

## **Análisis de riesgo en una fundición de metales no ferrosos (aluminio) y su impacto ambiental**

### **Risk analysis in non-ferrous metals smelting (aluminum) and its environmental impact**

**Ing. Roberto L. Portal-Nodarse<sup>I</sup>, Ms.C. Marlene Dumpin-Fonseca<sup>II</sup>, Ing. Eusebio V. Ibarra-Hernández<sup>II</sup>, Dr. José A. Fabelo-Falcón<sup>II</sup>**

I: Empresa Provincial METALCONF

II: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. fabelo@uclv.edu.cu

---

#### **RESUMEN**

Este trabajo se realizó en la Empresa Provincial de Conformación de Metales y Materiales de la Construcción (METALCONF), ubicada en el municipio de Placetas, provincia Villa Clara, con la colaboración de su departamento de Investigación y Desarrollo, consiste en un estudio detallado de los peligros que involucran la manipulación y almacenamiento de las materias primas utilizadas en el proceso de obtención de piezas fundidas de aluminio, elaborándose sus fichas de datos técnicos de seguridad. Se identifican los peligros y se definen los niveles de jerarquía de riesgos de cada una de las áreas y etapas del proceso productivo, mediante el cálculo del Índice Dow de Incendio y Explosión. A partir de la definición de las áreas de mayor peligrosidad, se suponen accidentes probables para los que se calcula la magnitud de sus efectos y se evalúan las consecuencias sobre las personas, instalaciones y el entorno natural; aplicando los modelos de vulnerabilidad Probit y el Índice Global de Consecuencias Medioambientales. Todo lo anterior se complementa con la propuesta a la dirección de la empresa de los procedimientos básicos para la futura implementación de un sistema de gestión de seguridad tecnológica.

**Palabras claves:** análisis de riesgo, impacto ambiental.

---

## **ABSTRACT**

This work was carried out in the Provincial Company of Metal Forming and Materials of Construction (METALCONF), located in the municipality of Placetás, Villa Clara province, in collaboration with its Research and Development department, consists of a detailed study of the dangers involving the manipulation and storage of raw materials used in the process of obtaining aluminum castings, developing their technical data sheets safety. Hazards are identified and defined levels of risk hierarchy of each of the areas and stages of the production process by calculating the Dow Fire and Explosion. From the definition of the most dangerous areas are likely to involve accidents for which calculates the magnitude of their effects and assessing impact on people, facilities and natural environment; using the Probit models of vulnerability and the Index global environmental consequences. All this is complemented by the proposal to the company management of the basic procedures for the future implementation of a safety management system technology.

**Keywords:** risk analysis, environmental impact.

---

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de la humanidad desde sus comienzos ha sido inseparable del empleo de los recursos naturales del planeta, estos le suministran al hombre los minerales, combustibles, alimentos, agua, etcétera. Inicialmente se pensaba que estos recursos eran inagotables por lo cual la explotación de los mismos fue indiscriminada. Luego con el tiempo se comprendió que el planeta no era capaz de asimilar esta carga, por lo cual se han ido produciendo una serie de problemas que constituyen verdaderas catástrofe mundial comparable incluso con una tercera guerra mundial; por ejemplo, las lluvias acidas, crecimiento de los desiertos, deterioro de la capa de ozono, entre otros.

El impetuoso avance de la industria no se encuentra ajeno a este fenómeno, es por ello que las empresas cubanas involucradas en un proceso de perfeccionamiento empresarial han de establecer políticas encaminadas a la implantación del sistema de gestión de seguridad tecnológica y ambiental acordes a los requerimientos de su actividad y a las expectativas de la sociedad. Los dos elementos esenciales en el análisis de riesgos consisten en identificar y cuantificar estos riesgos [1]. La identificación depende, en gran medida, de la información disponible; por ejemplo, el costo real para emprender una determinada actividad.

Tomando como base que existen serias dificultades por el desconocimiento de las magnitudes reales de estos peligros y consecuencias sobre las personas, instalaciones y entorno natural, involucrados directa e indirectamente en la producción de artículos fundidos de aluminio, es que se desarrolla este estudio.

