

Cómo predecir los accidentes laborales que se producirán y su coste

## **Modelización de los factores intervinientes en el plan de prevención para minimizar la siniestralidad laboral en la industria siderúrgica española**

Este estudio ha obtenido los siguientes galardones:

- Premio Mutualia 2016, premio a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación en PRL.
- Premio de la Sociedad Castellana de Medicina y Seguridad en el Trabajo 2016, en la categoría de "Trabajos en Salud Laboral y Prevención de Riesgos".
- Finalista en los premios ATLANTE de Foment del Treball Nacional.

Ha sido realizado por el siguiente equipo de investigadores:

- Ricardo Díaz Martín. Catedrático de Ingeniería Química. Universidad a Distancia de Madrid
- Aitor Ibarra Toledo. Responsable de las Unidades Técnicas del Servicio de Prevención Mancomunado del Ayuntamiento de Bilbao.
- Belén Arcones Tejedor. Universidad Camilo Jose Cela
- Carlos Martínez Domínguez. Universidad Camilo Jose Cela
- Francisca Morán Redondo. Universidad Camilo Jose Cela

La innovación tecnológica es imprescindible, tanto para el desarrollo del sector siderúrgico como para la mejora de las condiciones de trabajo, a pesar de que esta entrada de nueva tecnología puede significar reducción de puestos de trabajo. De cualquier manera, la adaptación de los trabajadores a los constantes cambios tecnológicos y organizativos del sector requiere formación e información adecuadas, periódicas y actualizadas. El capital humano es el activo más importante del sector, y resulta insustituible a pesar de la introducción de nuevas tecnologías. Estos cambios continuos han generado trabajadores con perfiles muy característicos, con cierta polivalencia, adaptables a todas las innovaciones.

En todas las empresas, cualquiera que sea su actividad, en el plan de prevención anual se plantean como objetivo lograr CERO accidentes, es decir, encontrar un camino hacia la excelencia en Prevención de Riesgos Laborales, conseguir que la mejora de las condiciones del trabajo y el comportamiento seguro formen parte activa de la cultura preventiva de la empresa.

En la realidad, cada una de las empresas establece un plan de prevención basado en la experiencia del servicio de prevención y/o de la dirección, en las presiones de los diferentes sindicatos o delegados de prevención, en los requerimientos de las instituciones públicas competentes, en lo ya aplicado en otras organizaciones empresariales etc... pero todo ello sin ningún rigor técnico, y por lo tanto, abocados a no garantizar resultados con las medidas propuestas.

El objetivo es contribuir a la reducción de los accidentes de trabajo, mediante el descubrimiento y la identificación de las variables más influyentes en la manifestación de los mismos; para posteriormente reforzar estos aspectos en el plan de prevención, en la revisión por la dirección y/o en la política de la compañía según se tenga establecido.

El análisis estadístico de los accidentes del trabajo es fundamental. Teniendo en cuenta la naturaleza de este estudio, cuyo objeto es el impacto social y económico de la siniestralidad laboral en el sector siderúrgico, se requiere de una información necesaria para su correcto desarrollo.

Para el desarrollo de este estudio, se solicitó información al Ministerio de Empleo y Seguridad Social para obtener las bases de datos anonimizadas de los accidentes de trabajo baja de los años 2003 al año 2012. Esta información proviene del modelo oficial de parte de declaración de accidentes de trabajo sistema "DELTA". Los registros de datos están agrupados según el código CNAE 271/272/273 hasta el año 2008 y 241/242/243 desde 2009 hasta 2012 que son los que representan al sector siderúrgico.

En el estudio realizado se han considerado los siguientes índices:

- **ÍNDICE COSTE BAJA**, establece la relación entre el salario diario del trabajador y el coste promedio laboral de sector siderúrgico.

$$\text{ÍNDICE COSTE BAJA} = \text{ICB} = \frac{\text{SALARIO DIARIO TRABAJADOR}}{\text{COSTE PROMEDIO LABORAL SECTOR}}$$

- **ÍNDICE TEMPORAL BAJA**, establece la relación entre los días que ha causado baja laboral el trabajador y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE TEMPORAL BAJA} = \text{ITB} = \frac{D \text{ (Días de baja)}}{H \text{ (Horas trabajadas en la empresa)}}$$

- **ÍNDICE ANTIGÜEDAD LABORAL**, establece la relación entre la antigüedad del trabajador que ha causado baja laboral en la empresa y las trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE ANTIGÜEDAD LABORAL} = \text{IAL} = \frac{t \text{ (Antigüedad del trabajador)}}{H \text{ (Horas trabajadas en la empresa)}}$$

- **ÍNDICE CONTRACTUAL**, establece la relación entre la duración del contrato laboral (35 años indefinido y 3 años temporal) del trabajador que ha causado baja laboral en la empresa y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE CONTRACTUAL} = \text{IC} = \frac{\theta \text{ (Duración del Contrato)}}{H \text{ (Horas trabajadas en la empresa)}}$$

- **ÍNDICE JORNADA LABORAL**, establece la relación entre la duración de la jornada laboral (8 horas completa, 4 horas media) del trabajador que ha causado baja laboral en la empresa y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE JORNADA LABORAL} = \text{IJL} = \frac{\beta \text{ (Tipo de jornada)}}{H \text{ (Horas trabajadas en la empresa)}}$$

- **ÍNDICE FATIGA LABORAL**, establece la relación entre las horas trabajadas por el trabajador que ha causado baja laboral en la empresa antes del accidente y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE FATIGA LABORAL} = \text{IFL} = \frac{W \text{ (Horas trabajadas antes del accidente)}}{H \text{ (Horas trabajadas en la empresa)}}$$

