

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**EVALUACION Y CONTROL DEL RIESGO OCUPACIONAL
POR EXPOSICION AL POLVO, RUIDO Y CALOR
RADIANTE EN UNA PLANTA DE
CEMENTO POR VIA SECA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

**María Jesús Hernández Carrillo
Estela Rojas Cuesta**

LIMA - PERU

1995

DEDICADO A:

Mis padres *Alberto y Estela*, por confiar en mí y ser tan pacientes apoyándome en todo momento. A mis hermanos por apoyarme.

ESTELA.

Mis padres, quienes me brindaron su apoyo material durante toda mi vida estudiantil.

Y a mis hermanos *Martha y Juan* que de una u otra forma me apoyaron.

MARY.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento y reconocimiento por la colaboración en nuestra tesis a:

- Ing. Jorge Ruiz Botto, por su asesoría y orientación durante el período de elaboración y desarrollo.
- Ing. Carlos A. Bustamante Zamalloa, por su constante orientación y colaboración.
- Empresa Cementos Lima S.A., por su confianza e importante apoyo brindado en la ejecución del proyecto de tesis.
- Ing. Pedro Pretell García, por su apreciada confianza y ayuda brindada durante la evaluación.
- Ing. Ricardo Neyra Bravo, por sus constantes consejos y cooperación.
- Ing. Jorge Villena Chávez, Director de la Dirección General de Salud Ambiental, por la asesoría y apoyo técnico.
- Ing. Juan Narciso Chávez, por el apoyo y facilidades prestadas, para la consecución de los equipos.
- Lic. Beatriz Castañeda y al Ing. Carlos Gazani, por la asesoría prestada.
- Ing. Víctor Maldonado, Jefe de Laboratorio - FIA, por las facilidades en la prestación de instrumentos de laboratorio para la evaluación.
- Ings. Liliana Gamarra y Arturo Zapata, por la colaboración brindada en las actividades desarrolladas en el laboratorio - FIA.
- Nuestros amigos y todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron con nosotras.

**EVALUACION Y CONTROL DEL RIESGO OCUPACIONAL POR
EXPOSICIÓN AL POLVO, RUIDO Y CALOR RADIANTE
EN UNA PLANTA DE CEMENTO POR VÍA SECA**

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	5
OBJETIVOS	16
GLOSARIO DE TÉRMINOS	17
CAPÍTULO I: PROCESO INDUSTRIAL DEL CEMENTO	22
1.1 Empresas productoras de cemento en el Perú	22
1.2 Fabricación del Cemento	26
1.2.1 El proceso de fabricación del cemento por vía seca	27
1.2.2 El proceso de fabricación del cemento por vía húmeda	32
1.2.3 Energía utilizada	32
CAPÍTULO II: RIESGOS OCUPACIONALES EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO	36
2.1 Principales agentes ambientales	36

2.1.1	Polvo	36
2.1.2	Ruido	48
2.1.3	Calor radiante	68
2.2	Efectos en la salud por exposición al polvo	76
2.3	Efectos en la salud por exposición al ruido	80
2.4	Efectos en la salud por exposición al calor radiante	83
CAPÍTULO III: LÍMITES PERMISIBLES		86
3.1	Concentraciones máximas permisibles de polvo	89
3.2	Niveles de exposición al ruido	92
3.3	Niveles de exposición al calor radiante	93
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DEL RIESGO OCUPACIONAL EN LA FABRICACION DEL CEMENTO		96
4.1	Polvo	99
4.1.1	Parte experimental	102
4.1.1.1	Instrumentos para el muestreo de polvo	102
4.1.2	Resultados	106
4.1.2.1	Concentraciones de polvo	106
4.1.2.2	Tamaño de partículas	111
4.1.2.3	Contenido de sílice libre	112
4.1.2.4	Tiempo de exposición	114
4.1.3	Discusión de resultados	114
4.2	Ruido	118
4.2.1	Parte experimental	120
4.2.1.1	Instrumentos para la medición de ruido	120
4.2.2	Resultados	124

4.2.2.1 Niveles totales de ruido de tipo continuo	124
4.2.2.2 Niveles de ruido equivalente continuo	126
4.2.2.3 Dosis de exposición	127
4.2.2.4 Tiempo máximo de exposición	129
4.2.2.5 Análisis en bandas de octavas	129
4.2.2.6 Mapas de ruido	134
4.2.3 Discusión de resultados	137
4.3 Calor radiante	138
4.3.1 Parte experimental	140
4.3.1.1 Instrumentos para la medición de calor radiante	140
4.3.2 Resultados	144
4.3.2.1 Determinación del índice TGBH	144
4.3.3 Discusión de resultados	146
CAPÍTULO V: CONTROL DE LOS RIESGOS OCUPACIONALES	148
5.1 Medidas de control existentes en la planta de cemento, en relación al polvo, ruido y calor radiante	149
5.2 Medidas de control complementarias	153
5.2.1 Control del polvo	154
5.2.2 Control del ruido	159
5.2.3 Control del calor radiante	178
5.3 Costos de inversión estimados para la aplicación de las medidas de control complementarias	181
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	190
6.1 Conclusiones	190
6.2 Recomendaciones	192

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	199
Anexo 1: Descripción de las ocupaciones de trabajo y principios básicos de los captadores de polvo respirable	200
Anexo 2: Formatos de muestreo y mediciones	208
Anexo 3: Tablas complementarias de resultados	211
Anexo 4: Microfotografías y difragnetogramas	222
Anexo 5: Mapas de ruido y procedimiento de elaboración	234
Anexo 6: Requerimientos acústicos para locales típicos de trabajo y presupuesto de construcción y acondicionamiento acústico de casetas	237

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Cuadro comparativo de estudios realizados del ambiente de trabajo en plantas de cemento nacionales	12
Tabla 1.1 Producción de cemento por empresas	23
Tabla 1.2 Venta totales de cemento por empresas	25
Tabla 1.3 Fábricas de cemento en el Perú	35
Tabla 2.1 Relación entre el nivel de presión sonora en decibeles y presión sonora en microbares	53
Tabla 2.2 Cifras para combinar niveles sonoros en decibeles de ruidos mixtos	55
Tabla 2.3 Estimaciones del metabolismo energético	75
Tabla 2.4 Clases de trabajo más comunes relacionadas con la neumoconiosis	78

Tabla 3.1	Límites de exposición para polvos que contengan sílice libre empleados en algunos países	91
Tabla 3.2	Niveles de exposición permisibles de ruido	93
Tabla 3.3	Límites de tolerancia permisibles de exposición al calor	94
Tabla 4.1	Análisis ocupacional	97
Tabla 4.2	Zonas de trabajo consideradas en la evaluación de los agentes	100
Tabla 4.3	Resultados de calibración del rotámetro	104
Tabla 4.4	Indicadores de caudal de las bombas	106
Tabla 4.5	Concentraciones promedio de polvo respirable	107
Tabla 4.6	Registro de filtros colectores en el muestreo de polvo	211
Tabla 4.7	Cálculos estadísticos de la variabilidad de la concentración de polvo respirable	213
Tabla 4.8	Tamaño de partículas	112
Tabla 4.9	Porcentaje de sílice libre en el peso total de las muestras	113
Tabla 4.10	Mediciones termoambientales en la evaluación de polvo	214
Tabla 4.11	Concentraciones promedio de polvo respirable y límite permisible por puesto de trabajo	115
Tabla 4.12	Cálculo del límite permisible para polvo respirable por puesto de trabajo	215
Tabla 4.13	Niveles totales de ruido tipo continuo	125
Tabla 4.14	Nivel de ruido equivalente continuo, dosis y tiempo máximo de exposición permisible	128
Tabla 4.15	Cálculo de niveles equivalentes continuos	216
Tabla 4.16	Cálculo de la dosis de exposición	219
Tabla 4.17	Análisis de frecuencia por bandas de octava	130
Tabla 4.18	Mediciones termoambientales en la evaluación de ruido	220
Tabla 4.19	Mediciones de calor radiante	145
Tabla 4.20	Mediciones termoambientales en la evaluación de calor radiante	221

