

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**  
**Máster Oficial Universitario en**  
**Prevención de Riesgos Laborales**

**Título Trabajo** EVALUACIÓN DE PUESTOS SOMETIDOS A  
ALTAS TEMPERATURAS, RUIDO Y POLVO  
EN EL AMBIENTE EN UNA INDUSTRIA  
CEMENTERA

<b>Especialidad</b>	Seguridad en el Trabajo	<input type="checkbox"/>
	Higiene Industrial	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ergonomía y Psicosociología Aplicada	<input type="checkbox"/>

**Apellidos** Worgenchaffe García

**Nombre** Óscar Manuel

<b>Convocatoria</b>	2015-2016	<b>Fecha</b>	03/11/2016
	PER 38	<b>Entrega</b>	

**Director/a** Natalia Orviz Martínez

**Categoría Tesouro** 3.5.5 Higiene Industrial

## Resumen del trabajo:

Como objetivo principal del presente trabajo se evaluarán y tomarán las medidas pertinentes ante unas situaciones anómalas detectadas en los puestos de trabajo de una factoría de cemento.

Por un lado la existencia de quejas de los operarios a través de sus representantes legales de presencia de polvo en sus secreciones nasales, obligará a la investigación de la problemática mediante toma de muestras en un ambiente pulverulento. Se determinará la fracción de polvo respirable y, debido al producto que se maneja, se evaluará simultáneamente la concentración de sílice en el ambiente.

Por otro lado, se abordará la situación del personal de limpieza de la instalación de torre. Éstos han necesitado en varias ocasiones la asistencia del personal del servicio médico por desvanecimientos. Están sometidos a altas temperaturas durante su trabajo, por tanto se determinarán las medidas necesarias tras la evaluación de las condiciones de su puesto para conocer el estrés térmico al que están sometidos.

De forma paralela, la inclusión de una cuarta línea de producción de cemento hace necesaria una evaluación específica del riesgo de exposición al ruido al que se verán sometidos los trabajadores, en cumplimiento de la legislación nacional actual. Y al igual que en las situaciones anteriores se estudiarán los resultados para sugerir acciones en caso necesario.

Los resultados que se obtengan de las tres líneas de investigación determinarán el nivel de actuación, si se constata la necesidad, para paliar o eliminar los riesgos

En vista de la implantación de un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo basados en el estándar OHSAS 18001:2007, se va a enumerar los pasos para su implantación, además de una propuesta de política empresarial en materias de seguridad y salud y un procedimiento.

**Palabras clave:** higiene industrial, polvo, estrés térmico, evaluación, cemento, OHSAS

## Índice

1.	Justificación del Trabajo Fin de Máster.....	6
2.	Introducción .....	11
3.	Hipótesis de partida .....	16
4.	Objetivos .....	17
4.1.	General .....	17
4.2.	Específicos.....	17
5.	Descripción de la empresa y modelo de producción .....	19
5.1.	La producción de cemento .....	22
6.	Descripción general de los puestos .....	24
6.1.	Puesto de expedición de cemento .....	24
6.2.	Puesto de limpieza de torre de intercambio.....	26
6.3.	Puesto de vigilante de molienda de cemento .....	30
7.	Metodología de evaluación de los puestos. Justificación.....	31
7.1.	Metodología para el puesto de ensacador.....	31
7.2.	Metodología para el puesto de limpieza de torre.....	34
7.3.	Metodología para el puesto de vigilante de proceso .....	34
8.	Desarrollo de las evaluaciones.....	38
8.1.	Evaluación de exposición a sílice en el puesto de ensacador de cemento .....	38
8.2.	Evaluación de la exposición a altas temperaturas en el puesto de limpieza de torre de intercambio .....	40
8.3.	Evaluación de la exposición a ruido para el puesto vigilante de proceso .....	42
9.	Resultados obtenidos e interpretación de los mismos .....	44
9.1.	Análisis e interpretación de los datos. Polvo respirable y Sílice.....	44
9.2.	Análisis e interpretación de los datos. Exposición a altas temperaturas o temperaturas extremas .....	49
9.3.	Análisis e interpretación de los datos. Exposición a ruido.....	57
10.	Comparaciones con otras empresas/sector.....	60
11.	Planificación de la actividad preventiva .....	61
11.1.	Operadores de ensacado .....	61
11.2.	Operadores de proceso .....	70
11.3.	Operadores de limpieza de torre .....	75

12.	Implantación de un SGSST conforme a OHSAS 18001.....	78
12.1.	Política .....	78
12.2.	Fases de implantación.....	80
12.3.	Procedimiento acceso a molinos.....	83
13.	Conclusiones .....	90
14.	Referencias bibliográficas .....	92
15.	Bibliografía .....	95
16.	Anexos .....	98

## Índice de Figuras

Figura 1: Consumo aparente de cemento (años 2003 - 2016).....	6
Figura 2: Evolución del número de empresas en el sector de la construcción .....	7
Figura 3: Índice de frecuencia de distintos sectores productos 2003 – 2012 .....	7
Figura 4: Cantidad Sílice en cemento tipo I52.5SR .....	12
Figura 5: Cantidad Sílice en cemento tipo I42.5SR .....	12
Figura 6: Porcentaje partículas inferiores a 25 micras tipo I52.5.....	13
Figura 7: Porcentaje partículas inferiores a 25 micras tipo I42.5.....	13
Figura 8: Equipo ARL fabricante THERMO .....	15
Figura 9: Localización de la factoría de cemento.....	19
Figura 10: Organigrama factoría.....	21
Figura 11: Organización SPM .....	22
Figura 12: Proceso elaboración cemento .....	22
Figura 13: Clinker .....	23
Figura 14: Sistema de extracción de cemento.....	25
Figura 15: Esquema de torre de ciclones .....	26
Figura 16: Explosivo CARDOX.....	27
Figura 17: Limpieza de ciclones con lanza de agua .....	28
Figura 18: Temperatura en Ciclones (primera planta) .....	28
Figura 19: Temperatura en Ciclones (segunda planta).....	29
Figura 20: Minipala Cargadora .....	31
Figura 21: Metodología de actuación para medir ruido.....	35
Figura 22: Diagrama de decisión de medidas preventivas frente a ruido.....	37
Figura 23: Ciclón Casella .....	38
Figura 24: Conjunto completo de muestreo .....	39
Figura 25: Medidor de estrés térmico .....	41
Figura 26: Dosímetro CEL352.....	43
Figura 27: Índice de exposición frente a probabilidad.....	45
Figura 28: Resultado exposición a polvo .....	47
Figura 29: Índice de exposición frente a probabilidad.....	48
Figura 30: Detalle de una hoja de palmera en zona de expedición.....	49
Figura 31: Esquema efectividad lanza de agua a presión.....	51
Figura 32: Valores límites IGBT.....	52
Figura 33: Datos partida caso 1.....	54

Figura 34: Resultado caso 1 .....	54
Figura 35: Datos partida caso 2.....	55
Figura 36: Resultado caso 2.....	56
Figura 37: Temperatura rectal y temperatura de la piel .....	56
Figura 38: Valores de $c_{1u_1}$ .....	58
Figura 39: Calculador de incertidumbre del ruido .....	59
Figura 40: Mascarilla protección polvo .....	62
Figura 41: Tubos de aspiración de proceso.....	63
Figura 42: Filtro con tolva inferior .....	63
Figura 43: Colector de polvo .....	64
Figura 44: Tapones con banda.....	70
Figura 45: Comprobación simplificada HML .....	71
Figura 46: Molido de bolas .....	72
Figura 47: Cañones AIRCHOC.....	75
Figura 48: Certificado verificación equipos medida.....	98
Figura 49: Verificación bomba muestreo Casella. ....	99

## Índice de Tablas

Tabla 1: Número mínimo de muestras por jornada (UNE-EN 689, Anexo A).....	32
Tabla 2. Polvo fracción respirable AQ .....	44
Tabla 3: Índices de exposición .....	45
Tabla 4: Media, GSD e Índices Exposición.....	46
Tabla 5. Concentración Sílice Cristalina .....	47
Tabla 6: Índices de exposición .....	48
Tabla 7: Media, GSD e Indices Exposición.....	48
Tabla 8: Valores de temperatura en plantas de la torre .....	49
Tabla 9: Correcciones WBGT según valor clo .....	50
Tabla 10: Relación entre tarea y metabolismo.....	51
Tabla 11: WBGT medio de la torre .....	51
Tabla 12: Resultado mediciones de ruido.....	57
Tabla 13. Planificación actividad preventiva (ensacador) .....	66
Tabla 14. Planificación actividad preventiva (vigilante proceso) .....	73
Tabla 15. Planificación actividad preventiva (limpieza torre).....	76
Tabla 16: Implantación sistema gestión SST OHSAS 18001.....	83
Tabla 17: Identificación general riegos personal expedición .....	100
Tabla 18: Identificación general riegos personal limpieza torre.....	102
Tabla 19: Identificación general riegos vigilante de proceso .....	104

## 1. Justificación del Trabajo Fin de Máster

El sector cementero se encuentra hoy en día en pleno proceso de ajuste y actualización. Pretende seguir siendo competitivo nacional e internacionalmente y recuperarse de un tiempo de abusos y opulencia que solo provocó un gran declive económico (la denominada burbuja inmobiliaria).

Las cifras pasadas y previsiones futuras del sector siguen sin ser llamativas y lo sitúan en niveles productivos de los años 60, lastrado por los excesos de años anteriores.

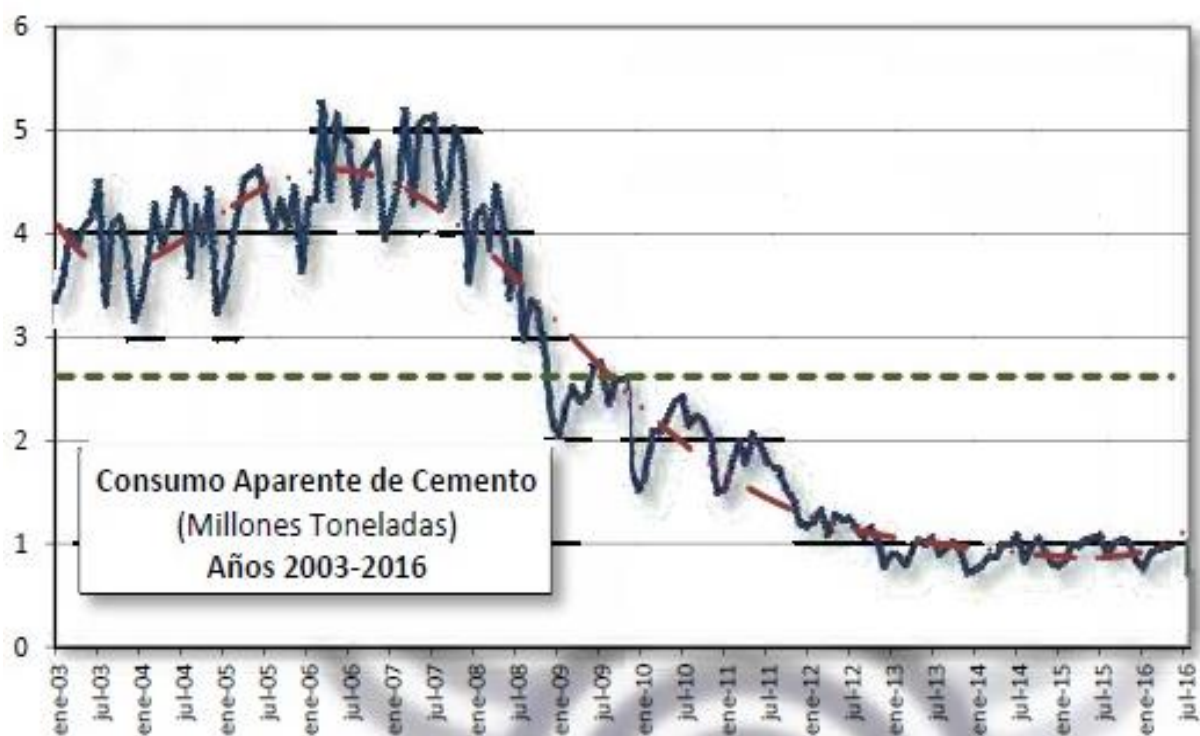


Figura 1: Consumo aparente de cemento (años 2003 - 2016)  
(CEPCO, 2016)

El sector de la construcción, y por ende el cementero, ha sufrido una gran pérdida de puestos de trabajo por reducciones en sus plantilla y por cierre de factorías que no pueden soportar la fuerte competencia en precios desatada en el sector. Existen aún muchas empresas (fábricas de cemento, moliendas, cerámicas) para un volumen aún pequeño de ventas y de trabajo, lo que obliga a un reparto mayor o, como ocurre, una encarnizada guerra de precios. Como podemos observar en la gráfica adjunta, el informe de CEPCO muestra que el número de empresas relacionadas de forma general con el sector de la construcción ha descendido, aunque actualmente esta tendencia es menos acusada si se compara con los años anteriores.





Figura 2: Evolución del número de empresas en el sector de la construcción (CEPCO, 2016)

Pese a este clima de incertidumbre y reajuste no se puede permitir que las políticas de prevención se relajen. Tampoco se pueden ver afectadas por los presupuestos económicos que anualmente elaboran las empresas. Se debe mantener la guardia aunque las noticias muestren signos de disminución en las cifras de siniestralidad.

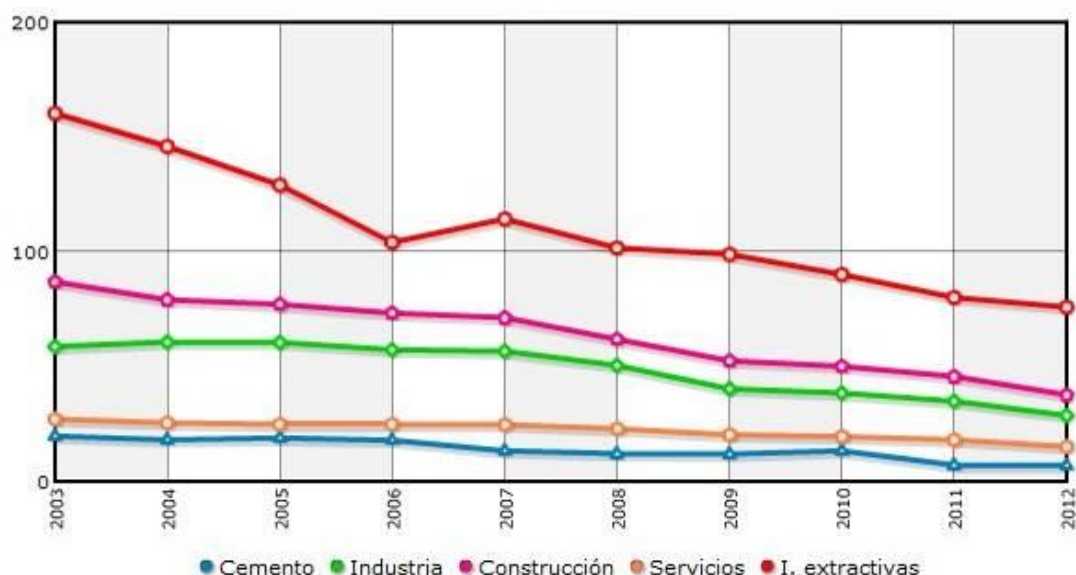


Figura 3: Índice de frecuencia de distintos sectores productivos 2003 – 2012 (oficemen.com, 2012)

Este índice de siniestralidad nos muestra la relación de accidentes que se han producido por cada millar de horas trabajadas, segmentado por sectores productivos. En la gráfica se observa una tendencia decreciente que se entiende gracias a los esfuerzos conjunto de empresarios, administración y empleados en materia de seguridad y salud en el trabajo. Se aprecia un descenso general en las cifras del índice de frecuencia en los distintos sectores, entre los que se incluye el sector cementero. Esta información se puede obtener de forma más segregada en el portal del Ministerio de Empleo y Seguridad Social en la sección relativa a las estadísticas de accidentes de trabajo.

Además todos estos buenos resultados son un fiel reflejo de una legislación nacional robusta en materia de seguridad y salud que abarca todos los sectores productivos. Hacemos mención a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en la que se asientan, entre otros apartados, los derechos y obligaciones de trabajadores y empresario en materia de seguridad y salud mientras se mantenga su relación contractual.

Este marco legal establece los derechos y obligaciones de ambas partes en dicha relación. En el artículo 14 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se establece el derecho del trabajador a estar protegido de manera eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo, estableciéndose de forma paralela la obligación del empresario de protegerlos frente a los riesgos inherentes a su tarea o los que se puedan generar en su entorno de trabajo. Además el empresario debe de cumplir:

- Prohibición explícita de repercutir los costes relacionados con la prevención en materia de seguridad y salud a los trabajadores. Es un coste que debe de asumir.
- La actividad preventiva debe estar integrada en la empresa, debe formar parte de la cultura de la misma y estar presente en todos los niveles departamentales.
- Atender el desarrollo legislativo en materia de evaluaciones de riesgo, plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de riesgos, información, consulta y participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.
- Constituir una organización con los medios adecuados y suficientes para responsabilizarse de la actividad preventiva en los términos recogidos en el capítulo IV de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Continuando con la redacción del articulado de esta ley, en el artículo 15, se establecen los principios de la acción preventiva que deben regir la actuación del empresario. Además el personal que destine a estos menesteres, deberá contar con las capacidades profesionales adecuadas y suficientes para la realización de las tareas que en materia de seguridad y salud se les encomiende.

Tras establecer esta guía general para la actividad preventiva, en el artículo 16 de esta ley, se recuerda la obligación de aunar la prevención de riesgos laborales con el sistema de gestión empresarial. Esto se consigue mediante el plan de prevención de riesgos laborales, como herramienta de implementación que abarca a todas las actividades y a todos los niveles jerárquicos. Las herramientas para gestionar y aplicar el plan de prevención son la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva:

1. El empresario realizará una evaluación inicial de riesgos en lo referente a la seguridad y salud de sus trabajadores teniendo en cuenta la actividad que realizan, las características de los puestos y los trabajadores.
2. La evaluación se realizará (o revisará) cuando se adquieran nuevos equipos de trabajo, nuevas sustancias o materias para el proceso, varíen las condiciones de los puestos de trabajo o se hayan producido daños en la salud a los trabajadores.
3. Se considerará la necesidad de controles periódicos para detectar nuevas situaciones de riesgos y para evaluar la efectividad de las medidas de protección tomadas (seguimiento de actividades preventivas).
4. Si las evaluaciones ponen de manifiesto una situación de riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario ejecutará todas las actividades preventivas que estime oportuna para eliminar o reducir y controlar la situación de riesgo.
5. El empresario deberá iniciar una investigación en dos situaciones: que haya habido un daño para la salud o que los controles de salud periódicos detecten indicios de unas medidas preventivas deficientes. Esta investigación buscará las causas que han provocado los hechos anteriores.

Igualmente en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se hacen referencias a:

- Planificación preventiva, constatando su necesidad y contenido (artículo 8)
- Definición, contenido y procedimiento de la evaluación inicial de riesgos (artículo 4 y 5). Establece la obligatoriedad de la evaluación de los riesgos identificados que no hayan podido eliminarse. La evaluación inicial tendrá en cuenta las condiciones de trabajo existentes o previstas del puesto y la especial sensibilidad del trabajador por sus características personales o estado biológico conocido (especial mención a trabajadoras embarazadas). Concreta la nueva evaluación de los puestos cuando:
  - Elección de equipos de trabajo, sustancias o introducción de nuevas tecnologías o modificación de los lugares de trabajo.

- Incorporación de un trabajador cuya especial sensibilidad o estado biológico que se conozca lo hace especialmente vulnerable a los riesgos identificados en el puesto.
  - Cambios en las condiciones de trabajo.
- Revisión de las evaluaciones (artículo 6). Establece una revisión cuando exista una disposición legal específica (actividad, sector, materiales...), se hayan detectados daños para la salud, exista deterioro de los elementos del sistema productivo, o según se llegue a un acuerdo entre empresario y representantes de los trabajadores.

Este marco legal justifica las evaluaciones de riesgo de los puestos que se han llevado a cabo puesto que:

1. En un caso se alerta de un recrudecimiento de las condiciones de trabajo, por un previsible cambio en las condiciones, deterioro o modificación de procesos productivos.
2. Una alerta desde el servicio médico por el personal de limpieza de torre, previsiblemente por un cambio en las condiciones de trabajo.
3. La incorporación de nuevas tecnologías o una instalación nueva, hace necesaria la evaluación del puesto, aunque sea similar a otros que ya desarrollan los operarios.

Este marco legal nos autoriza para las evaluaciones higiénicas que se pretenden:

- ✓ Evaluación del riesgo por exposición a un contaminante químico en un ambiente pulverulento: los representantes legales de los trabajadores nos alertan de quejas de éstos por la existencia de humo o polvo permanente en la zona de ensacado y extracción.
- ✓ Evaluación de riesgos por exposición a ruido: se ha incorporado una nueva instalación para una línea de producción de molienda. Sigue la misma filosofía que las líneas ya existentes aunque usando equipos nuevos (motores, virola de molino, ventiladores...).
- ✓ Exposición a altas temperaturas en el puesto de trabajo: desde el servicio médico de la empresa nos alertan de intervenciones por desvanecimientos del personal de limpieza de torre durante su trabajo.

## 2. Introducción

Atendiendo a nuestra normativa es responsabilidad del empresario establecer los requisitos para que sus trabajadores trabajen en un entorno seguro. Para ello disponen de un amplio abanico de herramientas para evaluar los puestos de trabajo, tomando y aplicando las decisiones oportunas para cuidar de la salud y seguridad de sus empleados. En el caso que nos ocupa, se analizarán los riesgos a los que se someten a trabajadores expuestos a agentes químicos, concretamente sílice y polvo en ambiente, además de agentes físicos como son las temperaturas en el ambiente de trabajo (extremas en este caso) y la exposición a ruido en las instalaciones.

El caso de la intoxicación por sílice presente en el polvo de cemento, entraña gran peligro ya que debido a su naturaleza, tiene efectos a largo plazo, y no aparecen de inmediato. Las partículas que son capaces de llegar hasta los alveolos pulmonares tienen tamaños menores de 5 micrómetros, mientras que las otras se ven retenidas en mecanismos de protección como pueden ser la mucosidad nasofaríngea, bronquios superiores y vellos nasales. Este hecho cobra gran importancia en la intoxicación por sílice, puesto que la vía de entrada al organismo es mediante el aparato respiratorio (vía respiratoria), y el cemento, por su naturaleza física, se presenta en formato polvo.

Debemos de preguntarnos qué cantidad de partículas menores de 5 micrómetros se encuentran en el cemento. Para determinar este hecho, nos valemos de los análisis de cemento que se realizan en la planta en tiempo real del cemento producido. Este análisis se realiza mediante un equipo del fabricante MALVERN® que mide el tamaño de partícula mediante la técnica de la difracción láser. Esta técnica se basa en la medición de la intensidad y ángulo de dispersión que produce un haz láser al atravesar un material.

De forma paralela al análisis físico se realiza el análisis químico. Éste se lleva a cabo igualmente de forma automática para cada una de las muestras que se recogen en la planta. El análisis químico se lleva a cabo mediante espectrometría de rayos X en un equipo del fabricante THERMO® modelo 9800XP.

En la planta se fabrica y ensacan dos calidades o tipos de cemento reglados bajo normas UNE, cuyo nombre es I42,5SR y I52,5SR. Estos análisis en tiempo real ofrecen, por un lado el contenido de sílice presente en las muestras y por otro el tamaño de partícula.