- **ÍNDICE EDAD**, establece la relación entre la edad del trabajador que ha causado baja laboral en la empresa y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE EDAD} = \text{IE} = \frac{T (\text{Edad del trabajador})}{H (\text{Horas trabajadas en la empresa})}$$

- **ÍNDICE HORARIO**, establece la relación entre la hora en la que se ha producido el accidente del trabajador que ha causado baja laboral en la empresa y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

$$\text{ÍNDICE HORARIO} = \text{IH} = \frac{HO (\text{Hora del accidente})}{H (\text{Horas trabajadas en la empresa})}$$

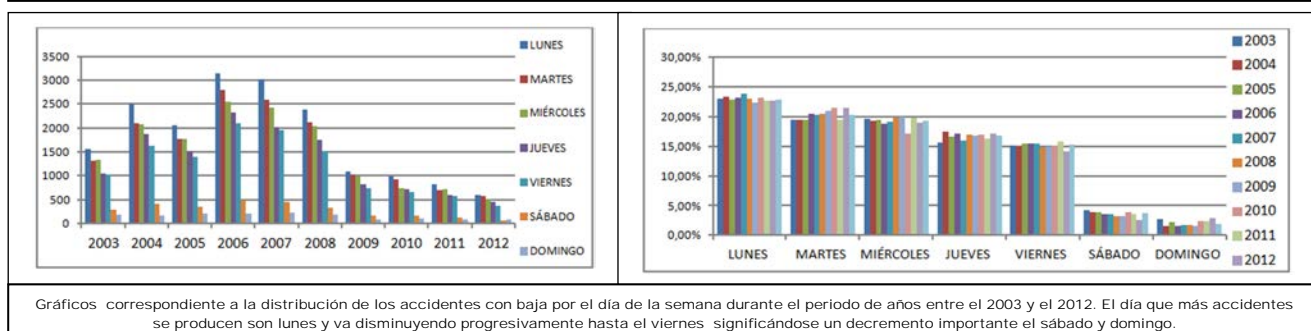
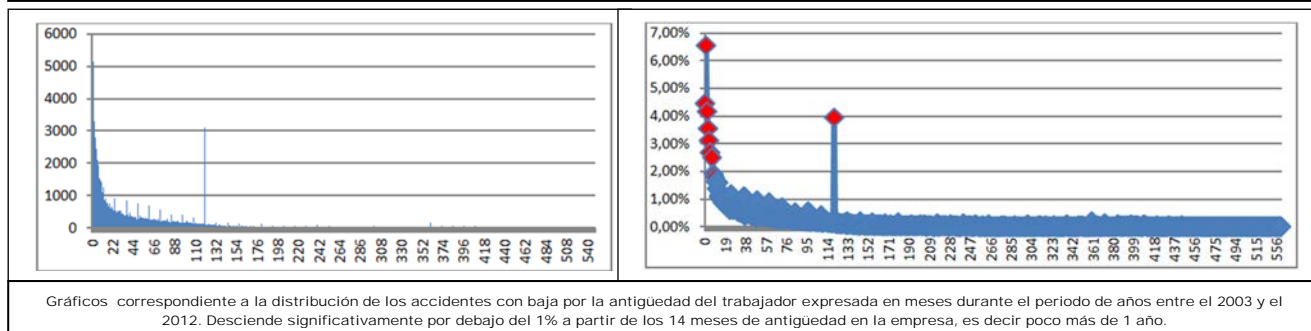
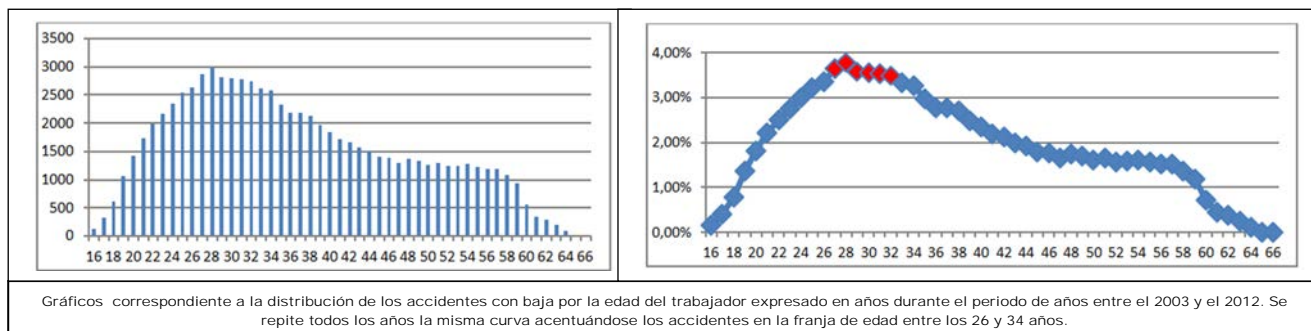
- **ÍNDICE SEMANAL**, establece la relación entre el día de la semana en la que se ha producido el accidente del trabajador que ha causado baja laboral en la empresa y las horas trabajadas en la empresa (tiempo de exposición).

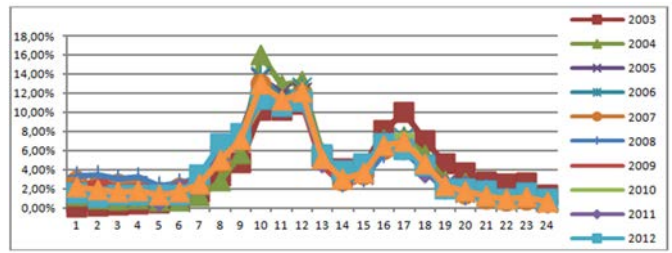
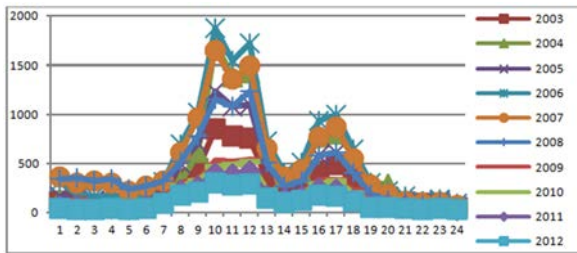
$$\text{ÍNDICE SEMANAL} = \text{IS} = \frac{S (\text{Día de la semana en que se produce})}{H (\text{Horas trabajadas en la empresa})}$$

- **ÍNDICE RECUPERACIÓN BAJA**, establece la relación entre los días que ha causado baja laboral el trabajador y la edad del trabajador.