Tabla 5.1	Sistemas de captación de polvo	151
Tabla 5.2	Eficiencia de los sistemas de captación de polvo	156
Tabla 5.3	Requerimientos acústicos para locales de trabajo típicos	237
Tabla 5.4	Niveles de ruido requeridos a diferentes frecuencias	238

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.	
Gráfico 4.1	Curva de calibración-Bombas de muestreo	105
Gráfico 4.2	Concentraciones promedio de polvo respirable por puesto de trabajo	108
Gráfico 4.3	Concentraciones promedio de polvo respirable y límites permisibles por puesto de trabajo	116
Gráfico 4.4	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Perforadoras N° 10 y N° 11	131
Gráfico 4.5	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Chancadora primaria	131
Gráfico 4.6	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Chancadora primaria, secundaria y túnel de clinker	131
Gráfico 4.7	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Edificio de molinos	131
Gráfico 4.8	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Bombas "Fuller" y precalentador	132
Gráfico 4.9	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Zona de molinos	132
Gráfico 4.10	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Túnel de clinker	132

Gráfico 4.11	Análisis de frecuencias por bandas de octava - "Store" de maestranza	132
Gráfico 4.12	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Envasadoras de cemento	133
Gráfico 4.13	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Sala de compresoras FLS	133
Gráfico 4.14	Análisis de frecuencias por bandas de octava - Zarandas de envase	133

INDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 2.1	Formas de algunas partículas	42
Figura 2.2	Depósito en el aparato respiratorio en función del tamaño de la partícula	46
Figura 2.3	La curva representa una onda sonora	50
Figura 2.4	Combinación de niveles de ruido	56
Figura 2.5	Diferentes tipos de ruido	59
Figura 2.6	Escalas de atenuación	60
Figura 2.7	Corrección de niveles de ruido	62
Figura 2.8	Las partes principales del oído	63
Figura 2.9	Un típico audiograma manual que muestra los umbrales auditivos dentro del ámbito normal	67
Figura 3.1	Curva de niveles de exposición	92
Figura 4.1	Muestreador gravimétrico de polvo - Modelo G	103
Figura 4.2	Diagrama esquemático de las partes del sistema de medición del nivel de sonido	120
Figura 4.3	Sonómetro integral con analizador de bandas de octava	122
Figura 4.4	Pistófono	123

Figura 4.5	Equipo para medir el estrés calórico	143
Figura 5.1	Respirador para polvos	160
Figura 5.2	Tapones de espuma - Valor de atenuación: 29	173
Figura 5.3	Orejeras - Valor de atenuación: 29	173
Figura 5.4	Orejeras - Valor de atenuación: 26	173
Figura 5.5	Orejeras - Valor de atenuación: 24	174

RESUMEN

La tesis de investigación ha sido desarrollada en 8 capítulos principales a saber:

Capítulo I: En este capítulo se presenta una reseña histórica de las empresas cementeras del país, así como sus volúmenes de producción y ventas, y un enfoque del desarrollo tecnológico nacional; finalmente se hace una descripción del proceso industrial de la fabricación del cemento por vía seca y húmeda.

Capítulo II: Comprende los principales riesgos ocupacionales en la fabricación de cemento ocasionados por el polvo, el ruido y el calor radiante, para lo cual se hace una descripción de sus características y propiedades; también se hace mención a los efectos que ocasionan en la salud la exposición a estos agentes ambientales.

Capítulo III: Referente a los límites permisibles, se presentan los documentos normativos nacionales e internacionales, que establecen las concentraciones permisibles de polvo y niveles de exposición a ruido y calor radiante, que son utilizados como patrones de comparación .

Capítulo IV: Contiene la evaluación del riesgo ocupacional en la fabricación del cemento, incluye la parte experimental, resultados obtenidos y discusión del mismo, para cada uno de los agentes evaluados.

Capítulo V: Considera las medidas de control que se aplican en una planta de cemento por vía seca, y se proponen las medidas de control complementarias de orden técnico, administrativo y de protección al trabajador.

Capítulo VI: Presenta las conclusiones y recomendaciones pertinentes producto de los resultados obtenidos.

Capítulo VII: Se indica las referencias bibliográficas, las cuales han sido citadas en el contenido de la tesis.

Capítulo VIII: Finalmente en éste capítulo se presentan los anexos referidos a cálculos, gráficos, tablas y otros considerados como complementarios en este estudio.

INTRODUCCIÓN

La producción del cemento en el Perú, ha aumentado significativamente, debido a la gran demanda de los consumidores que se ve reflejada por el proceso de consolidación industrial que actualmente se está dando en nuestro país, y cuya meta es satisfacer los requerimientos de construcción, por tal motivo las empresas han incrementado su capacidad instalada, incorporando de manera oportuna los nuevos avances tecnológicos, es así que el 80 por ciento de las empresas del país realizan sus operaciones por el proceso de vía seca.

El crecimiento industrial a traído consigo un gran aumento en los riesgos ocupacionales presentes en las industrias, éstas están básicamente constituidas por un conjunto de elementos para la producción que incluyen a personas, máquinas, equipos, materiales y edificaciones, en cuyas relaciones pueden existir riesgos inherentes a los trabajadores, dependientes en mayor o menor grado del sistema de técnica operativa.

Para determinar la magnitud de los riesgos y dentro de ellos, el riesgo ocupacional, es necesario aplicar los conocimientos de Higiene y Seguridad Industrial, a fin de lograr que los trabajadores se vean libres a lo largo de su vida laboral, de cualquier daño a su salud ocasionados por las sustancias que manipulen o elaboren; por las herramientas que utilizan, ó por las condiciones del ambiente en que desarrollan sus actividades; en igual forma, garantizarles un ambiente agradable y libre de complicaciones.

En la industria del cemento, durante el proceso de fabricación se presentan grandes cantidades de polvo, que es emitido en las diferentes unidades del proceso, variando grandemente en su concentración y composición según el contenido de sílice libre. Otros riesgos que existen en la fabricación del cemento incluyen altos niveles de ruido en la proximidad de los molinos de bolas, y calor radiante, especialmente en áreas cercanas al horno, siendo esos los más importantes.

En lo concerniente al estudio de investigación, en la industria del cemento, éste se ha orientado a la evaluación y control de los agentes ambientales: polvo, ruido y calor radiante, susceptibles de ocasionar enfermedades ocupacionales o alterar el bienestar del trabajador.

ANTECEDENTES

1. Antecedentes Nacionales

Los estudios en el Perú, respecto a salud ocupacional fueron realizados por el entonces Instituto Nacional de Salud Ocupacional, el cual, actualmente se encuentra fusionado con la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

En las plantas de cemento del país, las investigaciones reportan estudios realizados desde el año 1950 hasta 1979, según las referencias escritas en los archivos encontrados.