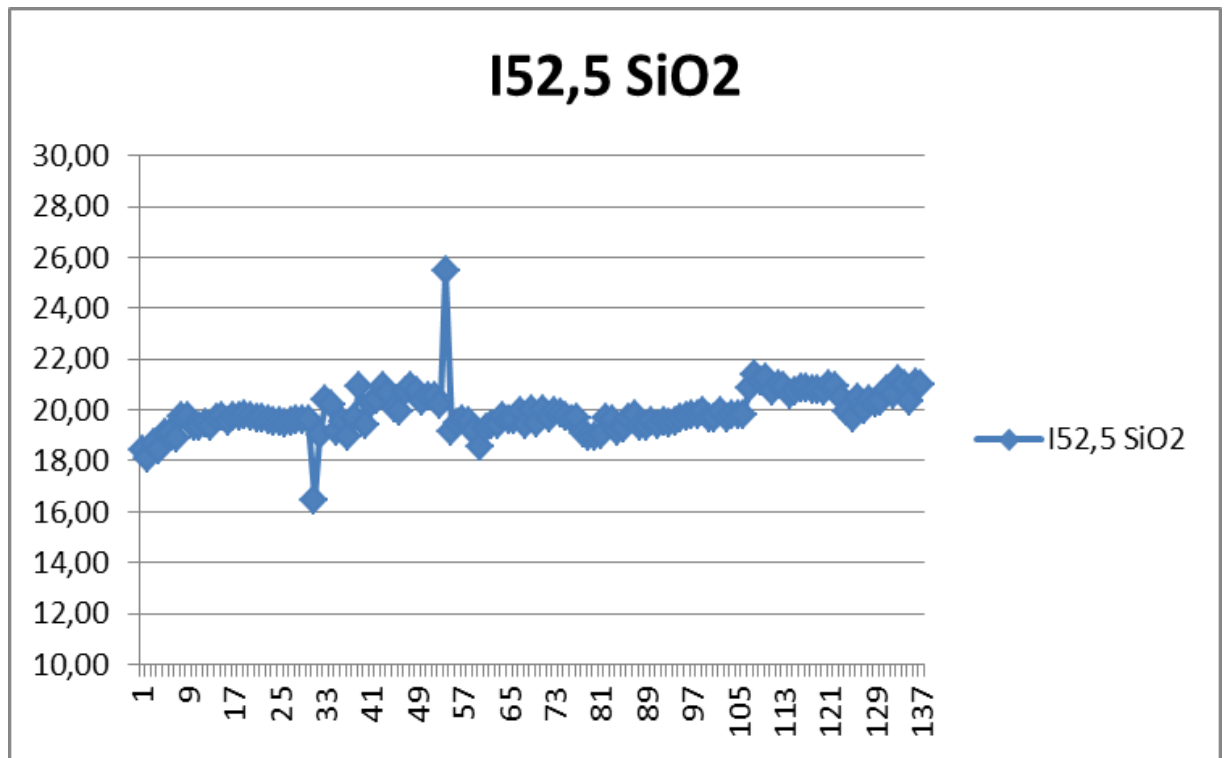


Figura 4: Cantidad Sílice en cemento tipo I52.5SR  
(Elaboración propia, 2016)

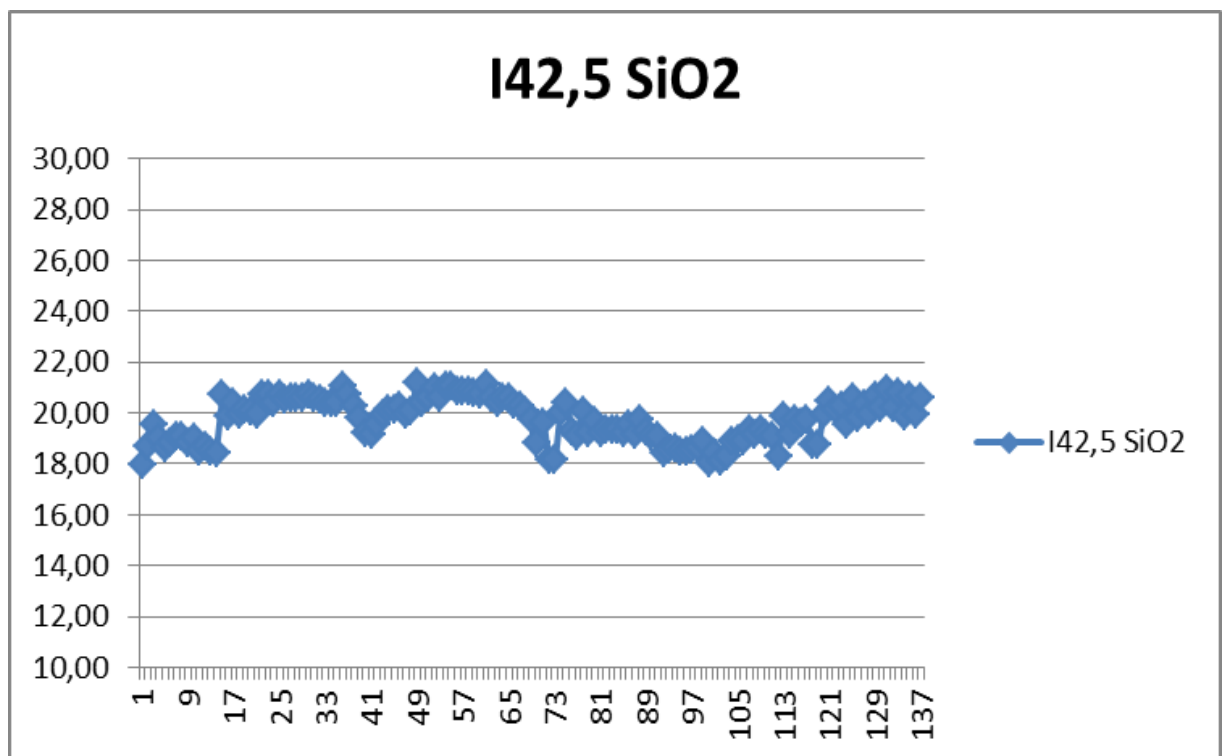


Figura 5: Cantidad Sílice en cemento tipo I42.5SR  
(Elaboración propia, 2016)

Igualmente podemos cuantificar el tamaño de partícula desde el mismo laboratorio de calidad, pero solo podemos obtener el porcentaje de partículas menores de 25µm, que en estos tipos de cemento es elevado:

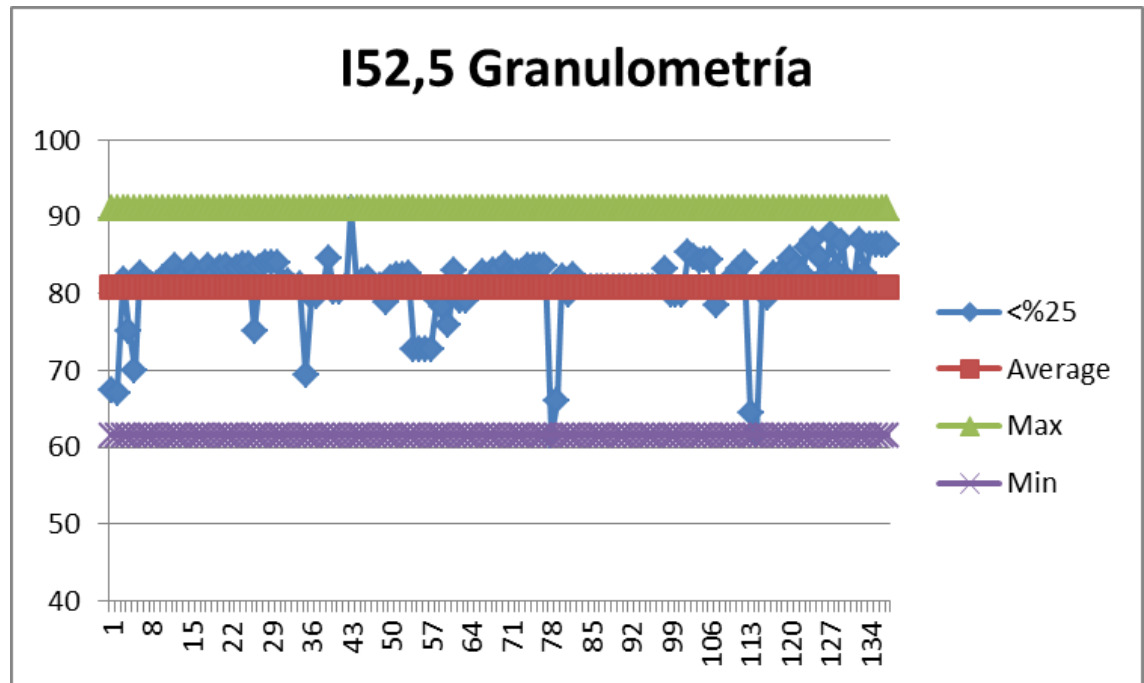


Figura 6: Porcentaje partículas inferiores a 25 micras tipo I52.5 (Elaboración propia, 2016)

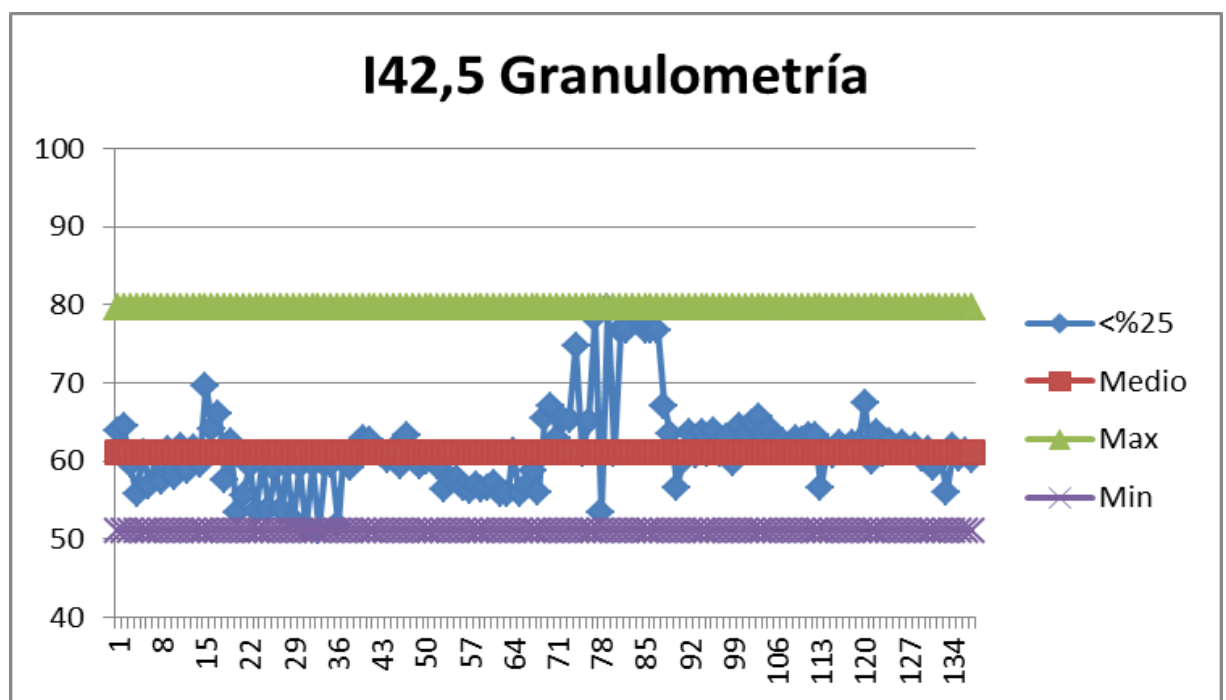


Figura 7: Porcentaje partículas inferiores a 25 micras tipo I42.5 (Elaboración propia, 2016)



Aseguramos que habrá un alto porcentaje de partículas menores de 25 micrómetros (entorno al 80% y 60% de media según la calidad que se produzca). Se entiende que existe en cada muestra un porcentaje considerable de partículas que puedan alcanzar los alveolos pulmonares al tener tamaños inferiores a 5 micrómetros.

Una relación no exhaustiva de enfermedades derivadas de la exposición a sílice (dióxido de silicio, SiO<sub>2</sub>) que se encuentra en el polvo en suspensión:

- Bronquitis crónica
- Silicosis: neumoconiosis producida por inhalación de partículas de sílice. Entendemos por neumoconiosis la enfermedad a causa del depósito de polvo en los pulmones con una reacción patológica frente al mismo, especialmente de tipo fibroso.
- También existe un tipo de neumoconiosis por cemento que es de evolución lenta y benigna
- Riesgo de padecer asbestosis en la fabricación de fibrocemento
- Riesgos de inhalación de diatomeas y toba, cuando se usa ceniza volcánica
- Puede haber una tuberculosis.

Igualmente el manejo de cemento puede provocar otras patologías (aunque importantes no son objeto de estudio en este caso) como enfermedades digestivas, manifestándose en úlceras gástricas o gastroduodenales, y la aparición de alergias por entrar en contacto con el polvo de cemento (normalmente debido al cromo hexavalente que no se ha reducido).

Otra problemática motivo de estudio son las situaciones en las que el trabajador se somete a temperaturas extremas, que está siendo foco de problemas en la empresa objeto de estudio. El ser humano dispone de mecanismo que se han demostrado altamente eficaz para regular su temperatura interna. El sistema de termorregulación más visible que tenemos es la regulación por evaporación a través de la sudoración. La generación de sudor y su posterior evaporación ayuda a eliminar calor o energía sobrante del cuerpo y mantener así su temperatura en unos valores seguros (unos  $37^{\circ}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ). ¿Qué efectos produce en el cuerpo humano someterlo a temperaturas elevadas? La más conocida es el golpe de calor, pero también debemos incluir las quemaduras, hiperpirexia, inestabilidad circulatoria, afecciones de la piel, anhidrosis, déficit salino y deshidratación.

Por último se llevará a cabo un estudio de ruido sobre la nueva línea de fabricación de cemento, concretamente en el área de molienda de cemento. Atendiendo a la normativa vigente que señala la obligación del empresario de proteger a sus empleados, se incluye la obligación de revisar las evaluaciones de riesgo o realizar nuevas en el caso de introducción de nuevos equipos o sistemas productivos. Debido a esta obligación, se realizará la evaluación de ruido para la nueva instalación.





Figura 8: Equipo ARL fabricante THERMO  
(thermo.com.cn, 2008)

### 3. Hipótesis de partida

La situación de los operarios de la fábrica es motivo de preocupación pues:

- Aumentan las visitas que el personal de limpieza hacen al servicio médico. Sufren mareos, deshidratación e incluso episodios de irritabilidad. Se espera que, mediante el estudio de las condiciones de trabajo a las que están sometidos, afirmar que trabajan con unas temperaturas extremas durante su jornada laboral que provocan que el riesgo al que están sometido sea intolerable.
- Las protestas del personal de ensacado por la existencia de polvo en suspensión ha obligado a un análisis exhaustivo del ambiente de trabajo. Tras la toma de muestras y análisis pertinentes para determinar el nivel de polvo y sílice, se enuncia que dichos niveles estarán por encima de los valores límites legales, tomando las medidas paliativas necesarias.
- La introducción de una nueva línea de molienda de cemento hace necesario evaluar el nivel de ruido existente en el proceso. Se cree que los resultados de la medición mostrarán que los trabajadores están sometidos a unos niveles de ruido por encima de los valores límites legales definidos en el RD 286/2006, que implicarán la puesta en marcha de medidas correctivas para minimizar esta situación.

Desde el departamento de prevención se comprobará la veracidad de estos hechos aplicando metodologías de análisis de riesgos para evaluar la incidencia en la salud de los trabajadores.

## 4. Objetivos

### 4.1. General

Atendiendo a la situación del personal e instalaciones y el marco legal nacional, se evaluará la exposición a ciertos agentes químicos y físicos que pueden originar problemas en la salud de los trabajadores. Posteriormente con los resultados de estas evaluaciones se implementarán una serie de medidas tendentes a paliar las situaciones que se haya detectado que puedan atentar contra la seguridad y salud de los trabajadores en el desarrollo de su jornada laboral.

Para esta implementación se creará una planificación que establezca una línea para el establecimiento de las medidas, todas ellas destinadas a la reducción o eliminación del riesgo evaluado. Según los resultados de dicha evaluación se priorizarán las medidas correctivas urgentes frente a las preventivas. Siempre se buscará ejecutar medidas de carácter colectivo frente a la protección de carácter personal.

Se establecerá el marco para la implantación de un Sistema de gestión de seguridad y salud basado en el estándar OHSAS 18001, plasmándolo en una política vehemente de seguridad y salud que plasme el compromiso de la alta dirección de Cementos U.

### 4.2. Específicos

Para cumplir la meta general se llevará a cabo un estudio higiénico para evaluar la exposición a la que están sometidos los trabajadores en distintos puestos durante la jornada laboral. Se establecen los siguientes objetivos específicos a alcanzar:

- Atender la demanda de los trabajadores a través de sus representantes legales.
- Identificar los riesgos (químicos y físicos) a los que están expuestos los trabajadores.
- Sobre la exposición de los trabajadores polvo en suspensión y sílice en el caso:
  - Evaluar la exposición al riesgo mediante una metodología específica.
  - Comparar los resultados obtenidos con los límites de referencia legales.
  - Decidir la necesidad de medidas para paliar o eliminar el riesgo evaluado. Si procede, describir las medidas a implementar.

- Sobre la exposición de los trabajadores a altas temperaturas en su entorno de trabajo:
  - Evaluar la exposición al riesgo mediante una metodología específica.
  - Comparar los resultados obtenidos con los límites de referencia legales.
  - Decidir la necesidad de medidas para paliar o eliminar el riesgo evaluado. Si procede, describir las medidas a implementar.
- Sobre la exposición de los trabajadores al ruido en la zona de trabajo, atendiendo a la normativa legal pues es una instalación de nueva adquisición:
  - Evaluar la exposición al riesgo mediante una metodología específica.
  - Comparar los resultados obtenidos con los límites de referencia legales.
  - Decidir la necesidad de medidas para paliar o eliminar el riesgo evaluado. Si procede, describir las medidas a implementar.

Además del estudio higiénico realizado, se describirán las fases necesarias para alcanzar el objetivo de implantación de un sistema de gestión de seguridad y salud basado en el estándar OHSAS 18001. Se aprovechará el trabajo realizado en el presente trabajo para incorporarlo en el sistema de gestión, añadiendo la identificación y evaluación de riesgos de los demás puestos y las demás ramas de la prevención.

## 5. Descripción de la empresa y modelo de producción

El centro de trabajo se encuentra situado en Alcalá de Guadaira, accediendo al mismo a través de la vía de servicio, en el kilómetro 7.5 de la autovía A92 en sentido Sevilla ( $37^{\circ}21'33.2''\text{N } 5^{\circ}51'56.4''\text{W}$ ).



Figura 9: Localización de la factoría de cemento  
(Elaboración propia, 2016)

El grupo Cementos U empieza su andadura en 1905 cuando se funda su matriz con una capacidad de producción de 25.000 Tm. anuales. Posteriormente el grupo aumenta su capacidad productiva con la adición de nuevas fábricas o adquisiciones de otras empresas o grupos. Actualmente la fábrica de Sevilla (objeto de estudio) cuenta con el mayor horno español para la producción de Clinker, confiriéndole una capacidad de. Cuenta con grandes logros en el sector industrial, entre ellos para optimizar su sistema productivo para convertirse viable para la exportación a otros países, superando la actual crisis económica mundial.

Aunque los orígenes de la factoría objeto de estudio se remontan hasta los años 60, ésta ha sufrido un fuerte proceso de remodelación, actualización e inversión. Así hoy en día:

- Cuentan con uno de los mayores hornos españoles.
- Dispone de cantera de margas, instalación de trituración de 1.000 toneladas/hora
- Cuenta con una sección de molienda de crudo de 330 toneladas/hora

- El horno de clinkerización tiene capacidad para producir 4.000 toneladas/día.
- Dispone de tres líneas para molienda de cemento, que se almacena en un sistema de 6 silos, con una producción de cemento de 1.450.000 (t/año):
- Existen dos líneas ensacado de cemento automáticas, además como un sistema venta a granel para carga de cisternas de cemento de forma automática.

Los recursos naturales se importan desde una serie de canteras mediante concierto con suministradores para el abastecimiento del proceso completo. Un plantilla superior al centenar de personas, asegura el correcto funcionamiento de la factoría. Éstos se dividen en personal que trabajan a turnos rotativos, operarios de mantenimiento eléctrico, mecánico, jefes de área, recursos humanos, técnico de prevención y director.

En cuanto a recursos humanos, la factoría cuenta con una plantilla fija de 200 trabajadores, de los cuales unos 75 trabajan a turnos rotativos. De forma paralela se encuentran de forma regular en las instalaciones, personal de subcontratas para realizar tareas de apoyo o trabajos concretos que no se pueden realizar con personal propio. Dentro de la plantilla se hallan los puestos objeto de estudio:

- ✓ Ensacador/Granelero
- ✓ Vigilante de proceso
- ✓ Personal de limpieza de torre.

Sus tareas serán descritas de forma exhaustiva en un apartado posterior, así como el reflejo de la identificación de riesgos completa. Analizaremos la problemática de los puestos que van a ser objeto de evaluación higiénica.

La empresa se organiza según el siguiente organigrama:

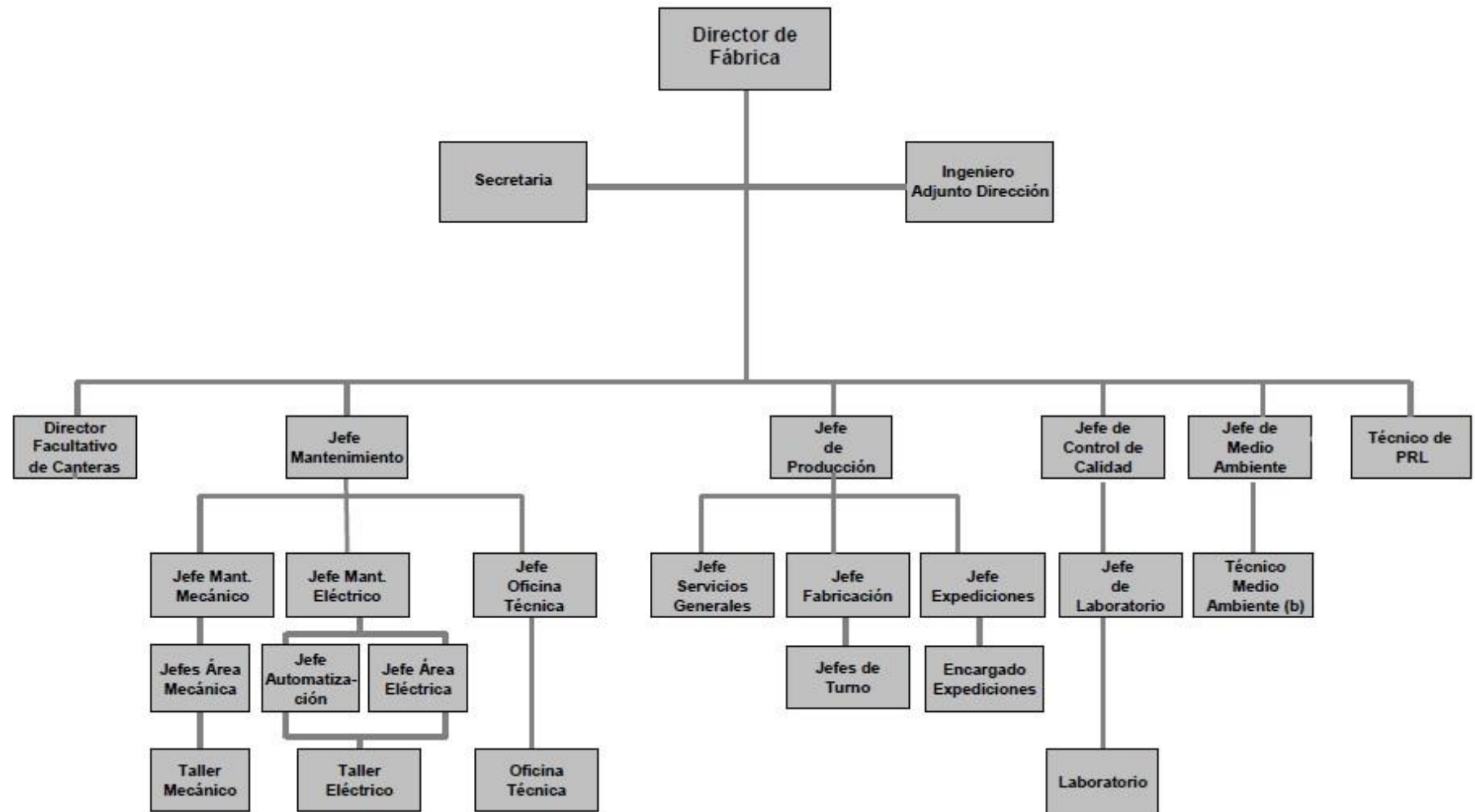


Figura 10: Organigrama factoría  
(Elaboración propia, 2016)



En este gráfico se resume el organigrama de la empresa, desde el director, pasando por los distintos jefes de área hasta llegar a los jefes de equipo o team leaders y personal de campo. La factoría dispone de un responsable del servicio de prevención y recursos suficientes para sus labores dentro de la factoría. La modalidad escogida en la factoría es el denominado servicio de prevención mancomunado, con el siguiente organigrama:

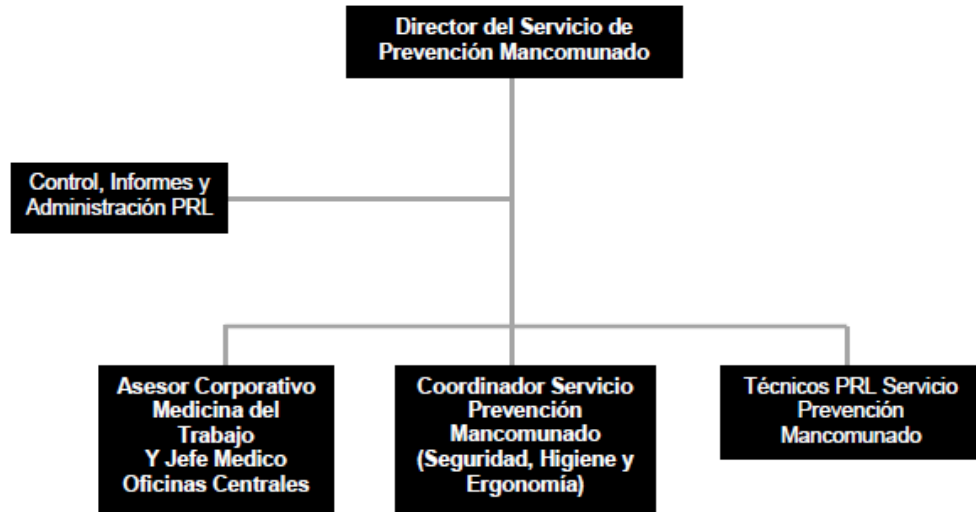


Figura 11: Organización SPM (Cementos Portland Valderrivas, 2015)

## 5.1. La producción de cemento

¿Cómo se produce el cemento? De forma esquemática en la siguiente imagen se expone una versión que se comentará a continuación:



Figura 12: Proceso elaboración cemento (Flacema, 2016)



Desde las canteras se obtienen margas y calizas como materias primas para el proceso de fabricación. A éstas se les añadirán correctores de alúmina y óxidos que actuarán como fundente para facilitar la fase líquida en la cocción dentro del horno. Estas materias se adicionan de forma automática en la fase de secado y molienda. En ésta fase se obtiene una pasta (denominada crudo), formada por distintos porcentajes de margas, calizas y correctores, triturado todo hasta conseguir unas finuras con un rechazo sobre un 20% a 90 micrómetros.