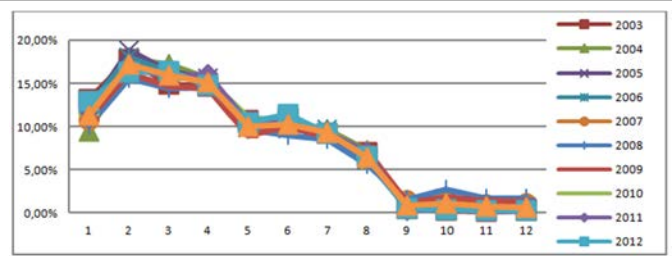
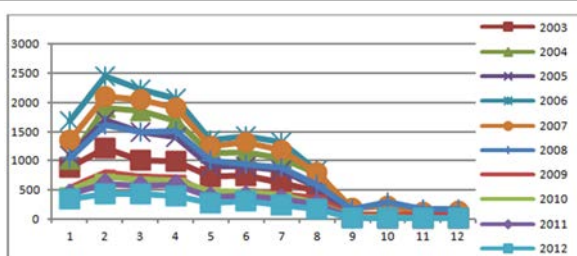
$$\text{ÍNDICE RECUPERACIÓN BAJA} = \text{IRB} = \frac{D (\text{Días de baja})}{T (\text{Edad del trabajador})}$$

Con los datos obtenidos en las tablas anonimizadas proporcionadas por el Ministerio se han podido calcular las relaciones de los accidentes acaecidos en cada uno de los años desde el 2003 al 2012 y en su conjunto distribuidos según el siguiente concepto en el que ocurrió cada uno de los sucesos

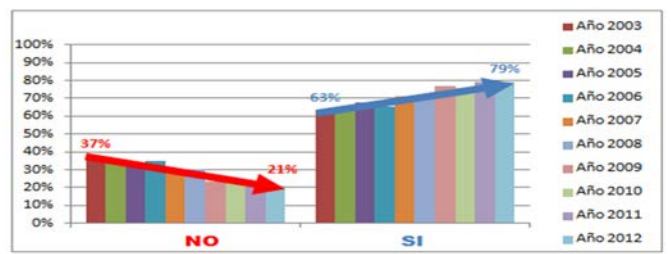
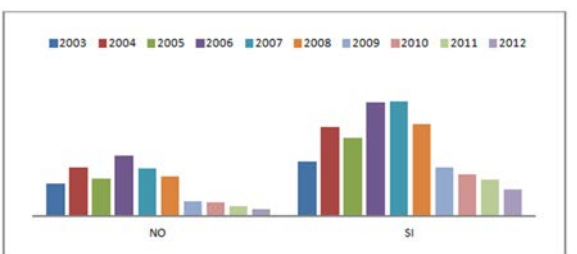




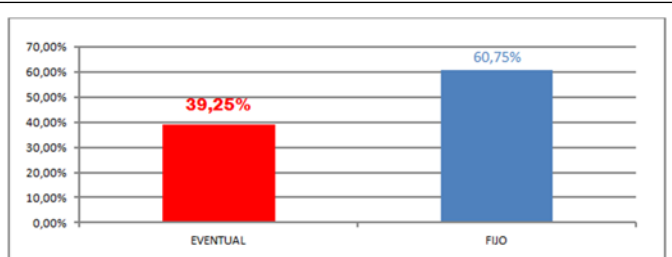
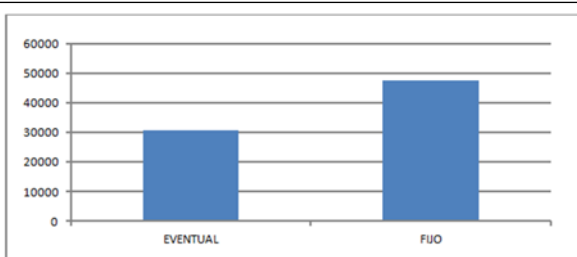
Gráficos correspondiente a la distribución de los accidentes con baja por la hora del día durante el periodo de años entre el 2003 y el 2012. Las horas del día que más accidentes se producen son entre las 10 y las 12 horas de la mañana y las 17 horas de la tarde.



Gráficos correspondiente a la distribución de los accidentes con baja por la hora de trabajo durante el periodo entre el 2003 y el 2012. La 2ª, 3ª y 4ª hora son las que más accidentes se producen, más del 50% de los accidentes suceden en esas horas.



