

INDUSTRIA DEL CEMENTO

Visita a la Fábrica MINETTI, realizada el día 25 de octubre de 2003, ubicada en la Ruta 52 Km17,5 Las Heras Mendoza.

Con el fin de ubicarnos en la finalidad de esta empresa, haremos una pequeña introducción sobre el producto fabricado y las características particulares de la industria visitada

Referencia Histórica del Cemento

El nombre cemento es de origen romano. Los romanos llamaron “opus caementitium (obra cementicia) a ciertos elementos constructivos del tipo hormigón, los cuales obtenían a partir de piedra triturada y otros materiales que luego mezclaban con cal calcinada (CaO_2). Estos elementos mezclados con la cal le daban a ésta propiedades hidráulicas, es decir capacidades para combinarse con el agua, fraguando y endureciendo en estado húmedo e incluso bajo el agua. Estos agregados eran generalmente polvo de ladrillos y tobas volcánicas, que luego veremos con que están compuestos estos últimos materiales.

Pero recién en 1824 Joseph Aspdin logró fabricar cal hidráulica de excelente calidad por cocción a altas temperaturas de una mezcla de cal y arcilla. Al conglomerante que obtuvo lo llamó “cemento portland” en honor a un lugar Inglaterra de donde obtuvo la piedra caliza. Si bien lo que fabricó el Sr. Aspdin fue lo que conocemos como cal hidráulica, fue su hijo W. Aspdin que, utilizando una mezcla parecida y cocida a mayor temperatura, obtuvo un conglomerante con mayores resistencias. Según la nomenclatura actual, debía que designar a este producto como el “primer cemento portland”.

Definición de Cemento

Según la Norma DIN 1164, el cemento es un conglomerante hidráulico para mortero y hormigón, finamente molido, constituidos esencialmente por compuestos de óxido de calcio, óxido de silicio, aluminio y hierro, obtenidos por sinterización o fusión.

El Cemento Portland se obtiene al moler el producto obtenido en la sinterización de la caliza, llamado clinker, con yeso en una relación 95-5 aproximadamente. El cemento amasado con agua endurece al aire libre o bajo agua y debe alcanzar como mínimo una resistencia mínima a la compresión de 400 Kg/m^2 (40 MPa), a 28 días de preparada la mezcla.

También podemos definir al cemento como un ligamento hidráulico, esto significa que reaccionan con el agua y se endurecen. Los ligamentos son materiales con propiedades adhesivas y cohesivas.

Proceso Industrial para la Obtención del Cemento

Para una mejor comprensión del proceso de fabricación de cemento, explicaremos el mismo desde la extracción de la piedra caliza, principal componente del cemento, hasta la expedición o venta del producto, pasando por cada una de las etapas en las cuales el cemento va tomando forma.

Primera Etapa: Extracción de las Materias Primas Básicas

Las materias primas básicas utilizadas para la fabricación del cemento son la piedra caliza (CO_3Ca) y piedras arcillosas (SiO_2).

Las mismas se obtienen de canteras que generalmente se encuentran a cielo abierto, pero a veces podemos encontrar explotaciones que se realizan en forma de túneles subterráneos (como en el caso de Cementos Melón, en Chile).

Como dijimos anteriormente, la explotación más generalizada es la de cielo abierto, y esta se realiza extrayendo el material en forma de terrazas o niveles de explotación ordenados y organizados entre sí, de acuerdo a la calidad del material que se encuentra en la cantera.

La cantera del material puede ser un cerro o montaña (Cerro de la Cal, Mendoza o Cierras Chicas en Córdoba) pero también puede ser una excavación en el piso en forma de olla.

La composición química media de la piedra caliza y de las arcillas es la siguiente:

Material	% SiO_2	% Al_2O_3	% Fe_2O_3	% CaO	% MgO	Pérdida p/Calcinación
Caliza	3,8	0,9	0,6	52,9	0,3	41,5
Arcilla	53,4	20,2	7,5	4,3	2,1	12,5

La explotación del material se realiza a través de voladuras con explosivos. El tamaño de la piedra que se obtiene en la voladura varía de los 5 cm hasta 1 metro. Como es un tamaño excesivamente grande para su calcinación, es necesario primero su reducción de tamaño. Entonces, el material es extraído con camiones y palas cargadoras, para luego ser trasladada a la segunda etapa del proceso, que es la trituración de las materias primas.