A continuación se presenta un resumen de las investigaciones realizadas, respecto a los agentes: polvo, ruido y calor radiante.

1963: Estudio evaluativo de salud ocupacional. Fábrica de Cemento "Condorcocha". Cemento Andino S.A. Chanchamina. Instituto de Salud Ocupacional -Unidad Regional del Centro.

En este estudio se determinaron las concentraciones de polvo y el contenido de sílice libre. Las concentraciones de polvo encontrados dan promedios menores de 5 millones de partículas por pie cúbico de aire.

Se encontraron concentraciones sobre el límite máximo permisible, para las ocupaciones de operador de la chancadora primaria, cuya concentración máxima fue de 61.3 millones de partículas por pie cúbico de aire, durante el chancado del material seco, y en la ocupación de operario de embolsado, la concentración máxima fue de 193.4 millones de partículas por pie cúbico de aire, durante la limpieza de las máquinas embolsadoras con aire comprimido.

El contenido de sílice libre en las muestras de mineral variaron entre 11.69 y 21.66 por ciento y en las muestras de polvo asentado variaron de 0.2 a 3.08 por ciento.

De acuerdo a estas especificaciones y a los resultados obtenidos en este estudio, las operaciones de mayor riesgo silicógeno eran las del operario de la chancadora primaria y la del operario de embolsado. Debido a que las concentraciones máximas encontradas, sobrepasaban la cantidad conocida como límite máximo permisible (recomendado por esos años) de 20 y 50 millones de partículas por pie cúbico de aire, respectivamente.

1965: Estudio de salud ocupacional realizado en Atocongo. Compañía Peruana de Cemento Portland “Sol”. Lima. Instituto de Salud Ocupacional - Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

En este estudio llevaron a cabo una evaluación integral de los agentes ambientales presentes en la fábrica, los cuales podrían ocasionar un riesgo ocupacional significativo en los trabajadores; también realizaron exámenes médicos ocupacionales, para conocer el estado de salud de los trabajadores y valorar los efectos que sobre la salud, pudieran causar las modificaciones en las operaciones y procesos industriales introducidos desde 1950.

En la evaluación de polvo, la exposición de los trabajadores de canteras, sección crudos, sección de clinker y cemento, no ofrecían riesgo significativo de silicosis; sin embargo la exposición a polvo en otras áreas como: molino “Dixie”, alimentador de hidrocones, puntos de transferencia, sí ofrecían riesgo significativo de silicosis.

En la evaluación de ruido, los niveles totales hallados en la fábrica de cemento, planta de fuerza eléctrica y en la caseta de los camiones de 35 toneladas, fueron en general, mayores de 85 dBA (nivel de ruido considerado como nivel máximo permisible en la evaluación de este estudio), pudiendo afirmarse que existía riesgo significativo de exposición a ruido, capaz de ocasionar trastornos auditivos en los trabajadores.

Los niveles de sudoración requeridos para compensar las cargas metabólicas y ambientales, hallados en los hornos de clinker y planta de fuerza eléctrica, en comparación con los niveles de sudoración disipable, permitidos por los factores termoambientales y considerando los tiempos de trabajo del ciclo de operación normal, no ofrecían riesgo significativo de exposición del personal a calor radiante bajo el régimen de trabajo presente.

El resultado del examen ampliatorio de 62 trabajadores fue el siguiente: 34 normales, 15 con diferentes grados de atenuación de la trama broncovascular pulmonar, 2 con sospecha de tuberculosis pulmonar, 3 con tuberculosis pulmonar activa, 4 con calcificaciones parenquiales y 4 presentan secuela pleural.

Entre otras enfermedades halladas durante el examen médico ampliatorio se encontraron: conjuntivitis, afecciones agudas y crónicas del tracto

respiratorio alto (amigdalitis, faringitis) que pudieron tener como causa coadyuvante al polvo derivado de la industria.

1968: Estudio de salud ocupacional realizado en la fábrica de Cemento “Yura”. Instituto de salud ocupacional -Unidad Regional del Sur Arequipa.

Los objetivos de este estudio fueron: conocer sus posibles agentes ambientales y el grado de riesgo que significaban; complementándose con el estudio de las condiciones de seguridad, saneamiento y facilidades de bienestar de los trabajadores.

En las operaciones de minado, remoción, carga, descarga, trituración, zarandeo y flujo de materiales, se generaban ambientes polvorientos que evaluados en sus factores: dimensión, contenido de sílice libre y tiempo de exposición, alertaban el riesgo de generar neumoconiosis al personal expuesto, porque sobrepasaban los máximos recomendados.

Los niveles de ruido en las secciones estudiadas excedían los totales aceptados como límites aún en su valor extremo mínimo medurado, por tanto este agente era digno de consideración.

Los factores de ventilación, temperatura y grados de humedad interrelacionados con sus valores y expresados como “temperaturas efectivas”, estaban dentro de la “zona confort”, en todas las instalaciones, exceptuando el área del horno y anexos donde sí, imperaban temperaturas más altas y calor radiante.

1971: Estudio de salud ocupacional realizado en la fábrica de Cemento “Condorcocha”. Cemento Andino S.A. Instituto de Salud Ocupacional - Ministerio de Salud.

Los objetivos de este estudio fueron: conocer la prevalencia de enfermedades ocupacionales y no ocupacionales principalmente de localización en el aparato respiratorio, evaluar los agentes que contaminaban el ambiente de trabajo, estudiar las condiciones de seguridad y de saneamiento básico en el campamento.

Según los resultados obtenidos, el valor de la exposición diaria a polvo silicio de la ocupación de operario de la chancadora de yeso y arcilla, estaba por encima del límite permisible, por el cual existía riesgo capaz de ocasionar silicosis a los trabajadores que realizaban esta labor. Para las demás ocupaciones de la fábrica los valores promedio de exposición diaria a polvo silicio, estaban por debajo del límite permisible, permitiendo afirmar que las exposiciones determinadas no ofrecían riesgo capaz de causar silicosis.

Los niveles totales de ruido a que se hallaban expuestos los operarios de los molinos de cemento, estaban entre 90 - 95 dBA, durante las 8 horas diarias, considerando que estos valores son mayores que el límite permisible, se puede afirmar que existía riesgo significativo capaz de afectar la audición. En el resto de los ambientes de trabajo, no existía riesgo capaz de causar pérdida de la audición.

Las diferentes temperaturas ambientales en los lugares de trabajo de la fábrica no eran significantes, por lo tanto no existían las condiciones que pudieran dar lugar a ciertas afecciones respiratorias.

1973: Estudio reevaluativo de salud ocupacional, realizado en la fábrica de Cementos “Yura” Arequipa. Instituto de Salud Ocupacional - Ministerio de Salud.

En este estudio se llevaron a cabo la evaluación de los agentes ambientales y condiciones de trabajo presentes en las diferentes ocupaciones, como polvo, calor, ruido, iluminación, seguridad y saneamiento básico, para controlar y prevenir los efectos de los agentes antes mencionados en la salud de los trabajadores.

La exposición al contaminante polvo en la fábrica de Cemento “Yura”, en la totalidad de las concentraciones promedio, estaban por debajo de los límites máximos permisibles. Sin embargo, las ocupaciones de perforista de “Wagon Drill” y ayudante de perforista en la cantera y los cargadores de la sección despacho, durante su labor, estaban expuestos a concentraciones mayores al límite permisible, lo que representaba un riesgo para la salud.

