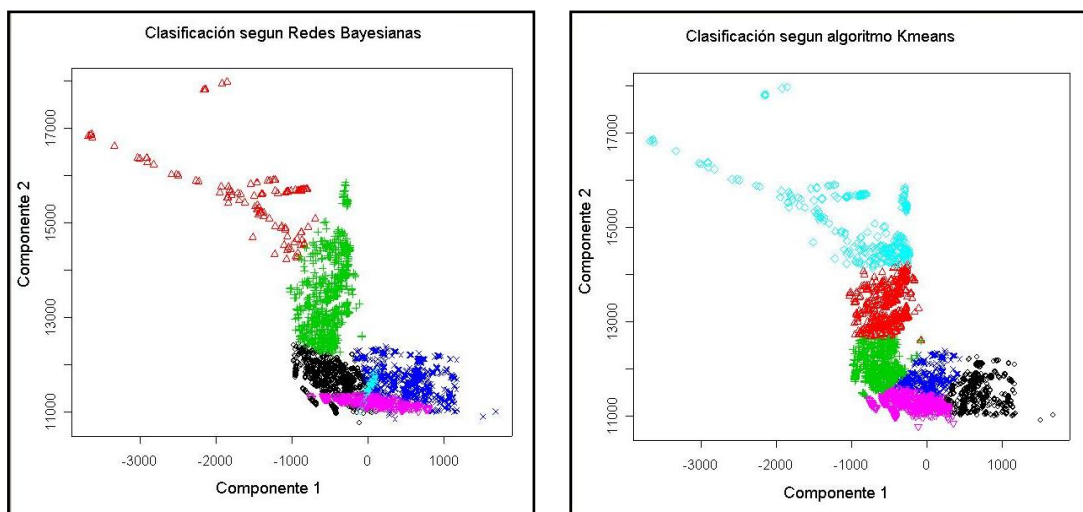
3.3.2.1 Clusterización de la muestra

La clasificación de las observaciones en *clusters*, o clases, permite separar aquellas observaciones que muestran una naturaleza diferenciada entre sí de tal forma que cada clase presente máxima homogeneidad interna y máxima heterogeneidad externa respecto al resto de las clases.

La clasificación se basa únicamente en la estructura de las observaciones y de su “proximidad” relativa. Debe distinguirse la *clasificación* del agrupamiento previo que, en base a un conocimiento del conjunto de datos de estudio, como en este caso la suposición de la existencia de distintas clases de comportamiento atendiendo al nivel de implantación de gestión empresarial, pueda realizarse de antemano.

Las principales herramientas de clasificación no supervisadas se basan en algoritmos basados en técnicas estadísticas o se aprovechan de la capacidad de las redes neuronales de clasificación. En el presente trabajo se ha empleado un algoritmo basado en redes Bayesianas y otro basado en técnicas estadísticas de reubicación iterativa (algoritmo kmeans). Evidentemente la clasificación realizada mediante estas técnicas no puede ser visualizado de forma directa debido a la alta multidimensionalidad; por ello y con el fin de presentar información más intuitiva los resultados de las clases sobre la representación bidimensional del Sammon.

Tal como se describió en el capítulo destinado a material y métodos los métodos empleados para el tratamiento de datos multidimensionales con número de clases desconocida la siguientes figuras muestran los resultados de aplicación de ambas técnicas para $K=6$, considerado como el número óptimo tras realizar proyecciones entre 4 y 12 clases. En ellas se observa una clara identificación de las clases especialmente en las zonas superior y vertical si bien se producen mayores interacciones en la zona inferior. Concretamente en esta zona el algoritmo de K-medias distingue de forma clara 3 clases de similar tamaño, mientras que las redes bayesianas introducen clases más desiguales y solapadas.



Clasificación del conjunto de datos basadas en redes Bayesianas y k-medias(Proyección Sammon).

Por ello, dada la mayor homogeneidad de las clases así como el menor grado de solapamiento, se considera la proyección de k-medias como óptima para realizar la clasificación perseguida. La aplicación de este algoritmo y su validación permite separar los datos de partida en familias más homogéneas lo que facilita en gran medida el proceso de depuración de espúreos y lo dota de una mayor fiabilidad.