Segunda Etapa: Trituración de las Material Primas

El término trituración se refiere al proceso de reducción por el cual un material se rompe hasta un tamaño de partícula conveniente para su admisión en la etapa siguiente.

La trituración o reducción del tamaño de las materias primas se realiza en máquinas trituradoras. La empresa cuenta con una Trituradora a Martillos que es un dispositivo que consta de dos ejes con una gran cantidad de martillos adosados en los mismos. El material entra por la parte superior y al pasar entre los martillos, la piedra es triturada. Este tipo de trituradoras es la más difundida en el mundo, debido a su bajo costo de mantenimiento y gran eficiencia.

Una vez triturado el material, este es almacenado en pilas de material, para luego ser molido finamente para su posterior clinkerizado.

Tercer Etapa: Molienda de las Materias Primas

Una vez trituradas las piedras calizas y las arcillas, se procede a la reducción de estos a polvo, producto que llamaremos mezcla cruda. La molienda de crudo es la fase de reducción de tamaño de la materia prima que se efectúa entre los procesos de triturado y cocción y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Producir un crudo cuya finura (tamaño de partícula) sea la adecuada para la producción de clinker en la calidad requerida,
- Obtener la mezcla cruda apropiada mediante el suministro de componentes en proporción correcta
- Mezclar los componentes
- Secar la materia prima para obtener una buena manipulación del crudo.

Para lograr la mezcla cruda se dosifican las siguientes cantidades de materias primas:

- 70 a 80 % de Caliza
- 15 a 20 % de Arcilla
- 1 a 5 % de Mineral de Hierro

Las cantidades de caliza y arcilla varía según el contenido de carbonato de calcio en una y de silicio en la otra, con el fin de lograr las cantidades correctas de uno y otro componente para asegurar la calidad del clinker. El mineral de hierro es agregado para bajar el punto de sinterización de la mezcla cruda.

Esta mezcla se la realiza antes de su molienda, para lograr que durante la molienda se realice una homogeneización completa de la mezcla.

Luego se procede a su molienda a través de molinos de bolas. Esta máquina consta de un cilindro metálico dividido a la mitad, en cuyo interior hay cuerpos moledores (bolas metálicas de diferentes tamaños). El material de alimentación, previamente dosificado, ingresa al molino en donde por medio del giro, los cuerpos moledores se mueven en el interior, produciéndose por impacto y roce la reducción a polvo de las materias primas.

Las partículas finamente molidas, salen del molino impulsadas por una corriente de aire. Posteriormente estas partículas son clasificadas según el tamaño: las que cumplen con el tamaño deseado son enviadas a silos de almacenaje y las que no cumplen se envían nuevamente al molino.

Este molino tiene dos tipos de separadores de partículas en línea:

- Separador Estático: tienen una forma cónica y se los denomina estáticos porque ninguna de las piezas del mismo se mueven, están fijos y el proceso de clasificación de las partículas se realiza con una corriente de aire. Las partículas finas, salen arrastradas por el aire, por la parte superior del cono, mientras que las partículas gruesas caen, debido a su propio peso, por la parte inferior del cono. Estas últimas, al no tener el tamaño de partícula deseado, se envían nuevamente al molino.
- Separador Dinámico: su forma es similar al anterior, pero difiere su funcionamiento, ya que además de trabajar con una corriente de aire sino que en el interior del cono encontramos un

plato que gira a gran velocidad. El principio de funcionamiento es simple: el material es alimentado sobre el plato que lo lanza, por la acción de la fuerza centrífuga contra la pared del cono interior. Las partículas gruesas, al perder velocidad en el choque, caen por gravedad, para luego ser transportadas desde la parte inferior del cono hacia el molino para ser molidas nuevamente, en cambio las partículas finas son transportadas por una corriente de aire y llevadas hacia los silos de almacenaje de material crudo.

La mezcla de crudo terminada debe tener una composición química que oscile en los valores que damos en la siguiente tabla:

Componentes	% en Masa	% Medio
CaO	60 – 69	65
SiO₂	14 – 24	21
Al₂O₃	3 – 8	6
Fe₂O₃	1 – 8	3
MgO	< 5	2
K₂O, Na₂O	< 2	1
SO₃	< 3	1

En la práctica, la composición del crudo se controla y modifica, mediante el uso de relaciones o módulos, para cuyo cálculo se utilizan los porcentajes de óxidos determinados por análisis químicos.