En los procesos de fundición, no sólo se debe satisfacer los requerimientos de rentabilidad económica, calidad y cantidad de productos, sino que también se debe garantizar que los niveles de riesgos en las diferentes etapas del proceso sean aceptables y con ello la disminución del impacto ambiental que generan [2,3].

El objetivo del trabajo consiste en la evaluación de riesgos en una fundición no metálica y su impacto ambiental.

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

La identificación de los factores de riesgos se realizan por: [4-5].

Vía prospectiva o directa: Se basa en el reconocimiento del riesgo antes de que se produzcan los daños a la salud, o sea, se realiza un pronóstico de su existencia por eso recibe el nombre de prospectiva.

Vía retrospectiva o indirecta: Se efectúa a través del análisis posterior al accidente. Un accidente ocurrido indica la existencia de un riesgo que no detectado anteriormente se conoce a través de sus consecuencias.

La identificación efectiva de riesgos depende en gran medida del grado de conocimiento y experiencia que tenga el grupo que participa en la identificación y el uso de métodos sistemáticos hacen que ese conocimiento y esa experiencia sean adecuadamente aplicadas.

## **MÉTODOS APLICADOS EN LA DETERMINACIÓN DE RIESGOS**

Las técnicas de identificación o análisis de riesgos son las siguientes: [4,5].

Listas de chequeo (checklists); Diagramas Lógicos de Falla; Mapas de riesgos.

Análisis de la seguridad basado en el muestreo por observaciones instantáneas.

Por otra parte, los métodos de evaluación de los riesgos aplicados en el trabajo son:

La metodología del AMFE; Risk Management and Prevention Program" (RMPP); El método de William Fine.

## **RESULTADOS**

La aplicación de la NC 18000 en una empresa, implica la implementación de un grupo de procedimientos de gestión para dar cumplimiento a sus requisitos y mejorar tanto las prácticas como los indicadores de SST en la organización.

El proceso de identificación de riesgos en una empresa lleva aparejado el conocimiento por los participantes de todas las actividades y áreas de la organización de que se trate, sobre todo de las prácticas de seguridad y salud que en ella se desarrollan, las tradiciones, la cultura en cuanto a SST, la complejidad y peligrosidad conocida de sus operaciones, los registros de accidentes e informes de SST y los resultados más notables de la empresa tanto generales como en esta área de gestión específica. Por tanto debe comenzarse por la caracterización de la empresa y área objeto de estudio.

Las líneas de producción fundamentales son:

- Producción de artículos fundidos de aluminio.
- Elaboración semiautomática de malla galvanizada y revestida.
- Elaboración manual de malla eslabonada de aluminio.
- Conformación de artículos a partir de metales ferrosos.

Principales suministros que necesita la empresa para sus producciones:

- Chatarra de aluminio.
- Alambre galvanizado revestido.
- Alambre galvanizado de 2.8mm.
- Laminados de varios tipos.
- Componentes para distintas producciones.
- Pinturas de distintos tipos.
- Tornillería.
- Materiales para soldar.
- Materiales para fundición de aluminio.
- Combustibles y lubricantes.
- Y una variedad amplia de materiales auxiliares.

### **Identificación de peligros o factores de riesgo y sus riesgos asociados**

Esta unidad organizativa es subdividida en puestos de trabajo o zonas de trabajo, donde se realizan actividades diferentes, tanto respecto a su objeto con relación al producto, como a los principales riesgos potenciales que las caracterizan.

Se aplicó una Lista de Verificación, a manera de encuesta, de esta forma se conoce cómo perciben los riesgos en su puesto de trabajo. Además de identificarlos, se les pide a los trabajadores que valoren en cuanto a la magnitud con que los perciben, en tres niveles con valores numéricos asociados:

0 – No hay riesgo, 1 – Riesgo pequeño,  
2 – Riesgo mediano, 3 – Riesgo alto.