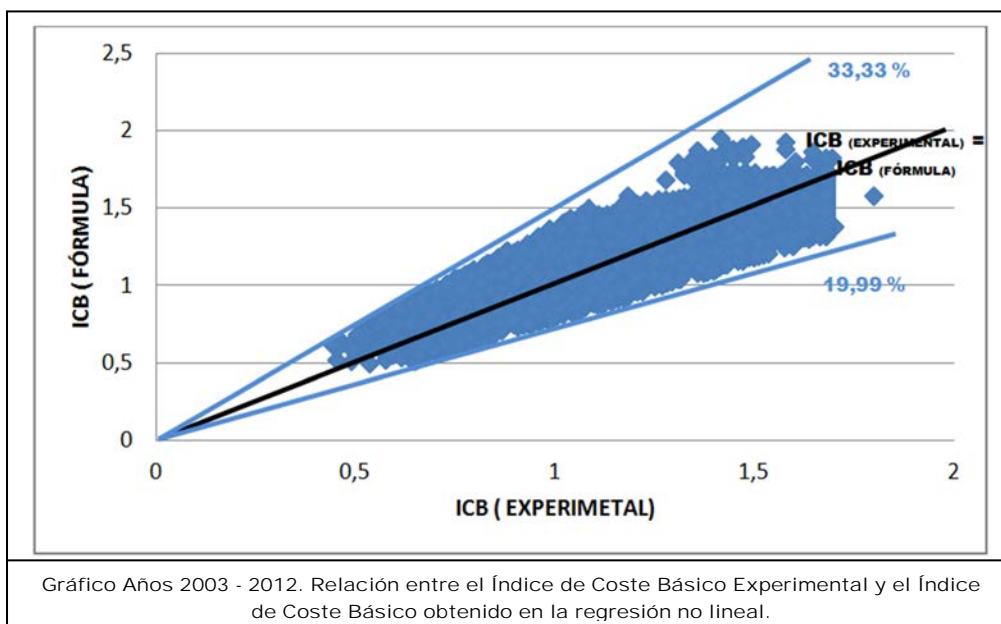
Gráficos correspondiente a la distribución de los accidentes con baja por la evaluación de riesgos realizada durante el periodo entre el año 2003 y 2012. La evaluación de riesgos no estaba realizada en el año 2003 en el 37% ha mejorado hasta el 21% en el 2012 aún así representa que 1 de cada 5 trabajadores no posee evaluación de riesgos.



Gráficos correspondiente a la distribución de los accidentes con baja según el contrato laboral durante el periodo entre el año 2003 y 2012. Los contratos eventuales han ido descendiendo a lo largo de los años, si bien es cierto que su reducción ha coincidido con el inicio de la crisis en el año 2008.

La formulación matemática describe el proceso práctico de cálculo de la modelización de los factores intervinientes en un plan de PRL en la industria siderúrgica. El índice de regresión indica que el modelo se ajusta al 80,86 % de la variabilidad en ICB con diferente número de variables independientes. La salida muestra los resultados de ajustar un modelo regresión no lineal para describir la relación entre ICB y las 9 variables independientes la ecuación final:

$$ICB = 0,0301 * ITB^{-0,079} * IAL^{0,031} * IC^{0,052} * IJL^{-0,351} * IFL^{0,001} * IE^{0,238} * IH^{-0,009} * IS^{0,008} * IRB^{0,082}$$



La siniestralidad según el tipo de contrato, encontramos que los accidentes en personas con **contrato eventual** y/o temporal representa el **39% de los accidentes con baja** cuando en este sector lo que más predomina son los contratos fijos y/o indefinidos.

La franja de edad de los trabajadores que más accidentes sufren ha ido aumentando a través de los años siendo para el año 2003 entre 22 y 28 años, mientras que en el año 2012 se sitúa entre los 33 a 39 años. **En el periodo de los 10 años estudiado se sitúa entre los 26 y 34 años de edad del trabajador.**

Con respecto a la antigüedad del trabajador no queda muy claro si el periodo indicado se refiere a la antigüedad en el puesto de trabajo o en la empresa. Independientemente se demuestra que **la mayor parte de los accidentes suceden en el primer año mayoritariamente.**

El **día de la semana** que más accidentes se producen son los **lunes** con casi el 25% de los mismos y va disminuyendo a medida que avanza la semana.

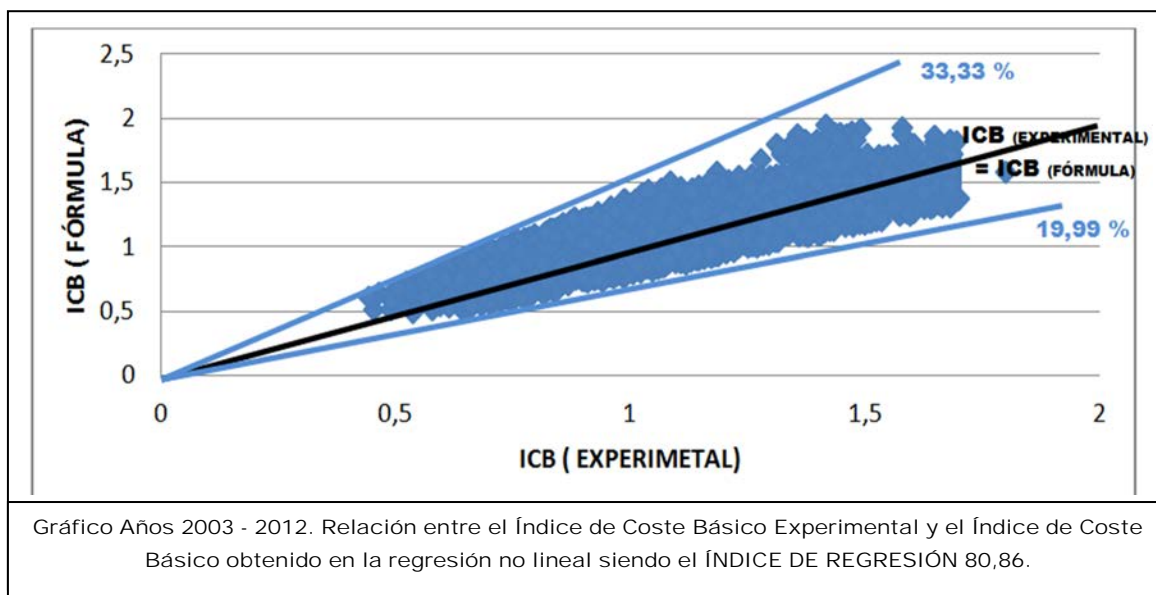
Las **horas del día** que más accidentes se producen son entre las **10 horas y 12 horas de la mañana** y a las 17 horas de la tarde.