Una vez molida la mezcla cruda y controlada su composición química y su finura, el material crudo ya está listo para ser ingresado al horno de clinkerización, que es la próxima etapa del proceso que veremos.

Cuarta Etapa: Clinkerización

Llamamos clinkerización al tratamiento térmico de calentamiento primero, seguido de reacción química y posteriormente enfriamiento de una mezcla de crudo compuesta por calizas, arcillas y componentes fundentes. Como resultado de este proceso obtenemos un producto llamado “clinker” que será el componente principal del cemento.

Descripción técnica del proceso de clinkerización:

En los primeros tiempos de la fabricación del cemento, se producía clinker en hornos verticales cargados y controlados manualmente. Era un proceso que exigía mucho esfuerzo físico y presentaba inconvenientes al poseer un funcionamiento irregular, con producción de clinker variable y a menudo de mala calidad. En todo caso, la capacidad de producción de dichos hornos era escasa.

A fines del siglo XIX apareció el horno rotativo en Gran Bretaña. Esta innovación hizo posible la utilización de cualquier tipo de combustible: sólido, líquido o gaseoso (carbón, aceite, fuel oil, gas, etc.), para lograr la temperatura necesaria del proceso de clinkerización. Comparado con el horno vertical, el horno rotativo resultó un gran adelanto, ya que permitió controlar mejor el proceso y lograr altos rendimientos (de hasta 10.000 t/día). Por otra parte, el desarrollo de

grandes hornos ha conducido a una notable disminución del consumo específico de calor, lo cual significa una gran economía y que es, de paso, una contribución importante al esfuerzo general para la conservación de la energía y para la protección del medio ambiente.

Técnicamente, un horno rotativo consta de las siguientes parte:

- Sistema dosificador de mezcla cruda: báscula pesadora que va controlando la cantidad de material crudo que entra al horno.
- Precalentador por etapas: sistema de ciclones (serie 2 a 5 cilindros cónicos conectados entre sí) para elevar la temperatura de la mezcla cruda de 0 a 800 °C, para aprovechar el calor de los gases de combustión del horno y descarbonatar la mayor parte de la mezcla de crudo antes de ingresar al horno, lográndose, de esta forma, disminuir la longitud del horno rotativo.
- Horno Rotativo: Tubo cilíndrico de metal de 4 a 8 m de diámetro y de una longitud de hasta 90 m. El tubo se encuentra en posición horizontal con una inclinación de hasta 5°. Posee una velocidad de rotación de 1,5 a 2,5 r.p.m., y está revestido en su interior con material refractario, lo que le permite adquirir en su interior una temperatura de hasta 1.450 °C sin que se deforme el horno.
- Quemador: dispositivo por el cual se obtiene la llama que necesita para provocar el proceso de clinkerización (1.450 °C). Se utilizan, para ello, diferentes combustibles como por ejemplo: gas natural (20.000 a 50.000 m³/día), coque de petróleo (190 a 450 t/día), fuel oil (16.000 a 45.000 lts/día), etc. En la actualidad también se usan como combustibles “materiales alternativo”. Al hacer esto, la industria del cemento cumple una doble función, por un lado sustituyen combustible tradicional, con lo que contribuye a preservar recursos energéticos no renovables, y por el otro ayudan al medio ambiente ya que se le da disponibilidad final a muchos residuos que de otra forma contaminarían el medio ambiente. Estos materiales alternativos generalmente son residuos de procesos de otras industrias, como por ejemplo barros de petróleo; neumáticos usados, aceites usados, fondos de tanque de naftas, gas oil y solventes, y una gran variedad de otros residuos cuya combustión sea segura para el medioambiente.
- Enfriadora: serie parrillas móviles de hasta 20 m de longitud, que se encuentran al final del horno rotativo. En él se descarga el clinker, en estado incandescente, y por medio de flujos de aire frío y a gran velocidad, se disminuye la temperatura del clinker de 1.300 °C a 100-200 °C, en apenas unos minutos. Estas parrillas móviles van desplazando el clinker, a medida que se enfria, desde la zona de la boca de horno hacia la zona de descarga de donde es transportado luego hacia los silos de almacenamiento de clinker.

Descripción del proceso:

La mezcla cruda, almacenada en silos, es extraída y alimentada al horno en forma controlada. Antes de entrar al horno, ingresa por una serie de precalentadores que elevan en forma gradual la temperatura de la mezcla cruda de 0 a 800 °C. Esto se realiza por tres motivos: primero para aprovechar los gases de combustión que salen a alta temperatura y es calor que de otra forma se perdería, segundo, para descarbonatar la mezcla cruda, y por último, para ahorrar energía térmica.