El método de análisis utilizado (listas de comprobación) consiste en contrastar la realidad de la empresa con una lista muy detallada de cuestiones relativas a los más diversos ámbitos, tales como condiciones de proceso, seguridad o estado de las instalaciones o servicios.

En primer lugar es necesario disponer de listas de comprobación o "check list" generalizadas o específicamente desarrolladas para la empresa en concreto. Cabe también generar estas listas con un planteamiento global o bien por ámbitos (instrumentación, equipos, materias peligrosas, condiciones de trabajo, etcétera).

A la hora de aplicar el análisis: seguir la lista de referencia y responder a todas y cada una de las cuestiones planteadas, obteniendo así un perfil sobre el cumplimiento de los criterios de seguridad de la empresa analizada.

### **Ventajas y limitaciones**

- Es un procedimiento fácil y controlado.
- Está especialmente adaptado para garantizar el cumplimiento de normas o reglamentos técnicos.
- Permite la reproducibilidad del análisis de forma periódica, permitiendo estudiar las desviaciones que se producen en el tiempo.
- Puede pasar por alto peligros evidentes no contemplados en las listas o incidir excesivamente en puntos que sin lugar a dudas no plantean peligros importantes.
- En este sentido, no es un método creativo.

### **Riesgos tecnológicos asociados al área de fundición**

Actividad: Producción de artículos fundidos a partir de chatarra de aluminio

Durante esta actividad se detectaron los siguientes riesgos:

- Quemaduras por salpicaduras durante el vertido del metal en el molde.
- Quemaduras por salpicaduras durante el llenado del horno con materias prima.
- Quemaduras por salpicaduras durante el escoriado del horno.
- Quemaduras por destrucción del molde durante el vertido.
- Quemaduras por salideros en los casos de vertido.
- Quemaduras por mala manipulación al escoriar con la eskuena.
- Quemaduras por mala organización del flujo productivo.
- Quemaduras por mala ubicación de los residuos del proceso.
- Quemaduras por no usar adecuadamente los medios de protección.
- Explosiones en el horno por cambios brusco de temperatura.
- Explosiones en el horno por inadecuada selección de la materia prima (fibroasfalto, spray, cafeteras, tanques sellados, extintores).
- Explosión a causa del contacto con el agua.
- Accidentes por ambiente térmico.
- Accidente por impactos de metal caliente en los ojos y otras partes del cuerpo.
- Accidente por derrámense de combustibles.
- Accidente por mala organización del área de trabajo.
- Accidentes por el tipo de máquinas (uso de sierras, lijadoras).
- Contaminación del manto freático por vertimiento de hidrocarburos.
- Contaminación y emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la fundición.
- Contaminaciones gaseosas de SO<sub>2</sub> y CO a la atmósfera, proveniente de la combustión de los combustibles.
- Contaminación por escurrimiento superficial de los componentes de los residuos de escoria.

- Inhalación de polvos, con el consiguiente riesgo respiratorio.
- Inhalación de vapores tóxicos.
- Exposición de las manos a diferentes tipos de sustancias y disolventes, causa dermatitis de piel.
- Ubicación de la fundición cerca del entorno socioeconómico.
- Ruido intenso.

### **Determinación de la Magnitud del Riesgo Cualitativamente (grado de peligrosidad) por el método FINE**

A partir del trabajo de grupo se definen los valores de la consecuencia, la probabilidad y la Exposición (método Fine) y empleando el Software creado al efecto se obtienen tanto la magnitud del riesgo como su evaluación cualitativa y la prioridad para aplicar las medidas.

La evaluación se realiza en cuanto a peligrosidad y tolerancia, la determinación de la posibilidad de daño que pueden ocasionar dichos factores de riesgo sobre los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente.

Los resultados de estos cálculos permiten tener una evaluación cualitativa del riesgo y el orden de prioridad con que deben eliminarse.

Se crea un registro para la identificación, evaluación y control de los riesgos, donde se establece para cada factor de riesgo el lugar donde se localiza, el riesgo asociado a ese factor, las consecuencias que puede provocar, el tipo de evento que se produciría, la magnitud cuantitativa del riesgo que se ha calculado, la evaluación cualitativa, la medida correctora o correctiva necesaria para eliminar o minimizar el riesgo, las técnicas utilizadas en la etapa participativa de la identificación, el orden de prioridad con que debe acometerse esa medida, el costo-beneficio de esta última y los participantes en el proceso de identificación y evaluación.