En cuanto a las **horas de trabajo** donde más accidentes se producen es en la **segunda hora, seguida de la tercera y cuarta.**

La **evaluación de Riesgos** en el **año 2003** estaba realizada, no indica que sea correcta y completa, en el 67% de los accidentes; es decir en **1 de cada 3 accidentes no estaba realizada**. Sin embargo, en el **año 2012** el porcentaje baja al 20%, **1 de cada 5 trabajadores no disponía de evaluación de riesgos.**

La ecuación resultante para los años 2003- 2012 es:

$$ICB = 0,03 * ITB^{-0,079} * IAL^{0,031} * IC^{0,052} * IJL^{-0,351} * IFL^{0,0009} * IE^{0,237} * IH^{-0,009} * IS^{0,0081} * IRB^{0,081}$$

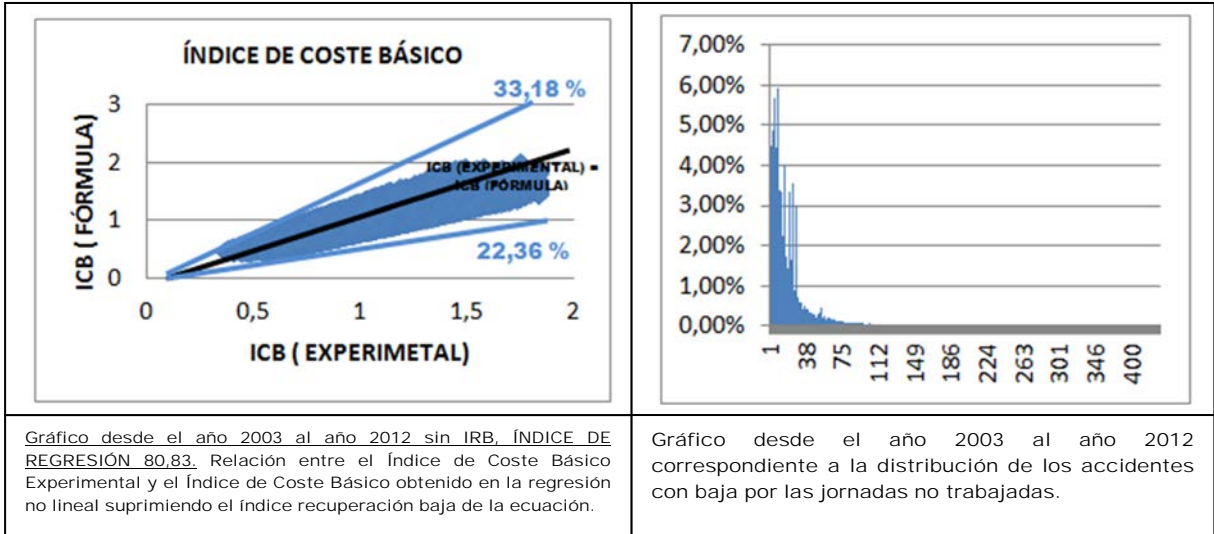


A esta ecuación se ha eliminado las variables, aplicando el criterio del menor valor de los exponentes, para estudiar la convergencia posteriormente y determinar la relevancia que tenían en el modelo. Dicho modelo sufre una variación del índice de regresión con un decremento más intenso al retirar los índices:

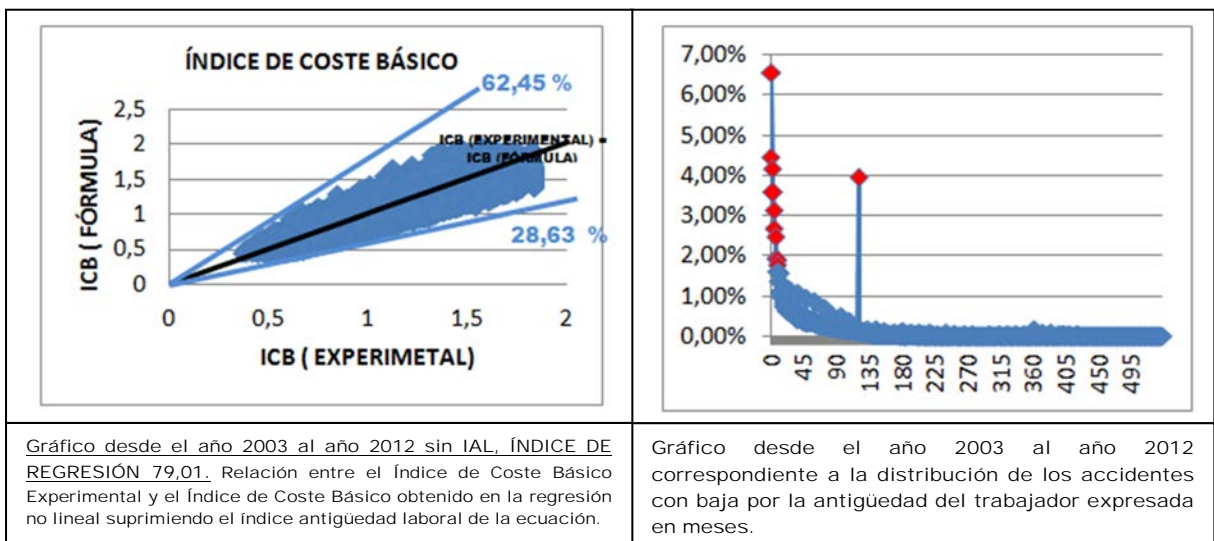
- IAL, índice de antigüedad laboral, es decir antigüedad del trabajador en el puesto de trabajo.
- IJL, índice de jornada laboral, es decir tipo de jornada laboral; jornada completa de 8 horas y jornada parcial de 4 horas.
- IC, índice contractual, es decir tipo de contrato; contrato eventual o contrato fijo.