El crudo se introduce en el intercambiador de calor que se compone de ciclones que conforman un camino descendente del material, pero en sentido opuesto a los gases que provienen del horno. Durante esta fase se produce un intercambio de calor entre el material crudo y una decantación de las partículas más grandes hacia el horno, mientras que las restantes son arrastradas por la corriente de aire (existe un sistema de recuperación de estas partículas mediante filtros, para volver a introducirlas en el horno).

Dentro del horno el material se eleva a temperaturas de trabajo que rondan los 1500°C, lo que provocan una serie de reacciones que van a darle al material las propiedades necesarias para su posterior uso en la elaboración de cemento (existe amplia bibliografía sobre las reacciones químicas que se producen en el horno). Toda esta energía calorífica se produce mediante un mechero situado al final del horno, empleando emplear gas natural, coke de petróleo u otros combustibles. De esta fase se obtiene un material denominado Clinker.



Figura 13: Clinker  
(recuperaresiduosencementeras.org, 2016)

Para la obtención final de cemento comercial, se emplean molinos de bolas para triturar el clinker y las adiciones necesarias (yeso, caliza, cenizas volantes...) según el tipo de calidad normalizada que se quiera obtener (porcentajes de adiciones y finura del cemento).

El cemento que se produce y cumple con los estándares de calidad, se almacena en silos y abandonará la fábrica tras el proceso de ensacado y paletizado, o mediante camiones cisternas que se cargan directamente de los silos.

Todo este proceso se puede visualizar de forma más amena en uno de los vídeos ilustrativos que, desde La Fundación Laboral Andaluza del Cemento y el Medio Ambiente (FLACEMA) se edita y ponen a disposición de todos los públicos.

## 6. Descripción general de los puestos

Los puestos principales objetos de estudio son los siguientes: puesto de expedición de cemento, puesto de limpieza de torre y puesto de vigilante de molienda de cemento.

### 6.1. Puesto de expedición de cemento

La instalación a la que está asignado este operario funciona en un régimen de 24x7, por ello el personal se distribuye en turnos rotativos de ocho horas, haciendo turnos de mañana, tarde y noche, con un total de 2 ensacadores para cubrir las dos líneas de ensacado que existen y funcionan simultáneamente. Entre sus funciones podemos destacar:

- ✓ Controlar el buen funcionamiento de la máquina ensacadora
- ✓ Poner sacos a la máquina y recoger los sacos en caso que se rompan o caigan de la máquina.
- ✓ También deben poner los palés de sacos vacíos en su sitio para su posterior colocación en la máquina.
- ✓ Controlar los túneles de extracción de material bajo los silos.
- ✓ Limpieza de la sección.

El desarrollo de su trabajo lo realizan junto a la ensacadora automática y en los túneles bajo los silos de cemento. En estos túneles están las bocas de extracción y los tornillos sin fin que acercan el cemento a los elevadores de cadenas que dejan el cemento en la entrada de la ensacadora. Las bocas de extracción son neumáticas y presentan fisuras, parches, juntas deterioradas que permiten el escape de cierto volumen de cemento. Igualmente los cuerpos de las roscas no son herméticos, las tapas y cunas están deformadas por golpes para desatascos, caídas, mantenimientos, que igualmente provoca el escape de cemento en polvo en el momento que la presión interior superar a la del exterior.



Figura 14: Sistema de extracción de cemento  
(Elaboración propia, 2016)

El personal se queja de un excesivo polvo en suspensión, que les dificulta la respiración y en ciertos casos la visibilidad. Acuden con asiduidad al servicio médico, aquejados de dificultades respiratorias pasajeras, que achacan a síntomas gripales (por frío en invierno, y cambios de temperaturas en verano). Incluso dejan constancia de gran cantidad de restos de cemento en los pañuelos que utilizan para limpiarse la nariz.

La empresa facilita el siguiente equipo de trabajo a los operarios:

- Pantalón de algodón
- Camisa de algodón de manga larga
- Botas de seguridad con puntera metálica de refuerzo
- Casco
- Gafas de protección
- Guantes para riesgos mecánicos

Para una información completo, se adjunta en el anexo la identificación general de riesgos del puesto en cuestión.

## 6.2. Puesto de limpieza de torre de intercambio

Este puesto reviste de gran importancia, pues por un lado la limpieza diaria y rutinaria sirve de prevención frente a los atascos. Por otro lado su rápida actuación ayuda a minimizar los tiempos muertos en los paros de la producción del horno de Clinker por atasco

Su zona de trabajo se centra principalmente en la torre de intercambio de calor, donde el material es calentado en sucesivas etapa, decantándose por granulometría a la siguiente, hasta llegar al horno de clinkerización donde se finalizará el proceso con mayor aporte energético.

Como hemos comentado, tienen un rol que supone una serie de tareas rutinarias y diarias. Y otra faceta que se activa cuando se produce un atasco en cualquier punto de la torre de ciclones, debiendo de acudir a la mayor brevedad.

Para la realizar su trabajo cuentan con sistemas explosivos y lanzas de agua a presión (2000 kg/cm<sup>2</sup>) para atacar el material pegado e ir evacuándolo hacia plantas inferiores. El sistema de inyección de agua se encuentra montado en la torre (bomba automática y tuberías de distribución con sistema de conexión rápido para mangueras. Los explosivos se encuentran debidamente almacenados en un taller o local de descanso del personal de limpieza.

El trabajo se desarrolla de la siguiente manera para tareas rutinarias de limpieza diaria:

- ✓ Se identifican una serie de puntos o registros practicados en la torre, por los que los operarios introducen las lanzas de agua para limpieza de tipo preventivo.
- ✓ Mientras uno de ellos aguanta la lanza de agua, el otro dispone de una botonera que activa y desactiva la bomba de agua de forma remota.
- ✓ Mientras está activa esta bomba, se produce la limpieza por el chorro de agua a presión que sale de la punta de la lanza de agua.

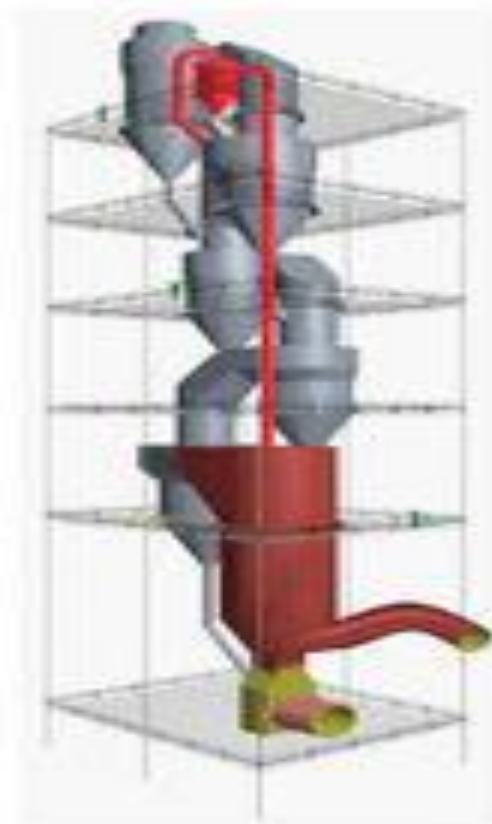


Figura 15: Esquema de torre de ciclones (directindustry.com, 2016)

- ✓ El operario con la botonera desactiva la bomba, se retira la lanza y se ataca al conjunto de la torre desde otro registro de limpieza.

En el caso que existe la necesidad de limpieza para desatasco, se actúa de forma localizada en el punto que ha provocado el problema:

- ✓ Identificada la zona del atasco desde la sala de control, se acude con el personal de limpieza para corroborar el atasco.
- ✓ Se emplean varillas corrugadas para inspeccionar el interior de los ciclones y los tubos de descarga. Se introducen por los registros de inspección, registros de la limpieza diaria y los puntos o bases de sujeción por los que se introducen y anclan los explosivos.



Figura 16: Explosivo CARDON (cardon.net, 2016)

- ✓ Una vez constatada la zona del atasco, se evalúa la necesidad de emplear explosivos y/o lanza de agua.
  - Los explosivos se introducen en unas bases para tal efecto y se detonan de forma remota.
  - El agua se inyecta mediante la lanza de unos tres metros de longitud con una cruceta en su extremo para que el operario la agarre. Se introducen por los registros de inspección.
- ✓ Se van comprobando que el material va cayendo hacia la entrada del horno. Se pueden producir nuevos atascos en zonas inferiores del sistema de ciclones que obligan a repetir el mismo procedimiento combinado de limpieza.



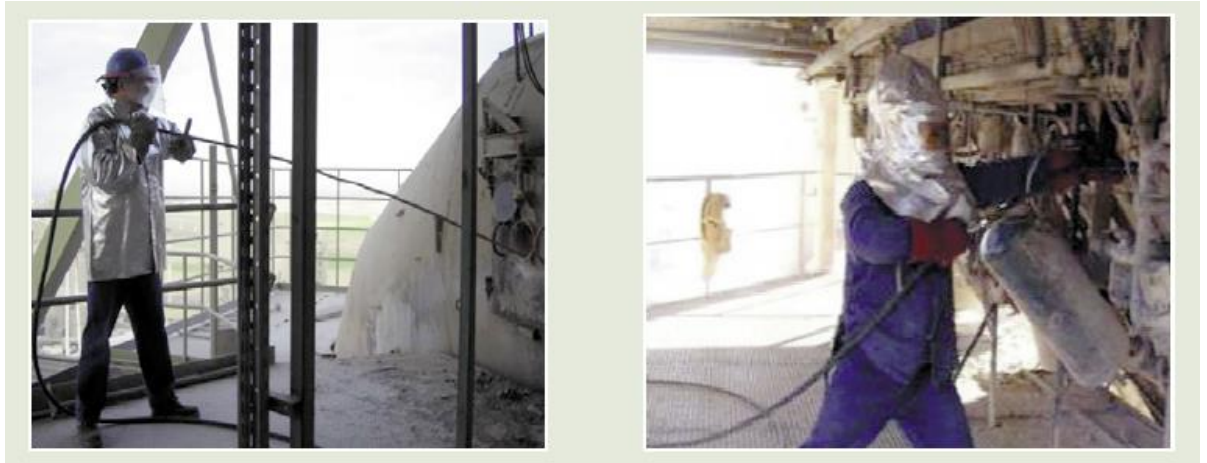


Figura 17: Limpieza de ciclones con lanza de agua (oficemen.com, 2016)

Los valores de temperatura de trabajo del sistema productivo se mueven en un rango bastante amplio. Desde la salida del horno giratorio donde se pueden alcanzar más de mil grados centígrados hasta la entrada del mismo con unos valores alrededor de  $850^{\circ}\text{C}$ , hasta la salida de la torre de ciclones donde el rango de temperatura se sitúa sobre los  $450^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas que irradian las paredes metálicas son menores gracias al revestimiento de ladrillos u hormigón refractario. Mediante una cámara termográfica como el modelo FLK-TIS40 de la marca Fluke®, se aprecian los rangos de temperatura en la zona de trabajo:

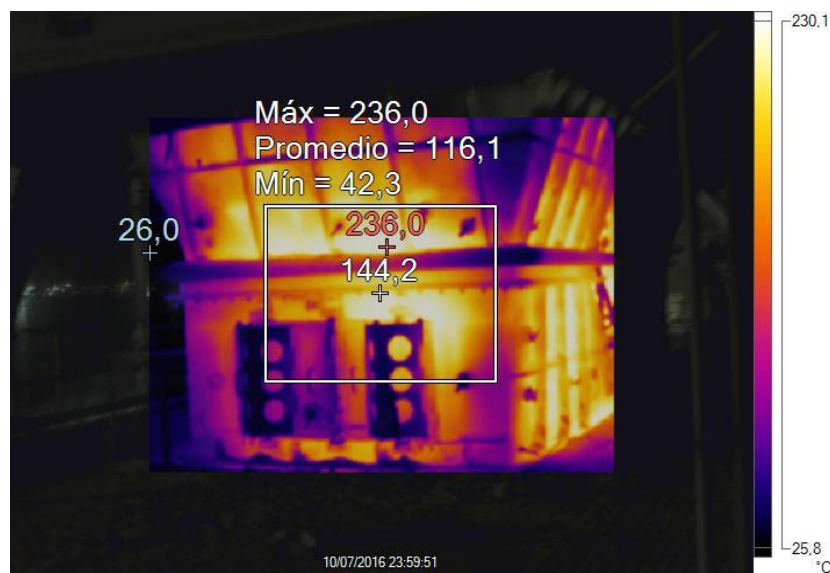


Figura 18: Temperatura en Ciclones (primera planta)  
(Elaboración propia, 2016)

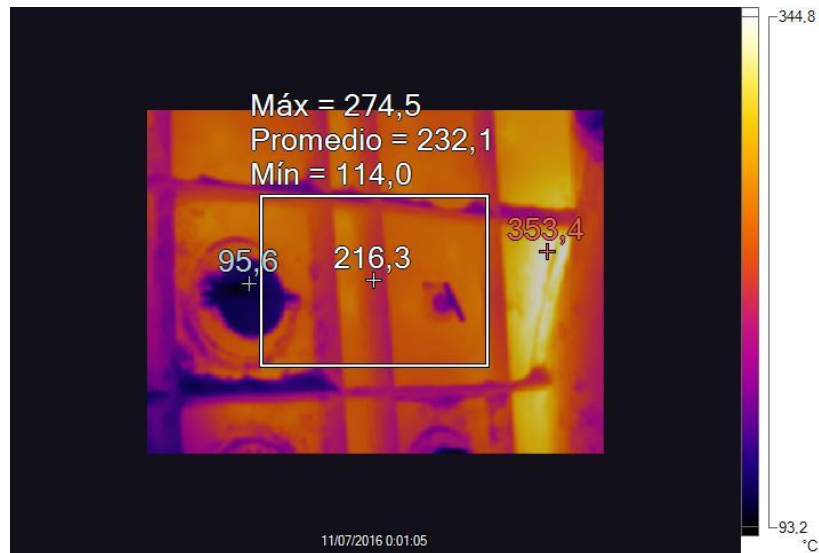


Figura 19: Temperatura en Ciclones (segunda planta)  
(Elaboración propia, 2016)

En las imágenes térmicas se puede ver las temperaturas que radia la chapa sobre la que se sustenta el hormigón refractario y/o ladrillos. Las manetas de registros de inspección, tapas de registros de inspección y portales amplios de limpieza de la torre se identifican con las temperaturas más bajas (azules). Mientras que los colores más brillantes corresponden con zonas de temperatura alta. Así mientras que los registros pueden estar a unos 110°C, hay zonas de la chapa que están a más de 280°C.

La exposición a una temperatura extremadamente alta durante las tareas encomendadas, se puede traducir en unos efectos adversos para la salud de los trabajadores. Podríamos destacar que, a corto plazo, pueden sufrir:

- Aumento de la irritación, ira y/o agresividad.
- Cambios de humor
- Depresión
- Aumento de la actividad del corazón,
- Aumento de la sudoración, desequilibrio de niveles de agua y de sal en el cuerpo.
- Disminución de la agudeza en la realización del trabajo y/o falta de concentración que puede provocar errores.
- Fatiga

Tal y como se ha descrito en el rol que desempeñan los operarios en este puesto, se les provee de un equipo personal acorde a las tareas a realizar:

- Mono ignífugo
- Calcetines ignífugos
- Calzado ignífugo

- Pantalla adaptable al casco de seguridad
- Guante ignífugos

Se adjunta la identificación general de riesgos que se realizó del puesto en cuestión. El estudio se centrará en la problemática de la exposición a altas temperaturas de estos operarios durante su jornada laboral

Para una información completo, se adjunta en el anexo la identificación general de riesgos del puesto en cuestión.

### **6.3. Puesto de vigilante de molienda de cemento**

Los operarios que se engloban dentro de este rol tienen una alta especialización, experiencia y diversidad de tareas que acometer durante su jornada laboral.

La que nos ocupa reviste gran importancia pues se pueden considerar como los “ojos y manos” del personal de control de procesos centralizado. Mediante sistema tipo walkie-talkie mantienen un estrecho contacto con el personal del centro de control para poder atender las demandas de éstos.

Son encargados de la instalación de elaboración de cemento que incluye desde equipos de lubricación, bombas de impulsión, regueras y sistemas neumáticos de transporte, molino de bolas, elevadores de cangilones. De forma general podemos enumerar las competencias que deben de cubrir:

- Vigilancia funcionamiento del proceso productivo de los molinos de cemento: control y funcionamiento, desatasco de tolvas, transferencias de material en sistemas de transporte.
- Descargas de productos químicos (provistos de fichas de seguridad química).
- Limpieza general del entorno de trabajo
- Manejo de maquinaria :carretillas elevadoras, minidumper, minipala cargadora





Figura 20: Minipala Cargadora  
(Bobcat México, 2016)

Igualmente, se realizó la identificación de riesgos del puesto en cuestión, la cual se adjunta en el anexo para ofrecer la información completa que incluye tanto la evaluación en seguridad y ergonomía y psicología aplica que no son objetos de este estudio.

Este estudio se centrará en la evaluación de la exposición al ruido de los operarios, debido a la nueva instalación añadida a la línea productiva de la fábrica de Cementos U.

## 7. Metodología de evaluación de los puestos. Justificación

### 7.1. Metodología para el puesto de ensacador

Tanto para la estrategia de medición como para la valorización de los resultados, se tendrá en consideración el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, la norma UNE-EN 689:1996 sobre atmósferas en el lugar de trabajo y directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición, la ITC 2.0.02 sobre protección de los trabajadores contra el polvo en relación con la silicosis, y los valores límites ambientales publicados por el INSHT.

En este punto ya se ha definido exhaustivamente el lugar de trabajo (la fábrica, zona de ensacado) y el puesto de trabajo de ensacador (verificación maquinaria, colocación sacos, control de extracción...). El contaminante se encuentra en forma de aerosol sólido, es decir, pequeñas partículas dispersas en el aire (medio gaseoso).

Este puesto de trabajo tiene un régimen de basado en tres turnos rotativos, disponiendo de 5 grupos que rotan para cubrir el horario completo, así hay un total de 10

ensacadores para cubrir las dos líneas de ensacado, los cuales forman un grupo de exposición homogénea (GHE). Éstos realizan las mismas tareas en la misma área de trabajo, estando sometidos a exposiciones teóricas similares durante su jornada laboral. Se realizará una evaluación cuantitativa, siguiendo la tabla expuesta en el anexo A de la norma UNE-689, donde se nos sugiere el número mínimo de muestras:

Tabla 1: Número mínimo de muestras por jornada (UNE-EN 689, Anexo A)

T duración de la muestra	Ejemplo de tipo de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% o de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por la UNE 689
10 segundos	Sistemas de lectura directa Medición puntual	720	30
1 minuto	Tubos colorimétricos de detección	120	20
5 minutos	Tubos colorimétricos de detección	24	12
15 minutos	Tubos Carbón activo, silicagel, Impingrers, etc.	8	4
30 minutos	Tubos Carbón activo, silicagel, Impingrers, etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles	1	1

(INSHT, 2000)

Esta norma sugiere como mínimo 1 o 2 muestras de duración 2 o 1 hora respectivamente por jornada laboral.

En la nota técnica de prevención 553 nos especifica el número de empleados a muestrear. Diremos que al ser un GHE o grupo homogéneo de exposición formado por 10 trabajadores, se deben supervisar a nueve empleados de los 10 que conforman el GHE, para garantizarla, con un 90% de probabilidad, que en el grupo que se muestrea estará uno de los trabajadores sometidos a la mayor exposición de contaminante. Se desarrollará durante los distintos turnos de trabajo, tomando 1 muestras por jornada de una duración mínima de dos horas, abarcando a nueve empleados del grupo homogéneo de exposición.

Al medir la exposición de los trabajadores por vía respiratoria, se suele preferir que la muestra sea personal frente a muestras ambientales, tomada alrededor de la zona de respiración del trabajador. Los métodos disponibles para la medición de contaminantes son:

- captación activa directa, que emplean una bomba (sistema activo) para forzar un caudal de aire a través de un elemento captador. Este captador puede estar en forma de filtros, bolsa para contener el aire adquirido, soluciones adsorbentes, sólidos absorbentes o combinación de ellos.
- captación por difusión, donde no hay equipo que fuerce la circulación de aire, ya que se basa en el movimiento de difusión del aire en el seno de un gas, en el cual se fijará el contaminante por difusión.
- Lectura directa, métodos rápidos donde la captación y la determinación de la concentración del contaminante es simultánea.

Para esta evaluación higiénica de la fracción de polvo respirable y sílice en el ambiente de trabajo, se dispone en el mercado de una gran oferta de filtros, portafiltros, así como bombas para la realización del muestreo. Son equipos sencillos de localizar adquirir, verificar, mantener, y para el análisis se dispone de laboratorios altamente especializados y una entidad pública de referencia como es el Instituto de Nacional de silicosis. Se detallarán al comentar el desarrollo de la evaluación.

Tras determinar el resultado de las mediciones, disponemos de los siguientes baremos para determinar las acciones:

1. El valor límite exposición diaria (VLA-ED) de referencia de la fracción de polvo respirable está tomado de la Orden ITC/2585/2007 que aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en su apartado 4.2.7. El valor máximo permitido es 3 mg/m<sup>3</sup>.
2. Los valores límite de exposición diaria (VLA-ED) por la exposición a sílice los podemos encontrar en la publicación del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el trabajo denominada “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España” del año 2016, y en la instrucción técnica anterior. Desde el INSHT se establece un límite máximo de 0,05mg/m<sup>3</sup>, mientras que en la Orden ITC/2585/2007 que aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, se establece un máximo de 0,1 mg/m<sup>3</sup> (a 0,05 mg/m<sup>3</sup> si fuese cristobalita).

El sistema de decisión será el explicado en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo para los casos en que el número de muestras es mayor que 6. Este criterio propuesto se encuentra igualmente detallando en la norma UNE-EN 689.

Éste supone que los resultados de exposición diaria se distribuyen de forma logarítmico-norma y se pueden representar en un gráfico donde el eje de abscisa será la probabilidad de la distribución y el eje representará la exposición diaria o el índice de exposición. Para la decisión nos basaremos en el siguiente criterio. Se puede dibujar una recta que se ajuste lo posible a la nube de puntos de la gráfica. El punto de esta recta cuya ordenada es el VLA-ED máximo con el que queremos comparar nuestro estudio (fracción de polvo respirable, y concentración de sílice), nos tiene un valor en el eje de abscisa que corresponde con el porcentaje de que no se supere dicho valor máximo. Por tanto, el complementario, es la probabilidad de que se supere el valor límite en la jornada laboral.

- a) Si  $(100-p) \leq 0,1\%$ : Exposición aceptable, no son necesarias mediciones periódicas (zona verde).
- b) Si  $0,1\% < (100-p) \leq 5\%$ : Aunque la exposición se considera aceptable, hay que implementar un plan de medidas periódicas (Zona amarilla).

c) Si  $(100-p) > 5\%$ : Hay que implementar soluciones para disminuir la exposición de los trabajadores al considerarla intolerable (Zona roja).

## 7.2. Metodología para el puesto de limpieza de torre

Para el caso de la investigación del ambiente de trabajo de los equipos de limpieza de torre sometidos a temperaturas extremas, se opta por un método de medición que no interfiere con el trabajo de los operarios, como es el WGBT. Se puede plantear como una buena primera aproximación, aunque posteriormente, si se considerara oportuno, se puede complementar con otro método. Entre estos podemos destacar el método del índice de sobrecarga térmica estimada (permitiría establecer un sistema de trabajo-descanso para una evaluación más rigurosa) o la realización de pruebas de medición directa de ritmo cardíaco, consumo calórico, sudoración y/o temperatura corporal (más invasivos e interfieren con la tarea que se está realizando), pero solo si los resultados del método WGBT no fueran aceptados o se estimara oportuno por cualquier otra razón.

## 7.3. Metodología para el puesto de vigilante de proceso

La factoría cuenta con otras líneas productivas existentes donde las evaluaciones indicaron que no se requiere protección especial frente al ruido (se suministran protectores auditivos, sin obligación de uso). Al ser una instalación nueva requiere una evaluación a este aspecto pues, aunque el proceso sea el mismo que las líneas existentes, la maquinaria es totalmente nueva.

La evaluación que se hará sobre la exposición a ruido (agente físico), se basa en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, la guía técnica para la evaluación y prevención, la norma UNE EN ISO 9612:2009 sobre la determinación de la exposición al ruido en el trabajo de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido, junto a las notas técnicas de prevención 950, 951 y 952 relativas a las estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido. Se atenderá a las siguientes pautas para las mediciones:

- Análisis del trabajo: se ha definido exhaustivamente el lugar de trabajo (la fábrica, organigrama, línea de producción de molienda de cemento) y el puesto de trabajo del vigilante de proceso.
- Estrategias de medición: basada en la tarea, en el puesto de trabajo (función) y de jornada completa. Como ni se puede, a priori, establecer una exposición regular al

ruido (es imprevisible), ni se puede dividir el patrón de trabajo, se empleará el método de medición de jornada completa. Éste que incluirá tanto periodos de altos niveles de ruido (funcionamiento completo de la instalación) como intervalos de menor nivel o silenciosos (paradas programadas o por problemas en la instalación).

- Número de mediciones: de deben realizar 3 mediciones durante 3 jornadas representativas de la exposición al ruido, preferiblemente durante la jornada completa de trabajo. Se dispone de cinco equipos de trabajo para cubrir tres turnos de trabajo que rotan en horario de mañana, tarde y noche. Se hará una medición durante un turno de mañana y dos mediciones durante turnos de noche, pues son los periodos donde la probabilidad de marcha es alta (atendiendo a la planificación del departamento de producción).