Las ocupaciones de perforistas, operario de pala mecánica, operario de la chancadora, personal de control de electrofiltros y molinos de cemento, estaban expuestos a niveles de ruido por encima de lo permisible, esto significaba que el personal que desempeñaba las ocupaciones mencionadas, estaba sufriendo daño auditivo.

La evaluación de exposición a calor, dio como resultado que ninguna de las ocupaciones estudiadas, involucraban riesgo a este agente físico.

Los resultados de los exámenes radiográficos, se encontró 2 casos de silicosis, uno en tercer grado y otro en primer grado de evolución. Había

gran incidencia de trastornos digestivos en el personal, debido probablemente a la mala calidad del agua que empleaban para la preparación de los alimentos y bebidas.

En la Tabla 1, se presentan en forma resumida, los estudios realizados por el Instituto Nacional de Salud Ocupacional del Perú, en las empresas cementeras del país, sobre la exposición a polvo, ruido y calor radiante.

Dichos estudios muestran que por la exposición a polvo de sílice, se presentaron casos de riesgo potencial de silicosis generalmente en las ocupaciones de chancado y perforación (cantera); por exposición a ruido, se presentaron niveles altos de ruido en casi todas las etapas del proceso, siendo el nivel más alto en el área de molinos, y por exposición a calor radiante, se indica altas temperaturas en las zonas cercanas al horno. Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites permisibles considerados en esos años.

Debemos señalar que los antecedentes mostrados a través de los estudios realizados en décadas pasadas constituyen un avance al conocimiento de los riesgos ocupacionales en las plantas de cemento, los mismos que con los adelantos en tecnología, equipamiento y maquinarias demandan la necesidad de realizar nuevas evaluaciones en los ambientes laborales.

**RESUMEN DE ESTUDIOS SOBRE LA EXPOSICIÓN A POLVO, RUIDO Y CALOR RADIANTE
REALIZADOS EN LAS FÁBRICAS DE CEMENTO NACIONALES**

FÁBRICA	Año de estudio	RIESGO A LOS AGENTES AMBIENTALES		
		Polvo silíceo	Ruido	Calor radiante
Fábrica de cemento "Condorcocha", Cemento Andino S.A.	1963	Riesgo potencial de silicosis en operaciones de chancado.	---	---
Compañía Peruana de Cemento Portland "Sol" Lima	1965	Las áreas de chancado ofrecían riesgo potencial de silicosis.	Mayores al límite permisible de 85 dBA en todos los casos estudiados.	No ofrece riesgo significativo. (Método de niveles de sudoración).
Fábrica de cemento "Yura" S.A.	1968	Riesgo potencial de silicosis en la mayoría de ocupaciones.	Máximos a los límites permisibles.	Se presenta en el área de hornos.
Fábrica de cemento "Condorcocha", cemento Andino S.A.	1971	Riesgo potencial de silicosis en la zona de chancado.	Mayores a los límites permisibles en el área de molinos.	---
Fábrica de cemento "Yura" S.A.	1973	Exposición a concentraciones mayores de lo permisible en la zona de cantera y despacho.	---	---

Fuente: INSO

Tabla 1

2. Antecedentes Internacionales

Los primeros estudios que se hicieron en Estados Unidos, sobre el problema del polvo, fueron los iniciados en 1913 por el U.S Public Health Service, en cooperación con el U. S. Bureau of Mines, en la zona minera de Oklahoma; posteriormente, 1923 el mismo Public Health Service practicó una serie de estudios, todos realizados de la misma forma, para poder hacer una comparación, tan detallada como fuera posible, entre las diversas investigaciones.

El principal valor de estos estudios radica en el hecho de que cada uno de ellos representa una observación cuidadosa y detallada de un grupo numeroso de personas (1,000 o más), para los que se determinó con todo cuidado el ambiente de trabajo, especialmente en lo que se refería a la naturaleza y cantidad del polvo a que estaban expuestas.

Las primeras de estas investigaciones intensivas, realizadas por el Public Health Service, fueron sobre la salud de los obreros expuestos a polvos, tanto en una fábrica de cemento como en la industria del corte de granito, en las minas de antracita y de carbón bituminoso, en una planta de pulimento de cubiertos de mesa, en la manufactura de telas de algodón y en el servicio de barrido de calles municipales.

Posteriormente se realizaron estudios más breves en algunas canteras de pizarra, granito, mármol y talco; posteriormente se han efectuado estudios bastante amplios sobre la salud de los mineros de antracitas y carbones bituminosos, de los obreros del asbesto y de personas empleadas en la

industria cerámica, y, en 1940 se terminaron estudios sobre minas de metales.

Los primeros seis estudios mostraron que los obreros de las plantas dedicadas al corte de granito, que estaban expuestos a la mayor concentración de polvo, sufrían un exceso de tuberculosis pulmonar, después de quince o más años de exposición, y padecían silicosis después de dos a diez años de exposición; en el grado expuesto a menor cantidad de polvo la silicosis sólo se desarrollaba después de una exposición prolongada, sin exceso, en el número de casos de tuberculosis, hallándose que había una relación exacta entre el grado de exposición al polvo y la amplitud y severidad del daño pulmonar.

Los mineros de antracita experimentaban disnea y otros signos de neumoconiosis y presentaban altos índices de enfermedades respiratorias y, además se observó una mortalidad excesiva por influenzaneumonía y por tuberculosis

Los mineros de carbones bituminosos experimentaban una fibrosis generalizada de los pulmones y sufrían una mortalidad excesiva debida a la influenza o neumonía.

Los trabajadores del cemento presentaron algunos signos de neumoconiosis incipiente, con un exceso de enfermedades del tracto respiratorio superior.

Por otra parte, los hiladores de algodón, los obreros de la manufactura de cubiertos y los ocupados en el barrido de las calles, no mostraban

condiciones respiratorias deficientes ni otras enfermedades cuando se les comparaba con la población industrial general.

Como resultados de este estudio, fue posible sugerir límites tentativos seguros de exposición al polvo.

La información de carácter internacional es limitada, ella nos muestra los resultados de las investigaciones realizada por el U.S. Public Health Service a partir de la segunda década del presente siglo, la cual ha estado orientada a la salud de los trabajadores expuestos a polvos en fábricas de cemento, industrias del granito y minas del carbón, señalándose que en el caso de las fábricas de cemento se presentaban efectos por neumoconiosis.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Aportar resultados valorables del riesgo ocupacional en las plantas de cemento, que permitan a las empresas orientar sus acciones de prevención y control en los ambientes de trabajo, para beneficio de la salud y bienestar de los trabajadores, y por consiguiente mejorar los niveles de producción.

Objetivos específicos:

1. Evaluar los agentes ambientales: polvo, ruido y calor radiante presentes en las diferentes ocupaciones del proceso productivo de una planta de cemento por vía seca, con el fin de apreciar la magnitud del riesgo ocupacional
2. Analizar los resultados de la evaluación y formular las recomendaciones pertinentes, para controlar y/o disminuir el riesgo ocupacional.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Audiograma:** Es un gráfico mostrando pérdidas de oído, porcentajes de pérdida auditiva en función de la frecuencia.
- **Audiómetro:** Es el instrumento para medir la agudeza de oído.
- **Banda de octava:** Es un intervalo de frecuencia del espectro audible agrupadas en ocho clases representadas por la frecuencia central geométrica de cada clase, en cada banda de frecuencia más alta es el doble de la más baja.
- **Calibrador:** Es un instrumento utilizado para verificar la exactitud o fidelidad de la respuesta de los equipos según las especificaciones del fabricante.
- **Calor:** Es la forma de transformación energética percibida por las sensaciones de caliente o frío.
- **Ciclo por segundo (cps):** Es una unidad de frecuencia. También se le conoce como Hertz.
- **Coefficiente de absorción (α):** Es la relación cociente de la energía de sonido absorbida por la superficie a la energía sonora que incide sobre la superficie.