Los índices anteriores son los que mayor variación presentan en el modelo estudiado del Índice de Coste Básico. Relacionando los gráficos obtenidos mediante tratamiento estadístico (apartado 3.3) y los obtenidos mediante la regresión multivariable no lineal (apartado 4) se puede concluir que en todos los modelos al calcular el índice de regresión eliminando:

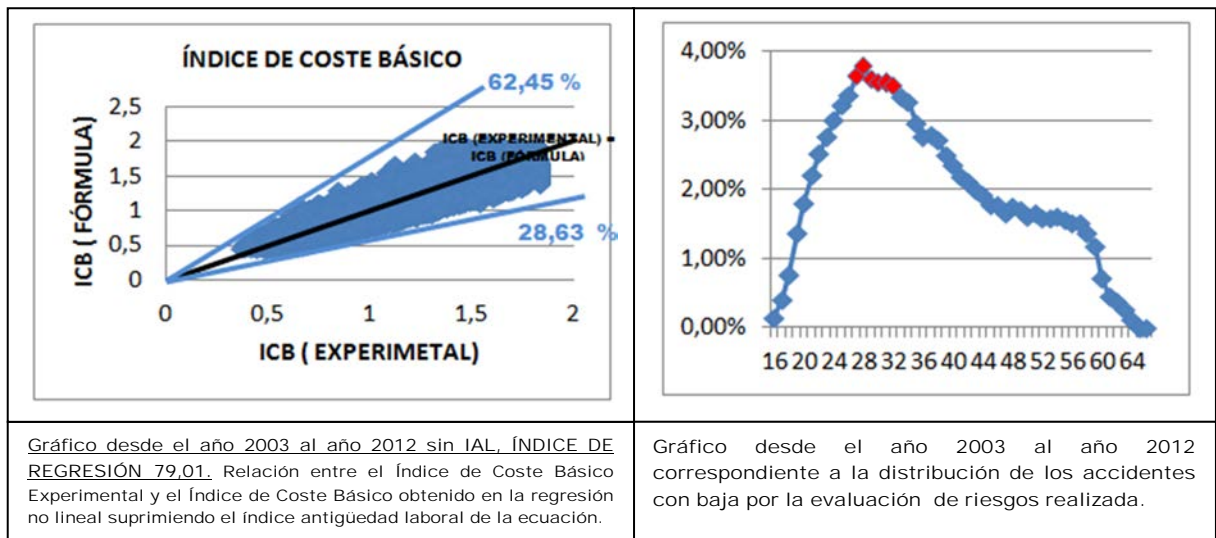
1. **IRB (Índice de Recuperación Baja)** el valor del índice permanece prácticamente inalterable por lo que los días de baja no tienen influencia en el modelo matemático. Una vez que se materializa el accidente y por lo tanto la lesión del trabajador la cantidad de días perdidos o de baja no siguen un perfil determinado ya que influyen otras variables que no se pueden establecer y calcular con anterioridad tales como: la salud del propio trabajador con antelación al accidente, la especialización de los servicios médicos.....



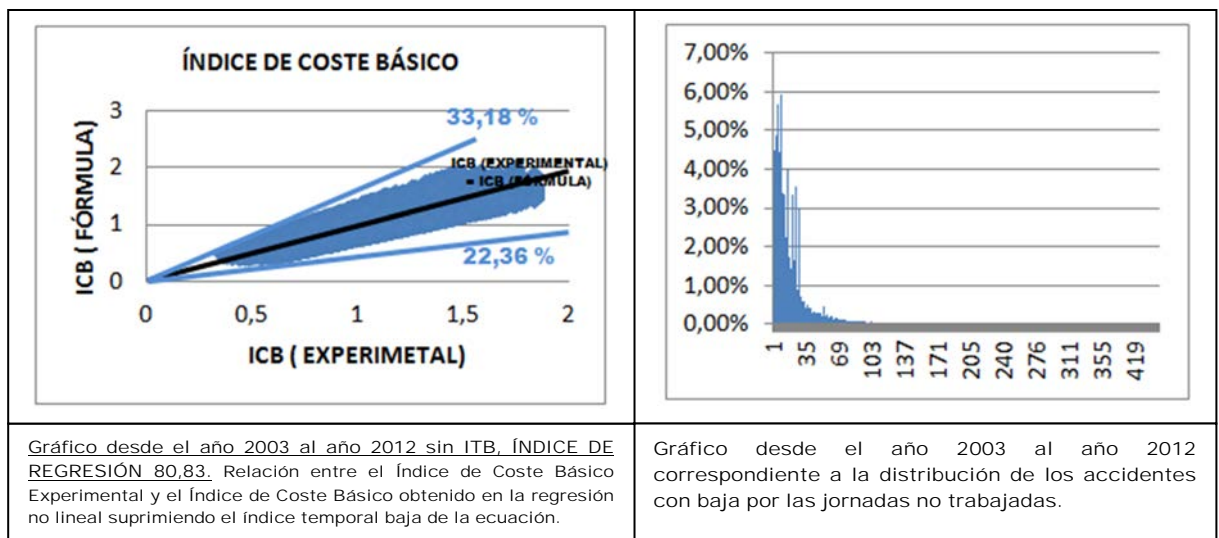
2. **IAL (Índice de Antigüedad Laboral)** el valor del índice disminuye por lo que la antigüedad del trabajador tiene una gran influencia en el modelo matemático, observando en las gráficas estadísticas se refuerza ya que a partir de los 14 meses de antigüedad del trabajador desciende con una pendiente pronunciada.