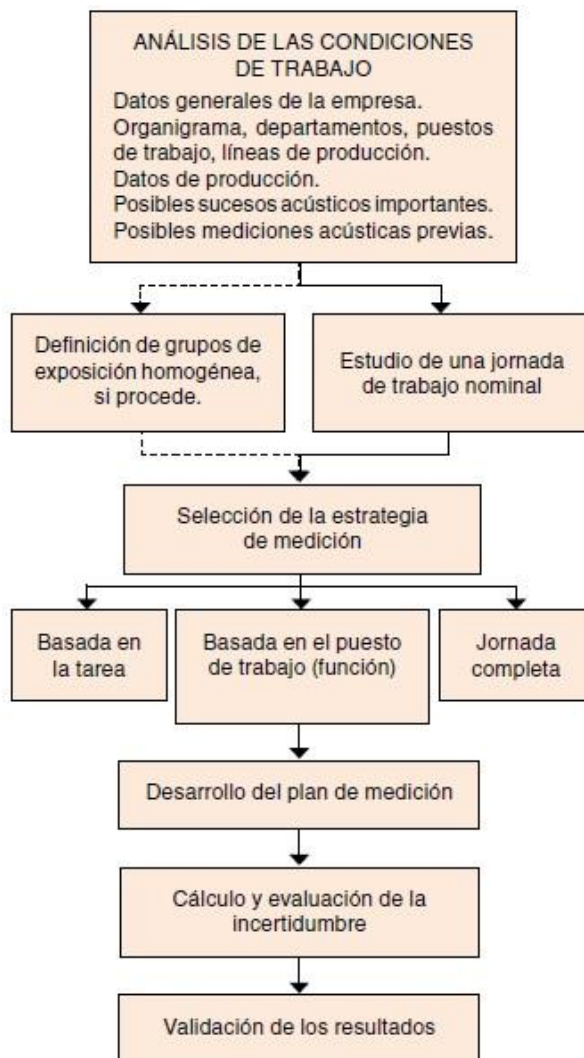


Figura 21: Metodología de actuación para medir  
(INSHT, 2012)

Si los tres resultados que se obtienen difieren 3dB o más, se deberá de medir en dos jornadas adicionales. Con todas las medidas debemos de calcular la incertidumbre asociada a la medida. Como principales fuentes de incertidumbre podemos nombrar: la instrumentación y su calibración, el lugar donde se coloque el micrófono, los efectos del viento, golpes, señales acústicas sobre el micrófono, el tipo de muestreo en sí y las características del trabajo.

Además de la caracterización de los valores por su dispersión a través de la incertidumbre (incertidumbre estándar combinada, denominada  $u$ ), se calculará la incertidumbre expandida (denominada  $U$ ) con la que tendremos el intervalo de confianza donde se sitúa la medida real. Es el proceso de cálculo normal e incluido en la norma UNE9612:9000. Estos valores se compararán con los expuestos en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido y se determinarán las actuaciones pertinentes:

❖ Valores límite de exposición

L Aeq,d: 87 dB(A)      L pico: 140 dB(C)

❖ Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción

L Aeq,d: 85 dB(A)      L pico: 137 dB(C)

❖ Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción

L Aeq,d: 80 dB(A)      L pico: 135 dB(C)

Las medidas preventivas las divide el anterior real decreto según estos valores, proponiendo acciones tales como:

- Acciones formativas e informativas a los trabajadores y/o sus representantes
- Periodicidad de la evaluación de la exposición al ruido
- Adquisición de protectores auditivos individuales
- Señalización de las zonas de exposición
- Obligatoriedad y periodicidad del control médico auditivo
- Aplicación de un programa técnico / organizativo para reducir la exposición al ruido
- Una reducción inmediata exposición al ruido y actuación para evitar nuevas sobreexposiciones

Podemos acudir al siguiente diagrama de exposición accesible desde el portal del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo:



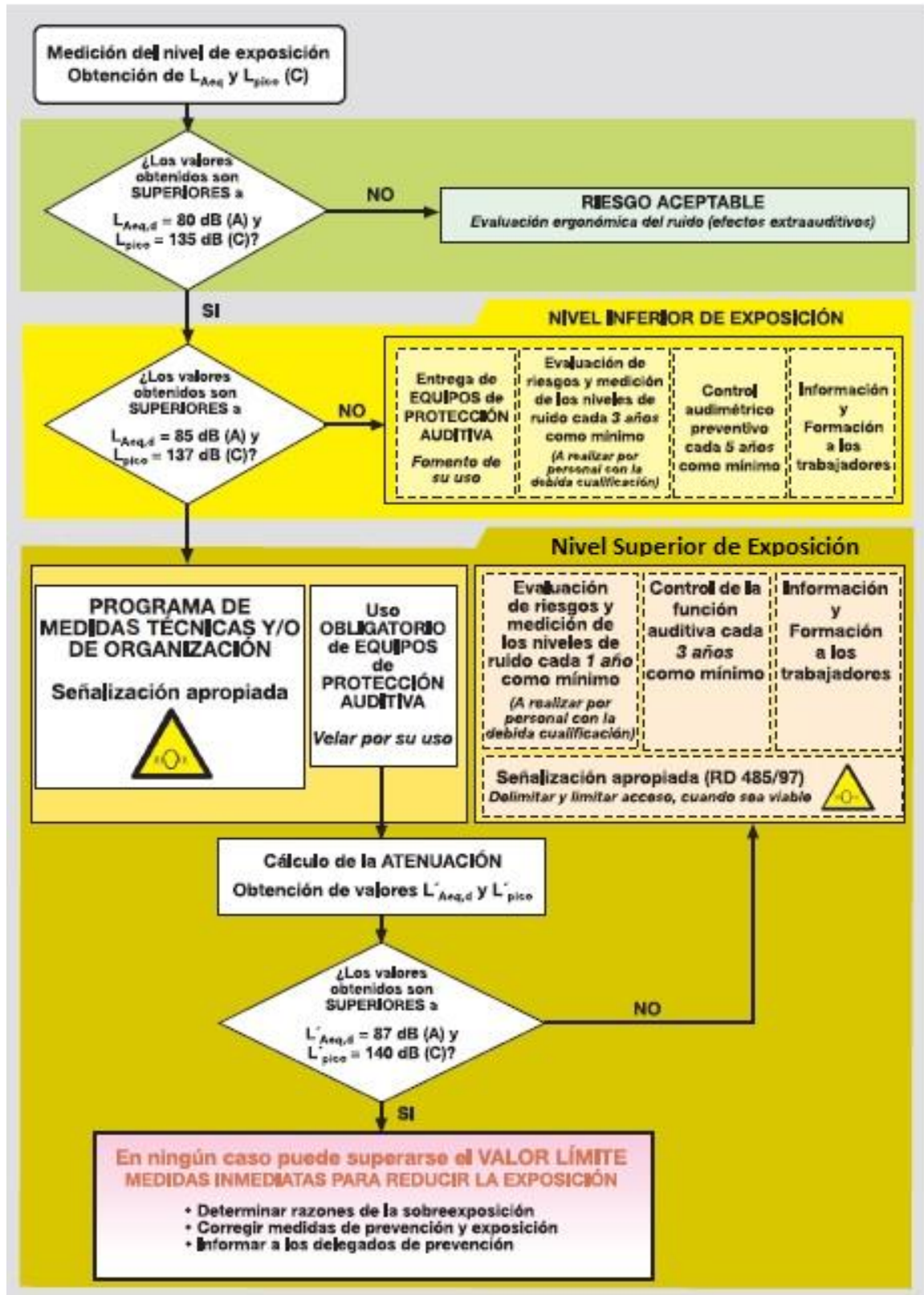


Figura 22: Diagrama de decisión de medidas preventivas frente a ruido (INSHT, 2010)

Para el muestreo se utiliza un método mínimamente invasivo (en el proceso y en las tareas de los trabajadores), con equipos son fáciles de adquirir en el mercado. El método de muestreo es sencillo y no requiere intervención alguna del operario, solo deberá llevar el micrófono captador sujeto a una parte de su vestimenta y realizar sus tareas normales durante la jornada laboral o tiempo que se estime para la muestra. Con los datos obtenidos se calculará la incertidumbre de la medición y se tomará una decisión con los resultados que se generen. Los equipos para el muestreo, la descripción del proceso, cálculo de valores según las medidas y toma de decisiones, se comentarán en epígrafes posteriores.

## 8. Desarrollo de las evaluaciones

### 8.1. Evaluación de exposición a sílice en el puesto de ensacador de cemento

Las mediciones se llevan a cabo de forma personal mediante el siguiente equipo:

- Bomba personal de muestreo que llevará el operario durante la jornada laboral. El caudal de muestreo se mantendrá en un valor determinado. Estará sujeta al cinturón del trabajador. El caudal de aspiración de aire que debe mantener la bomba para la captación de polvo es de 2.2 l/min (según indica la norma UNE-EN 481 recogida en la I.T.C. 2.0.02). Ésta se calibrará antes y después de cada muestra.
- La unidad de captación tipo ciclón Casella, que alojará un filtro de PVC de 37mm y 5 micrómetros de tamaño de poro.



Figura 23: Ciclón Casella  
(Frontline Safety UK Ltd, 2016)

- El portafiltros de dos o tres cuerpos donde se aloja el filtro y un soporte de celulosa. Estos soporte o portafiltros se situarán en la zona de respiración, lo más cerca



posible de las vías respiratorias (sujeto en la solapa o al cuello de la prenda) para que el muestreo sea representativo de la exposición al contaminante, siguiendo todos los movimientos del operario durante la jornada laboral

- Tubo flexible para conectar el portafiltros a la bomba de muestreo.

Las bombas permiten aspirar el aire ambiental obligando a que éste pase por un sistema de recogida de muestras que fije el agente químico. La medición de la concentración de éste se realizará en un laboratorio especializado una vez finalizado el muestreo. Se emplea una bomba marca Casella modelo TUFF LS.



Figura 24: Conjunto completo de muestreo  
(Elaboración propia, 2016)

El filtro de PVC (cloruro de polivinilo) que se vaya a utilizar para la medición deberá de haber estado un mínimo de 24 horas en una cámara de humedad controlada y se pesará antes de comenzar el proceso de muestreo. En este proceso pasaremos un volumen de aire conocido a través del filtro donde se irán depositando las partículas en suspensión en el aire. Los caudales de aire a aspirar y los tiempos de muestreo se especifican en los protocolos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y el Instituto Nacional de Silicosis (INS).

Se efectúa un muestreo personal a 9 trabajadores y turno de trabajo, según la Norma UNE-EN 689, pues existen grupos 10 de trabajadores que realizan tareas idénticas con un grado de exposición similar (grupo homogéneo de exposición), y no se espera que las cantidades de concentración varíen significativamente durante las distintas jornadas. Para la

toma de medidas, tal y como se comentó en un apartado anterior, se harán 2 muestras por turno/jornada de una duración mínima de 1 hora, hasta completar las 9 muestras requeridas.

Una vez finalizado el proceso de muestreo, el filtro se dirige a un laboratorio para su posterior análisis, deberá de haber estar un mínimo de 24 horas en una cámara de humedad controlad, se pesará entonces y se determinará la cantidad de polvo retenido mediante una balanza. Posteriormente se prepara la muestra para la determinación de la cantidad de sílice libre mediante espectrofotometría de infrarrojo o difracción de Rayos X.

## **8.2. Evaluación de la exposición a altas temperaturas en el puesto de limpieza de torre de intercambio**

Para esta tarea emplearemos el método *Wet Bulb Globe Temperature* o *WBGT* para ambientes calurosos. Desarrollado por la marina de US permite la valoración de la exposición a altas temperaturas durante periodos de la jornada laboral. Se ponderan los siguientes valores:

1.  $T_h$  o temperatura natural de bulbo húmedo, se mide con un termómetro en el que el captador se halla recubierto de una muselina húmeda que impida el movimiento del aire a su alrededor, así el método de intercambio de energía es por conducción.
2.  $T_a$  o temperatura natural de bulbo seco, la cual se mide con un termómetro, ya sea de bulbo o termopar, donde el captador está en contacto directo con el aire, que permita el movimiento de éste y el intercambio de energía mediante el método de convección.
3.  $T_g$  o temperatura de termómetro de globo o temperatura radiante, en la que el termómetro se encuentra aislado dentro de una esfera que solo permitirá medir los intercambios de calor debidos a la radiación.

Desde el equipo de prevención mancomunado, se dispone de un termómetro natural de bulbo húmedo y otro de globo temperatura radiante que se emplearán en la evaluación del riesgo de exposición a altas temperaturas. Un equipo completo muestra el índice WBGT calculad, similar al de la fotografía adjunta:



Figura 25: Medidor de estrés térmico  
(pce-instruments.com, 2016)

Los operarios que desarrollan este puesto de trabajo, están expuestos a muy altas temperaturas, ya que la temperatura de trabajo de la torre de intercambio de calor. Si bien dista de los 1000°C – 1400°C que se generan en la zona de clinkerización del horno, la temperatura medida mediante fotografía térmica indica zonas superiores a los 200°C.

Nos basaremos en la formulación que nos facilita la NTP322 y NTP 922 para el estudio de esta problemática, así como la NTP018 sobre evaluaciones a exposiciones a temperaturas muy extremas.

Emplearemos el índice para trabajos en exterior sin radiación solar, pues las plantas en las que se divide la torre provocan zonas de sombra e impide que la radiación solar incida (como ocurre en trabajos en el exterior tipo construcción o en el sector agrícola). Podemos suponer que la temperatura es homogénea en cada una de las plantas, no hará falta hacer mediciones a distintas alturas del operario, por eso la medición a la altura del abdomen se considera suficiente. Se emplea la siguiente fórmula:

$$WGBT = 0.7THN + 0.3TG$$

Donde THN es la temperatura húmeda natural, medida con un termómetro de bulbo húmedo que debe de reunir las siguientes especificaciones:

- Forma cilíndrica, diámetro externo de 6mm ±1 mm y longitud de 30mm ±5mm.
- El rango de medida abarcará -5°C 40°C con una precisión de ±0,5°C.

- La parte sensible del sensor debe estar recubierta de una muselina (por ejemplo, algodón) de alto poder absorbente de agua, pues la parte inferior de este tejido estará en contacto con agua destilada (en un recipiente protegido de la radiación térmica).

El otro factor es la temperatura de globo o  $T_g$  que se mide con un termómetro de globo de 75mm de radio, con un coeficiente de emisión de 90 (color negro y mate), la escala será de 20°C a 120°, con precisiones de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  en el rango de 20°C a 50°C y de  $\pm 1^\circ\text{C}$  para el rango de 50°C a 120°C.

El estudio y valoración de este índice nos permitirá averiguar si los operarios están protegidos frente a un deterioro en su salud. Para ello su temperatura corporal no debe superar los 38°C mientras realizan sus tareas laborales cotidianas en temperaturas de extremas de trabajo.

### **8.3. Evaluación de la exposición a ruido para el puesto vigilante de proceso**

Es de aplicación el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Será referencia para evaluar y conocer el nivel de exposición al ruido y, en caso necesario, tomar las medidas oportunas para eliminarlo o reducir el efecto sobre los trabajadores.

Se realizan mediciones de ruido por un tiempo que ocupa la jornada completa, empleando este método directo pues durante algún tiempo de la jornada, el trabajador puede ausentarse de la zona de molienda de reciente instalación. Se empleó un dosímetro (marca CASELLA y modelo 352) con micrófono interno que se ajusta a lo especificado para sonómetros de tipo 2 en la UNE-EN 60651:1996 (debe disponer de la ponderación tipo A y característica "SLOW") y la UNE-EN 60804:1996 y lo exigido en el Anexo 3 "Instrumentos de medición y condiciones de aplicación" del Real Decreto 286/06, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.



Figura 26: Dosímetro CEL352  
(Elaboración propia, 2016)

Este dosímetro posee su propio número de serie que lo identifica de forma unívoca. Además, tal y como se exige en el Real Decreto antes nombrado, se lleva a cabo la verificación del correcto funcionamiento antes y después de las muestras empleando un equipo calibrador. Las mediciones se realizarán por los vigilantes de proceso. Ajustándonos al Anexo II del real decreto 286/06, colocarán el micrófono captador a unos 10 centímetros de distancia frente a su oído. Las mediciones se efectúan con las condiciones de trabajo habituales para la instalación, sin variaciones en condiciones normales del proceso habitual de molienda (que es similar a otras líneas pese a los nuevos equipos), durante una jornada de trabajo normal, sin alteraciones en el proceso.

Al final de las mediciones se obtienen los valores de Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado durante la jornada y los valores de pico.

## 9. Resultados obtenidos e interpretación de los mismos

### 9.1. Análisis e interpretación de los datos. Polvo respirable y Sílice

Los filtros se identifican y se remiten al Instituto de Silicosis, donde llevarán cabo los análisis pertinentes y devolverán las concentraciones captadas (determinación materia particulada o fracción respirable por gravimetría y obtención del contenido en sílice cristalina por espectrofotometría de infrarrojo). Nos devuelven los siguientes datos:

Tabla 2. Polvo fracción respirable AQ

AGENTE QUÍMICO CONTAMINANTE: POLVO FRACCIÓN RESPIRABLE						
Puesto de Trabajo	Ref. Muestra	Tiempo Muestreo (min)	Tiempo Exposición (min)	Caudal (l/min)	Concentración ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)
ENSACADOR	1456TG	130	480	2,2	3,6	3
ENSACADOR	2456TG	170	480	2,2	3,2	3
ENSACADOR	1457TG	110	480	2,2	3,1	3
ENSACADOR	2457TG	150	480	2,2	2,2	3
ENSACADOR	1458TG	130	480	2,2	3,7	3
ENSACADOR	2458TG	140	480	2,2	3,9	3
ENSACADOR	1459TG	160	480	2,2	2,9	3
ENSACADOR	2459TG	150	480	2,2	2,7	3
ENSACADO-	1460TG	120	480	2,2	2,8	3

(Elaboración propia, 2016)

La norma UNE-EN 689 comprobar que estamos frente a un Grupo de exposición homogénea GEH. Para eso se comprobará que las medidas individuales están comprendidas entre el rango de la mitad y el doble de la media aritmética del grupo. La media aritmética del grupo es de 3,11 mg/m³ y todos los valores estarán entre la mitad y el doble de este valor (1,56 mg/m³ y 6,22 mg/m³), así que aseguramos estar frente a un GEH.

Se calculan los índices de exposición como la relación entre la exposición diaria medida y el valor VLA-ED frente al que comparamos. Todo valor inferior a la unidad indica que no se ha superado el valor límite, mientras que valores superiores a 1 indican que sí se ha superado el valor límite (en tanto por uno):

$$I_{jornada} = \frac{ED_{jornada}}{VLA - ED}$$

Los valores por jornada:

Tabla 3: Índices de exposición

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN EN CADA JORANDA								
J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
1,20	1,07	1,03	0,73	1,23	1,30	1	0,83	0,93

(Elaboración propia, 2016)

En la tabla se observa que la exposición es superior al límite en 5 días (50% de las jornadas). Siguiendo con el proceso, ordenaremos esos valores de mayor a menor y les asignaremos un valor ordinal (del 1 al 9). Calcularemos de cada jornada:

$$\%_p = 100 \frac{(n - 5)}{N}$$

El par Índice de exposición y probabilidad se representan gráficamente y se calcula la recta que mejor se ajusta a todos los valores. Se observa el resultado en la siguiente gráfica:

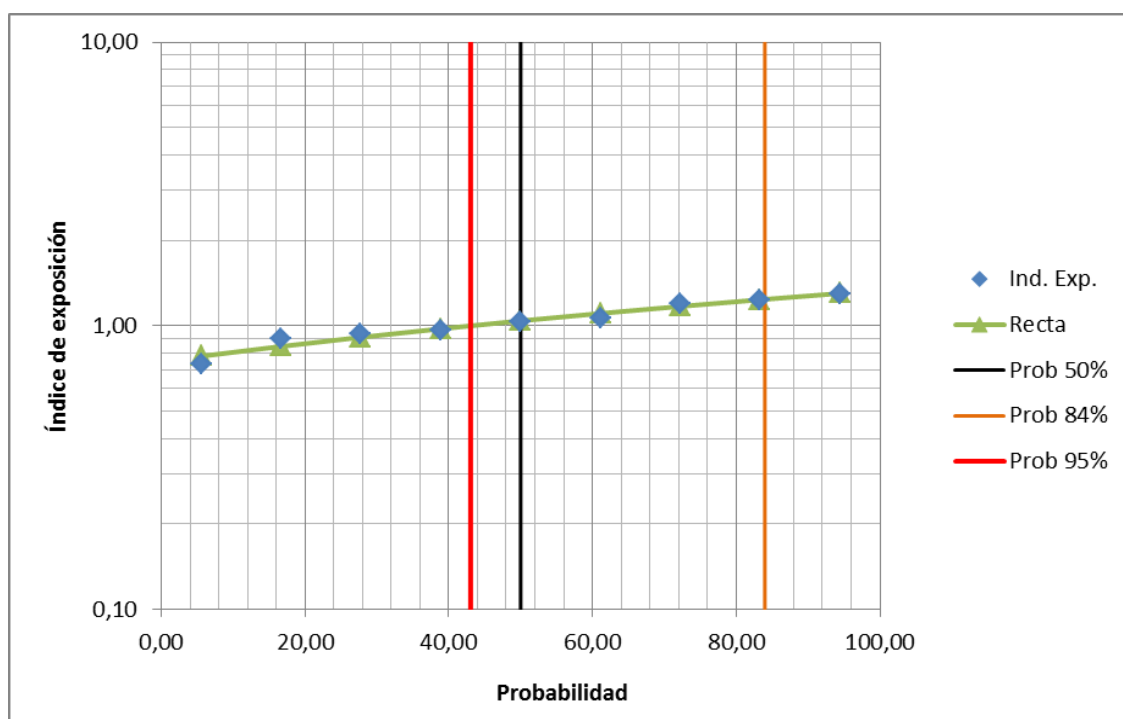


Figura 27: Índice de exposición frente a probabilidad  
(Elaboración propia, 2016)

Se pueden calcular los valores de media geométrica (índice de exposición con el 50% de probabilidad), el índice de exposición con una probabilidad del 84% (para calcular el valor de desviación estándar geométrica o GSD, que nos da idea de la dispersión de la distribución) y la probabilidad de que el índice sea la unidad (exposición igual a valor máximo de exposición):



Tabla 4: Media, GSD e Índices Exposición

	Índice de Exposición	Exposición diaria
probabilidad 50%=	1,04	3,12
probabilidad 84%=	1,24	3,72
Media=	3,12	
GSD=	1,19	

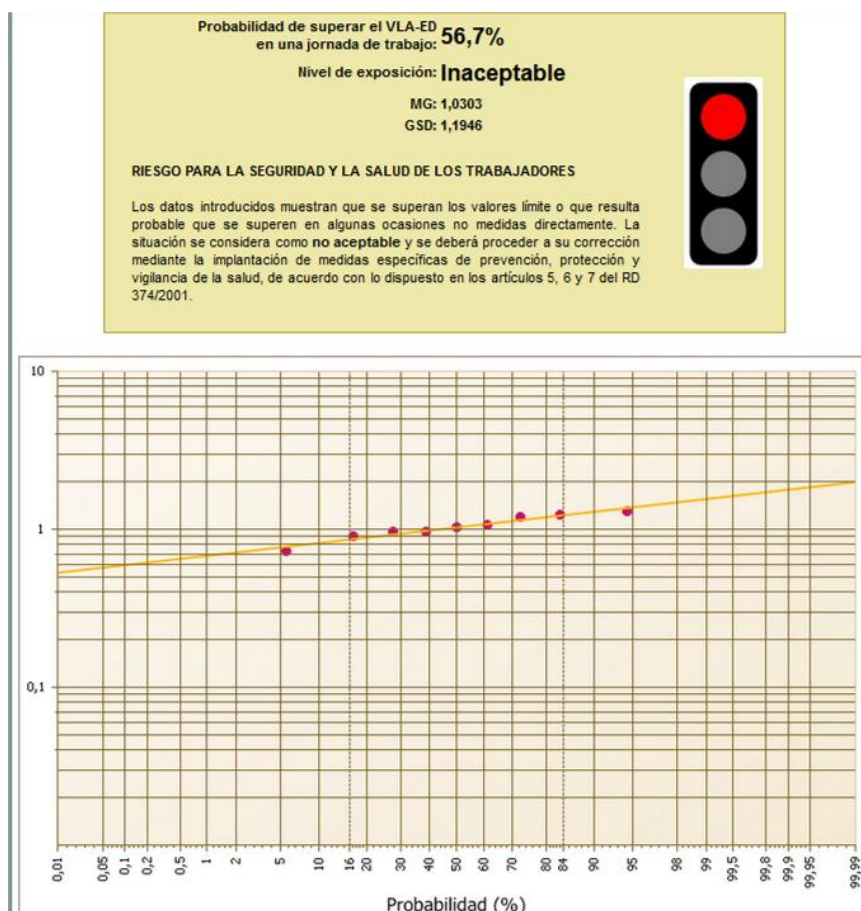
(Elaboración propia, 2016)

Tomando como referencia la gráfica y la recta que mejor se ajusta a la nube de puntos, la probabilidad de que no se supere el valor máxima permitida de exposición diaria, corresponderá al punto en que el índice de exposición es igual a 1. En la gráfica anterior está representado con una línea vertical color rojo, así diremos que la probabilidad de que no se supere el valor límite de exposición en una jornada es de 43,04%, y su complementario nos indica que la probabilidad de que se supere ese valor límite es de 56,96%. Disponemos de las tres posibilidades siguientes según el criterio de la: UNE-EN 689:1996:

- Si  $(100-56,96) \leq 0,1\%$ : Exposición aceptable, no son necesarias mediciones periódicas (zona verde).
- Si  $0,1\% < (100-56,96) \leq 5\%$ : Aunque la exposición se considera aceptable, hay que implementar un plan de medidas periódicas (Zona amarilla).
- Si  $(100-56,96) > 5\%$ : Hay que implementar soluciones para disminuir la exposición de los trabajadores al considerarla intolerable (Zona roja).

Comprobamos que estamos en la zona roja y que se deben de implementar medidas inmediatas.