3.3.3 Detección y limpieza de espúreos

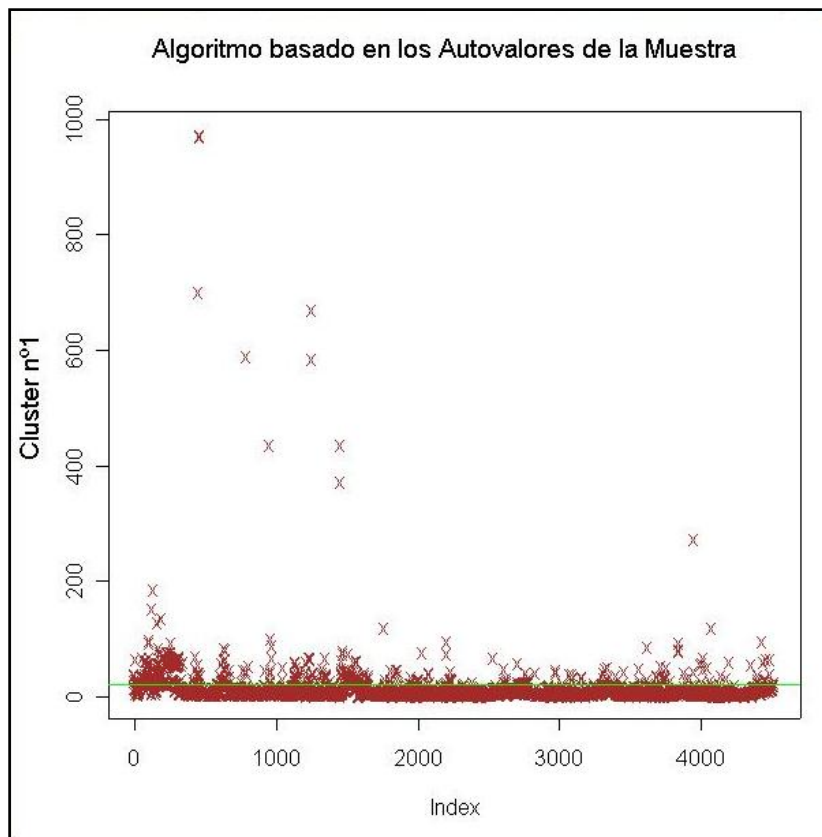
Como ya se ha comentado en el capítulo destinado a material y métodos los espúreos o “*outliers*” son aquellas muestras cuya disposición espacial resulta sensiblemente extraña frente al comportamiento general de la muestra.

Dichos datos anómalos deben ser detectados y eliminados, en la medida de lo posible, con objeto de ajustar la respuesta del modelo final a las condiciones reales de la dinámica empresarial registrada en la encuesta. Resulta de vital importancia realizar este proceso de limpieza tras la adecuada clasificación de la muestra con objeto de no eliminar innecesariamente información del proceso.

La comprobación de los valores de normalidad realizada en el apartado anterior restringe en gran medida las técnicas aplicables. No obstante, los autores Tabachnick y Fidell [(983) y Tatsuoka (1985) indican que en casos prácticos la

hipótesis de normalidad no es estrictamente necesaria, sobre todo cuando se pretende emplear los datos para el entrenamiento de algoritmos de aprendizaje supervisado no paramétrico como es el caso del los splines regresivos multiadaptativos.

En el presente trabajo se han empleado dos algoritmos de detección de espúreos de manera independiente, contrastando los resultados obtenidos. El resultado de aplicar el algoritmo de eliminación basado en los autovalores de la muestra resultó ser poco sensible y eliminar datos que a priori podían considerarse no sólo válidos sino también descriptores de la evolución del la probabilidad de sufrir accidentes laborales en función de la gestión empresarial implementado. Por tanto los resultados obtenidos por dicho algoritmo fueron descartados en primera instancia. Para el mismo grupo de datos empleado en los ejemplos puede verse una representación gráfica de los resultados en la siguiente figura:

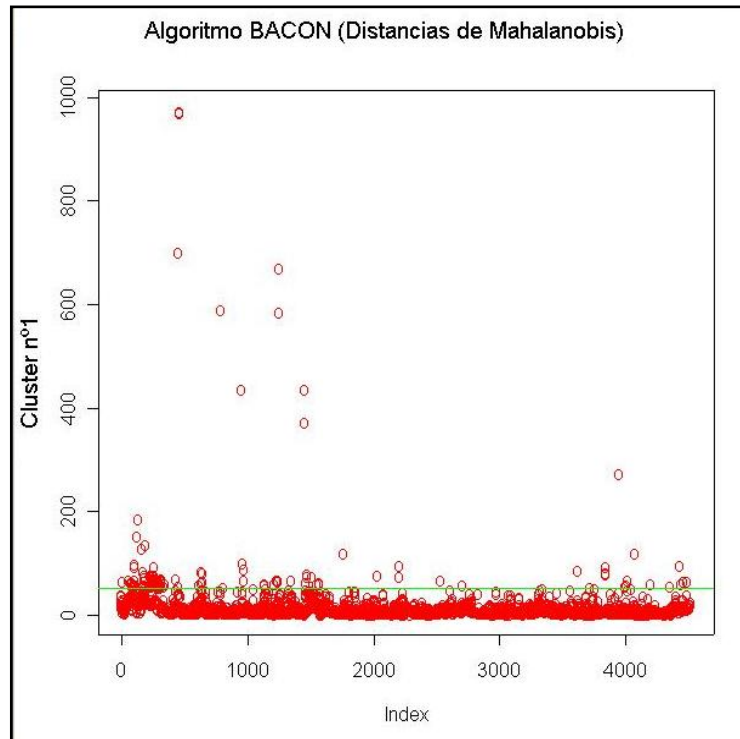


Ejemplo de salida gráfica del Algoritmo basado en los Autovalores de la Muestra.