Dentro de la torre precalentadora se comienza el proceso de descarbonatación del crudo y antes de que ingrese al horno, se comienza a producir la primer fase de clinklerización en donde se forma una fase mineralógica llamada “Belita”.

Una vez dentro del horno y cuando el crudo llega a los 1.250 °C comienza a producirse la fase líquida (producto intermedio más importante) y a los 1.300 °C se forma una fase mineralógica llamada “Alita”.

En este proceso de transformación ocurre la desintegración de las estructuras originales y la formación de las estructuras nuevas. La temperatura máxima se alcanza a los 1.450 °C y aquí se produce la fase de clinkerización.

Posteriormente comienza a enfriarse la fase líquida, en los últimos metros del horno, y se solidifica el material fundido. Este enfriamiento debe ser rápido para evitar la descomposición de la fase mineralógica llamada “Alita”, ya que si el enfriamiento fuese lento la fase se descompondría y se formarían cristales de Óxido de Calcio y de Silicio por separado.

El material, en estado semisólido, cae sobre la enfriadora en donde se produce un enfriamiento violento con el fin de mantener todas las estructuras cristalinas lograda en la fase de clinkerización. El clinker se enfría, en unos pocos minutos, de 1.300 a 100-200 °C.

Para dejar en claro el concepto de enfriamiento, vemos que se producen dos enfriamientos uno para congelar la estructura de la fase Alita y otro proceso de enfriamiento mucho más violento que asegura todas las estructuras cristalinas formadas dentro del horno.

La permanencia del material dentro del horno es de 35 a 60 minutos.

Descripción de las fases que se producen dentro del horno de clinker:

Antes de explicar las reacciones químicas que se producen en el horno, debido a la complejidad de estos, aclararemos que en la industria del cemento portland se utiliza una especie de taquigrafía para la descripción de los compuestos que se forman:

Compuesto	Nombre técnico	Nombre vulgar o comercial	Simbología adoptada en la industria del cemento
CaO	Óxido de calcio	Cal	C
SiO ₂	Dióxido de silicio	Silicato	S
Al ₂ O ₃	Óxido de aluminio	Alúmina	A
Fe ₂ O ₃	Óxido de hierro	Hierro	F
H ₂ O		Agua	H
SO ₃		Sulfato	S

- Secado y Deshidratación: se produce entre los 100 a 400 °C. En esta fase se elimina la humedad de la mezcla cruda y el agua combinada químicamente con los componentes.
- Descarbonatación: se produce entre los 550 y 900 °C. En esta fase el carbonato de calcio se descompone formando óxido de calcio y dióxido de carbono:



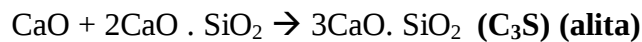
- Reacción entre fases sólidas: se producen desde los 550 y 1250 °C. En esta fase comienzan a combinarse los productos de la descomposición del carbonato de calcio y de las arcillas y formando silicato bicálcico (belita), aluminato tricálcico, ferroaluminato tetracálcico, entre otros.



Tanto la fase Belita como el C₃A contribuyen en menor medida a desarrollar resistencias del cemento a lo largo del tiempo.

El C₃A reacciona fuertemente en presencia de agua, dando lugar a un proceso denominado como fraguado (endurecimiento). En la industria del cemento, este proceso es necesario controlarlo y retardarlo, para ello al cemento se le adiciona algún sulfato (yeso), con el fin de retardar el tiempo de fraguado.

- Reacciones en fase líquida (fase de clinkerización o sinterización): se produce entre los 1.250 a 1450 °C. En esta fase líquida, se comienza a formar el clinker en sí. La reacción más importante que se lleva a cabo en esta fase es la formación de silicato tricálcico, que es el constituyente principal del clinker.



La fase Alita (C₃S) es cuantitativamente el constituyente más importante del cemento portland, ya que este compuesto le confiere al cemento las propiedades de resistencia a la compresión que van aumentando con el paso del tiempo.

- Reacciones durante el enfriamiento: se necesita un enfriamiento rápido para mantener intacta la estructura cristalina lograda en la fase anterior. El enfriamiento, además, influye en el estado de cristalinización, así como también en la reactividad del clinker y de la propia textura del mismo. Un clinker enfriado correctamente será más blando para su molienda posterior (más molturable).