Igualmente se puede acudir a los calculadores del INSHT para calcular/comprobar los cálculos con los datos de exposición obtenidos. Una vez introducidos los datos en las plantillas correspondientes en la web, el resultado que nos ofrece es el siguiente:



Los resultados obtenidos mediante la web son similares a los calculados anteriormente; la exposición es inaceptable y la probabilidad de superar el valor límite de exposición en una jornada es de 56,7% (el valor que se ha calculado ha sido 56,96%).

Para la sílice, el laboratorio nos remite los resultados de sus análisis:

Tabla 5. Concentración Sílice Cristalina

AGENTE QUÍMICO CONTAMINANTE: SILICE LIBRE CRISTALINA						
Puesto de Trabajo	Ref. Muestra	Tiempo Muestreo (min)	Tiempo Exposición (min)	Caudal (l/min)	Concentración ED (mg/m <sup>3</sup> )	VLA – ED (mg/m <sup>3</sup> )
ENSACADOR	1456TG	130	480	2,2	0,09	0,1
ENSACADOR	2456TG	170	480	2,2	0,06	0,1
ENSACADOR	1457TG	110	480	2,2	0,07	0,1
ENSACADOR	2457TG	150	480	2,2	0,09	0,1
ENSACADOR	1458TG	100	480	2,2	0,07	0,1
ENSACADOR	2458TG	140	480	2,2	0,08	0,1
ENSACADOR	1459TG	160	480	2,2	0,07	0,1
ENSACADOR	2459TG	100	480	2,2	0,11	0,1
ENSACADOR	1460TG	100	480	2,2	0,07	0,1

(Elaboración propia, 2016)

La concentración de sílice libre contenida en la fracción de polvo respirable tiene un límite legal máximo de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Igual que en el caso anterior, los índices de exposición de las jornadas:

Tabla 6: Índices de exposición

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN EN CADA JORANDA								
J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
0,9	0,6	0,7	0,9	0,7	0,8	0,7	1,1	0,70

(Elaboración propia, 2016)

Solo en una jornada se supera el valor límite de exposición mientras que en otra jornada se iguala. Las probabilidades se asignan igualmente para un conjunto de 9 muestras:

$$\%p = 100 \frac{(n - 5)}{N}$$

Volvemos a representar gráficamente los pares Índice de exposición y probabilidad:

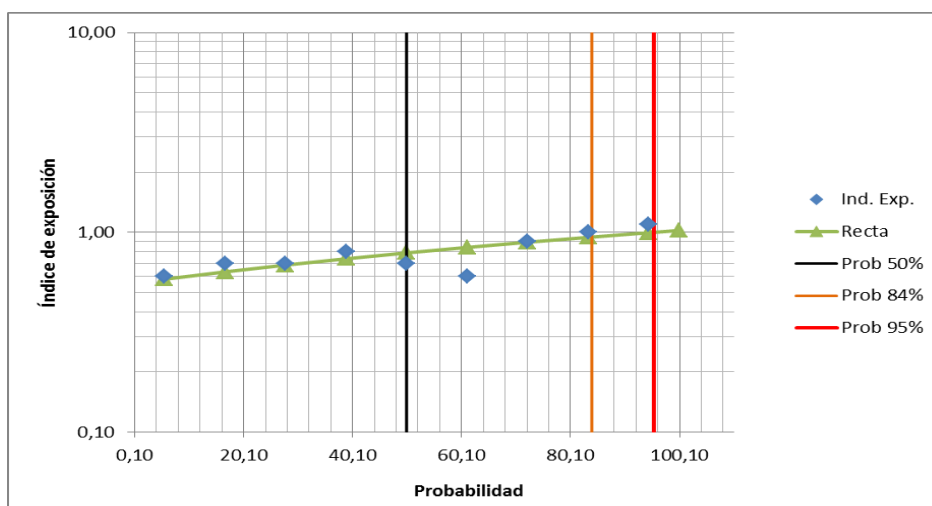


Figura 29: Índice de exposición frente a probabilidad  
(Elaboración propia, 2016)

Se calculan los valores de media, el índice de exposición con el 50% de probabilidad (será la media geométrica), el índice de exposición con una probabilidad del 84% (para calcular el valor de desviación estándar geométrica o GSD) y la probabilidad al que el índice es la unidad (exposición igual a valor máximo de exposición):

Tabla 7: Media, GSD e Índices Exposición

	Índices Exposición	Exposición diaria
probabilidad 50%=	0,79	0,08
probabilidad 84%=	0,95	0,09
Media=	0,08	
GSD=	1,20	

(Elaboración propia, 2016)

En este caso la probabilidad de que no se supere el valor máximo permitido es de 95,40%, así diremos que la probabilidad de que en una jornada se supere el valor máximo es del 4,60%. Atendiendo nuevamente el criterio de la: UNE-EN 689:1996:

- a) Si  $(100-95,40) \leq 0,1\%$ : Exposición aceptable, no son necesarias mediciones periódicas (zona verde).
- b) Si  $0,1\% < (100-95,40) \leq 5\%$ : Aunque la exposición se considera aceptable, hay que implementar un plan de medidas periódicas (Zona amarilla).
- c) Si  $(100-95,40) > 5\%$ : Hay que implementar soluciones para disminuir la exposición de los trabajadores al considerarla intolerable (Zona roja).

Estamos en la zona amarilla que corresponde a una exposición al agente químico aceptable. Como medida de actuación se contempla la implementación de un plan de medidas periódicas.

Al igual que en el caso anterior se puede acudir a los calculadores del INSHT para calcular/comprobar los cálculos con los datos de exposición obtenidos.



Figura 30: Detalle de una hoja de palmera en zona de expedición  
(Elaboración propia, 2016)

## 9.2. Análisis e interpretación de los datos. Exposición a altas temperaturas o temperaturas extremas

El índice WBGT considera los efectos de la temperatura del aire, la velocidad de éste, la carga térmica radiante y la humedad relativa. En un primer lugar se realiza una serie de mediciones de temperatura en distintos puntos de la zona de trabajo, manteniendo cierta proximidad a las paredes calientes (normalmente se mantienen entre un metro y dos metros de distancia a la pared), valores que se anotan en la tabla siguiente.

Tabla 8: Valores de temperatura en plantas de la torre

	THN (°C)	TG (°C)	Velocidad del aire
Planta 1	30	33	< 1,5 m/s

Planta 2	29	32	< 1,5 m/s
Planta 3	28	31	< 1,5 m/s

(Elaboración propia, 2016)

El tipo de ropa que se emplea provocará la aplicación de un factor de corrección en el índice WBG, pues el uso de ropa de abrigo impediría la sudoración (mecanismo natural de regulación de temperatura interna del cuerpo) y obligaría a una corrección. Según la indumentaria se le asocia distintos valores clo (del inglés, clothing), que equivale a equivalente a una resistencia térmica de 0,18 m<sup>2</sup> hr °C/Kcal:

Tabla 9: Correcciones WBGT según valor clo

Vestimenta	Clo	Corrección WBGT
Ropa ligera	0,5 – 0,6	0
Conjunto de algodón	1	2
Uniforme invierno	1,4	4
Uniforme aislante permeable	1,2	6

(Elaboración propia, 2016)

El tipo de ropa que usan los operarios es aislante: mono ignífugo, calcetines ignífugos, calzado ignífugo, pantalla adaptable al casco de seguridad, y guantes ignífugos. Todo esto implicaría un clo mayor de 0.5, y que nos obligará a correcciones sobre los valores que se obtengan WBGT (pues en principio se obtienen para una vestimenta ligera con un clo de 0.5).

Estos operarios son trabajadores sanos, sometidos a una evaluación periódica de su salud, habituados al rol que desempeñan en su trabajo, con una media de edad que ronda los 39 años. El tipo de rol entraña un nivel de exigencia física alta, debido a la necesidad de manipular la lanza de agua a alta presión y moverla para poder limpiar la mayor superficie posible dentro de la torre de intercambio de calor.

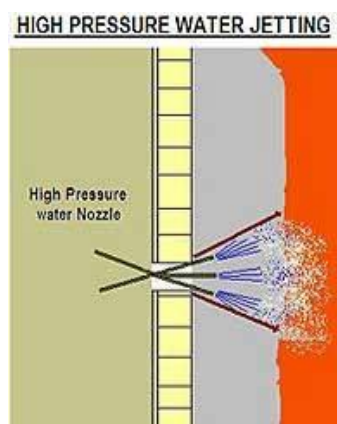


Figura 31: Esquema efectividad lanza de agua a presión  
(cardox.net, 2016)

Se atenderá a la descripción del trabajo y a la siguiente tabla para concluir que los operarios de limpieza de torre desarrollan un trabajo asociado a un metabolismo elevado (sobre a 230 W/m<sup>2</sup>). Esto es debido sobre todo a la gran fuerza que deben de vencer (presión de trabajo del chorro de agua) venciendo con tronco, piernas y brazos inmóviles. Además, mientras se mantiene esa posición de tensión, con los brazos y tronco superior se deberá ejercer una fuerza superior para poder mover la lanza de agua (abarcando la mayor superficie de limpieza posible).

Tabla 10: Relación entre tarea y metabolismo

CLASE DE TAREA	W/M <sup>2</sup>	Kcal/hora (superficie corporal estándar masculina)
Reposo	55 a 70	85,41 a 108,71
Trabajo ligero	71 a 130	119,27 a 201,9
Trabajo moderado	131 a 200	203,4 a 310,6
Trabajo con altas exigencias	201 a 260	312,15 a 403,8
Trabajo muy altas exigencias	260	403,8

(Elaboración propia, 2016)

Los índices WBGT que se calculan con los datos obtenidos de campo:

$$WBGT = 0.7THN + 0.3TG$$

Tabla 11: WBGT medio de la torre

Planta 1 (°C)	Planta 2 (°C)	Planta 3 (°C)	Medio (°C)
30,3	29,9	29,5	29,9

(Elaboración propia, 2016)

El valor límite que obtenemos para WBGT es entre 28 y 26 (persona aclimatada, con cierta velocidad de aire y un consumo metabólico sobre 310 kcal/hora (para un esfuerzo de

moderado) según podemos extraer de la nota técnica de prevención número 32 que desarrolla este tema. Nos situamos en el valor mayor y más favorable. A este valor nos falta corregir el factor debido al aislamiento térmico y resistencia a la evaporación de agua que ofrece a ropa (se calcula según ISO9920:1995) y obtendríamos un valor máximo de referencia:

$$WBGT_{límite} = WBGT_{sin\ corrección} - Factor\ debido\ a\ la\ ropa = 28 - 6 = 22$$

Todo resultado por encima de este valor implicaría que los operarios están expuestos a un riesgo. El resultado del estudio por plantas arroja un WBGT muy superior al valor límite con la corrección de la ropa, por tanto no podemos asegurar que los trabajadores realizan sus tareas en condiciones seguras.

Se ha de plantear la necesidad de incorporar regímenes de descanso en la problemática de estos trabajadores. Calcularemos la fracción de tiempo descanso-trabajo que hará la situación segura:

$$ft = \frac{A - B}{(C - D) + (A - B)}$$

El valor A es el índice WBGT en el área de descanso (para lo que se supone una tasa metabólica inferior a 100 kcal/hora). Al igual que en el cálculo inicial, el valor límite de WBGT se puede obtener de la tabla expuesta en la NTP 322:

Consumo metabólico Kcal/hora	WBGT límite °C			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	v=0	v≠0	v=0	v≠0
≤ 100	33	33	32	32
100 ÷ 200	30	30	29	29
200 ÷ 310	28	28	26	26
310 ÷ 400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

Figura 32: Valores límites IGBT  
(INSHT, 1993)

Y corresponde el índice a un valor límite de 33°C. El valor B es el índice WBGT en el área de descanso de los trabajadores, y la calculamos de la siguiente forma:

$$WBGT_{área\ descanso} = 0.7THN + 0.3TG = 0.7 * 24 + 0.3 * 26 = 24.6\ ^\circ C$$

Donde se han tomado los datos de temperatura natural de bulbo húmedo y de globo radiante previamente. El índice C es el valor límite en la zona de trabajo, y el valor D es el



valor teórico límite en la zona de trabajo, ambos calculados previamente. Calculamos la fracción de tiempo necesario para hacer el trabajo seguro:

$$ft = \frac{33 - 24,6}{(29,9 - 22) + (33 - 24,6)} = 0,52$$

Nos encontramos ante una situación bastante desfavorable, pues se recomienda que la mitad del tiempo se trabaje, y la mitad del tiempo se descansa.

Si bien este método nos revela un problema existente en el tipo de trabajo, altas temperaturas y vestimenta, es poco preciso en los siguientes aspectos:

- No todos los descansos se hacen en el área de descanso, algunos se hacen en la misma zona de trabajo, que no tienen el mismo WBGT.
- Pese a existir una ponderación del índice que tiene en cuenta otras tareas (como podría ser los descansos), solo se aplican para una suma de tiempo de todas las tareas inferior a 60 minutos.
- El operario no se encuentra los 480 minutos de su jornada realizando la tarea

Se dispone de otro método más exhaustivo propuesto en la NTP 922 que se conoce como Método del índice de Sobrecarga Térmica (IST). Este método (descrito en UNE-EN ISO 7933) permiten conocer el tiempo máximo que puede permanecer un trabajador en condiciones adversas, para poder organizar la jornada intercalando periodos de descanso. Mediante el método WBGT constatamos la existencia de una situación de peligro y la fracción de descanso debería ser la mitad de la jornada. Gracias a los calculadores que desde el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo nos facilitan, podremos realizar el cálculo y obtener el resultado de este método de forma rápida.

Los valores de temperatura y tasa metabólica son los adquiridos anteriormente. En primer lugar calcularemos el tiempo máximo que se puede mantener la actividad sin provocar un riesgo para el trabajador, suponiendo que toda la jornada realiza la misma tarea. Los datos de partida:

Datos del individuo		
Masa:	95,0	Kg
Altura:	190	cm
Hidratación:	Sí	
Aclimatación:	Sí	
Datos de partida por intervalos		
Intervalo:	Periodo 1	
Duración:	480	min
Ambiente		
Temperatura del aire ( $t_a$ ):	40,0	°C
Velocidad del aire ( $v_a$ ):	0,5	m/s
Temperatura bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ):	29,0	°C
Temperatura de radiante media ( $t_{rm}$ ):	33,0	°C
Actividad		
Tasa metabólica (M):	200	W/m <sup>2</sup>
Potencia mecánica efectiva (W):	0	W/m <sup>2</sup>
Postura:	De pie	
Movimiento:	No	
Velocidad con que se camina:	n/a	m/s
Ángulo:	n/a	°
Características de la ropa		
Aislamiento térmico de la ropa ( $I_{cl}$ ):	1,0	clo
Fracción de la superficie del cuerpo cubierta con prendas reflectantes ( $A_p$ ):	0,000	(adimensional)
Emisividad de la prenda reflectante ( $F_r$ ):	0,97	(adimensional)

Figura 33: Datos partida caso 1  
(Elaboración propia, 2016)

La herramienta web del INSHT nos devuelve el siguiente resultado:

<b>Temperatura rectal final:</b>	<b>41,1°C</b>
<b>Tiempo transcurrido hasta superar 38 °C:</b>	<b>52 min</b>

Figura 34: Resultado caso 1  
(Elaboración propia, 2016)

Si incluimos periodos de descanso en el área de trabajo, se puede comprobar la evolución de la temperatura y su posible recuperación durante el descanso. Así si se prueba a introducir en la calculadora 3 periodos de trabajo con 15 minutos de descanso por hora:

Datos del individuo							
Masa:						95,0	Kg
Altura:						180	cm
Hidratación:						Sí	
Aclimatación:						Sí	
Datos de partida por intervalos							
Intervalo:	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	
Duración:	40	20	40	20	40	20	min
Ambiente							
Temperatura del aire ( $t_a$ ):	40,0	31,0	40,0	31,0	40,0	31,0	°C
Velocidad del aire ( $v_a$ ):	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	m/s
Temperatura bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ):	29,0	25,0	29,0	25,0	29,0	25,0	°C
Temperatura de globo ( $t_g$ ):	33,0	27,0	33,0	27,0	33,0	27,0	°C
Actividad							
Tasa metabólica ( $M$ ):	200	110	200	110	200	110	W/m <sup>2</sup>
Potencia mecánica efectiva ( $W$ ):	0	0	0	0	0	0	W/m <sup>2</sup>
Postura:	De pie	De pie	De pie	De pie	De pie	De pie	
Movimiento:	No	No	No	No	No	No	
Velocidad con que se camina:	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	m/s
Ángulo:	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	°
Características de la ropa							
Aislamiento térmico de la ropa ( $I_{cl}$ ):	1,0	0,6	1,0	0,6	1,0	0,6	clo
Fracción de la superficie del cuerpo cubierta con prendas reflectantes ( $A_p$ ):	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	(adimensional)
Emisividad de la prenda reflectante ( $F_r$ ):	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	(adimensional)

Figura 35: Datos partida caso 2  
(Elaboración propia, 2016)

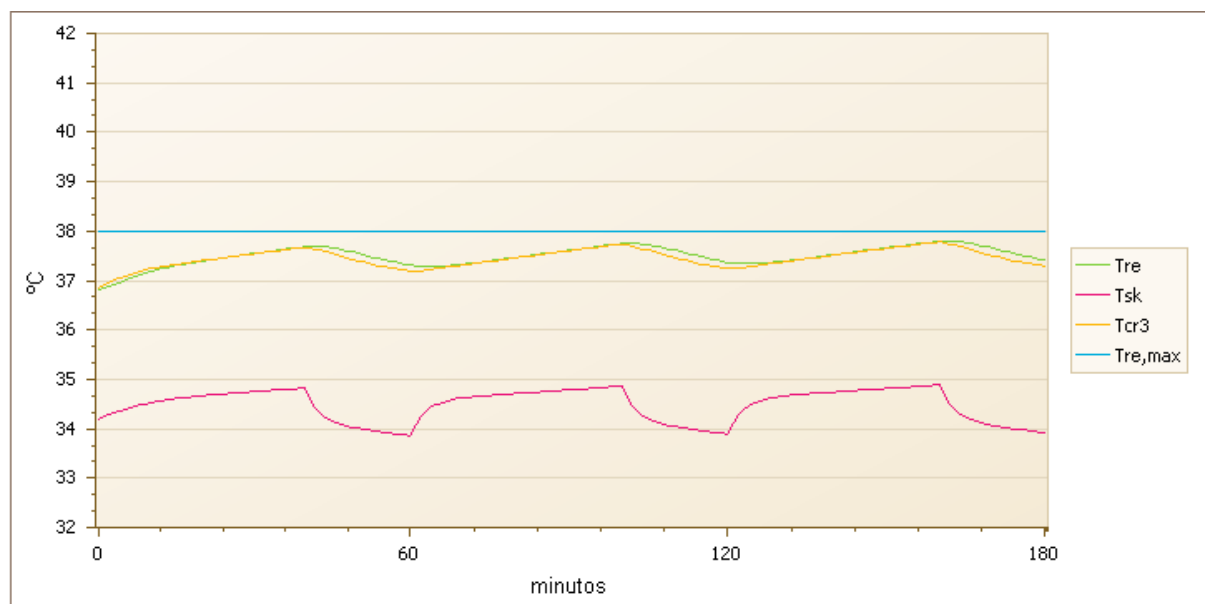
La web nos devuelve el siguiente resultado:

<b>Temperatura rectal final:</b>	<b>37,4°C</b>
<b>Tiempo transcurrido hasta superar 38 °C:</b>	<b>No supera 38°C</b>

Figura 36: Resultado caso 2  
(Elaboración propia, 2016)

Se han introducido tres periodos con sus respectivos descansos de la forma expuesta, pues si se hace con un periodo que englobe todo el trabajo y otro con todo el descanso, no se aprecian recuperaciones en el trabajador.

En el primer caso, el de partida, la situación es insostenible, pues antes de una hora, se alcanza la temperatura rectal máxima entrando en zona de riesgo para el trabajador. En el segundo ejemplo se ha trabajado con la alternancia de periodos de descanso (en la zona de trabajo  $TG=27^{\circ}\text{C}$  y  $THN=25^{\circ}\text{C}$ ). Este segundo si reviste interés, pues afirma que el operario puede realizar los 3 ciclos sin peligro para su salud. Así se refleja en la evolución de la temperatura rectal:



$T_{re}$ : Temperatura rectal  
 $T_{sk}$ : Temperatura de la piel  
 $T_{cr3}$ : Temperatura interna con iteración  
 $T_{re, max}$ : Temperatura rectal máxima

Figura 37: Temperatura rectal y temperatura de la piel  
(Elaboración propia, 2016)

Se alternan periodos de descanso que permiten la recuperación del trabajador antes de acometer el siguiente periodo con altas exigencias.

### 9.3. Análisis e interpretación de los datos. Exposición a ruido

Las mediciones realizadas con los trabajadores de los tres turnos rotativos sin uso de los equipos de protección personal. Hemos adoptado la metodología basada en la jornada completa pues no se puede predecir el comportamiento del ruido ni dividir el puesto de trabajo en tareas fijas, regulares, controlas temporalmente y ejecutadas en un orden conocido. Los dosímetros de las tres medidas propuestas arrojan los siguientes datos:

Tabla 12: Resultado mediciones de ruido

PUESTO DE TRABAJO	EQUIPO	FECHA	Nivel de Pico (dB(C))	Tiempo	L <sub>aeq,d</sub> (dB(A))
Vigilante Proceso	DOSIMETRO01	26/08/2016	134	8 horas	<b>79,9</b>
Vigilante Proceso	DOSIMETRO01	28/08/2016	136	8 horas	<b>81,3</b>
Vigilante Proceso	DOSIMETRO01	26/08/2016	134	8 horas	<b>79,4</b>

(Elaboración propia, 2016)

Con los datos de nivel de exposición equivalente de los vigilantes de los tres turnos calcularemos los niveles de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo:

$$L_{Aeq,T_e} = 10 * \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 * L_{Aeq,T,n}} \right] dBA = 80,3 dBA$$

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T_e} + 10 * \log \left[ \frac{T_e}{T_0} \right] = 80,0 dBA$$

La incertidumbre total de la medida tiene la siguiente expresión incluido en la NTP 951:

$$u^2 (L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

Se debe de sumar las tres componentes de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en medición durante la jornada completa. La componente primer de la incertidumbre:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \overline{L_{Aeq,T}})^2} = 0,98$$

Para el cálculo del factor  $c_1 u_1$  acudimos a la tabla siguiente procedente de la misma nota técnica de prevención e incluida en la norma UNE EN ISO 9612:2009 (interpolaremos entre los valores 0,95 y 1 para la fila que corresponde a  $N=3$ ):

N	Incertidumbre estándar $u_1$											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1

Figura 38: Valores de  $c_1 u_1$  (INSHT 2012)

Las dos incertidumbres restantes:

- La incertidumbre  $u_2$  asociada a los equipos de medida toma un valor de 1,5 dB tanto para dosímetros personales como sonómetros clase 2
- La incertidumbre asociada a la posición del micrófono se considera una incertidumbre estándar de 1 dB.
- Los coeficientes de sensibilidad de estas dos incertidumbres son iguales y de valor la unidad.

Se calcula el valor de la incertidumbre estándar combinada:

$$u^2(L_{A_{eq,d}}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) = 1,57^2 + 1,5^2 + 1^2 = 5,71$$

$$u(L_{A_{eq,d}}) = 2,39$$

Para conocer el intervalo en el que se encuentra nuestra medida y comparar su valor con los máximos que aparecen en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, debemos de calcular la incertidumbre expandida. La norma UNE EN ISO 9612:2009 propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, lo que obliga a corregir el valor de incertidumbre combinada anterior:

$$U(L_{A_{eq,d}}) = k * u = 2,39 * 1,645 = 3,93$$

El valor máximo de la exposición equivalente diaria de los trabajadores al ruido en la jornada laboral es:

$$L_{A_{eq,d}} + U = 80 + 3,93 = 83,93 \text{ dBA}$$

Para acabar de completar el estudio, el valor de pico máximo medido es de 136dBC (peor caso hallado en la investigación).

Con los datos obtenidos y siguiendo escrupulosamente las directrices marcadas por el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de

los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, aseguramos que los trabajadores están en el nivel inferior de exposición.

Una exposición continuada sin tomar las medidas adecuadas para los trabajadores podrá producir, a corto plazo, malestar en los vigilantes de proceso, o una disminución de su capacidad auditiva (agravada por la edad de estos sujetos) a largo plazo.

Se puede usar los calculadores del INSHT para comprobar la validez de los resultados obtenidos de en los párrafos anteriores:

#### Resultados

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:		80,0 dB(A)	
Incertidumbre expandida:		3,9 dB	
Número de valores medidos:		3	

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 * u_1)^2$	2,38
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	5,63

#### Datos de partida

Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB (Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652)								
Duración efectiva de la jornada laboral:	450 minutos								
Muestras:	<table> <tr> <th></th><th>dB(A)</th></tr> <tr> <td>Muestra 1</td><td>79,9</td></tr> <tr> <td>Muestra 2</td><td>81,3</td></tr> <tr> <td>Muestra 3</td><td>79,4</td></tr> </table>		dB(A)	Muestra 1	79,9	Muestra 2	81,3	Muestra 3	79,4
	dB(A)								
Muestra 1	79,9								
Muestra 2	81,3								
Muestra 3	79,4								

Figura 39: Calculador de incertidumbre del ruido  
(Elaboración propia, 2016)



## 10. Comparaciones con otras empresas/sector

Las comparaciones que se pueden hacer con otras empresas del sector arrojan la necesidad de acometer mejoras dentro de Cementos U. Atendiendo a las cifras de siniestralidad en el sector que se han visto en apartados anteriores, los índices de frecuencia han ido descendiendo paulatinamente.