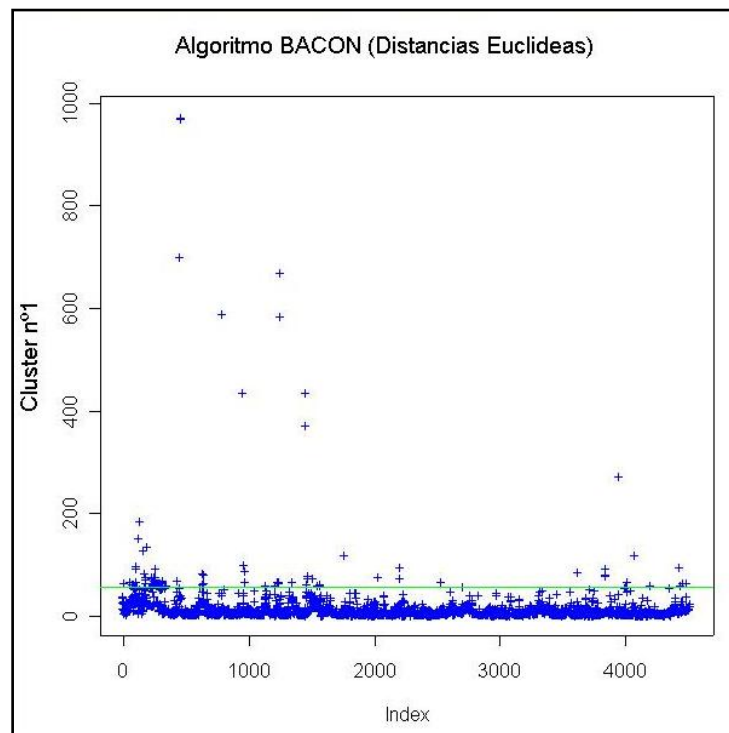
El segundo algoritmo aplicado, el más robusto de los dos puesto que no precisa de la condición de normalidad, es una mejora del algoritmo propuesto por Hadi[] llevada a cabo por el propio Ali S. Hadi[] en colaboración con Nedret Billor y Paul F. Velleman; este algoritmo es conocido con el nombre de BACON (Blocked Adaptive Compttionally eficiente Outier Nominators).

Existen dos versiones del algoritmo, una de ellas basa su funcionamiento en las distancias de Mahalanobis y la otra en las distancias Euclídeas, del entorno de datos multivariante. La eficiencia de ambas versiones es similar y muy superior a los métodos clásicos, entre ellos el aplicado al conjunto de datos basado en los autovalores de la muestra

Una representación grafica de los resultados obtenidos puede apreciarse en las siguientes figuras donde la diferencia entre dichos resultados es escasa. Un estudio detenido de los datos identificados como espúreos manifestó que se trataban de situaciones muy alejadas del régimen normal de funcionamiento para el régimen de trabajo al que pertenecían pero no tanto para otras situaciones reales de funcionamiento. Dichos datos se eliminaron de la muestra y almacenaron para una posterior validación del modelo.



.Ejemplo de salida gráfica del Algoritmo BACON (Dist de Mahalanobis).



Ejemplo de salida gráfica del Algoritmo BACON (Dist Euclideas).

Llegados a este punto se dispone de una selección de variables que describen con razonable certeza el entorno de trabajo, así mismo se han eliminado aquellos datos

que parecían ajenos a un adecuado funcionamiento. El siguiente paso consiste pues en la determinación de un modelo inteligente que se ajuste a las necesidades de la muestra disponible y que sea capaz de predecir el número de enfermedades laborales que una empresa puede sufrir en función de determinados parámetros que caractericen su modelo de gestión.

3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Dado que lo que se pretende es desarrollar un algoritmo predictivo capaz de estimar, en función de las variables previamente clasificadas como relevantes, la cantidad de enfermedades laborales que sufrirá una empresa.

Para llevar a cabo ambas tareas se ha empleado un algoritmo basado en splines multiregresivos adaptativos cuya tecnología es bien conocida y se describe en el apartado referente a técnicas empleadas.