Un análisis químico promedio del clinker, nos daría el siguiente resultado:

Componentes	% Medio
CaO	64,5
SiO ₂	21,0
Al ₂ O ₃	6,0
Fe ₂ O ₃	3,0
MgO	2,0
K ₂ O, Na ₂ O	1,1
SO ₃	0,5
Pérdida p/calcinación	0,5
Residuo insoluble	0,2
Resto	1,2

Una vez concluido el proceso de clinkerización, ya tenemos lista la materia prima principal para la obtención del cemento, proceso que describiremos a continuación.

Cuarta Etapa: Molienda de Cemento

Para realizar la molienda de cemento se necesitan los mismos recursos (máquinas) descritas en la tercer etapa (Molienda de Materias Primas): un molino a bolas y un separador (clasificador) de partículas, así como también silos para el almacenamiento de producto final.

Para la obtención del cemento portland se necesita mezclar clinker con sulfatos (yeso) y algún otro tipo de agregado que mejore las propiedades hidráulicas del cemento.

Descripción de los distintos tipos de agregados del cemento:

- Sulfatos (yeso): este compuesto es agregado al cemento con el fin de regular el tiempo de fraguado, retardándolo adecuadamente. El retraso del fraguado es producido por una reacción del sulfato con el aluminato tricálcico, que, en caso contrario, fraguaría muy rápidamente, de manera que a mayor contenido de aluminato tricálcico en el clinker mayor será la cantidad de sulfatos que se le agregará al cemento. Sin embargo, se debe tener cuidado ya que grandes cantidades de sulfatos en el cemento pueden provocar reacciones no deseadas, como por ejemplo, reacciones de expansión en los hormigones. Químicamente, el sulfato más común (yeso) está compuesto en un 80 a 90 % por $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Puzolanas: este compuesto reacciona con el hidróxido de calcio dando como resultados productos capaces de desarrollar resistencias (endurecimiento hidráulico). Las puzolanas son compuestos de origen volcánico y están compuesta por SiO_2 y Al_2O_3 , como componentes principales.
- Escoria de Alto Horno: es un material hidráulico latente, necesita de un activador para lograr su endurecimiento hidráulico, en el caso del cemento, el activador será el hidróxido de calcio. Las escorias también están compuestas por SiO_2 (30%) y Al_2O_3 (15 %); pero también tienen una importante cantidad de Oca (40%).

Teniendo en cuenta los aditivos, con distintas combinaciones de los mismos obtenemos distintos tipos de cemento, como veremos a continuación.

Tipos de Cemento (según su composición)					
Tipo de Cemento	% Clinker	% Yeso	% Puzolana	% Caliza	% Escoria
Cto. Normal	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Cto. Puzolánico	70,0 -75,0	5,0	15,0-20,0	0,0	0,0
Cto. Filerizado	70,0 -75,0	5,0	0,0	15,0-20,0	0,0
Cto. C/Escoria	65,0 -75,0	5,0	0,0	0,0	15,0-30,0
Cto. Albañilería	45,0	5,0	0,0	50,0	0,0

La variación del porcentaje de agregado de cada uno de los componentes depende del valor de resistencia final que se quiera lograr con el cemento, para ello se debe seguir la siguiente regla: a menor cantidad de agregados de puzolana, escoria o caliza, mayor será la resistencia que se logrará en los cementos con el paso del tiempo. También la cantidad de agregados depende de la calidad del clinker utilizado: a mayor SK en el clinker mayor es la cantidad de agregados que puede tener el cemento y viceversa.

Durante el proceso de molienda del cemento, se deben tener en cuenta, entre otras, dos variables de control, que son las más importantes:

- Finura del cemento
- Temperatura del cemento

Control de Calidad de los Cementos:

Tanto las propiedades físicas como químicas que debe reunir el cemento para ser utilizado en construcción, así como los métodos de ensayo para determinarlas están reglamentados en la Argentina por el IRAM.

Las pruebas a que se somete el cemento son: peso específico, densidad, finura, fraguado, constancia de volumen y resistencia mecánica.

- Peso específico:
- Densidad Aparente:
- Finura por retenido:
- Pasta Normal:
- Fraguado
- Resistencia a la Compresión

Una vez obtenido el cemento, se lo almacena en silos cerrados y libres de humedad, para luego ser despachados para su venta.