Hemos de tener en cuenta que esos valores engloban todas las cementeras, y desde Cementos U debemos de ir dirigiendo toda la actividad para estar no solo por debajo de los valores medios del sector, si no en una siniestralidad cero o nula.

## 11. Planificación de la actividad preventiva

Se elaboran según el resultado de la evaluación de riesgo para cada uno de los puestos de trabajo de la cementera que se han propuesto:

### 11.1. Operadores de ensacado

En el caso de los operadores de ensacado se deciden plantear una serie de medidas para subsanar el riesgo aparecido tras la evaluación de la presencia de polvo en el ambiente de trabajo. A todos los efectos, las medidas que se detallan a continuación se consideran viables tanto funcional como económicamente:

- ✓ Revisión del sistema de ventilación existente. Durante la evaluación se ha constatado que éste no funciona en la mayor parte de la nave. Se solicita se incluyan gamas de mantenimiento para estos equipos, se implica el departamento de mantenimiento. Las gamas de trabajo constituyen procedimientos reglados y regulados en el tiempo que aseguren tareas de inspección y reparación de equipos o instalaciones. Se crean gamas de mantenimiento preventivo para la ventilación general, así como para los nuevos equipos filtrantes que se instalarán. Estas gamas o procedimientos se establecen con una regularidad (por ejemplo, una vez cada mes), para que el operario realice las operaciones descritas (por ejemplo, observación, engrase de rodamientos o cojinetes, limpieza de álabes, detección de fugas de cemento ...)
- ✓ Revisión de las instrucciones técnicas de trabajo con el objetivo de aumentar las rotaciones en el puesto y aumentar los descansos.
- ✓ Revisión de las instrucciones técnicas de trabajo para añadir la obligatoriedad del uso de mascarillas protectores mientras los sistemas de aspiración/ventilación no estén operativos, y/o las evaluaciones posteriores dejen al descubierto una protección colectiva deficiente.
- ✓ Se implica a la cúpula directiva, al departamento de compras y al departamento de prevención en la adquisición de estos equipos de protección individual. Al haberse calificado la exposición como inaceptable:
  1. Se suspende el ensacado durante una semana. En ese tiempo se adquirirán de forma urgente mascarillas para el personal, se revisará el sistema de ventilación, y se limpiarán las instalaciones.

2. Se adquirirán máscaras desechables autofiltrantes, certificadas con filtro FFP2 (Indicadas para polvos no tóxicos, humos y polvos con base acuosa) aumentando las rotaciones entre operarios y aumentando sus descansos. Su uso será obligatorio mientras los equipos de filtrado localizado no sean instalados. Se sugiere la gama Aura™ 9400+ de la marca 3MTM con la protección requerida:

### Serie 3M™ Aura™ 9400+ Confort: Plegada

La nueva serie 3M™ Aura™ 9400+ tiene todas las características de la serie 3M™ Aura™ 9300+ y además es de color azul, sin grapas y es apta para sistemas de detección metálica muy adecuados para la industria farmacéutica, alimentaria, etc...

Características y Beneficios específicos de la serie 3M™ Aura™ 9400+:

Identificable por sistemas de detección metálica

- + Su clip nasal metálico permite que la mascarilla sea identificada por un detector de metales en caso de caída a un proceso productivo
- + El clip nasal está recubierto para que no pueda desprenderse

Sin Grapas

- + Para ayudar a minimizar el riesgo de contaminación del producto

Producto ensayado y aprobado de acuerdo a la norma EN 149:2001 +A1:2009.



FFP2

3M™ Aura™ 9402+  
Mascarilla autofiltrante de partículas

Clasificación:

EN 149:2001 +A1:2009 FFP2 NR D

Protección: Partículas sólidas y/o líquidas no volátiles  
Máximo nivel de uso: 12 x VLA para partículas

FFP3

3M™ Aura™ 9403+  
Mascarilla autofiltrante de partículas

Clasificación:

EN 149:2001 +A1:2009 FFP3 NR D

Protección: Partículas sólidas y/o líquidas no volátiles  
Máximo nivel de uso: 50 x VLA para partículas

Figura 40: Mascarilla protección polvo (3M, 2016)

- ✓ Adquisición de filtros de mangas como medida de protección colectiva. Estos filtros se emplean para la extracción localizada en las zonas de ensacado, evitando zonas de presión positivas que favorece la expulsión de cemento por cualquier poro que pueda tener el sistema (elevadores, regueras de transporte, bocas de ensacado...). Como se aprecia en la siguiente imagen, esta solución consta con la instalación de tubos de aspiración en distintas zonas del proceso:



Figura 41: Tubos de aspiración de proceso  
(AIR JET Argentina, 2016)

Este sistema de tubo de aspiración por absorben el polvo de las zonas del proceso y evitan sobrepresiones que están provocando que por cualquier resquicio exista fuga de polvo de cemento. Estos tubos se concentran en un filtro de mangas como el que proponemos en la imagen:



Figura 42: Filtro con tolva inferior  
(AIRJET, 2016)

¿Cómo funcionan estos sistemas? Se hace pasar un caudal de aire con el material que se quiere retener desde la parte inferior del filtro, hacia la parte superior. El único escape que tiene el aire es atravesando las mangas o cilindro de tejido poroso adecuado al material a retener. A medida que el aire fluye, las mangas retienen el polvo y van quedando tupidas por el polvo. Un sistema de aire a presión inyecta aire por la parte superior de la manga, probando un efecto de golpe que hará que el material pegado se desprenda y caiga a la tolva de recuperación inferior. El aire limpio fluye hacia el exterior impulsado por el ventilador de aspiración.

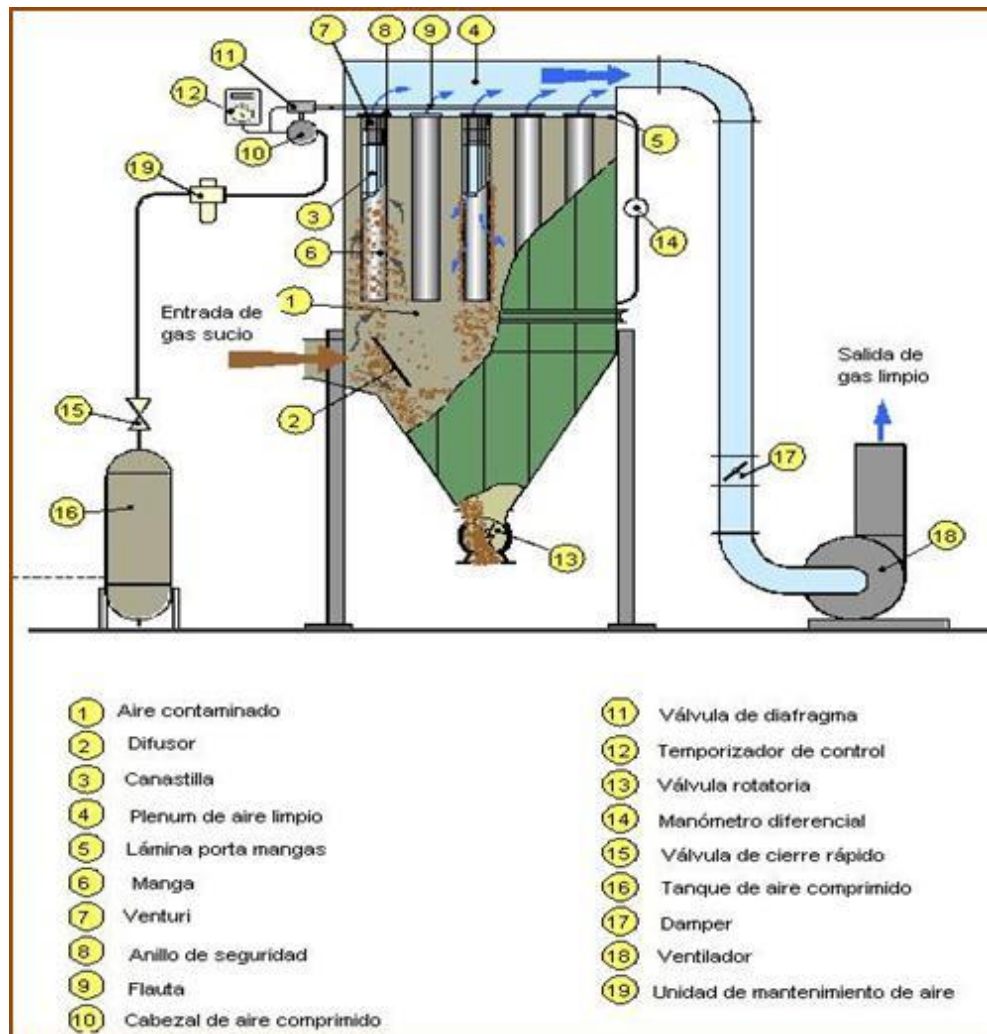


Figura 43: Colector de polvo  
(Monografías.com, 2016)

- ✓ Establecer un plan de información y formación adecuada, necesaria y continua, acorde a la normativa laboral vigente, en relación a las características y riesgos de su puesto de trabajo (fracción de polvo respirable, sílice en el ambiente). Para ello:

1. Crear campañas de concienciación y recordatorio sobre el uso de equipos de protección personal. Se imprimirán carteles y trípticos que se repartirán entre los trabajadores.
  2. Se impartirán cursos de formación sobre el uso correcto de los equipos de protección individual adquiridos (colocación, uso ...)
  3. Se impartirán cursos de formación cuya temática sea conocer el aparato respiratorio y los efectos que el polvo respirado y la sílice pueden tener el mismo.
- ✓ Las medidas que se tomen para paliar la problemática (protección colectiva e individual) serán conocidas por los trabajadores mediante campañas informativas y formativas (uso de EPIs, campanas extractores ...)
  - ✓ Mantener la limpieza en todas las zonas de trabajo, así como pasillos, escaleras y zonas aledañas para evitar aumentar el polvo en suspensión. Se programarán limpiezas periódicas contratando servicios de empresas externas (personal, aspiradoras industriales).
  - ✓ Se establece un calendario de medidas regulares. Detectada la problemática actual, se volverá a realizarán nuevas medidas cada 6 meses durante 2 años. Se evaluarán la fracción respirable y el contenido de sílice en la misma.

Tabla 13. Planificación actividad preventiva (ensacador)

Puesto de Trabajo: ENSACADOR				
Riesgo evaluado	Exposición a polvo en el ambiente de trabajo			Fecha 04/11/2016
Planificación de las medidas / actividades preventivas				
Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable	Plazo	Coste
Mantenimiento sistema ventilación	Se establecerán procedimientos (gamas de mantenimiento preventivo) que, mediante los módulos de SAP, alertarán a intervalos programados de la necesidad de revisar el sistema de ventilación de la nave. Se adquirirán repuestos para mantener un stock mínimo inicial en el almacén (motores de los ventiladores, rodamientos, correas).	Dpto. Mantenimiento	1 mes	6.000 €
Revisión sistema ventilación	De forma inmediata se revisará el sistema de ventilación para detectar las causas del mal funcionamiento. Los fallos identificados se incluirán en el procedimiento de mantenimiento preventivo.	Dpto. Mantenimiento	inmediato	10.000 €
Mantenimiento sistema de filtros	Se establecerán procedimientos (gamas de mantenimiento preventivo) que, mediante los módulos de SAP, alertarán a intervalos programados de la necesidad de revisar los nuevos filtros de reciente adquisición. Se adquirirán repuestos para mantener un stock mínimo inicial en el almacén (golpeadores, electroválvulas, mangas de filtrado, rodamientos)	Producción/Mantenimiento	1 mes	4000 € cada filtro



Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable	Plazo	Coste
Cambio procedimiento de trabajo	En las instrucciones técnicas del puesto se añadirá el uso obligatorio de sistemas de protección personal en el caso de incidencia de los sistemas de ventilación y filtrado.	Dpto. Producción	1 mes	0 €
Protección Colectiva	Instalación de 4 filtros de mangas para aspiración. Se encargará en forma de proyecto llave en mano a la empresa AirJet (diseño, instalación, puesta en marcha).	Dpto. Dirección Dpto. Compras Dpto. Prevención	3 meses	12.000 € c.u.
Formación/información	Formación e información sobre el uso de EPIs seleccionados. El primer curso de formación lo ofrece el distribuidor de los equipos, cursos adicionales tienen coste. El material para mantener al personal informado se entrega sin coste adicional.	Dpto. Prevención	2 meses	500 € cada curso adicional
Otras medidas	Adquisición de mascarillas autofiltrantes FFP2	Dpto. Compras	1 semana	10 € c.u.
Rotación de puestos	Se establece un plan de rotaciones de puestos de trabajo. El trabajador que se acoja podrá en el plazo de 3 años cambiar de puesto de trabajo. Durante un periodo de 6 meses se establecen cursos de formación para adaptarlo al nuevo rol que vaya a desarrollar.	Dpto. Dirección Dpto. RRHH	2 años	3.000 € por empleado

Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable	Plazo	Coste
Campañas sensibilización ruido	Campañas de sensibilización y recordatorio sobre protección contra el ruido, pudiendo emplearse materiales de elaboración propia.	Dpto. Prevención	1 año	500 €
Rotación de puestos	Se establece un plan de rotaciones de puestos de trabajo. El trabajador que se acoja podrá en el plazo de 3 años cambiar de puesto de trabajo. Durante un periodo de 6 meses se establecen cursos de formación para adaptarlo al nuevo rol que vaya a desarrollar.	Dpto. Dirección/RRHH	2 años	3.000 € por empleado
Limpieza de la zona de trabajo	Se contrata a una empresa auxiliar para que de forma urgente limpien la zona de ensacado. Se empleará personal externo y un camión aspirador industrial.	Dpto. Producción	inmediato	3.000 €
Limpieza de la zona de trabajo	Se contrata con una empresa auxiliar un servicio de camión aspirador industrial durante 8 horas de lunes a viernes. Se encargará principalmente de limpiar la zona de ensacado.	Dpto. Producción	1 año	12.000 € contrato anual revisable
Formación	Formación en riesgo de inhalación de polvo y sus consecuencias. Se realizará cuatro sesiones de 4 horas para que acuda todo el personal de ensacado, fuera de su jornada laboral. Se establecerá una convocatoria extraordinaria que se ampliará al resto del personal de fábrica interesado, así como el personal de ensacado que no pudo asistir en la primera convocatoria.	Dpto. Prevención	6 meses	1.000 € cada curso de formación

(Elaboración propia, 2016)

Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable	Plazo	Coste
Mediciones	La concentración de sílice en el ambiente, pese a ser admisible, se aconseja la realización de nuevas medidas de sílice libre en la fracción de polvo. Se harán nuevas mediciones en el puesto de trabajo cada 6 meses durante 2 años, para determinar la concentración de sílice libre. De forma paralela se aprovechará las mediciones para determinar la fracción de polvo respirable y así comprobar la efectividad de las medidas tomadas.	Dpto. Prevención	2 años	2400 €

## 11.2. Operadores de proceso

En el caso de los operadores o vigilantes de proceso se plantean las siguientes medidas para subsanar el riesgo aparecido tras la evaluación del ruido al que están sometidos con la nueva instalación de molienda de cemento (nivel inferior exposición). Éstas se entienden viables tanto funcional como económicamente:

- Al no poder paliar el ruido de ventiladores y molino de bolas, se decide adquirir protectores auditivos individuales. Se decide poner a disposición la versión de tapones insertables con banda. Éstos son ligeros y consiguen sellar el canal auditivo:

### Características y Beneficios:

#### Comodidad

- + Extremadamente ligeros
- + Presión reducida en el oído
- + Los tapones semi-insertos sellan la entrada del canal auditivo sin insertarse profundamente

#### Prácticos

- + Se pueden llevar bajo el mentón (UTC)
- + Fáciles de usar
- + Ideales para las personas que entran y salen
- + Disponibles tapones de repuesto

#### Compatibles con

- + Diseñados para ser compatibles con otros EPI



#### Atenuación\*

3M™ E-A-R™ EARcaps™ (Bajo el mentón)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación Media (dB)	21.0	20.2	19.8	19.1	23.2	33.4	41.0	40.7
Desviación estándar (dB)	4.1	4.4	4.2	4.3	3.7	4.5	2.9	5.4
Valor de protección asumida (dB)	16.9	15.8	15.5	14.8	19.5	29.0	38.1	35.2

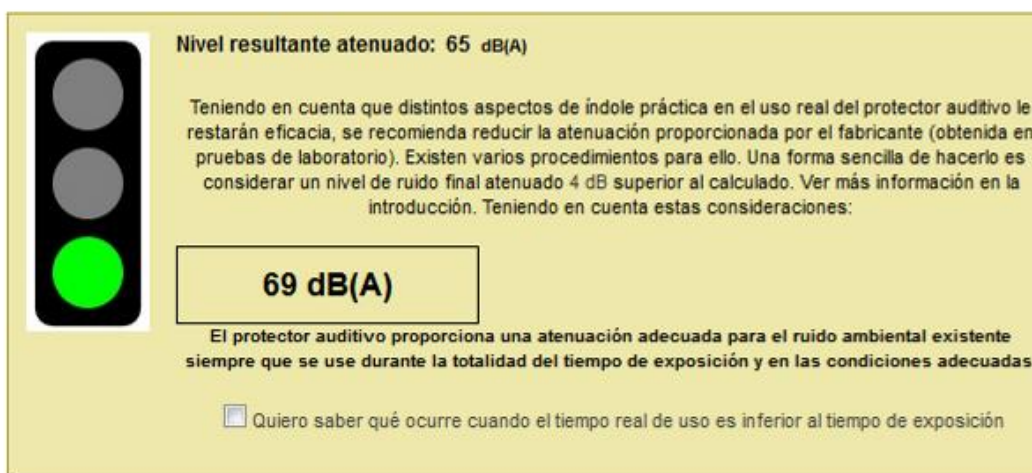
SNR=23dB H=27dB, M=19dB, L=17dB

Figura 44: Tapones con banda (3M, 2016)

Haciendo uso de las herramientas de cálculo que facilita el portal de equipos de protección auditiva del el Instituto de Nacional de Seguridad, e Higiene en el trabajo, se comprobará la efectividad del modelo seleccionado (usando como referencia las características del fabricante). La norma UNE EN 458:2005 recomienda elegir protectores de forma que el nivel de presión sonora percibido esté entre 65 dB(A) y 80 dB(A). Emplearemos el método simplificado HML al no disponer de la distribución en frecuencias del ruido ni del valor  $L_C$ . Se comprobará la simulación mediante la calculadora del INSHT y de forma analítica.

#### HML Simplificado

#### Resultado



#### Datos de partida

Moc

Tipo de frecuencia: Ruido medias y altas frecuencias

Datos del EPI: 19 dB

Nivel de ruido ponderado A: 84 dB(A)

Figura 45: Comprobación simplificada HML  
(Elaboración propia, 2016)

La orientación que desde este portal obtenemos nos permite ratificar el modelo de protector auditivo seleccionado. Es un ruido de clase HM (ruido alto-medio, debido a instalaciones tipo molinos) por lo que al ruido ponderado A restaremos el valor M del EPI seleccionado (proporcionado por el fabricante), y se obtiene un valor 65 dBA (resulta un nivel en el intervalo de 65dBA a 80dBA) como valor de exposición usando el protector auditivo. Para la atenuación a los ruidos de impactos, calculamos (molinos de bolas presentan un ruido de frecuencias medias y altas). La atenuación provocará un nivel de ruido de impacto:

$$L'_{pico} = L_{pico} + (M - 5) = 136 - (19 - 5) = 122 \text{ dBC}$$

Es un protector adecuado al proporcionar una atenuación inferior a los límites marcados legalmente.

- Ofrecer formación e información adecuada y suficiente sobre los riesgos a los que están expuestos, las medidas para paliarlos y el correcto uso de los equipos de protección. Se recordará el uso continuado del protector auditivo durante el tiempo de exposición, pues de lo contrario disminuye su eficacia.

$$L'_{A_{eq,d}} = 10 \log \left[ \frac{(T_{EPI} * 10^{0,1 * L_{A_{eq,Tepi}}} + (T - T_{EPI}) * 10^{0,1 * L_{A_{eq,(T-Tepi)}}})}{480} \right]$$

$$= 10 \log \left[ \frac{(440 * 10^{0,1 * 65} + 40 * 10^{0,1 * 84})}{480} \right] = 73,77 \text{ dBA}$$

Se puede ejemplificar tomando en cuenta una ausencia de protección de 5 minutos cada hora de la jornada, elevaría el nivel de exposición al ruido del trabajo a casi 74dBA, acercándose a la primera barrera que equivaldría a seguir sometido a un nivel bajo (superior a 80dBA e inferior a 85dBA) de exposición diaria.

- Se acometerá una obra para cerrar mediante puertas el edificio que contiene la instalación de molienda. El objetivo es minimizar el ruido en las inmediaciones de la línea de producción, confinándolo



Figura 46: Molido de bolas  
(IMASA, 2016)

- Se establecerá un plan de rotación de puestos opcional para permitir a los trabajadores desarrollar su carrera en otra zona de la empresa. Así dejarían de estar expuestos al factor ruido al moverse a otro departamento/sección.
- Se realizará nuevas evaluaciones del riesgo como mínimo cada tres años, o cuando se produzcan cambios en las instalaciones, máquinas o métodos de producción.
- Se realizarán audiometrías cada 5 años como mínimo.

Tabla 14. Planificación actividad preventiva (vigilante proceso)

Puesto de Trabajo: VIGILANTE DE PROCESO				
Evaluación de Riesgos	Tipo de Riesgo: Exposición a temperaturas extremas durante su jornada habitual			Fecha 04/11/2016
Planificación de las medidas / actividades preventivas				
Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable (2)	Plazo	Coste
Rotación de puestos	Se establece un plan de rotaciones de puestos de trabajo. El trabajador que se acoja podrá en el plazo de 5 años cambiar de puesto de trabajo. Durante un periodo de 6 meses se establecen cursos de formación para adaptarlo al nuevo rol que vaya a desarrollar.	Dpto. Dirección/RRHH	2 años	3000 € por empleado
Protección Colectiva	Aislamiento de la instalación mediante paredes de bloques de hormigón, y puertas metálicas de acceso a las dos primeras plantas que componen la instalación de molienda de cemento. Se dejará confiando el molino de bolas (primera planta) y motores de separadores y regueras (segunda planta)	Dpto. Producción	1 año	20.000 € por la instalación completa
Examen de Salud	Se incluirán audiometrías en el análisis médico anual para este puesto de trabajo	Dpto. Prevención	1 año	100 € por cada trabajador



Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable (s)	Plazo	Coste
Formación/información	Formación en riesgo por exposición a ruido y sus consecuencias. Se realizará cuatro sesiones de 4 horas para que acuda todo el personal de vigilancia de proceso, fuera de su jornada laboral. Se establecerá una convocatoria extraordinaria que se ampliará al resto del personal de fábrica interesado, así como el personal de vigilancia de proceso que no pudo asistir en la primera convocatoria.	Dpto. Prevención	6 meses	1.000 € cada curso impartido
Formación	Formación e información sobre el uso de EPIs seleccionados. El primer curso de formación lo ofrece el distribuidor de los equipos, cursos adicionales tienen coste. El material para mantener al personal informado se entrega sin coste adicional.	Dpto. Prevención	6 meses	0 € primer curso, 100 € los posteriores
EPI	Adquisición EPIs: tapones insertables con arco similares o tipo 3M™ E-A-R™ EARcaps™ (SNR=23 dB)	Dpto. Compras	1 mes	12 € c.u.
Otras medidas	Evaluación del riesgo de exposición al ruido de los trabajadores de este puesto	Prevención	3 años	1.000 €
Otras medidas	Campañas de sensibilización y recordatorio entorno a la temática de protección contra el ruido, pudiendo emplearse materiales de elaboración propia	Prevención	1 años	600 €

(Elaboración propia, 2016)

### 11.3. Operadores de limpieza de torre

En el caso de los operadores de limpieza de torre, se plantea la necesidad de tomar medidas correctivas. Estas medidas se plantean como viables tanto funcional como económicamente:

- Cambios organizativos: pautas de descanso más frecuentes, rotaciones de puestos más frecuentes.
- Instalación de cañones de aire (Airchoc) automáticos para prevenir atascos de material y eliminar pegaduras que de otro modo solo se quitarían en tareas rutinarias de limpieza.



Figura 47: Cañones AIRCHOC  
(Oficemen. 2016)

- Formación e información sobre los riesgos a los que se encuentran sometidos, así como la forma de paliarlos, recalcándoles la obligatoriedad de los descansos y una buena hidratación.
- Búsqueda de ropa ignífuga más actual que pueda hacer el trabajo menos penoso para el operario.
- Se establecerá un plan de rotación de puestos opcional para permitir a los trabajadores desarrollar su carrera en otra zona de la empresa. Así dejarían de estar expuestos a temperaturas extremas al moverse a otro departamento/sección.