La antigüedad se refleja y relaciona con la edad de los trabajadores accidentados ya que en las franjas donde más accidentes se producen, entre 26 y 34 años, por regla general es donde los contratos son en un porcentaje más alto eventuales, con jornadas no completas y por lo tanto la antigüedad y experiencia en el puesto de trabajo mínima.

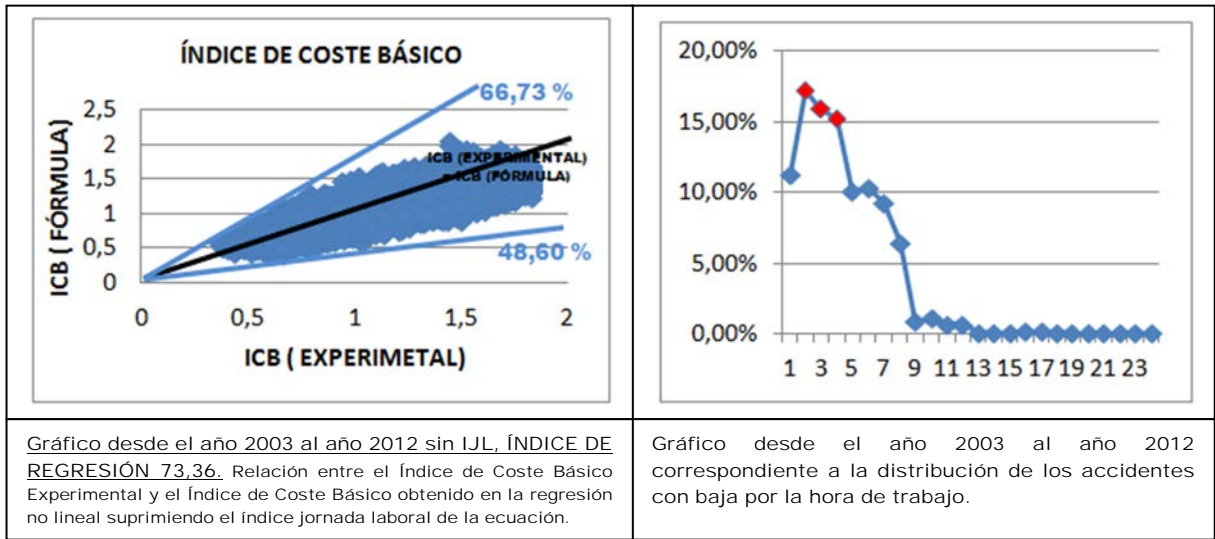


3. **ITB (Índice Temporal Baja)** el valor del índice permanece prácticamente inalterable por lo que los días de baja no tienen influencia en el modelo matemático. Es decir, una vez que se materializa el accidente con baja y por lo tanto la lesión del trabajador la cantidad de días perdidos o de baja no siguen un perfil determinado ya que influyen otras variables que no se pueden establecer y calcular con anterioridad tales como: la salud del propio trabajador con antelación al accidente, la especialización de los servicios médicos.....

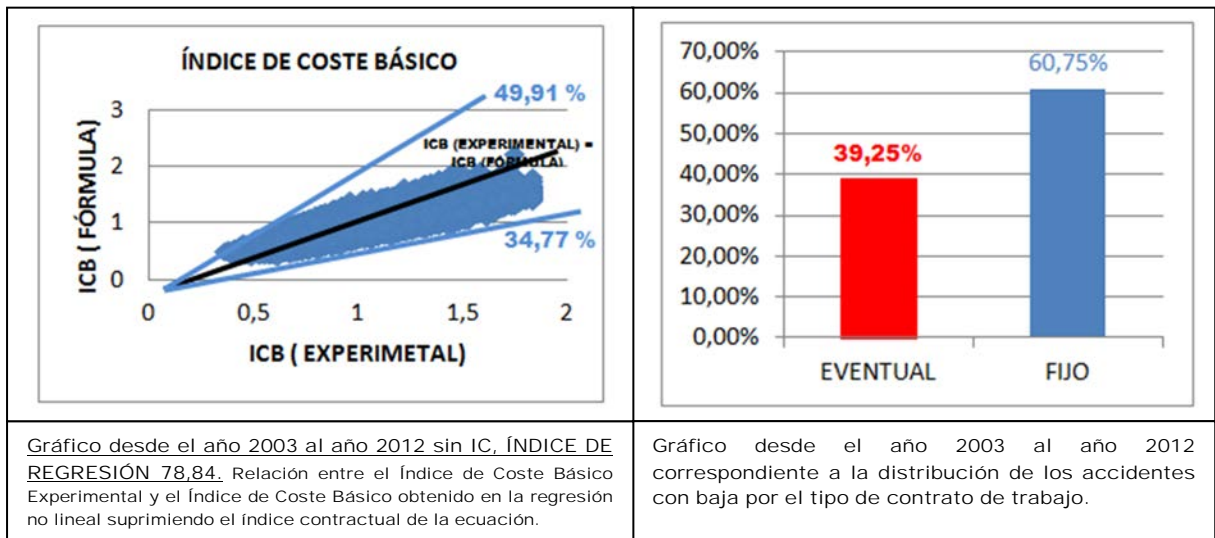


4. **IJL (Índice de Jornada Laboral)** el valor del índice disminuye por lo que la jornada laboral del trabajador tiene una gran influencia en el modelo matemático, observando en las gráficas estadísticas se refuerza ya que los accidentes se manifiestan en la 2º 3º y 4º de trabajo.