Identificados los riesgos potenciales en cada puesto de trabajo de la actividad analizada, se procede a la determinación de los equipos de protección personal que es imprescindible emplear en cada puesto debido a la persistencia en ellos de potenciales situaciones de peligros o daño a la salud.

### **Medios de protección del área de fundición**

#### **Actividad laboral: Moldeador**

- Guantes resistentes a altas temperaturas.
- Botas de piel cocidas y pegadas.
- Polainas
- Faja.

#### **Actividad laboral: Hornero**

- Emplear pantalla facial o espejuelos contra salpicaduras.
- Guantes al codo resistentes a altas temperaturas.
- Botas de piel cocidas y pegadas.

- Polainas
- Peto
- Tapones auditivos

**Actividad laboral: Pulidor o terminador**

- Emplear pantalla facial o espejuelos contra salpicaduras.
- Guantes.
- Botas de piel cocidas y pegadas.
- Peto

**Actividad laboral: Ayudante**

- Guantes.
- Botas de piel cocidas y pegadas.
- Faja.

En función de los riesgos se indican a continuación los medios a utilizar.

**Riesgo de quemaduras**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar  
 Protección colectiva: Limitar el acceso de personas a las áreas peligrosas, utilizando los medios de protección establecidos el personal administrativo y de inspección.

**Riesgo de explosión**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar

Protección colectiva: Evitar el acceso de personal ajeno al área de producción, tener activado el mural contra incendio en cada local, además se insiste en la importancia de extrema limpieza en los locales, instalaciones y equipos, para evitar incendios. En caso de incendio, ninguna persona debe entrar en la zona, ya que corre el riesgo de prendérsele las ropas. Si esto ocurre, deberá ser rociada con agua desde fuera de la zona.

**Riesgo de accidentes**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar

Protección colectiva: Que las máquinas y equipos estén limpias y no existan materiales innecesarios en sus alrededores, no permitir salideros de aceite, grasas u otros productos, utilizar los botiquines de primeros auxilio

### **Riesgo de contaminación**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar y asistir periódicamente al facultativo especializado en la materia.

Protección colectiva: Equipar los locales de las áreas de los hornos con extractores, campanas extractoras de gases y chimeneas con mata chispas a la altura establecida, limitar el acceso de personas a las áreas peligrosas, utilizando los medios de protección establecidos el personal administrativo y de inspección.

### **Riesgo de inhalación**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar, medios de ventilación individuales y asistir periódicamente al facultativo especializado en la materia

Protección colectiva: Ventilar los locales propensos a riesgo por inhalación y limitar el acceso de personas a las áreas peligrosas, utilizando los medios de protección establecidos el personal administrativo y de inspección.

### **Riesgo de exposición**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar

Protección colectiva: Limitar el acceso de personas a las áreas peligrosas, utilizando los medios de protección establecidos el personal administrativo y de inspección.

### **Riesgo de ubicación**

Protección individual: Utilizar los medios de protección destinados a cada puesto laborar.

Protección colectiva: Ventilar los espacios cerrados, limitar el acceso de personas a las áreas peligrosas, utilizando los medios de protección establecidos el personal administrativo y de inspección.

### **Riesgo de ruido**

Protección individual: Utilizar los medios de protección (tapones auditivos)

Protección colectiva: Limitar el acceso de personas a las áreas peligrosas, utilizando los medios de protección establecidos el personal administrativo y de inspección.

### **Plan de medidas correctoras asociado a los factores de riesgo presentes identificados**

1. Preparar previo a la puesta en marcha a todo el personal que operara la instalación.
2. Utilizar los medios de protección personal y colectiva, así como ropa adecuada.