- **Decibel (dB):** Expresa el nivel de sonido asociado con las mediciones de ruido.
- **Enfermedad ocupacional:** Es toda alteración de la salud, que sufren los trabajadores, producida por la acción lenta, repetida y duradera de los agentes físicos, químicos y biológicos, los que progresivamente ocasionan alteraciones orgánicas o psíquicas a los trabajadores expuestos, dando lugar a incapacidades para el ejercicio normal de las ocupaciones, o la muerte.
- **Equipo de protección personal:** Es cualquier elemento de protección personal destinado a evitarle al trabajador daños contra riesgos por agentes químicos, físicos, biológicos o de seguridad.
- **Equipo protector:** Es un dispositivo, una instalación, un vestuario especial o cualquier otro medio para la protección adecuada del trabajador contra riesgos.
- **Hertz:** Es una unidad de frecuencia. Son ciclos por segundo.
- **Higiene industrial:** Es una ciencia y un arte que tiene por objeto el reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o lesiones que se originan en el lugar de trabajo y que pueden causar enfermedades, perjuicios a la salud o al bienestar, o incomodidades e ineficiencia entre los trabajadores.

- **Humedad relativa:** Es la razón entre la humedad absoluta y el valor de saturación de una temperatura dada.
- **Límite permisible:** Es el valor indicativo recomendado que se estima que no entraña riesgo alguno, que al ser sobrepasados pueden provocar daño.
- **mg/m³:** Miligramos por metro cúbico. Es la unidad en la que se expresa la concentración de polvo.
- **Nivel de presión sonora (Lp):** Es el nivel de presión sonora de un sonido, en decibeles, es 20 veces el logaritmo de base 10 de la relación de la presión de este sonido, a la presión de referencia. La presión de referencia empleada es 0,0002 microbares.
- **Nivel de ruido:** Es el nivel de presión sonora en decibeles.
- **Nivel de ruido equivalente continuo (Leq):** Es aquel cuyo valor expresa la equivalencia a estar expuesto a un nivel continuo de ruido.
- **NRR:** Nivel de Reducción de Ruido.
- **Onda:** Es una perturbación que se propaga transportando energía más no materia.
- **Partículas en suspensión:** Material sólido o líquido que por sus dimensiones y velocidades (particulares) se encuentran suspendidos en el ambiente atmosférico por algún tiempo.

- **Polvo:** Es toda partícula sólida de cualquier tamaño, naturaleza u origen, suspendida o capaz de mantenerse suspendida en el aire.
- **Respirador:** Se denomina así, a cualquier medio de protección personal respiratoria, destinado a evitar al portador la inhalación de los agentes químicos que contaminan el ambiente que los rodea.
- **Riesgo ocupacional:** Probabilidad de que se produzca un deterioro de la salud como consecuencia de la exposición a una sustancia o un agente nocivos en el medio ambiente de trabajo.
- **Ruido:** Es un sonido no deseado que por sus características es susceptible de producir daño a la salud, y al bienestar humano.
- **Salud ocupacional:** Es la rama de la salud pública, que tiene por finalidad promover y mantener la salud de los trabajadores en el más alto grado de bienestar físico, mental y social, mediante la prevención de los riesgos de enfermedades y accidentes de trabajo y el mantenimiento de los trabajadores en ocupaciones y ambientes compatibles con sus condiciones físicas y psíquicas.
- **Seguridad industrial:** Es la ciencia y el arte de conservar la vida y la integridad física y mental, a través de todas las fases de la actividad humana en el campo industrial, evitando la ocurrencia de accidentes de cualquier origen, que causan perjuicios o daños económicos tanto al empleador como al empleado.

- **Sílice libre:** Se denomina sílice libre cuando ésta se presenta en forma de un compuesto definido, sinónimo de cuarzo.
- **Silicosis:** Es una enfermedad de los pulmones en el cual el tejido normal es reemplazado por uno fibroso, debido a la inhalación de polvo de sílice libre (SiO_2).
- **Temperatura:** Cualitativamente, la temperatura se puede definir como la medida relativa de calor o frío de un cuerpo.
- **Temperatura de bulbo húmedo (T_h):** Es la temperatura medida cuando un termómetro de bulbo es enfriado por la evaporación rápida del agua con el movimiento del aire.
- **Temperatura de bulbo seco (T_a):** Es la medida corriente del valor de temperatura con termómetro.
- **Temperatura de globo (T_g):** Es la temperatura que indica el valor del calor por radiación en un ambiente.
- **Umbral auditivo:** Es el nivel al cual el sonido puede ser apenas oído.

CAPÍTULO I

PROCESO INDUSTRIAL DEL CEMENTO

1.1 Empresas productoras de cemento en el Perú

La industria del cemento en el Perú, inicia su actividad productiva en el año 1924 con la puesta en marcha de la planta Maravillas, propiedad de la Compañía Peruana de Cemento Portland. Hasta mediados de siglo, el consumo en otras regiones fue muy reducido, abasteciéndose mayormente por la importación. En 1955 inicia la producción cemento Chilca S.A., con una pequeña planta en la localidad del mismo nombre, pasando posteriormente en 1967 a formar parte de la Compañía Peruana de Cemento Portland, denominada en la actualidad Cementos Lima S.A., ubicada en la localidad de Atocongo (distrito de Villa María del Triunfo).

El monopolio que existía en el país en el sector cemento, centralizado en la capital, fue roto con la formación de dos empresas privadas descentralizadas: Cementos Norte Pacasmayo S.A., en 1957 y Cemento Andino S.A., en 1958, ubicadas en Pacasmayo y Tarma, respectivamente. Posteriormente, la empresa capitalina instaló una pequeña planta en la localidad de Juliaca, que inició la producción en 1963, denominada en la actualidad Cemento Sur S.A., y en 1956 se crea la fábrica de Cemento Yura S.A., en Arequipa.

La capacidad instalada en la industria del cemento es la siguiente:

Cementos Lima S.A.	1'200,000 TM/A
Cementos Norte Pacasmayo S.A.	880,000 TM/A
Cemento Andino S.A.	650,000 TM/A
Cemento Yura S.A.	500,000 TM/A
Cemento Sur S.A.	170,000 TM/A

El total de la capacidad instalada en el país es de 3'400,000 toneladas métricas por año (TM/A) de cemento, lo que significa una disposición de 152 kilogramos por habitante [11].

El cuadro siguiente informa sobre la producción de cemento en los últimos

PRODUCCION DE CEMENTO POR EMPRESAS

PRODUCCIÓN DE CEMENTO (TM)						
AÑO	C Lima	C.N Pacas	C Andino	C. Yura	C. Sur	TOTAL
1985	755,271	351,813	407,117	154,459	88,788	1'757,337
1986	987,349	505,158	418,447	197,856	97,829	2'206,639
1987	1'268,652	596,305	381,082	244,052	94,165	2'584,256
1988	1'174,889	648,301	341,689	274,756	74,671	2'514,306
1989	834,908	528,218	439,311	245,677	56,508	2'104,622
1990	808,311	533,247	427,954	365,282	50,180	2'184,974
1991	865,404	445,118	480,418	277,422	68,199	2'136,561
1992	894,402	455,432	481,242	245,312	87,746	2'164,134
1993	1'028,847	519,813	494,343	284,463	115,577	2'443,043
1994	1'269,054	678,152	697,466	391,072	141,623	3'177,367

Fuente: ASOCEM

Tabla 1.1

Localización geográfica

Las fábricas de cemento, se encuentran ubicadas en lugares que permiten una racional distribución del producto, de manera que los costos de transporte no gravan exageradamente al usuario.