Tabla 15. Planificación actividad preventiva (limpieza torre)

Puesto de Trabajo: LIMPIEZA DE TORRE				
Evaluación de Riesgos	Tipo de Riesgo: Exposición a temperaturas extremas durante su jornada habitual			Fecha 04/10/2016
Planificación de las medidas / actividades preventivas				
Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable	Plazo	Coste
Mejora de la Gestión	Instalación de cañones de aire (Airchoc) automáticos para prevenir atascos de material. La instalación se hará con personal propio. Se programará para la siguiente para técnica de la factoría y se instalarán un total de 12 cañones en toda la torre.	Dpto. Producción	6 meses	2000€ c.u.
Cambio procedimientos de Trabajo	Se revisarán las instrucciones técnicas sobre el trabajo que realiza el personal de limpieza de torre. Se incluirá la necesidad de descansos durante la jornada (que se aumentarán en caso de limpieza por atascos), de 15 minutos casa hora.	Dpto. Producción	1 mes	0
Formación/información	Formación sobre los peligros del trabajo en entornos con temperaturas extremas. Se realizará dos sesiones de 4 horas para que acuda todo el personal de limpieza de torre, fuera de su jornada laboral. Se establecerá una convocatoria extraordinaria que se ampliará al resto del personal de fábrica interesado, así como el personal de limpieza que no pudo asistir en primera convocatoria.	Dpto. Prevención	6 meses	500 € por jornada
Otras medidas	Desde el departamento de compras se buscará proveedores de ropa ignífuga más liviana, para sustituir la dotación actual, buscando prendas que protejan pero con materiales más livianos.	Dpto. Compras Dpto. Prevención	3meses	6000 €

Tipo de Medida	Medida Concreta	Responsable (s)	Plazo	Coste
Protección Colectiva	Instalación de señales indicadora de temperatura alta y proyección de material.	Dpto. Compras Dpto. Prevención	1 mes	100 € c.u.
Protección Colectiva	Instalar señales de gálibo para indicar el desarrollo de tareas de limpieza, y cartelería informativa	Dpto. Producción	1 mes	500 € sistema completo con interruptores y cableado
Cambio procedimientos de Trabajo	Aumentar las rotaciones del personal de limpieza. Se publicitarán nuevos puestos de trabajo para poder favorecer las rotaciones. Se ejecutará un proceso de selección para incluir 5 nuevos trabajadores. Éstos deberán ser dotados de ropa y formación en su puesto de trabajo.	Dpto. Producción Dpto. RRHH	6 meses	12.000 €
Rotación de puestos de trabajo	Se establece un plan de rotaciones de puestos de trabajo. El trabajador que se acoja podrá en el plazo de 5 años cambiar de puesto de trabajo. Durante un periodo de 6 meses se establecen cursos de formación para adaptarlo al nuevo rol que vaya a desarrollar.	Dpto. Dirección Dpto. RRHH	1 años	3.000 € por empleado

(Elaboración propia, 2016)

## 12. Implantación de un SGSST conforme a OHSAS 18001

En el presente apartado estableceremos los pasos que se deben de dar tendentes a la implantación de un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo basado en el estándar OHSAS 18001.

El estándar OSHAS nace con la idea de permitir a las empresas la implantación de un sistema de gestión de la seguridad y salud de los empleados, asegurando que se cumplen los requisitos legales locales (y otros que la empresa pretenda cumplir). Es un estándar que otorga reconocimiento internacional en el caso de una buena implementación.

Se involucra a toda la empresa, desde la alta dirección, jefes de sección y departamentos, empleados y personal externo. De esta forma se consigue crear/mejorar la cultura preventiva y hacer de la seguridad un pilar de la gestión de la empresa. Si bien en un primer momento puede parecer un sistema costoso de acometer, se justifica en el tiempo frente al coste de accidentes y bajas que se pueden desarrollar durante la vida productiva de la empresa.

### 12.1. Política

Uno de los documentos más importantes que se establecerán durante la implantación es la política en materia de seguridad y salud en el trabajo. Ésta representa la implicación de toda la empresa en la consecución de los objetivos en la mejora de las condiciones y, por tanto, la mejora de la seguridad y la salud en el trabajo, liderado desde la alta dirección. Cementos U define la siguiente política:

#### Política del SGSST

La Dirección de CEMENTOS U, cuya actividad está encuadrada en el sector cementero, donde fabrica, controla, envasa y comercializa varias variedades de cemento según especificaciones internacionales, contando con un fuerte equipo humano de profesionales en el área de investigación, análisis químico, mantenimiento eléctrico y mecánico, así como en el departamento de producción y dirección, manifiesta su decidido interés por impulsar la prevención de riesgos laborales, el cumplimiento de las normativas legales vigentes y la mejora continua de las condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo. Todos los integrantes prestarán el mayor interés y esfuerzo para conseguir un entorno de trabajo seguro para todos (plantilla y colaboradores).

Para orientar la actuación de todos los participantes en la gestión de la compañía, se define esta política de Seguridad y Salud en el trabajo sustentada en los siguientes principios:

- La prevención de riesgos y la seguridad en el trabajo son una responsabilidad inmersa en la actividad desarrollada por CEMENTOS U y se gestiona con la misma pulcritud que cualquier otra área clave para el modelo de negocio de la empresa.

- Para asegurar la mejora continua de las condiciones de seguridad y salud, se establecerán medidores objetivos y cuantificables para ratificar que las actividades preventivas implementadas como parte de este Sistema de Gestión de Seguridad y Salud se adecúan a los riesgos identificados y evaluados.

- CEMENTOS U incluye la prevención de riesgos laborales en su sistema de gestión (procedimientos, procesos, organización) contribuyendo a la mejora del sistema de gestión Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo

- Se mantendrán sistemas para la identificación y evaluación de riesgos laborales en las distintas áreas en las que CEMENTOS U desarrolla sus actividades. Se identificarán riesgos asociados a las distintas líneas de cemento, cantera, fabricación de pasta de crudo, proceso de clinkerización, así como los relacionados con los relacionados con el ensacado y venta a granel. Igualmente los puestos de gestión y laboratorios de control de calidad e investigación, se someterán a las mismas evaluaciones iniciales, y revisiones si se detectan una implementación deficiente de medidas. Buscamos entornos de trabajo seguros.

- Igualmente todo el equipo de CEMENTOS U se compromete a cumplir escrupulosamente los requisitos legales, tanto nacionales y/o locales que le sean de aplicación la región donde opera, además de otros requisitos voluntarios que desde esta Dirección se adquiriera superando a los estrictamente legales.

- Todos los niveles jerárquicos serán responsables y velarán por el cumplimiento de en la aplicación de los planes y procedimientos de prevención, que impregnarán todos los niveles, trabajadores y colaboradores de CEMENTOS U.

- Se dotará de recursos económicos y de personal suficiente para la implementación y desarrollo del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud del que tenemos manifestamos decisión firme y expresa de implantar, contando con una dotación económica y personal de para la implantación, así como grupos de trabajo para consulta y apoyo en todas las áreas vía telemática.

- Para lograr entornos de trabajo seguro, los responsables de actividades o áreas, deben de entender que bajo ningún concepto se permitirán actuaciones que puedan atentar contra la seguridad de personas, tanto trabajadores internos como externos. No hay criterios económicos ni productos que justifiquen someter a un empleado a una situación de

riesgo para su salud. Volvemos a mostrar el firme compromiso que desde CEMENTOS U se tiene para evitar las lesiones y daños a la salud de la personas.

□ Todos los trabajadores recibirán la formación inicial y periódica en función del trabajo área de trabajo que desempeñen. Éste se hará en la medida de lo posible en idioma local para la correcta comprensión por parte del público que asista.

□ La organización tiene claro sus objetivos en Seguridad y Salud y su intolerancia frente a situaciones adversas para la salud de sus trabajadores, así establece esta política como marco para revisar y establecer los objetivos marcados.

□ Esta Política se comunicará a todos los trabajadores propios, externos, y empresas colaboradora, igualmente queda a disposición de cualquier parte interesada y público en general para conseguir su máxima difusión.

La Alta Dirección se compromete a la revisión periódica de la política que expuesta para ratificar que medidas y comportamientos evolucionan en el camino adecuado.

Jueves a 06 de octubre de 2016

Firma: CEMENTOS U

## 12.2. Fases de implantación

Para la implantación del sistema de gestión de seguridad y salud basado en el estándar OHSAS 18001 se puede seguir las recomendaciones que desde el INSHT se nos hace desde la nota técnica de prevención número 899. Se nos recuerda que no hay una regla única de implantación, solo unas pautas a seguir.

### Fase 1: Análisis Inicial

En esta fase se busca conocer el punto desde el que parte Cementos U para la posible implantación del sistema de gestión de seguridad y salud basada en el estándar OHSAS 18001. Además sirve como herramienta de comparación para, una vez acabada la implantación, comprobar la validez de ésta mediante el enfrentamiento de los resultados obtenidos y el punto de partida de la empresa.

- Se recopilarán todos los aspectos legales (y voluntarios) que Cementos U debe de cumplir en el ámbito de la prevención de riesgos laborales. Se evaluará el nivel de cumplimiento actual de todos esos requisitos (por ejemplo, el plan de prevención actual).
- Identificación de riesgos para eliminarlos, y evaluación de los que no se puedan eliminar. En el presente estudio higiénico se han evaluado exposiciones a ruido



(agente físico), polvo y sílice en el ambiente de trabajo (agente químico), y exposición a altas temperaturas en el puesto de trabajo (agente físico). En este caso se ha enfocado para tres puestos (adjuntando la identificación de riesgos completa en el anexo), debiendo de asegurarse que existe para el resto de la planta.

- Analizar el requerimiento de inversión y de personal para la implantación del sistema de gestión de seguridad y salud basada en el estándar OHSAS 18001.

### Fase 2: Planificación

En este momento la organización desarrolla toda la documentación que, según el estándar, precisa el sistema para la gestión de la seguridad y salud de los trabajadores en Cementos U: procedimientos (por ejemplo, el procedimiento para “Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos”, o el procedimiento “Actuación en caso de accidente grave, muy grave o mortal”), registros, formatos y cualquier otro relacionado documento con la seguridad.

Se dotará de medios económicos y humanos al proyecto para una adecuada implantación. Se nombra como responsable al director del departamento de prevención. Esta figura debe de coordinar todas las actividades para poder implantar y mantener el sistema de gestión. Es un profesional que ha demostrado su valía en considerable ocasiones, respaldado además por un currículum académico insuperable.

De igual forma se nombrará un comité con un número suficiente de otros departamentos, y asesores externos con experiencia en la implantación de sistemas de gestión. Si bien no es un requisito de implantación, este grupo evitará que toda la responsabilidad recaiga sobre una sola figura pudiendo aunar esfuerzos.

### Fase 3: Implantación

Con la dotación de personal (externo e interno) y económica que desde la alta dirección de Cementos U se ha dotado a esta implantación del sistema de gestión de seguridad y salud basado en el estándar OHSAS 18001, se establecerán responsabilidades y funciones en este proceso, y se establecerá una fecha de inicio para la implantación.

CEMENTOS U se asegurará que esta información llega a todos los miembros en el comienzo de esta fase para conseguir que estén alerta y se impliquen en las tareas, trabajando todos al unísono y en la misma dirección. Estos avisos se realizarán mediante avisos en la intranet de Cementos U, la creación de cartelera para colocar en áreas de descanso y entradas principales, reparto a trabajadores de trípticos explicando el comienzo y fases de implantación, y envío de correos electrónicos departamentales.

Para asegurar un nivel de capacitación adecuado de estos responsables, se establecerán unas actividades formativas:

- Dirección de la organización, formación durante 2 horas
- Línea de Mando formación durante 8-10 horas
- Formación mediante charlas al resto de trabajadores duración aproximada 1 hora

Se abren todos los canales de comunicación posibles para que desde el exterior e interior existan formas de participación y consulta. Para el personal interior se establece un buzón de sugerencias en la zona de acceso principal de Cementos U y un buzón departamental accesible vía email. Para la participación y consulta de empresas y/o trabajadores externos, se habilita un email departamental. Esta información se publicitará en carteles visibles para conocimiento de todos los interesados.

Se realizará el seguimiento y la resolución de los problemas que vayan surgiendo

#### Fase 4: Verificación

Con el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo basado en OHSAS 18001:2007 funcionando, se llevará a cabo una auditoría interna, de periodicidad anual, por personal interno capacitado para estas tareas.

Se elaborará un calendario de auditorías internas anuales, las cuales se llevarán a cabo por el responsable de prevención y responsable de producción de otra de las empresas que conforman el grupo cementero en el que está inmerso Cementos U. Así nos aseguramos que son personas con la cualificación adecuada y necesaria para la realización de la auditoría interna. Si por motivos productivos no se pudiera encontrar a personal propio libre para la realización de la auditoría, se acudirá a contratar a una empresa de consultoría externa o un auditor autónomo.

Se elaborará el informe de auditoría que mostrará las carencias del sistema, así como sus bondades (cumplimientos). Es la herramienta más eficaz para verificar las desviaciones entre la implantación y los objetivos marcados por la alta dirección. Entre todos estos objetivos a verificar se encuentra la medición de la eficacia de las medidas preventivas tomadas para paliar los riesgos evaluados y que se han tratado de paliar o eliminar. Tanto la auditoría interna como el tratamiento de las no conformidades, se realizará según los procedimientos que se han documentado en la fase de implementación (revisión del manual, implantación, alcance, objetivos....).

La alta dirección revisará los resultados de la auditoría una vez esté el informe completado. Igualmente establece un periodo de revisión anual tanto de la política de como de los resultados de la implantación del sistema de gestión de la seguridad y salud.

#### Fase 5: Auditoría Externa y Certificación

Por último, y no menos importante, cuando se esté en condiciones óptimas se solicitará a una empresa acreditada e independiente de la organización la revisión del

sistema completo. Esta auditoría externa irá encaminada a la certificación y visibilidad nacional e internacional de que Cementos U cuenta con un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo basado en el estándar OHSAS 18001:2007. Esta fase es opcional, pero se realizará debido a los beneficios que aportará en la imagen corporativa de la empresa.

### Cronograma de la implantación

Se establece el siguiente cronograma para la implantación. Esta propuesta se irá revisando/ampliando según la evolución del proyecto de implantación. La implementación se solapa con la fase de verificación para contemplar la necesidad de realizar mejoras o modificaciones para la consecución de los objetivos. Finalmente, aunque opcional, se ha dado un plazo de un mes para la decisión de auditar el sistema para obtener una certificación oficial.

Tabla 16: Implantación sistema gestión SST OHSAS 18001

### Plantilla de cronograma de actividades

**Título del proyecto:** IMPLANTACIÓN OHSAS 18001

CRONOGRAMA DEL PROYECTO														
	MESES	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
FASE1														
FASE2														
FASE3														
FASE4														
FASE5														

(Elaboración propia, 2016)

## 12.3. Procedimiento acceso a molinos

Toda instalación de producción requiere de un mantenimiento periódico. Éste se debe de ordenar y organizar para evitar problemas productivos (paradas innecesarias, reparaciones de urgencia), así como fallos en los equipos que puedan derivar en un accidente de trabajo (afectando a los recursos humanos o los recursos materiales).

Los molinos de bolas (cemento, carbón), deben de inspeccionarse regularmente y, en caso de necesidad, proceder a actividades de limpieza en su interior. A tenor de la

regulación actual, un espacio confinado se denomina a recintos con limitaciones en la apertura de entrada/salida, deficiencia de oxígeno o ventilación desfavorable, donde pueden haber presencia de agentes contaminantes biológicos, químicos e incluso existir un peligro de explosión. Por tanto, el molino de bolas es un espacio confinado, que nos obligará a pormenorizar en un procedimiento la forma de acceder en condiciones seguras al mismo (cumpliendo los requisitos de OSHAS).

Cementos U	Procedimiento de control operacional	Versión 00
	Trabajos en el interior de molino de bolas	Fecha 04/11/2016
		Página 1/5


## CEMENTOS U

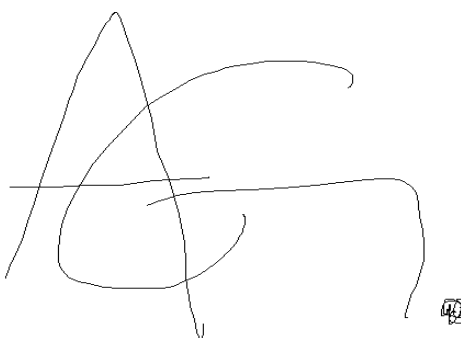
### PRTSI1.0

#### “Trabajos en interior de molinos de bolas”

Registro de Revisiones de este procedimiento

Fecha	Revisión	Modificaciones respecto a la versión Anterior
10.10.2016	00	Primera redacción

ELABORADO
<p>Director Dpto. Prevención</p>  <p>Firma: Juan Mora Fecha: 10.10.2016</p>

REVISADO/APROBADO
<p>Director</p>  <p>Firma: Óscar Aguamarga Fecha: 12.10.2016</p>

Cementos U	Procedimiento de control operacional	Versión 00
	Trabajos en el interior de molino de bolas	Fecha 04/11/2016
		Página 2/5

### 1. Objeto

Definir un procedimiento para la realización de trabajos en el interior de molinos de bolas de forma segura para todo el personal, implementando un sistema de permisos escritos, ya que estos lugares se consideran como espacios confinados. El permiso de trabajo escrito constancia de los accesos realizados y se guardará una copia durante cinco años mínimo para futuras consultas.

### 2. Alcance

El presente procedimiento aplicará a los todos operarios que deban acceder, inspeccionar o realizar un trabajo dentro de un molino de bolas, pues es un lugar que habitualmente no se encuentra habilitado para el trasiego y/o permanencia de personas. Aplica la siguiente legislación:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre. Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 486/1997, de 14 de Abril, Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, de Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

### 3. Desarrollo

- Esperar a que el molino esté completamente parado.
- Se revisarán los sistemas de alimentación de material de los molinos para asegurar que están vacíos.
- Posicionar el molino en puertas: Poner las puertas en la parte superior, con el sistema de posicionamiento auxiliar que cada molino disponga.
- Realizar los cortes de tensión de los motores principales y auxiliares.
- Se procederá a la reducción de la temperatura del interior de la virola de molinos empleando lo tiro forzado, y controlando la temperatura desde la sala de control centralizado.
- Configurar y anclar mecánicamente o eléctricamente el sistema de gases de tal forma que el circuito de gases del horno, en molinos de carbón y crudo de tal forma que queden aislados.

Cementos U	Procedimiento de control operacional	Versión 00
	Trabajos en el interior de molino de bolas	Fecha 04/11/2016
		Página 3/5

- g. Rellenar y firmar el permiso especial de trabajo. Se indicará el número de permiso de trabajo que se crea de la siguiente forma: dos letras para indicar departamento (PRO, producción, MTC, mantenimiento mecánico, MTE, mantenimiento eléctrico), la fecha de realización del permiso en el formato aaaammdd. Ejemplo: PRO20160510, es un permiso de trabajo de producción del día 10 de mayo de 2016.
- h. Controlar el perímetro alrededor de los molinos, para evitar accesos no controlados.
- i. Se abren los registros de acceso de personas, ya sean los superiores o la puerta delantera en el caso del molino de crudo.
- j. Se accederá a los molinos por las plataformas superiores de la que constan, empleando las escaleras para llegar al interior del molino desde los huecos de entrada. En el caso del molino de crudo, el acceso se hará por la puerta frontal colocando una barandilla portátil.
- k. En el caso de los molinos de crudo y carbón, se introducirá previamente un medidor de gases para asegurar una atmósfera respirable y libre de gases perjudiciales para los trabajadores. Éstos llevarán consigo un medido de gases que les alertará en caso de peligro, debiendo abandonar el molino.
- l. Se empleará alumbrado de 220v con separador galvánico
- m. En el caso del molino de carbón, al ser un recinto catalogado como ATEX, se deberá herramientas antichispas y calzado sin herrajes. Se prohíbe fumar, usar llamas desnudas y elementos generadores de chispas.
- n. Finalizado el trabajo, se recogerán todas las herramientas.
- o. Se cierran los accesos de persona al molino.
- p. Se restablece la tensión eléctrica en los motores principales y auxiliares.
- q. Se libera el sistema de gases de toda restricción mecánica y/o eléctrica.
- r. Se devuelve el control del equipo al sistema de producción centralizado para su puesta en marcha.

Cementos U	Procedimiento de control operacional	Versión 00
	Trabajos en el interior de molino de bolas	Fecha 04/11/2016
		Página 4/5

4. Responsabilidades durante la realización del trabajo.

- El jefe de seguridad y salud en el trabajo es responsable de redactar y mantener este procedimiento.
- El jefe de mantenimiento asegurará la disponibilidad de herramienta, en correcto estado de funcionamiento, y sustancias para la limpieza (detergentes, trapos, fregonas...).
- El jefe o responsable de área de la zona donde se realiza la actuación asegurará la correcta aplicación de las medidas de seguridad y este procedimiento por parte de los empleados que realicen el trabajo. Creará el documento de solicitud de trabajo especial indicando la hora de comienzo, finalización, verificaciones de condiciones de seguridad y firmará junto al encargado del trabajo de reparación. Cuando se acabe el trabajo firmará el cierre del permiso de trabajo para darlo por concluido.
- Encargado será el recurso preventivo durante la ejecución de la tarea, y responsable de los métodos de trabajo son seguros.

5. Anexo: Formato de solicitud de permiso de trabajo






<b>Centro de Trabajo</b>	<b>CEMENTOS U</b>	<b>ID TRABAJO</b>	01	<b>Permiso Nº</b>	PRO20161010
--------------------------	-------------------	-------------------	----	-------------------	-------------


<b>Descripción del Trabajo</b>	<b>Inspección tabique de entrada, intermedio y salida de molino de cemento</b>
<b>Equipo o Localización exacta</b>	<b>Interior molino de bolas</b>

<b>VALIDEZ</b>	Desde (día y hora)	<b>20/11/2016 07:00</b>	Hasta (día y hora)	<b>20/11/2016 15:00</b>
----------------	--------------------	-------------------------	--------------------	-------------------------

<b>Riesgos asociados</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Caídas a distinto nivel.	<input type="checkbox"/> Exposición a agentes biológicos.	<input type="checkbox"/> Incendio y/o explosión.	<input type="checkbox"/> Choques y/o atropello
<input type="checkbox"/> Contactos eléctricos.	<input type="checkbox"/> Contactos térmicos y/o radiaciones.	<input type="checkbox"/> Atrapamiento y/o aplastamiento.	<input type="checkbox"/> Otros:
<input checked="" type="checkbox"/> Exposición a agentes químicos.	<input type="checkbox"/> Temperaturas extremas (calor).	<input type="checkbox"/> Caída y/o desprendimiento de objetos.	

<b>VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL TIPO DE TRABAJO</b>		
<b>Medidas Preventivas que deben aplicarse</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> Gafas de seguridad. <input checked="" type="checkbox"/> Cerrar y consignar válvulas. <input type="checkbox"/> Guantes de protección química. <input checked="" type="checkbox"/> Protectores auditivos. <input checked="" type="checkbox"/> Medios de comunicación. Radio. <input type="checkbox"/> Pantallas de soldadura con cristal inactivo. <input checked="" type="checkbox"/> Medios de emergencia para la retención de derrames y vertidos.		<input type="checkbox"/> Equipos de extinción en la zona. Extintores. <input checked="" type="checkbox"/> Localización de duchas y lavaojos. <input type="checkbox"/> Colocar bridas ciegas en tuberías. <input checked="" type="checkbox"/> Bonos de descargo de motores. <input type="checkbox"/> Verificar que se han vaciado y purgado las tuberías. <input type="checkbox"/> Señalización y delimitación de la zona de trabajo. (Establecer perímetro de seguridad). <input type="checkbox"/> Otros:
<b>Prohibiciones</b>	<input type="checkbox"/> No introducir aparatos eléctricos, neumáticos, mecánicos, etc., capaces de generar chispas. <input type="checkbox"/> Mantener la zona libre de vertidos	<input type="checkbox"/> No utilizar teléfonos móviles, ni fumar. <input type="checkbox"/> Otras:

<b>Responsable Área (elabora el permiso)</b>	<b>Confirmando que se han dispuesto las medidas arriba detalladas</b>	
	<b>Responsable de área</b> 	<b>Encargado de ejecución de los trabajos</b> 
Andrés Macías López 20/11/2016	José García García 20/11/2016	Francisco Paval Domínguez 20/11/2016

<b>VERIFICACIÓN DE LA FINALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS</b>	
Confirmando que el trabajo detallado en este permiso se ha completado y que todos los elementos se han dejado en condiciones seguras y el lugar en las debidas condiciones de orden y limpieza.	<b>Persona que confirma la conclusión:</b>  Andrés Macías López <b>20/11/2016 15:00</b>

### 13. Conclusiones

Mejorar las condiciones laborales de trabajadores proporciona una satisfacción que es imposible de describir. Pese a ello, existe el dolor por el tiempo que pasa hasta que se han puesto medidas para eliminar o minimizar los efectos producidos por los riesgos a los que se han visto sometidos. El proceso resulta a veces lento pues, desde mi punto de vista, la prevención aún se ve como un departamento que solo produce dolores de cabezas y ser un sumidero presupuestario.

Las evaluaciones de los riesgos objeto de este estudio higiénico han resultado en la existencia de riesgo para los trabajadores:

- Si bien en la zona de ensacado el nivel de sílice en ambiente está por debajo de los límites legales permitidos, no ocurre así con la fracción de polvo respirable. Esta situación confirma una la hipótesis de insalubridad del personal de ensacado. Esto ha obligado a la búsqueda de soluciones inmediatas, como el uso de equipos de protección individual, la revisión del sistema de ventilación de la nave, y la incorporación de nuevos equipos de extracción.
- La hipótesis que se planteó del personal de limpieza de torre concluye que la existencia de altas temperaturas, unido al tipo de vestimenta de protección usada, obliga a cambiar los ritmos de trabajo y añadir rotaciones para evitar mermar la salud de los trabajadores. Además se han incluido sistemas de limpieza automáticos por aire comprimido para que prevengan atascos y pegaduras de material.
- La evaluación del ruido en la nueva instalación ha confirmado la necesidad de uso de protección auditiva si bien, no es obligatoria atendiendo a los criterios legales, se proporciona a los empleados.

La modesta opinión del autor de este trabajo da por cubierto el el objetivo principal, dando solución mediante una serie de medidas a situaciones situaciones insalubres (en los casos seleccionados), tras evaluarlas.

No obstante, las principales dificultades para la realización de estos estudios han sido:

- La reticencia del personal para la realización de entrevistas.
- La necesidad de vigilar a los empleados para que no falseen las medidas. Aunque puede parecer sorprendente, algunos empleados arrojan polvo a los medidores, o los golpean, incluso los dejan colgado en las cercanías de un compresor. Se les debe hacer comprender que las medidas son una parte de un bien común mayor, no una mera justificación legal.