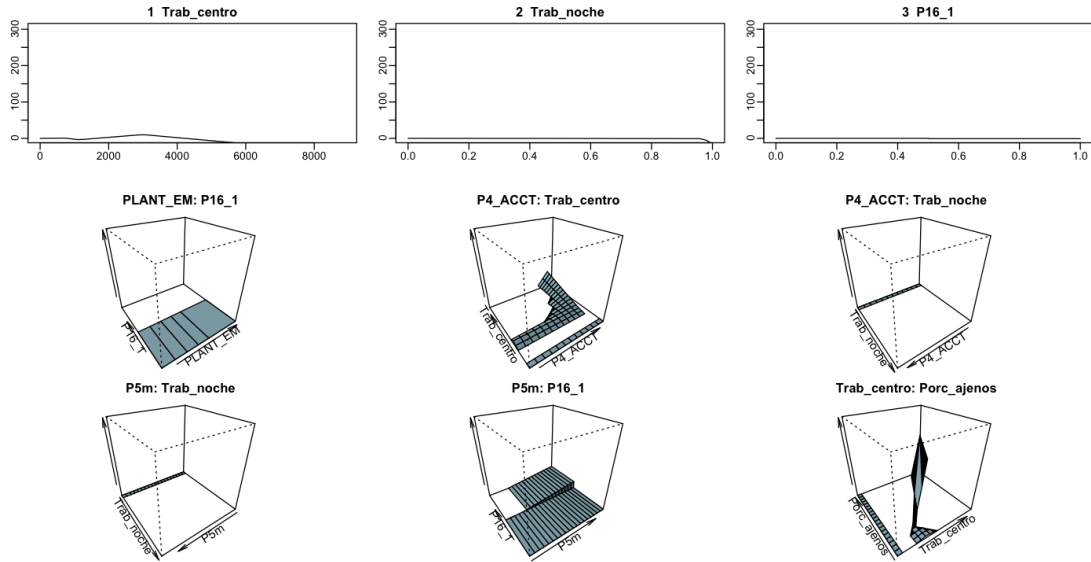
3.4.1 Descripción del modelo

Para realizar la modelización se partió de las 40 variables identificadas por el algoritmo como más relevantes a la hora de describir las enfermedades laborales en función de los procesos de gestión interna de las empresas evaluadas. Nuevamente se aplicó el algoritmo indicándole que evaluase la interacción de hasta dos variables (grado 2) y que aplicase técnicas de validación cruzada cogiendo hasta 100 muestras aleatorias de 4000 registros cada una de ellas.

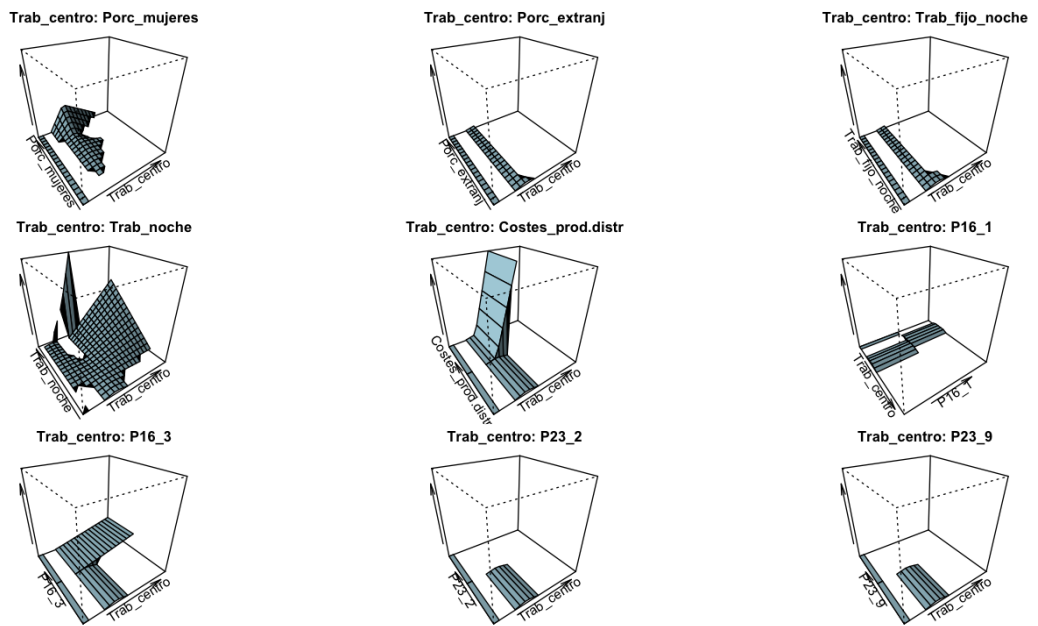
Las ecuaciones de primer y segundo orden que constituyen el modelo pueden ser observadas desde un punto de vista gráfico a través de las figuras que se muestran a continuación. En las citadas figuras es posible ver, para el caso de los términos de primer orden como evoluciona la variable de salida (Enfermedades) en función de variaciones de la variable descriptora. Los términos descriptores que forman parte del modelo con aportaciones independientes (términos de primer orden) son los correspondientes a las variables Trab_centro, Trab_noche, y P16_1. Por su parte los términos de segundo orden hacen referencia a como responde la variable de salida ante distintas combinaciones de dos variables de entrada y se representan

como un plano 3D donde el eje Z hace referencia a la variable de salida (Enfermedades) y los ejes X e Y son las dos variables descriptoras