Cementos Lima S.A., atiende el mercado de la gran Lima, alcanzando por el sur hasta Ica y por el norte hasta el departamento de Ancash.

Cementos Norte Pacasmayo S.A., se asienta equidistante de 3 valles de gran producción agropecuaria, que han originado la prosperidad de las ciudades de Chiclayo, Trujillo y Piura. Su radio de acción incluye también Tumbes y Cajamarca, la ceja de Selva, llegando a Chimbote por el sur.

Cemento Andino S.A., sirve al importante desarrollo de la Sierra Central, la región de la Selva y parte del departamento de Lima.

Cemento Yura S.A., contribuye a satisfacer los requerimientos del departamento de Arequipa así como los vecinos de Cuzco, Tacna y Moquegua.

Cemento Sur S.A., ubicado en Puno, cubre al Altiplano incluyendo parte de los departamentos de Cuzco y Arequipa [11].

La industria y el mercado

El desarrollo de la industria del cemento en el Perú y el incremento de su capacidad instalada, han servido como una de sus metas el satisfacer

convenientemente los requerimientos de la construcción en todo el país. Las ampliaciones se han efectuado progresivamente, de manera de no recargar el endeudamiento externo, mantener la productividad y minimizar la capacidad ociosa; factores que cautelan la economía social del país y de las propias empresas.

El consumidor cuenta con una amplia gama de cementos normalizados: los tipos Portland I, II y V y los Portland puzolánicos tipos IP e IPM, de las diferentes plantas productoras [11].

A continuación se presenta el volumen de ventas de cemento en la última década.

VENTAS TOTALES DE CEMENTO POR EMPRESAS

VENTAS DE CEMENTO (TM)						
AÑO	C. Lima	C.N.Pacas	C. Andino	C. Yura	C. Sur	TOTAL
1985	741,630	347,664	407,194	148,371	90,365	1'735,224
1986	985,236	502,945	424,812	203,612	102,697	2'219,302
1987	1'267,285	599,477	380,859	266,157	99,114	2'612,892
1988	1'166,248	643,295	377,196	275,750	75,650	2'538,859
1989	879,567	529,032	433,137	256,493	56,213	2'154,442
1990	771,668	529,523	444,984	413,717	49,090	2'208,982
1991	840,367	443,053	475,806	226,505	69,253	2'054,984
1992	902,827	457,010	490,665	235,458	89,235	2'175,198
1993	1'020,766	520,685	494,943	269,764	118,837	2'424,995
1994	1'271,568	682,340	700,478	336,986	141,675	3'133,047

Fuente: ASOCEM

Tabla 1.2

1.2 Fabricación del cemento.

Desarrollo tecnológico nacional

La industria del cemento en el Perú, ha incorporado de manera oportuna los nuevos avances tecnológicos obtenidos a nivel internacional, lo que ha redundado no sólo en el mejoramiento de la productividad, sino además en su aporte a la economía nacional.

Es así que los procesos de fabricación por vía húmeda, instalados inicialmente para obtener la mejor calidad del producto, en Cementos Norte Pacasmayo S.A., y Cemento Andino S.A., fueron transformados al proceso seco, cuando las nuevas técnicas de homogeneización en silos garantizaron igual calidad.

El proceso de calcinación, que permite optimizar la producción del horno, fue adoptado en la década del 70, por primera vez en América por Cementos Norte Pacasmayo S.A., y luego por Cementos Yura S.A., y Cementos Lima S.A. Esta técnica había comprobado previamente su efectividad en 10 plantas en Japón y otros países.

El nivel de desarrollo tecnológico de la industria peruana de cemento es comparable con el alcanzado por los países de mayor desarrollo en 1987. Comparando con el Japón el porcentaje de hornos con instalaciones de precalentamiento es de 89.6 por ciento frente al 78.6 por ciento en dicho país. En la actualidad, solamente Cementos Sur S.A., realiza sus operaciones por vía húmeda.

También la industria del cemento adoptó las más modernas técnicas en el proceso de molienda de crudo y clinker. Cemento Andino en 1963 instaló molinos secadores para la molturación del crudo aprovechando los gases del horno. También en esa década las empresas introdujeron molinos de clinker de circuito cerrado, para mejorar la finura, eliminar el riesgo de falso fraguado, incrementado a demás la potencia de los motores. Se puede señalar que en 1970 el molino incorporado por Cementos Lima, con una capacidad de producción de 120 toneladas por hora era el más grande de América [11].

1.2.1 El proceso de fabricación del cemento por vía seca

El proceso industrial de fabricación de los diversos tipos de cemento se ajusta a un mismo proceso, que según normas nacionales e internacionales los cementos están clasificados en dos grandes grupos: cemento portland común y adicionado.

Las principales materias primas que se emplean en la fabricación de cemento son la caliza, arcilla y otros minerales, siendo la composición química del cemento Portland normal aproximadamente la siguiente [27]:

Oxido de Calcio (CaO)	60 - 70 %
Dióxido de silicio (incluyendo un 5 por ciento de SiO ₂ libre) SiO ₂	19 - 24 %
Trióxido de aluminio (Al ₃ O ₃)	4 - 7 %
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	2 - 6 %
Oxido de magnesio (MgO)	< 5 %

El proceso incluye las siguientes etapas [5,11]:

Extracción de la materia prima

La primera operación en la fabricación de cemento, comienza en la cantera, con la extracción de las materias primas, que se efectúa normalmente mediante explotaciones a cielo abierto, con el uso de perforadoras especiales y posteriores voladuras. El material así extraído, es cargado mediante palas de gran capacidad en camiones, los que transportan la materia prima hasta la planta de trituración o chancadora, la cual se encarga de reducir el material de aproximadamente 1.5 metros hasta menos de 30 centímetros.

Molienda de crudo

Esta etapa consiste en obtener una mezcla cruda, bien pulverizada del material de composición uniforme mediante molinos de bolas, que previamente se ha triturado secundariamente hasta 18 mm o menos. Algunas plantas cuentan con instalaciones que efectúan además un adecuado proceso de prehomogeneización antes de realizar la molienda.

Calcinación

Una vez que el material en polvo sale del molino es homogeneizado en donde finalmente se obtiene el "crudo". Luego el crudo es transportado mediante sistemas neumáticos a un intercambiador de calor por suspensión de gases de varias etapas, en la base del cual se instalan sistemas de

precalcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotativo de calcinación.

Al girar el material introducido, desciende lentamente hacia la parte inferior, donde los gases calientes de la combustión del carbón en polvo o petróleo elevan la temperatura hasta la fusión incipiente (1400-1500°C) del material procesado, obteniéndose de esta forma el clinker, que es el producto semiacabado del cemento.

Enfriamiento

Durante el enfriamiento del clinker o producto calcinado, los compuestos de cemento cristalizan, pero queda algo de líquido que al enfriarse solidifica en forma de vidrio. El proceso de enfriamiento es rápido, consiste en insuflar aire por medio de ventiladores al enfriador.