- Recelo a la hora de colaborar portando los equipos de toma de muestras personal. Igualmente por el miedo a ser señalados por sus compañeros como colaboradores del sistema de prevención.
- El cálculo matemático y tratamiento estadístico, si bien totalmente necesario para el método analítico, hace engorroso llegar a las conclusiones finales.
- La ingente cantidad de información a la que tenemos acceso desde un punto de acceso a internet abrumba y entorpece en muchos casos la resolución de dudas. El portal principal de consulta en el INSHT junto a sus notas técnicas de prevención y recopilación de legislación, pero a veces la falta de ejemplos o aplicaciones prácticas obliga a consultar en internet donde el investigador se puede sentir perdido frente al bombardeo de enlaces relacionados con una búsqueda concreta.
- Otra dificultad, más bien de índole escolar, ha sido la dificultad para encajar la redacción dentro de los requisitos de la normativa APA para la inclusión de referencias bibliográficas. El desconocimiento y falta de costumbre ha complicado y ralentizado la creación completa del índice para no incurrir nunca en errores que puedan inducir al plagio.

Si bien este estudio es completo en los objetivos que se buscaban, se pueden marcar nuevas líneas de mejora e investigación:

- ✚ Seguridad Industrial: analizadas las identificaciones de riesgos de los tres puestos reflejan una gran número de situaciones que pueden disparar el mecanismo de evaluación de riesgos. Los trabajadores, no solo los tratados en este caso, deben hacer frente al uso de carretillas, movimientos en distintas plantas de trabajo, existencia de tramex y andamios temporales para tareas de destascos o reparación, riesgos de incendio y eléctricos al estar trabajando con maquinaria en tensión.
- ✚ Higiene Industrial: los estudios de exposición a ruido y polvo son extensibles a otras zonas de la factoría.
- ✚ Ergonomía y psicología aplicada: mediante esta disciplina se deben de aleccionar (o recordar) a los trabajadores sobre los riesgos de no adoptar posturas adecuada, o levantar pesos excesivos durante el trabajo. Además de esta área más física, se deberán de contemplar igualmente la carga de trabajo de los ayudantes, y el estrés al que están sometidos para la consecución de objetivos. No solo cubrir la producción ordinaria genera tensión, existen picos de trabajo que se originan por pedidos excepcionales (barcos de granel o barcos de paletizado) que obliga a trabajar durante más tiempo o jornadas extras.

Las situaciones adversas a las que se ven los trabajadores sometidos, se pueden minimizar o evitar sin la necesidad de incurrir en grandes inversiones (a no ser que estemos frente a situaciones extremas):

- Inversión en formación e información relativa a los riesgos, alerta y concidencia a los trabajadores en el entorno que están trabajando.
- Formación e información sobre uso de EPIs y su conveniencia, ya que el uso incorrecto de un EPI anula su eficacia (mala colocación).
- En el caso particular que se ha visto:
  - el uso de sistemas de captación de polvo en suspensión, como medida colectiva, no solo evita problemas en la salud de los trabajadores, favorece además la recuperación de producto y limita las emisiones al medio ambiente.
  - Reducción de los tiempos de parada de horno por limpieza por sistemas de de aire comprimido de forma automática (programable).
- Reducción del absentismo, bajas por enfermedad profesional y situaciones de emergencia como consecuencia directa de la mejora en las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

El sector de la construcción volverá ser motor creador de empleo y sentadas las bases en materia de prevención, no verá aumentadas sus estadísticas de siniestralidad por el aumento de la producción. Factores tales como la formación, la cultura preventiva, la proactividad y la proliferación de comportamientos seguros, permitirán seguir disminuyendo las cifras oficiales de siniestralidad del sector.

## 14. Referencias bibliográficas

- 3M (2016). Productos de Protección Personal: Protección respiratoria Recuperado 14 de 05 de 2016, de <http://www.3M.com/es/seguridad>
- 3M (2014). Productos de Protección Personal: Protección auditiva, Recuperado 14 de 05 de 2016, de [http://solutions.productos3m.es/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1395742537000&locale=es\\_ES&assetType=MMM\\_Image&assetId=1361792187791&blobAttribute=ImageFile](http://solutions.productos3m.es/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1395742537000&locale=es_ES&assetType=MMM_Image&assetId=1361792187791&blobAttribute=ImageFile)
- AIRJET2 (2016). Catálogo de filtros con tolva inferior, Recuperado 01 de 09 de 2016, de [http://www.airjet.es/p\\_filtros\\_tolva\\_inferior.htm](http://www.airjet.es/p_filtros_tolva_inferior.htm)
- AIRJET Argentina (2016). Sistema de aspiración, Recuperado 01 de 09 de 2016, de <http://www.airjet.com.ar/wp-content/uploads/2012/08/EMB02-300x224.jpg>
- Asociación Española de Normalización (1996). *Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. UNE-EN 689:1996*. Madrid. AENOR.

- Bobcat Mexico (2016). Catálogo Cargadores, Recuperado 01 de 10 de 2016, de <http://bobcatmexico.com/wp-content/uploads/2014/10/BOBCAT-S770-CARGADOR-COMPACTO-300x213.gif>
- Briceño Ortega, A. (2013). Deming y la prevención de riesgos laborales. Recuperado 06 de 10 de 2016, de <http://prevencionar.com/2013/05/13/deming-y-la-prevencion-de-riesgos-laborales/>
- Cardox International Limited (2016). Build-up & Blockage Clearing/Unclogging, recuperado 03 de 10 de 2016 de [http://www.cardox.net/lmg/banner\\_05.jpg](http://www.cardox.net/lmg/banner_05.jpg)
- Casella España (2016). Dosímetro de ruido CEL352, Recuperado 13 de 05 de 2016 de <http://casella-es.com/postvbnovedadtecnica/dosimetro-de-ruido-cel-352-y-cel-352-is-atex/>
- CEPCO. (2016). *Informe Coyuntura Económica Junio 2016*. Recuperado el 11 de 07 de 2016, de [http://www.cepcos.es/Uploads/docs/Informe\\_Coyuntura\\_CEPCO\\_Junio\\_2016.pdf](http://www.cepcos.es/Uploads/docs/Informe_Coyuntura_CEPCO_Junio_2016.pdf)
- Cementos Portland Valderrivas (2015). Servicio de Prevención Mancomunado, Manual de fundionamiento.
- Comisión de Seguridad y Salud de la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (2008). *Guía de Buenas Prácticas de PRL en el Sector Cementero Español, Capítulo 16*, Recuperado 01 de 09 de 2016, de [https://www.oficemen.com/show\\_doc.asp?id\\_doc=31](https://www.oficemen.com/show_doc.asp?id_doc=31)
- Directindustry.com. Torre de ciclones (2016). Recuperado 01 de 09 de 2016, de [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-m/62016-2573327.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-m/62016-2573327.jpg)
- El proceso productivo del cemento (2016). [Vídeo] Recuperado de [http://www.flacema.org/images/stories/videos/DVD\\_Flacema\\_2.SWF](http://www.flacema.org/images/stories/videos/DVD_Flacema_2.SWF)
- FLACEMA (2016). Proceso de fabricación. Recuperado 01 de 09 de 2016, de <http://www.flacema.org/images/stories/procesofab.jpg>
- Fluke Corporation (2016). Cámara de infrarrojos Fluke TiS40. Recuperado 13 de 02 de 2016, de <http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-tis40.htm?pid=79861>
- Frontline Safety UK Ltd (2016). Catálogo de productos – cilón casella, Recuperado 01 de 09 de 2016, de <https://www.frontline-safety.co.uk/media/catalog/product/cache/1/image/1800x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/1/1/116000B.jpg>
- Holcim (2016). Holcim España - Proceso de fabricación. Recuperado el 01 de 09 de 2016, de <http://www.holcim.es/editorials/proceso-de-fabricacion.html>
- INSHT (2010), *Aplicación del RD 286/2006 sobre ruido*. INSHT. Recuperado el 20 de 04 de 2016, de

- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folletos/Medicina/port.%20ruido\\_Maquetaci%C3%B3n%202.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folletos/Medicina/port.%20ruido_Maquetaci%C3%B3n%202.pdf)
- INSHT. (2015). Portal de Equipos de Protección Individual. Recuperado el 30 de 12 de 2015, de <http://www.insht.es/portal/site/Epi/>
- IMASA, Ingeniería y proyectos (2016). Detalle Molino de bolas. Recuperado el 01 de 09 de 2016, de [http://www.imasa.com/recursos/referencias/1610019587\\_2592013234139.jpg](http://www.imasa.com/recursos/referencias/1610019587_2592013234139.jpg)
- Instituto Nacional de Silicosis (2016). Presentación. Recuperado 01 de 09 de 2016 de [http://www.ins.es/el\\_instituto/presentacion](http://www.ins.es/el_instituto/presentacion)
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales*. Boletín Oficial del Estado, 269, de 10 de noviembre de 1995.
- Luna Mendaza, P. (1993). *NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*. INSHT. Recuperado el 30 de 05 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_322.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_322.pdf)
- Luna Mendaza, P; Nogareda Cuixart, S. (1993), *NTP 323: Determinación del metabolismo energético página 2*. INSHT. Recuperado el 20 de 04 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_323.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_323.pdf)
- Luna Mendaza, P. (2000). *NTP 553. Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I)*. INSHT. Recuperado el 01 de 09 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_553.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_553.pdf)
- Martí Veciana, A. (1983). *NTP 59. Toma de muestras de sílice libre. Análisis colorimétrico*. INSHT. Recuperado el 11 de 07 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp\\_059.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_059.pdf)
- Sánchez-Toledo Ledesma, A; Villa Martínez, E.(2011) *NTP 898: ohsas 18001. sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo: implantación (I)*. INSHT. Recuperado el 01 de 09 de 2016 <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/898w.pdf>
- Sánchez-Toledo Ledesma, A; Villa Martínez, E.(2011) *NTP 899: ohsas 18001. sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo: implantación (II)*. INSHT. Recuperado el 01 de 09 de 2016 <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/899w.pdf>



- Subdirección General de Estadística (2016). *Estadística de accidentes de trabajo*. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Recuperado el 11 de 07 de 2016, de <http://www.empleo.gob.es/estadisticas/eat/welcome.htm>
- Oficemen, Datos sectoriales de Seguridad y Salude del periodo 2003 a 2012, Recuperado 01 de 07 de 2016, de [https://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id\\_rep=1111](https://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id_rep=1111)
- Oficemen, Guía de Buenas Prácticas de PRL en el Sector Cementero Español, Capítulo 16, Limpieza de torre de ciclones, Recuperado 01 de 09 de 2016, de [https://www.oficemen.com/show\\_doc.asp?id\\_doc=31](https://www.oficemen.com/show_doc.asp?id_doc=31)
- ORDEN ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02 «Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas», del Reglamento General de Normas Básica. BOE, 215, de 7 de septiembre de 2007.
- pce-instruments. (2016). Medidor de estrés térmico. Recuperado el 11 de 07 de 2016, de [https://www.pce-instruments.com/espanol/slot/4/artimg/large/medidor-de-estr\\_s-t\\_rmico-hd32.2a-360419\\_641219.jpg](https://www.pce-instruments.com/espanol/slot/4/artimg/large/medidor-de-estr_s-t_rmico-hd32.2a-360419_641219.jpg)
- recuperaresiduosencementeras.com (2016). Clinker de horno de producción. Recuperado 01 de 09 de 2016, de <http://www.recuperaresiduosencementeras.org/Uploads/imgs/contenidos/Clinker.jpg>
- Thermo Fisher Scientific (2008). Catálogo comercial de producto. Recuperado 10 de 10 de 2016 de [http://www.thermo.com.cn/resources/200802/productpdf\\_25340.pdf](http://www.thermo.com.cn/resources/200802/productpdf_25340.pdf)
- UNE-EN 458:2005. *Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento. Documento guía*. AENOR, Madrid, España, 2005
- UNE EN ISO 9612:2009. *Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo – Método de ingeniería*. AENOR, Madrid, España, 2009.
- Wikipedia. (2004). Silicosis. Recuperado el 07 de 11 de 2016, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Silicosis>

## 15. Bibliografía

- Arévalo Fernández, T. (2015). *Higiene Industrial*. La Rioja: UNIR.
- Astros, I. J. (09 de 2011). Evaluación técnico económica, filtro de mangas. Recuperado el 05 de 09 de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos102/evaluacion-tecnico-economica-filtro-mangas/evaluacion-tecnico-economica-filtro-mangas2.shtml>
- Baglietto, S. G. (2014). *Implantación de un Sistema de Seguridad y Salud Laboral – OHSAS 18001*. La Rioja: UNIR.

- Bernal Domínguez, F.; Luna Mendaza, P. (2000). *NTP 555: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (III)*. INSHT. Recuperado el 23 de 04 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_555.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_555.pdf)
- Castejón Vilella, E. (1983). *NTP 74. Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación*. INSHT. Recuperado el 01 de 09 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp\\_074.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_074.pdf)
- Gil Fisa, A., & Luna Mendaza, P. (1991). *NTP 27. Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos*. INSHT. Recuperado el 10 de 05 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_270.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_270.pdf)
- Dirección de Seguridad e Higiene de ASEPEYO. (2005). Ambiente térmico (calor y frío). ASEPEYO. Recuperado el 01 de 09 de 2016, de [http://prevencion.asepeyo.es/apr/apr0301.nsf/ficheros/HAF0506028%20Curso%20de%20ambiente%20t%C3%A9rmico%20\\_estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico\\_.pdf/%24file/HAF0506028%20Curso%20de%20ambiente%20t%C3%A9rmico%20\\_estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico\\_.pdf](http://prevencion.asepeyo.es/apr/apr0301.nsf/ficheros/HAF0506028%20Curso%20de%20ambiente%20t%C3%A9rmico%20_estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico_.pdf/%24file/HAF0506028%20Curso%20de%20ambiente%20t%C3%A9rmico%20_estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico_.pdf)
- INSHT. (2016). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2016*. INSHT. Recuperado el 10 de 05 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20\\_VALORES%20LIMITE/Valores%20limite/Limites2016/LEP%202016.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALORES%20LIMITE/Valores%20limite/Limites2016/LEP%202016.pdf)
- INSHT. (2016). Calculadores para la prevención. Recuperado el 15 de 05 de 2016, de <http://calculadores.insht.es:86/Disiplinas.aspx>
- INSHT. (1997). *Guía orientativa para la selección y utilización de protectores respiratorios*. Recuperado el 01 de 05 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias\\_Orientativas\\_EPI/Ficheros/protectores\\_respiratorios.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/protectores_respiratorios.pdf)
- INSHT. (2009) *Guía Técnica Exposición de los trabajadores al ruido*. Recuperado el 12 de 05 de 2016, de [http://insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa\\_t%C3%A9cnica\\_ruido.pdf](http://insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_ruido.pdf)
- INSHT. (2015) *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo*. Recuperado el 20 de 02 de 2016, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/lugares.pdf>

- Luna Mendaza, P. (2000). *NTP 553: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I)*. INSHT. Recuperado el 23 de 04 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_553.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_553.pdf)
- Luna Mendaza, P. (2000). *NTP 554: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (II)*. INSHT. Recuperado el 30 de 04 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_554.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_554.pdf)
- Luna Mendaza, P.; Monroy Martí, E. (2011). *NTP 922: Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I)*. INSHT. Recuperado el 30 de 05 de 2016, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/922w.pdf>
- Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido*. BOE, 60, de 11 de marzo de 2006
- Vitrián Ezquerro, F. J., Núñez-Córdoba; J. M., Román Freire, F.; Arévalo Fernández, T. (2014). *Técnicas de PRL: seguridad en el trabajo e higiene industrial*. La Rioja: UNIR.

## 16. Anexos

- Certificación Dosímetro

 <b>CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN</b>													
Número	15/34519658-V												
Página	1 de 1												
 <div style="text-align: right;"> <b>LGAI Technological Center, S.A.</b>  Organismo Autorizado de Verificación Metrológica  Campus UAB  08193 Bellaterra  T +34 93 567 20 50  F +34 93 567 20 01  metrologia@appluscorp.com  www.applus.com </div>													
Nº OAVM 02-OV-0005													
INSTRUMENTO	DOSÍMETRO												
SOLICITANTE	CEMENTOS U												
DIRECCIÓN													
TIPO DE ACTUACIÓN	Verificación periódica conforme a la Orden ITC/2845/2007												
IDENTIFICACIÓN	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Dosímetro</th> <th>Micrófono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td>CEL</td> <td>CEL</td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td>352</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>Núm. de serie</td> <td>0911378</td> <td>18617</td> </tr> </tbody> </table>		Dosímetro	Micrófono	Marca	CEL	CEL	Modelo	352	252	Núm. de serie	0911378	18617
	Dosímetro	Micrófono											
Marca	CEL	CEL											
Modelo	352	252											
Núm. de serie	0911378	18617											
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tipo /Clase</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Nivel de referencia</td> <td>114.0 dB</td> </tr> <tr> <td>Rango de medida</td> <td>50.0 - 140.0 dB</td> </tr> <tr> <td>Resolución</td> <td>0,1 dB</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo /Clase	2	Nivel de referencia	114.0 dB	Rango de medida	50.0 - 140.0 dB	Resolución	0,1 dB				
Tipo /Clase	2												
Nivel de referencia	114.0 dB												
Rango de medida	50.0 - 140.0 dB												
Resolución	0,1 dB												
FECHAS	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Verificación</td> <td>2016-05-20</td> </tr> <tr> <td>Válido hasta</td> <td>2017-05-20</td> </tr> </tbody> </table>	Verificación	2016-05-20	Válido hasta	2017-05-20								
Verificación	2016-05-20												
Válido hasta	2017-05-20												
RESULTADO VERIFICACIÓN	FAVORABLE												
PRECINTADO	Según ubicación prevista en el certificado de examen de modelo												
SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:													
Responsable Técnico	Inspector												
GIL DEL RIO JORGE 20/05/2015 17:35:42	Eusebi Ruiz Solà												
Código Seguro de Verificación (CSV): 004888279MKFZ	20/05/2015 17:05:52												
Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 59/2003 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV). Consulte la validez del documento en el servicio Web de verificación <a href="http://metrosign.appluscorp.com">http://metrosign.appluscorp.com</a>													
<p>Este certificado se expide cumpliendo los requisitos de la autoridad competente en materia de control metrológico, y de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.</p>													
Este certificado no podrá ser reproducido sin permiso por escrito de Applus.													

Figura 48: Certificado verificación equipos medida  
(Elaboración propia, 2016)



Tabla 17: Identificación general riesgos personal expedición

Centro de trabajo:										SEVILLA									
Puesto de trabajo, tarea o GEH:										PERSONAL DE EXPEDICION									

Códigos de riesgos																																					
Seguridad en el trabajo e Higiene Industrial																																					
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	31	32	33	34	35	36	37	38							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X					X		X	X		X						X						

Ergonomía y psicología aplicada																	
41	42	43	44	45	46	47	48	51	52	53	54	55	56	57	61	62	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
X			X														

Otros	
71	
0	

Especial Sensibilidad	
81	
0	

Códigos de riesgos de accidentes, enfermedad profesional, sensibilidad especial y otros.

010. Caídas de personas a distinto nivel 020. Caídas de personas al mismo nivel 030. Caídas de objetos por desplome 040. Caídas de objetos en manipulación 050. Caídas de objetos desprendidos 060. Pisadas sobre objetos 070. Choques contra objetos inmóviles 080. Choques contra objetos móviles 090. Golpes/cortes con herramientas u objetos 100. Proyecciones de fragmentos o partículas	110. Atrapamientos por o entre objetos 120. Atrapamiento por vuelco de máquina 130. Sobresfuerzos 140. Exposición a temperaturas extremas 150. Contactos térmicos 16x. Contactos eléctricos 170. Exposición a sustancias nocivas o tóxicas 180. Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas 190. Exposición a radiaciones 200. Explosiones	210. Incendios 220. Causados por seres vivos 230. Atropellos o golpes con vehículos 310. Exposición a contaminantes químicos 320. Exposición a contaminantes biológicos 330. Ruido 340. Vibraciones 350. Estrés térmico 360. Radiaciones ionizantes 370. Radiaciones no ionizantes	380. Iluminación 410. Carga física. Posición 420. Carga física. Desplazamiento 430. Carga física. Esfuerzo 440. Carga física. Manejo de cargas 450. Carga Mental. Recepción de información 460. Carga Mental. Tratamiento de información 470. Carga Mental. Respuesta 480. Fatiga Crónica 510. Insatisfacción. Contenido	520. Insatisfacción. Monotonía 530. Insatisfacción. Roles 540. Insatisfacción. Monotonía 550. Insatisfacción. Comunicaciones 560. Insatisfacción. Relaciones 570. Insatisfacción. Tiempo de trabajo 610. Confort /disconfort térmico 620. Fatiga visual 710. Otros 810. Especial sensibilidad
---	---	---	---	--

(Elaboración propia, 2016)

Tabla 18: Identificación general riesgos personal limpieza torre

Centro de trabajo:										SEVILLA																											
Puesto de trabajo, tarea o GEH:										PERSONAL DE LIMPIEZA DE TORRE																											
Códigos de riesgos																																					
Seguridad en el trabajo e Higiene Industrial																																					
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	31	32	33	34	35	36	37	38							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
X	X	X		X				X	X			X		X					X	X			X				X										
Ergonomía y psicología aplicada																																					
41	42	43	44	45	46	47	48	51	52	53	54	55	56	57	61	62																					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																					
X		X					X				X			X																							
Otros										Especial Sensibilidad																											
71										81																											
0										0																											



Códigos de riesgos de accidentes, enfermedad profesional, sensibilidad especial y otros.

010. Caídas de personas a distinto nivel 020. Caídas de personas al mismo nivel 030. Caídas de objetos por desplome 040. Caídas de objetos en manipulación 050. Caídas de objetos desprendidos 060. Pisadas sobre objetos 070. Choques contra objetos inmóviles 080. Choques contra objetos móviles 090. Golpes/cortes con herramientas u objetos 100. Proyecciones de fragmentos o partículas	110. Atrapamientos por o entre objetos 120. Atrapamiento por vuelco de máquina 130. Sobresfuerzos 140. Exposición a temperaturas extremas 150. Contactos térmicos 160. Contactos eléctricos 170. Exposición a sustancias nocivas o tóxicas 180. Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas 190. Exposición a radiaciones 200. Explosiones	210. Incendios 220. Causados por seres vivos 230. Atropellos o golpes con vehículos 310. Exposición a contaminantes químicos 320. Exposición a contaminantes biológicos 330. Ruido 340. Vibraciones 350. Estrés térmico 360. Radiaciones ionizantes 370. Radiaciones no ionizantes	380. Iluminación 410. Carga física. Posición 420. Carga física. Desplazamiento 430. Carga física. Esfuerzo 440. Carga física. Manejo de cargas 450. Carga Mental. Recepción de información 460. Carga Mental. Tratamiento de información 470. Carga Mental. Respuesta 480. Fatiga Crónica 510. Insatisfacción. Contenido	520. Insatisfacción. Monotonía 530. Insatisfacción. Roles 540. Insatisfacción. Monotonía 550. Insatisfacción. Comunicaciones 560. Insatisfacción. Relaciones 570. Insatisfacción. Tiempo de trabajo 610. Confort /disconfort térmico 620. Fatiga visual 710. Otros 810. Especial sensibilidad
---	---	---	---	--

(Elaboración propia, 2016)

Tabla 19: Identificación general riegos vigilante de proceso

Centro de trabajo:										SEVILLA																				
Puesto de trabajo, tarea o GEH:										VIGILANTE DE PROCESO																				
Códigos de riesgos																														
Seguridad en el trabajo e Higiene Industrial																														
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	31	32	33	34	35	36	37	38
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	x	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X		X
Ergonomía y psicología aplicada																														
41	42	43	44	45	46	47	48	51	52	53	54	55	56	57	61	62														
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														
X	X	X	X				X																							
Otros																Especial Sensibilidad														
71	X															81														
0																0														

Códigos de riesgos de accidentes, enfermedad profesional, sensibilidad especial y otros.

010. Caídas de personas a distinto nivel 020. Caídas de personas al mismo nivel 030. Caídas de objetos por desplome 040. Caídas de objetos en manipulación 050. Caídas de objetos desprendidos En 060. Pisadas sobre objetos 070. Choques contra objetos inmóviles 080. Choques contra objetos móviles 090. Golpes/cortes con herramientas u objetos 100. Proyecciones de fragmentos o partículas	110. Atrapamientos por o entre objetos 120. Atrapamiento por vuelco de máquina 130. Sobresfuerzos 140. Exposición a temperaturas extremas 150. Contactos térmicos 160. Contactos eléctricos 170. Exposición a sustancias nocivas o tóxicas 180. Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas 190. Exposición a radiaciones 200. Explosiones	210. Incendios 220. Causados por seres vivos 230. Atropellos o golpes con vehículos 31x. Exposición a contaminantes químicos 320. Exposición a contaminantes biológicos 330. Ruido 340. Vibraciones 350. Estrés térmico 360. Radiaciones ionizantes 370. Radiaciones no ionizantes	380. Iluminación 410. Carga física. Posición 420. Carga física. Desplazamiento 430. Carga física. Esfuerzo 440. Carga física. Manejo de cargas 450. Carga Mental. Recepción de información 460. Carga Mental. Tratamiento de información 470. Carga Mental. Respuesta 480. Fatiga Crónica 510. Insatisfacción. Contenido	520. Insatisfacción. Monotonía 530. Insatisfacción. Roles 540. Insatisfacción. Monotonía 550. Insatisfacción. Comunicaciones 560. Insatisfacción. Relaciones 570. Insatisfacción. Tiempo de trabajo 610. Confort /disconfort térmico 620. Fatiga visual 710. Otros 810. Especial sensibilidad
--	---	---	---	--

(Elaboración propia, 2016)