Quinta Etapa: Expedición de Cemento

Esta es la etapa final del proceso en donde al cemento no se le realiza ningún tipo de proceso, más que su envasado en bolsas de 50 Kg, o bien, su venta a granel.

Medidas de Seguridad a Tomar en la Industria del Cemento

En general, en la Industria del Cemento se aplican la mayoría de los artículos de la ley 19.587, ya que se trabaja con herramientas, máquinas, combustibles, en ambientes cerrados, con soldadura, con alta tensión, en medios donde hay polvo en el ambiente, con sustancias peligrosas en el laboratorio, etc. Pero se controla con especial atención las afecciones producidas por polvos con contenido de sílice.

Riesgo Laboral en la Industria del Cemento

En las canteras de las que se extrae la arcilla, la piedra caliza y el yeso para el cemento, los trabajadores están expuestos a los riesgos propios de las condiciones climatológicas, al polvo producido durante el barrenado y el machaqueo, a las explosiones y a avalanchas de rocas y tierra. Pueden ocurrir accidentes de carretera durante el transporte a las fábricas de cemento.

Durante el proceso de fabricación del cemento, el riesgo principal lo constituye el polvo: En canteras y fábricas de cemento se han medido niveles que oscilan entre 26 y 114 mg/m³. En procesos individuales se han registrado los siguientes niveles de polvo: extracción de arcilla—41,4 mg/m³ ; molienda y machacado de materia prima—79,8 mg/m³ ; cribado—384 mg/m³ ; pulverización de la escoria—140 mg/m³ ; ensacado del cemento— 256,6 mg/m³ ; y carga, etc—179 mg/m³ . En las fábricas modernas, que emplean el sistema húmedo, ocasionalmente se alcanzan valores máximos durante breves periodos de 15 a 20 mg polvo/m³ de aire. La contaminación del aire en las inmediaciones de estas fábricas se ha reducido a un 510 % de los antiguos valores, gracias en particular al uso extendido de filtros electrostáticos. El contenido de sílice libre del polvo varía entre el nivel de la materia prima (la arcilla puede contener cuarzo en partículas finas, y puede añadirse arena) y el de la escoria o el cemento, de los cuales la sílice libre normalmente habrá sido eliminada en su totalidad.

Otros riesgos que existen en las fábricas de cemento incluyen las altas temperaturas ambiente, especialmente cerca de las puertas de los hornos y en las plataformas de éstos, el calor radiante y los altos niveles de ruido (120 dB) en la proximidad de los molinos de bolas. Se han encontrado concentraciones de monóxido de carbono que oscilan entre cantidades traza y 50 ppm cerca de los hornos de piedra caliza.

Entre los cuadros patológicos observados entre los trabajadores de la industria del cemento se incluyen las enfermedades del aparato respiratorio, los trastornos digestivos, las enfermedades de la piel, las enfermedades reumáticas y nerviosas y trastornos de la vista y del oído.

Enfermedades del aparato respiratorio

Los trastornos del aparato respiratorio constituyen el grupo más importante de enfermedades laborales en la industria del cemento y son el resultado de la inhalación del polvo contenido en el aire y los efectos de las condiciones macro y microclimáticas en el entorno de trabajo. La enfermedad respiratoria más frecuente es la bronquitis crónica, a menudo asociada a enfisema.

El cemento portland normal no causa silicosis, debido a la ausencia de sílice libre. Sin embargo, los trabajadores empleados en la producción de cemento pueden estar expuestos a materias primas que contienen sílice libre en distintos grados. Los cementos resistentes al ácido, que se

usan para planchas refractarias, ladrillos y polvo, contienen altos porcentajes de sílice libre, y la exposición a ellos representa un evidente riesgo de silicosis.

La neumoconiosis causada por el cemento aparece en forma de neumoconiosis benigna de cabeza de alfiler o reticular, que puede aparecer después de una exposición prolongada, y cuya progresión es muy lenta. Sin embargo, también se ha observado algún caso de neumoconiosis grave, más probable en trabajadores expuestos a otros materiales distintos de la arcilla y el cemento portland.

Algunos cementos también contienen cantidades variadas de tierra diatomea y toba. Se tiene noticia de que al calentarse, la tierra diatomea se vuelve más tóxica debido a la transformación de la sílice amorfa en cristobalita, una sustancia cristalina aún más patógena que el cuarzo. Una tuberculosis concomitante puede agravar el curso de la neumoconiosis del cemento.