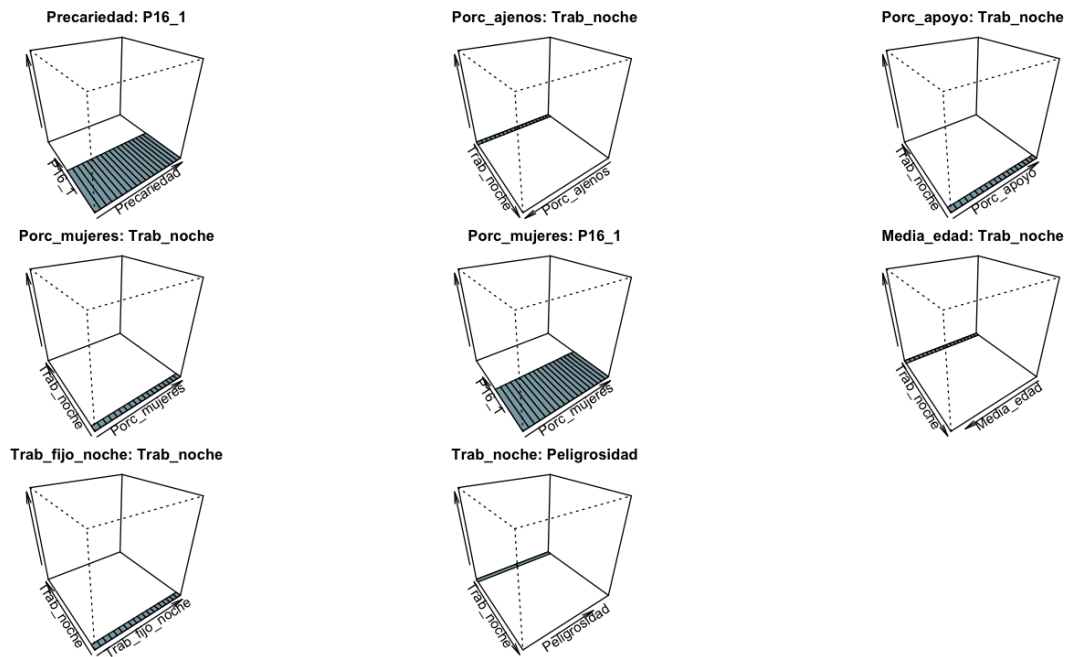
Interacción Entre Conjuntos de Variables (Algoritmo MARS)-(I)



Interacción Entre Conjuntos de Variables (Algoritmo MARS)-(II)

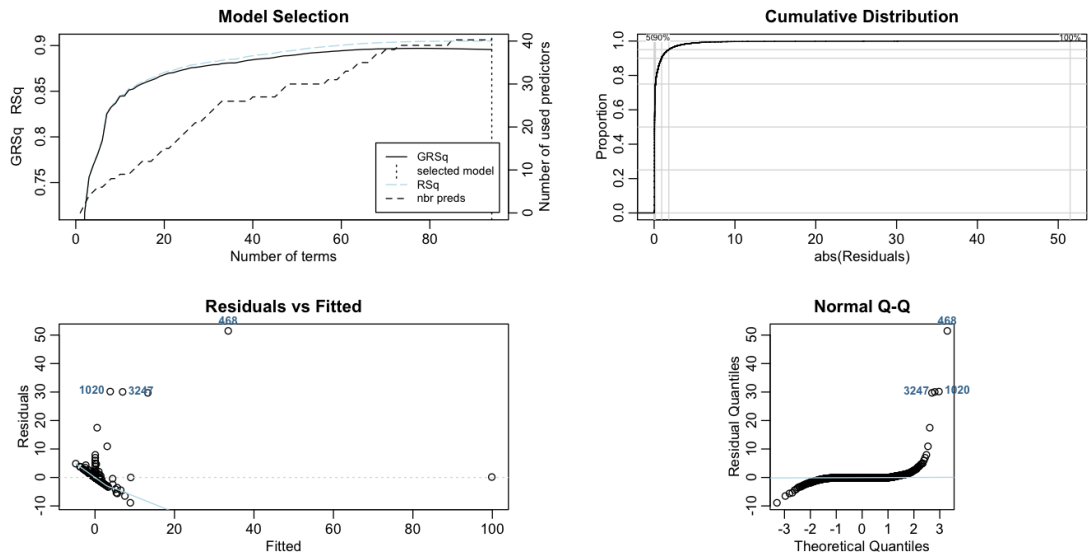


Interacción Entre Conjuntos de Variables (Algoritmo MARS)-(III)



La siguiente figura muestra en su panel superior izquierdo representa como evoluciona la R2 del modelo (RSq), que alcanza valores del 0.9, a medida que se van incorporando variables predictoras en la construcción del modelo. En el panel superior derecho puede observarse una distribución acumulada de cómo evoluciona proporcionalmente el valor absoluto de los residuos. Por su parte el panel inferior izquierdo muestra los errores cometidos a la hora de predecir, o lo que es lo mismo las diferencias entre los valores reales y los predichos (residuos). Finalmente el panel inferior derecho representa una curva convencional quantil-quantil de los residuos reales frente a los teóricos.

Información Relevante del Modelo



Finalmente la ecuación predictor se representa en la tabla que se incluye a continuación, donde el termino intercept hacer referencia al término constante de la ecuación, tomando la función “h” el valor de 0 si la ecuación incluida entre paréntesis es menor que cero o el valor resultante de dicha ecuación en caso contrario.