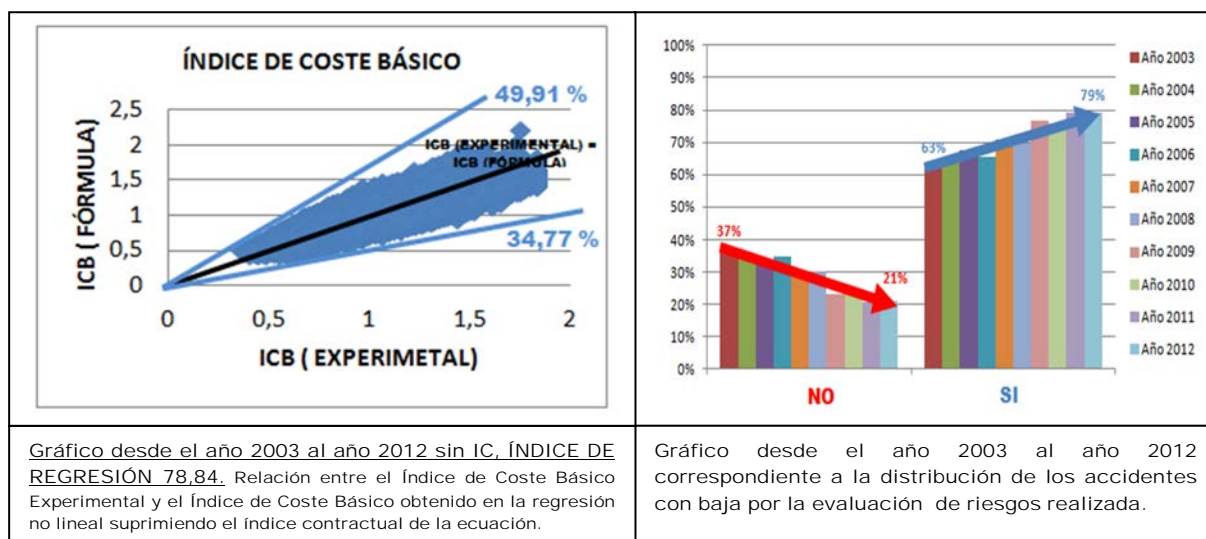




5. **IC (Índice Contractual)** el valor disminuye por lo que el tipo de contrato del trabajador tiene una gran influencia en el modelo matemático, observando en las gráficas estadísticas se refuerza ya que los accidentes se manifiestan en los trabajadores con contratos eventuales en un 39%.



Acompañan estos datos que la evaluación de riesgos no esté realizada, en un 37% al principio del estudio en el año 2003 y en un 21% en el año 2012. En trabajos eventuales es más difícil que al trabajador se le haya informado y formado, cumpliendo los artículos 18 y 19 de la ley de prevención de laborales 31/1995, sobre la evaluación de riesgos y por supuesto que la haya entendido y asimilado para evitar las situaciones de riesgo.



Agrupando los años estudiados en dos periodos, del año 2003 al 2008 y del año 2009 al 2012, en función de la crisis económica sufrida se obtiene un índice de regresión ligeramente mayor en ambos periodos que en el conjunto de los años.

El índice de regresión en el periodo del año 2003 al 2008 se ajusta al 81,71 % de la variabilidad en ICB con diferente número de variables independientes. La salida muestra los resultados de ajustar un modelo regresión no lineal para describir la relación entre ICB y las 9 variables independientes:

$$ICB = 0,032 * ITB^{-0,078} * IAL^{0,036} * IC^{0,462} * IJL^{-0,340} * IFL^{-0,001} * IE^{0,226} * IH^{-0,011} * IS^{0,007} * IRB^{0,081}$$

El índice de regresión en el periodo del año 2009 al 2012 se ajusta al 80,95 % de la variabilidad en ICB con diferente número de variables independientes. La salida muestra los resultados de ajustar un modelo regresión no lineal para describir la relación entre ICB y las 9 variables independientes:

$$ICB = 0,0305 * ITB^{-0,082} * IAL^{0,031} * IC^{0,058} * IJL^{-0,326} * IFL^{0,003} * IE^{0,219} * IH^{-0,016} * IS^{0,005} * IRB^{0,083}$$

Realizando la formulación matemática a partir de la cual se describe el proceso de cálculo de los diferentes índices utilizados. El modelo elaborado tiene la posibilidad de:

- Determinar a priori el índice coste baja de cada trabajador en función de una serie de variables conocidas como son la edad de trabajador, la antigüedad, el tipo de contrato, la jornada y otras desconocidas como son los días de baja, las horas trabajadas en la empresa, las horas de ese día trabajadas antes del accidente, el día de la semana, la hora del accidente.
- Comparar los índices de coste baja de cada trabajador de una empresa con el resto de trabajadores para identificar cuál de ellos es más factible que sufra un accidente y por lo tanto a quien se debe prestar más atención y vigilancia.

- Comparar los índices de coste baja de cada empresa comparándola con empresas con el mismo CNAE e incluso del mismo sector o de sectores diferentes.

Cuando ocurre un accidente se debe responder al COMO / PORQUE / DONDE se ha producido, pero se puede anticipar al accidente estadísticamente respondiendo a las preguntas de QUIÉN, CUANDO, etc... para ello se debe reforzar la vigilancia para minimizar los accidentes:

- Los **TRABAJADORES** de edades comprendidas entre los **26 y 34 años**.
- Los **TRABAJADORES** con menos de **14 meses de antigüedad**.
- Las **horas del día** entre las **10 y las 12 de la mañana** y a las **17 de la tarde**.
- El día de la semana es el **lunes**, seguido de martes y miércoles.
- La hora de trabajo la **segunda hora**, seguida de la tercera y cuarta.
- La evaluación de riesgos sin realizar.
- El tipo de contrato **eventual**.
- Los meses de **Mayo** y **Junio**, seguido de marzo.