Molienda de clinker

La etapa final de la fabricación de cemento es la molienda del clinker, junto con cierta cantidad exacta de retardador (yeso) necesario para evitar el endurecimiento demasiado rápido del material. Para tal fin, se usa el yeso natural o yeso vivo, en proporción limitada por las especificaciones. En esta etapa de la molienda se le adiciona cuando es el caso, los agregados requeridos según el tipo de cemento a producirse.

Producto final

El cemento así obtenido es transportado mediante fajas o sistemas neumáticos a silos de depósito, donde luego de un proceso de limpieza y depuración se encuentra listo para ser despachado. El despacho de cemento Portland se realiza en bolsas de 42.5 kg neto y a granel.

A continuación se aprecia un flujograma genérico del proceso de fabricación de cemento por vía seca, que se realizan en las empresas Cementos Lima, Cementos Norte Pacasmayo, Cemento Andino y Cemento Yura S.A.

1.2.2 El Proceso de fabricación del cemento por vía húmeda

Este proceso difiere del anterior en la molienda. En la molienda del proceso húmedo, las materias forman una pasta luego de la adición de agua, pasando por un sistema que comprende el proceso de espesamiento del lodo. El lodo alimenta el horno de calcinación y luego sigue el proceso normal de fabricación de cemento[16].

La empresa Cemento Sur realiza sus operaciones mediante el proceso por vía húmeda.

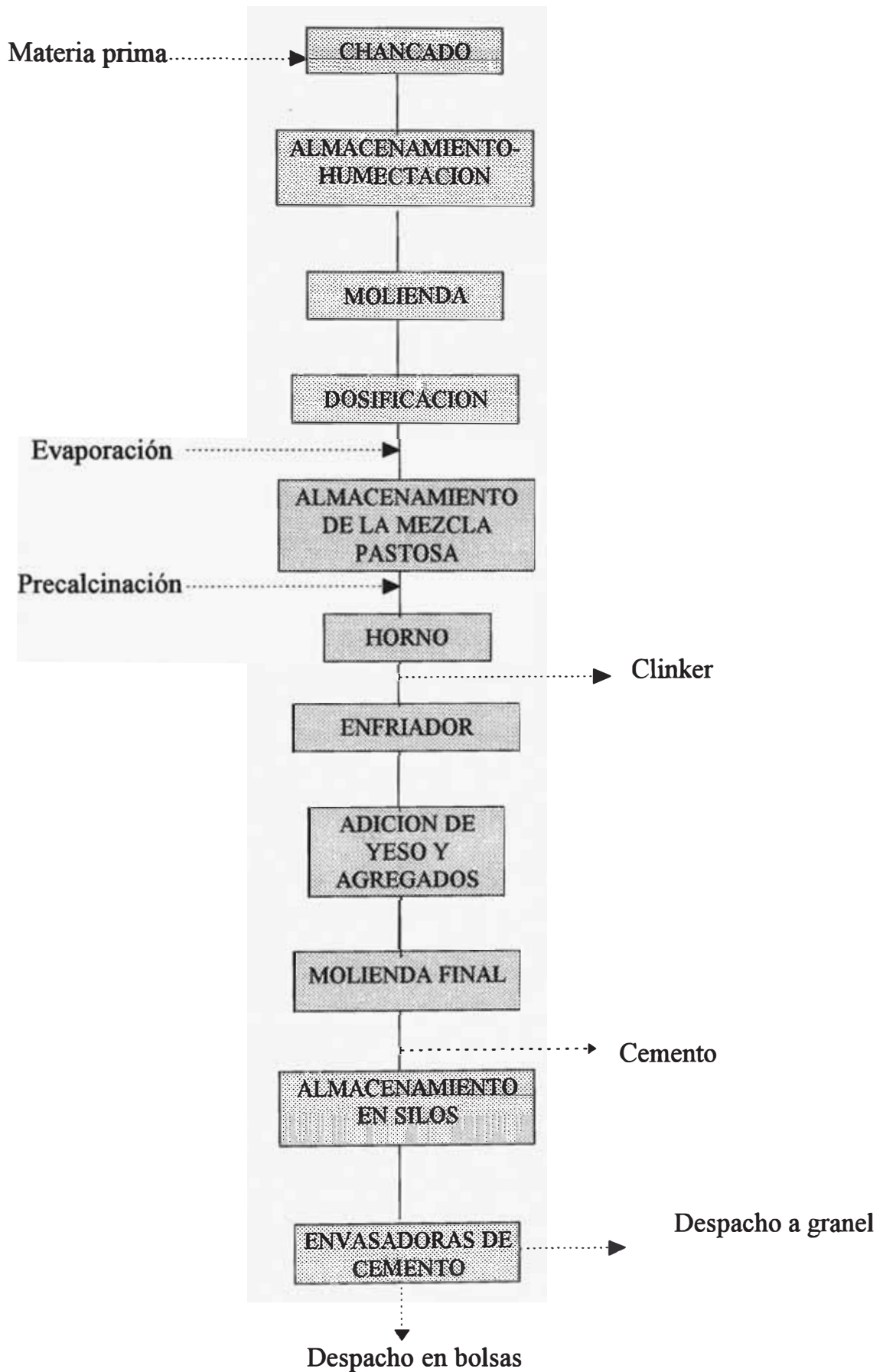
Seguidamente se presenta un esquema del diagrama de flujo genérico del proceso de fabricación del cemento por vía húmeda.

1.2.3 Energía utilizada

El principal factor para minimizar el consumo de energía, es el diseño y operación de la planta. Los requerimientos de combustible de una planta de cemento varían de 6.23 a 6.91×10^{12} joules/tonelada, para el proceso en húmedo, y de 3.14 a 4×10^{12} joules/tonelada de producto, para el proceso en seco.

La industria del cemento mantiene una situación de avanzada en el campo del ahorro de energía. Habiendo aplicado una política de innovación tecnológica, acorde con la realidad nacional, modificó en la década del 60 los procesos de fabricación por vía húmeda, anteriormente de gran eficiencia, pasando al sistema seco. También en esa época, Cementos Pacasmayo, Cemento Andino y Cementos Lima adoptaron los sistemas de prehomogeneización y de intercambio de calor aprovechando los gases de

DIAGRAMA DE FLUJO
FABRICACION DEL CEMENTO POR VIA HUMEDA



salida del horno, y optimizaron el proceso de molienda. De esta manera, la denominada "crisis de energía" encontró a la industria en inmejorable situación con los más altos niveles internacionales de eficiencia técnica.

Merced a diversas investigaciones propias, la industria mejoró la molienda del crudo y obtuvo logros en el ahorro energético en los hornos.

Finalmente, habiéndose agotado las posibilidades técnicas de disminuir, con economía, el consumo de energía, Cementos Lima, Cemento Andino y Cementos Norte Pacasmayo han modificado sus instalaciones para utilizar el carbón en sustitución del combustible líquido (Fuel-Oil), al mismo tiempo de reducir los costos de combustible.

La empresa Lar Carbón S.A. con participación accionaria de dos empresas de cemento, inversionistas privados y capital extranjero en la minoría, ha construido, con una importante inversión, una planta de beneficio de carbón diseñada por ingeniería nacional [11].

En el Tabla 1.3, se presenta un resumen de las fábricas de cemento en el Perú.