Así, por ejemplo, los primeros términos de la de la ecuación predictora que estima el número de enfermedades en función de las variables seleccionadas sería:

$$\text{Enfermedades} = 20,2807 - 0,00740 * (\text{Trab_centro} - 3000) - 0,00699 * h(3000 - \text{Trab_centro}) + \dots$$

En el caso del ejemplo arriba indicado en función de que el número de trabajadores en el centro sea mayor o menor de 3000 la ecuación tomará un valor u otro.

| Enfermedades | Coefficientes |
|---------------------|---------------|
| (Intercept) | 20,28075688 |
| h(Trab_centro-3000) | -0,007405694 |

| | |
|---|--------------|
| h(3000-Trab_centro) | -0,006995268 |
| h(Trab_centro-3000)*P16_3 | 0,016590975 |
| h(Trab_centro-3000)*h(Trab_fijo_noche-0,147783) | -93,53490004 |
| h(Trab_centro-3000)*h(0,147783-Trab_fijo_noche) | 0,023939919 |
| h(Trab_centro-3000)*Costes_prod,distr | 0,139948896 |
| h(Trab_centro-3000)*h(Porc_ajenos-0,160714) | 3,915259012 |
| h(Trab_centro-3000)*h(0,160714-Porc_ajenos) | 0,004628645 |
| h(Trab_noche-0,971223) | -2151,701054 |
| h(0,971223-Trab_noche) | 102,7255699 |
| h(3000-Trab_centro)*h(Trab_noche-0,971223) | 0,30419007 |
| h(3000-Trab_centro)*h(0,971223-Trab_noche) | -0,060673807 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P13_9 | -133,1936666 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Peligrosidad | 475,1806768 |
| h(Porc_mujeres-0,8)*h(Trab_noche-0,971223) | 14439,09078 |
| h(Media_edad-39,5)*h(Trab_noche-0,971223) | -25,19107231 |
| h(39,5-Media_edad)*h(Trab_noche-0,971223) | 3,286297711 |
| h(P5m-135)*h(Trab_noche-0,971223) | -1,356328065 |
| h(135-P5m)*h(Trab_noche-0,971223) | 0,809516118 |
| h(Trab_noche-0,971223)*I,D,I | -2004,791801 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P15_5 | -3447,59021 |
| h(Porc_ajenos-0,5)*h(Trab_noche-0,971223) | -7448,151719 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P23_9 | -423,9923746 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Motiv3 | 377,9099095 |

| | |
|--|--------------|
| h(Trab_centro-1285) | -0,016421417 |
| h(Trab_centro-1195)*h(0,971223-Trab_noche) | -0,029071926 |
| h(1195-Trab_centro)*h(0,971223-Trab_noche) | 0,066991725 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P16_7 | 180,3437695 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Motiv5 | -167,996274 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Calidad | 343,2740756 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P13_6 | 15,36642508 |
| Porc_apoyo*h(Trab_noche-0,971223) | 1957,88723 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P13_1 | 160,3242479 |
| h(Trab_fijo_noche-0,111111)*h(Trab_noche-0,971223) | 732,1532014 |
| h(Trab_noche-0,971223)*h(P14-1) | 229,9973139 |
| h(Trab_noche-0,971223)*h(1-P14) | 555,5642067 |
| h(P4_ACCT-12)*h(Trab_centro-1285) | -0,089992316 |
| h(12-P4_ACCT)*h(Trab_centro-1285) | 0,000326666 |
| h(Trab_noche-0,971223)*h(P13_3-1) | 382,5270732 |
| h(Trab_noche-0,971223)*h(1-P13_3) | 746,9831708 |
| h(P4_ACCT-9)*h(Trab_noche-0,971223) | -21,72943722 |
| h(9-P4_ACCT)*h(Trab_noche-0,971223) | 26,97014397 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P23_1 | -527,7381363 |
| h(Trab_noche-0,971223)*P16_2 | 705,2499598 |
| P16_1 | 8,264960754 |
| h(3000-Trab_centro)*P16_1 | -0,003861655 |
| h(Trab_centro-1285)*P16_1 | -0,024192095 |