3. Se debe dar particular importancia al proceso de contracción de la materia prima, ya que la misma puede contener cantidades importantes de metales tóxicos como plomo, cadmio y cromo.
4. Evitar la inhalación del polvo asociado con la producción de metal no ferroso, ya que puede contener cobre, aluminio, plomo, estaño y zinc.
5. Los residuos de escorias deben almacenarse en áreas delimitadas, aflatadas y techadas, ya que la misma se convierte en una masa vidriosa, relativamente inerte, con una estructura química compleja, compuesta de óxidos metálicos del proceso de fusión, refractarios fundidos, arena y otros materiales.
6. Al limpiar los residuos de limpieza deben utilizarse medios de protección individuales, ya que los mismos pueden ser peligrosos si contienen niveles excesivos de metales pesados tóxicos.
7. La instalación de luminarias que garanticen una adecuada iluminación en el área de moldeo.
8. En cuanto a la protección contra incendios, no requieren medidas especiales de protección. No obstante, es recomendable tener equipado el mural contra incendio.
9. Deberá existir un letrero mostrando el o los teléfonos de emergencia, en un lugar accesible, para el caso que sea necesario.
10. Instalación de agua para el sistema de protección contra incendio.
11. Montar un sistema de pararrayos que garantice la protección de la instalación contra descargas eléctricas.
12. Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, gorros y cascos) debe estar limpia, disponible cada día y debe ponerse antes de comenzar a trabajar.
13. Se dispondrá de agua potable para que los trabajadores se laven las manos una vez terminada la jornada laboral.

### **Evaluación económica de las inversiones propuestas**

De acuerdo a las Inversiones propuestas que garantizaran un proceso productivo más eficiente y seguro, se realiza una valoración del efecto de recuperación de la inversión teniendo en cuenta los beneficios que las mismas reportaran a la seguridad del proceso.

<b>Inversiones propuestas</b>	<b>Costo</b>
Mejoramiento de las condiciones laborales	\$ 20 000
Instalación de luminarias	\$ 1 100
Diseño y construcción de dos Hornos de Fundición	\$ 3 500
<b>Total de la Inversion</b>	<b>\$ 24 600</b>

Los ingresos se consideran por daños evitados a la salud de los trabajadores, a la instalación, y al medio ambiente circundante por accidentes evitados con las inversiones propuestas.

## **CONCLUSIONES**

1. En la empresa no existían métodos generales para la identificación, evaluación y control de Riesgos, en muchos casos es necesario elaborar un procedimientos específicos para la realización de este proceso en determinadas áreas de la organización que desarrollan actividades muy complejas, que presentan características peligrosas y donde participan equipos para los cuales existen legislaciones que establecen requisitos de SST obligatorios para la empresa.
2. El trabajo garantiza la identificación, evaluación y control de riesgos en el área de fundiciones con la participación de los trabajadores y permite desarrollar mejores prácticas en este sentido.
3. Entre los aportes más importantes del trabajo se encuentran el empleo del software Excel para la evaluación de riesgos y el diseño de listas de chequeo de identificación de factores de riesgo específicas para cada tipo de puesto de trabajo. Estas listas consideran además todo lo legislado en materia de SST para estas actividades y aquellas situaciones peligrosas conocidas por la experiencia de los miembros del área de producción industrial.
4. Es conveniente determinar indicadores para medir la eficacia de la implementación de este trabajo y dar seguimiento al estado de la SST tanto en el área como en la empresa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. L. FERNÁNDEZ, L. SORINAS, J. TORRES. "Riesgo y prevención de accidentes en la industria petroquímica"
2. Fundación MAPFRE. Análisis y reducción de riesgos en la industria química.
3. Rubio Romero, J. C. Gestión de la prevención de riesgos laborales en la pequeña y mediana empresa. Málaga. 2000.
4. Gómez Cano, M. et al. Evaluación de Riesgos Laborales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. 1996.
5. Monografias.com. Estimación de frecuencia de eventos peligrosos.

Recibido: Julio de 2011  
Aprobado: Mayo de 2012

*Ing. Roberto L. Portal-Nodarse<sup>1</sup>*. Empresa Provincial METALCONF