Trastornos digestivos

Ha llamado la atención la incidencia aparentemente alta de úlceras gastroduodenales en la industria del cemento. Un examen de 269 trabajadores en fábricas de cemento reveló 13 casos de úlcera gastroduodenal (4,8 %). Subsiguientemente, se provocaron úlceras gástricas en conejillos de indias y en un perro alimentado con polvo de cemento. Sin embargo, un estudio realizado en una factoría de cemento mostró un grado de absentismo por enfermedad del 1,482,69 % debido a úlceras gastroduodenales. Dado que las úlceras pueden atravesar períodos agudos varias veces al año, estas cifras no son excesivas cuando se comparan con las de otras profesiones.

Enfermedades de la piel

Se ha informado sobre las enfermedades de la piel y se dice que constituyen un 25 % o más de todas las enfermedades cutáneas laborales. Se han observado varias formas, comprendiendo inclusiones en la piel, erosiones periungulares, lesiones eczematosas difusas e infecciones cutáneas (forúnculos, abscesos y panadizos). Sin embargo, éstas son más frecuentes entre los que usan el cemento (p. ej., albañiles) que entre los trabajadores de las fábricas de cemento.

Trastornos reumáticos y nerviosos

Las amplias variaciones macroclimáticas y microclimáticas que se encuentran en la industria del cemento se cree que son la causa de la aparición de diversos trastornos del sistema locomotor (artritis, reumatismo, espondilitis y diversos dolores musculares) y del sistema nervioso periférico (dolores de espalda, neuralgias y radiculitis de los nervios ciáticos).

Trastornos del oído y de la vista

Se ha registrado hipoacusia coclear moderada entre los trabajadores de molinos de cemento. La principal enfermedad de los ojos es la conjuntivitis, que normalmente sólo requiere cuidados médicos en ambulatorio.

Medidas de salud y seguridad

Un requisito básico en la prevención de los riesgos del polvo en la industria del cemento es el conocimiento preciso de la composición y, especialmente, del contenido de sílice libre en todos

los materiales utilizados. Es particularmente importante el conocimiento de la composición exacta de los nuevos tipos de cemento.

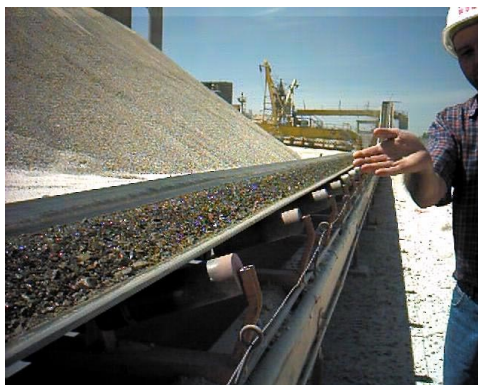
En las canteras, las excavadoras deben estar equipadas con cabinas cerradas y ventilación para asegurar un suministro de aire puro, y deben implantarse medidas de eliminación del polvo durante el barrenado y machaqueo. La posibilidad de intoxicación debida a monóxido de carbono y gases nitrosos desprendidos durante las voladuras puede evitarse asegurándose de que los trabajadores estén a una distancia adecuada durante dichas voladuras y no vuelvan al punto de la explosión hasta que todos los humos hayan desaparecido. Puede ser necesario el uso de ropa adecuada para proteger a los trabajadores contra las inclemencias del tiempo.

Todos los procesos que van acompañados de polvo en las fábricas de cemento (pulverizado, cribado, transporte en cintas) deben estar equipados con sistemas de ventilación adecuados, y las cintas transportadoras del cemento o de las demás materias primas deben estar encerradas, tomándose precauciones especiales en los puntos de transferencia.

El problema más difícil de control del polvo es el de las chimeneas de los hornos de clinker, que generalmente están dotadas de filtros electrostáticos, precedidos de filtros manga u otro tipo de filtros. Los filtros electrostáticos pueden ser usados también para los procesos de cribado y embalaje, en los que deben combinarse con otros métodos de control de la contaminación del aire. El clinker pulverizado debe transportarse en tornillos sin fin encapsulados.