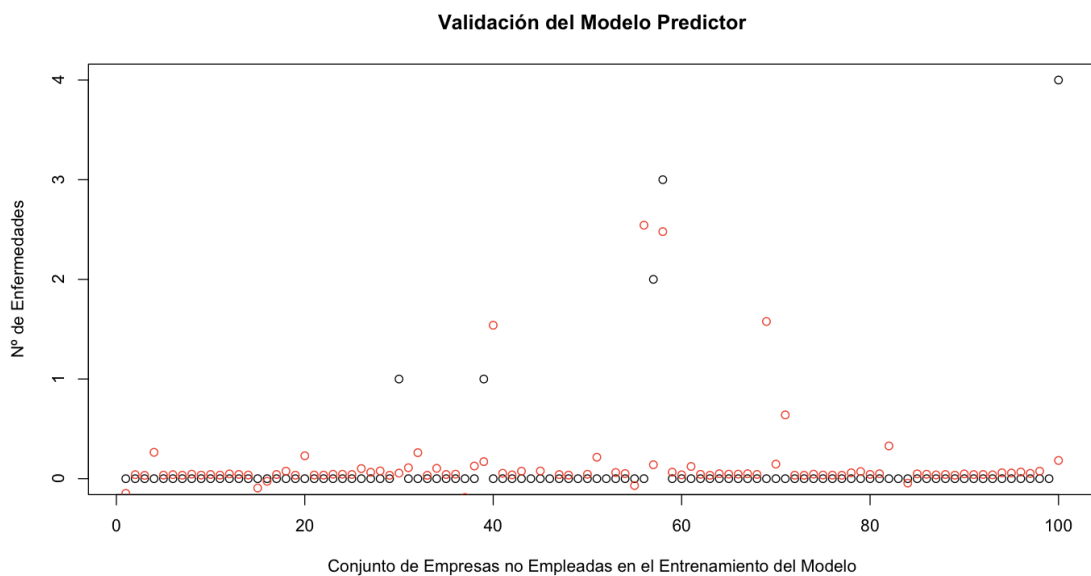
| | |
|---|--------------|
| h(Trab_centro-1285)*h(Porc_mujeres-0,745455) | 0,155067082 |
| h(Trab_centro-1285)*h(0,745455-Porc_mujeres) | -0,023375708 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Motiv7 | -100,2985368 |
| h(Trab_centro-750)*h(0,971223-Trab_noche) | -0,013655973 |
| h(Trab_centro-1236)*h(Trab_noche-0,971223) | 3,525617415 |
| h(Porc_mujeres-0,428571)*h(Trab_noche-0,971223) | -957,6646777 |
| h(Trab_centro-3000)*h(Porc_mujeres-0,566667) | -0,130622852 |
| h(Trab_centro-3000)*h(0,566667-Porc_mujeres) | 0,01513309 |
| h(Trab_centro-3000)*h(Porc_extranj-0,0526316) | 226,7414269 |
| h(Trab_centro-3000)*h(0,0526316-Porc_extranj) | 0,250180417 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Productividad | -128,565109 |
| h(Trab_centro-1285)*P23_2 | -0,006505108 |
| h(P4_ACCT-1)*h(Trab_centro-3000) | 0,005241303 |
| h(Trab_noche-0,971223)*Motiv8 | 115,0170818 |
| h(Trab_centro-1285)*h(Porc_ajenos-0,291667) | -0,003659664 |
| h(Trab_centro-1285)*h(0,291667-Porc_ajenos) | 0,025334157 |
| h(Trab_centro-1285)*P23_9 | -0,01374191 |
| h(Trab_noche-0,462963) | -0,680820526 |
| I,D,I*P16_1 | 1,102287388 |
| h(P13_5-1)*P16_1 | 1,812239966 |
| h(1-P13_5)*P16_1 | 0,644238941 |
| h(P13_1-1)*P16_1 | -0,784250972 |
| h(1-P13_1)*P16_1 | 0,379971746 |

| | |
|--------------------------------|--------------|
| P16_1*Motiv1 | -1,062988148 |
| h(Trab_noche-0,456825)*P16_1 | 2,793674722 |
| h(0,456825-Trab_noche)*P16_1 | 2,012978992 |
| h(Trab_noche-0,851852)*P16_1 | -222,5987313 |
| h(Trab_noche-0,782609)*P16_1 | 127,5280207 |
| h(Trab_centro-500)*P16_1 | 0,011739751 |
| h(500-Trab_centro)*P16_1 | 0,003941066 |
| Medio_amb*P16_1 | 1,317740791 |
| h(Precariedad-0,25493)*P16_1 | -1,80242012 |
| h(0,25493-Precariedad)*P16_1 | -3,722972957 |
| h(P5m-480)*P16_1 | -0,018616147 |
| h(480-P5m)*P16_1 | 0,000517955 |
| h(P5m-1200)*P16_1 | 0,011352748 |
| P16_1*P23_4 | 0,913046234 |
| h(Porc_mujeres-0,897436)*P16_1 | -11,64049383 |
| h(0,897436-Porc_mujeres)*P16_1 | -1,738279965 |
| h(PLANT_EM-5)*P16_1 | -2,457900489 |
| h(5-PLANT_EM)*P16_1 | 0,194676204 |
| P16_1*P16_3 | 0,743535136 |
| OHSAS*P16_1 | 0,675824663 |
| h(P5m-336)*P16_1 | 0,011453734 |
| h(P13_10-1)*P16_1 | 0,143593482 |
| h(1-P13_10)*P16_1 | 0,780274856 |

Conjunto de términos que forma la ecuación predictora.

El grafico que se incluye a continuación muestra por un lado los valores reales tomados por la variable de salida Enfermedades representados como círculos negros y por otro los valores estimados por el modelo construido a partir de las variables seleccionadas. Para la obtención de estos resultados se empleó un conjunto de cien datos no usado en el entrenamiento del modelo.

Como puede verse en la figura, la capacidad predictiva del modelo es elevada lo que ya cabía esperarse debido al elevado R2 del mismo.



3.5. Desarrollo de las simulaciones

3.5.1.1. Requisitos Hardware

El pretratamiento de los datos según son recibidos de la línea se ha realizado en un servidor multiprocesador basado en microprocesadores Intel Xeon E5-1660® a 3.30GHz, con un disco duro de 4 Tb, y 94 Gb de memoria, funcionando bajo entorno Linux Ubuntu Server 12.04.01LTS de 64 bits..

El mencionado servidor fue también empleado para la aplicación de los algoritmos de selección de variables, como la generación de patrones para el entrenamiento de los algoritmos de splines y el entrenamiento en sí mismo, así como para la ejecución de las simulaciones.

3.5.1.2. Requisitos Software

Para los algoritmos de proyección y depuración de datos y el entrenamiento del modelo se ha utilizado la herramienta de dominio público R (<http://www.r-project.org>) compilado para sistemas Linux.

4 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Los resultados del presente estudio confirman que la estimación del número de accidentes laborales en una empresa es modelable mediante técnicas basadas en datos y, por lo tanto, resulta factible realizar una predicción del riesgo de padecer un accidente si se dispone de cierta información crítica de la citada empresa..
- Las variables seleccionadas son capaces de representar el número de enfermedades a sufrir por una empresa mediante el uso de algoritmos basados en Splines MultiRegresivos Adaptativos lo que podrá ser usado por los directivos de las empresas como una herramienta más de prevención de riesgos laborales así como de mejora continua.
- Se prueba la extraordinaria influencia de algunas variables no consideradas básicas hasta el momento, especialmente el número de trabajadores por turno y la existencia o no de turnos de trabajo nocturnos e la empresa.
- El modelo MARS predice la probabilidad de que una empresa desarrolle una enfermedad laboral así como el número de las misas con un porcentaje de aciertos superior al 90% para una tolerancia del 5%. con márgenes de error de 2 enfermedades.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [And88] Anderson A., Rosenfeld, E., (1988) Neurocomputing: Foundations of Research. MIT Press, Cambridge, MA.
- [Ank96] Ankerst M., Keim D.A., Kriegel H-P.: ‘Circle segments’: A Technique for Visually Exploring Large Multidimensional Data Sets. Proceedings Visualization ’96, Hot Topic Session, S. Francisco 1996
- [Ank01] Ankerst M.: Visual Data Mining with Pixel-Oriented Visualization Techniques. Proceedings of ACM SIGKDD Workshop on Visual Data Mining; S. Francisco 2001
- [Bra92] Braun H., Riewdmiller M., (1992) “Rprop: a fast adaptative learning algorithm”, En Proc. of the Inst. Symposium on Computer and Information Science VII.
- [Bas01] Basalaj W.: Proximity Visualization of Abstract Data. PhD Tesis Trinity College Cambrigde,2001
- [Bat79] Batchelor B.G.: Classification and Data Analysis in Vector Space, Pattern Recognition, cap. 2. Plenum Press, Londres,1979
- [Ber81] Bertin J.: Graphics and Graphic Information Processing, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1981
- [Coo71] Cooley, W.W., Lohnes, P.R., (1971) Multivariate Data Analysis, New York: Wiley.
- [Cas01] Catejón M., Ordieres J., De Cos F.J., Martínez F.J.: Contol de Calidad: Metodología para el Análisis Previo a la Modelización de Datos en Procesos Industriales. Monografías I+D.Universidad de la Rioja , 2001,1998.
- [Che73] Chernoff H.: The Use of Faces to Represent Points in k-Dimensional Space Graphically. Journal of the American Statistical Association. 1973
- [Chm83] Chambers J., Cleveland W., Kleiner B., Tukey P.: Graphical Methods for Data Analysis, Wadsworth 1983.
- [Cua02] Cuadrado A., Díaz I., Diez A., Obeso F. González J.A.: Visual Data Mining and Monitoring in Steel Processes. 2002 IEEE Industry Applications Conference 37th IAS Annual Meeting, Pittsburgh. 13-18 Octubre, 2002.
- [Dud01] Duda Richard O., Hart Peter E., Stork David G.: Pattern Classification. Ed.WILEY-INTERSCIENCE, John Wiley & Sons, Inc.
- [Fay99] Fayyad U.: Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, MIT Press,1999
- [Max79] Maxwell, A. E. (1979) Multivariate Analysis in Behavioural Research. Chapman & Hall. Londres.

- [Nil65] Nilsson, N., (1965) Learning Machines. Mc-Graw-Hill. New York.
- [Rum85] Rumelhart D. E., Zipser D., (1985) "Feature discovery by competitive learning". Cognitive Science 9, 75-112.
- [Fried91] Friedman, J. H. (1991). "Multivariate Adaptive Regression Splines". Annals of Statistics 19 (1): 1-67.