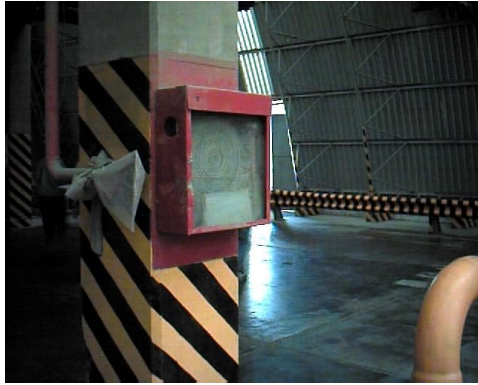
Los puestos de trabajo con calor excesivo deben equiparse con duchas de aire frío y pantallas térmicas adecuadas. No deben realizarse reparaciones en los hornos de clinker hasta que el horno se haya enfriado adecuadamente y, luego deben hacerlo solamente trabajadores jóvenes y sanos. Estos trabajadores deben mantenerse bajo supervisión médica, para controlar sus funciones cardíaca, respiratoria y sudoral y evitar el shock térmico. Las personas que trabajan en ambientes de calor deben disponer de bebidas saladas, cuando haga falta.

En cuanto a las máquinas, se observó en todas la cintas transportadoras, sistemas de parada de emergencia, que consta de una cuerda que al ser accionada, detiene su marcha. Este dispositivo sirve entre otras cosas para detener rápidamente la misma ante un eventual atropamiento.



Sistema de extinción de incendio:

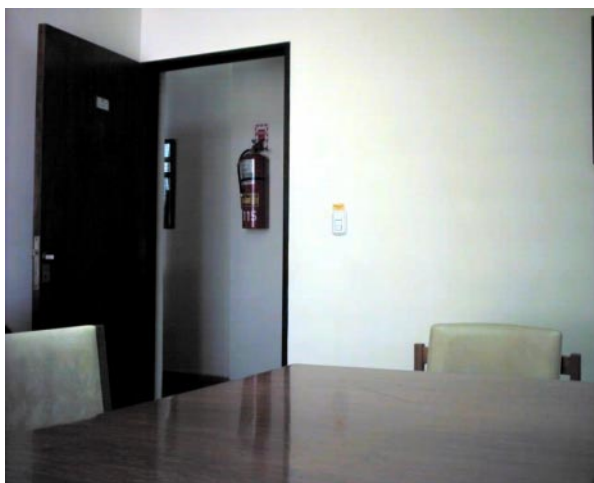
En la actualidad, la planta consta con un sistema de hidrantes en la parte de embolsadora, donde se maneja mucho papel (carga de fuego) y en la zona de manipulación de combustibles. En el resto de la planta hay matafuegos dispuestos de acuerdo a lo estipulado en el código de construcción y la ley 19.587.



Hidrante de Embolsadora



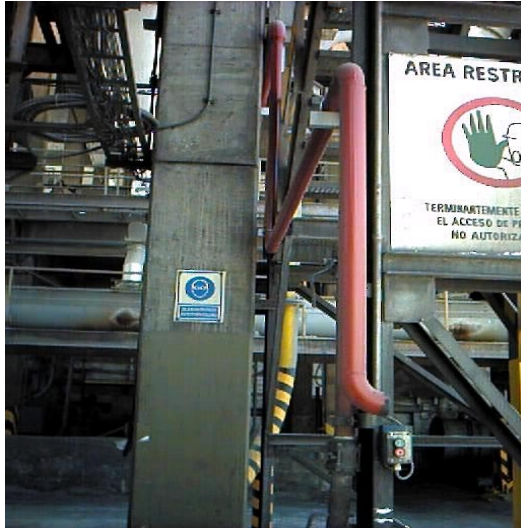
Matafuegos en la planta



Matafuegos en Oficina

Cartelería de Seguridad

Se observó en toda la planta una gran cantidad de carteles de advertencia sobre temas de seguridad y uso de EPP.



Implementación de Sistema de Seguridad en la Planta

En la actualidad, se está implementando un sistema de seguridad basado en las BS 8800 y adaptado a la industria del cemento en la que propone relevar y documentar, para la puesta en práctica, de las siguientes actividades.

El sistema incluye entre otros aspectos lo siguiente

- Detección de condiciones inseguras
- Relevamiento de riesgos en todos los puestos de trabajo
- Implementación de procedimientos para tareas riesgosas
- Sistemas de permiso de trabajo
- Sistema de auditoria permanente de seguridad
- Plan anual de capacitación sobre seguridad
- Relevamiento permanente de equipos y herramientas fuera de especificaciones de seguridad
- Etc.