FÁBRICAS DE CEMENTO EN EL PERÚ

EMPRESA	LOCALIZACION	PROCESO	HORNOS	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD INSTALADA TM/A
Cementos Lima S.A.	Atocongo, Lima	Seco	1(*)	Fuel-oil o carbón	1'200,000
Cementos Norte Pacasmayo S.A.	Carretera Pacasmayo Norte, Km 655, Pacasmayo	Seco	2(**)	Fuel-oil o carbón	880,000
Cemento Andino S.A.	Condorcocha Tarma, Junín	Seco	1(**)	Fuel-oil o carbón	650,000
Cemento Yura S.A.	Yura-Arequipa	Seco	2(**)	Fuel-oil	500,000
Cemento Sur S.A.	Caracoto Juliaca, Puno	Húmedo	1	Fuel-oil	170,000
Capacidad instalada del país					3'400,000

(*) Con precalentador.

(**) Con precalentador y precalcinador.

Fuente: ASOCEM

Tabla 1.3

CAPÍTULO II

RIESGOS OCUPACIONALES EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO

2.1 Principales agentes ambientales

En la industria del cemento son varios los agentes ambientales de riesgo ocupacional que se presentan a lo largo del proceso productivo, los más importantes son: el polvo, el ruido y el calor radiante.

2.1.1 Polvo

El polvo en el campo de los contaminantes químicos industriales ocupa un lugar destacado, debido a los efectos que puede tener sobre la salud de los trabajadores. Los riesgos que puede originar varían desde enfermedades como neumoconiosis hasta la simple incomodidad en el puesto de trabajo.

El polvo industrial se puede clasificar en función de [17]:

- a) Su tamaño
- b) Su forma
- c) Su composición
- d) Sus efectos

Por su tamaño se clasifica en :

- a) Respirable: Con tamaño inferior a 5 micras, puede penetrar en los pulmones.
- b) Inhalable: Con tamaño menor a 10 micras, puede penetrar en el sistema respiratorio.
- c) Visible: Mayor de 40 micras, distinguible a simple vista.
- d) Sedimentable: Con tamaño entre 10 y 150 micras, debido a su peso se deposita rápidamente.

Por su forma se clasifica en:

- a) Polvo: Partículas sólidas en suspensión que no sean fibras.
- b) Fibras: Se llaman fibras a las partículas mayores de 5 micras de longitud, con un diámetro de sección transversal menor de 5 micras y una relación longitudinal-anchura mayor de 3.

Por su composición se clasifica en:

- a) Animal, por ejemplo: plumas, pelos, cueros y huesos.
- b) Vegetal, por ejemplo: polen, cereales, paja, tabaco y cáñamo.
- c) Mineral, por ejemplo: metales, asbesto, etc.

Por sus efectos se clasifica en:

- a) Polvo neumoconiótico: Produce alteraciones irreversibles en el pulmón, denominadas neumoconiosis, por ejemplo, el polvo con más de 1 por ciento de sílice libre cristalina que origina silicosis.

- b) Polvo tóxico: Tiene una acción tóxica primaria en el organismo, por ejemplo, óxido de plomo, que produce saturnismo.
- c) Polvo cancerígeno: Es todo polvo que puede producir o inducir un tumor maligno en el hombre al someterlo a una determinada dosis, por ejemplo: asbestos, ácido crómico y cromatos, arsénico, cadmio, níquel y berilio.
- d) Polvo inerte: No produce alteraciones fisiológicas importante. Su efecto más importante es la producción de molestias en el trabajo y con frecuencia origina afecciones respiratorias benignas.

Es necesario separar de alguna manera la fracción respirable del volumen total de polvo atmosférico (polvo sedimentable), cuando se pretende evaluar los riesgos ocupacionales de la penetración y el depósito de partículas en los pulmones [29]; que trataremos a continuación.

Existe en la actualidad varios millones de personas empleadas en todo el mundo en la extracción de minerales, que pueden estar expuestas a los efectos nocivos de los polvos minerales inhalables.

En la industria del cemento los polvos minerales que se encuentran en las actividades de extracción es el polvo silicio (polvo que contiene SiO_2).

La sílice (SiO_2) es una sustancia sólida cristalina que existe en grandes cantidades en la superficie y el interior de la tierra; se conoce a menudo como sílice libre, y los silicatos como sílice compuesta. La distinción entre las dos formas es importante, porque la sílice cristalina libre es el elemento que causa el mayor daño fibrógeno al inhalarlo, debido a su estructura tetraédrica [30].

Existen tres formas principales de sílice cristalina

- I. *cuarzo*, que es estable a temperaturas hasta de 867°C y puede existir en estado metaestable a mayores temperaturas;
- II. *tridimita*, que se forma y permanece estable a temperaturas de 867 a 1470°C y puede existir en estado metaestable a temperaturas superiores a 1470°C e inferiores a 867°C; y
- III. *crystalita*, que es estable a temperaturas que oscilan entre 1470°C y 1723°C, que es su punto de fusión, pero puede existir en estado metaestable a cualquier temperatura inferior a 1470°C. En un medio que contenga pequeñas cantidades de álcali, la conversión de cuarzo a cristobalita ocurre a temperaturas mínimas de 1200°C.

Cuando el cuarzo puro se calienta a temperaturas de 867 a 1470°C, casi siempre se convierte en cristobalita y no en tridimita, a menos que haya un catalizador. El potencial fibrógeno de la sílice parece aumentar progresivamente del cuarzo a la cristobalita y a la tridimita.

Los cristales de cuarzo y de tridimita tienen forma hexagonal y los de cristobalita son cuboides. Las tres formas de sílice son minerales duros e incoloros.

Las partículas que contienen sílice pueden ser transportadas por el aire durante la desintegración mecánica de los materiales aquí citados por perforación, explosión, trituración, fresado, pulverización, mezcla, tamizado, transporte, etc. Una fuente secundaria de partículas transportadas por el aire es el polvo que se asienta en varias superficies del lugar de trabajo

Propiedades físicas y químicas de las partículas de polvo

El comportamiento de las partículas en el aire y en el cuerpo humano depende de las propiedades físicas y químicas que éstas tengan. El tamaño y la forma de las partículas son de máxima importancia como factores que influyen no sólo en la velocidad con que ellas se depositan y, por ende, en el tiempo de permanencia en el aire, sino también en su penetración y acumulación en el sistema respiratorio. Los efectos nocivos de las partículas, dependen de la composición química, mineralógica, la solubilidad y la actividad biológica de éstas.

a) Tamaño de las partículas

En general se considera el tamaño de las partículas como la característica física más importante del material en suspensión. El tamaño de las partículas suele definirse por su diámetro, a menos que se conozca la forma geométrica, en cuyo caso pueden indicarse la longitud y la anchura. Evidentemente, para las partículas esféricas, el diámetro será un índice específico del tamaño, pero para las no esféricas es preciso adoptar algún índice convencional; los más frecuentes expresan [29]:

- el volumen de la partícula en términos de esfera;
- la masa de la partícula en términos de esfera;
- la velocidad de sedimentación de la partícula en términos de la velocidad correspondiente a una esfera;
- el diámetro de la partícula como dimensión de la superficie proyectada tal como se ve al microscopio.

El concepto más utilizado para definir el tamaño de las partículas en evaluaciones de la Higiene Industrial se deriva de la velocidad de caída de la partícula en el aire en reposo. Cuando la partícula deja de estar en reposo y cae libremente, queda sujeta a la fuerza de la gravedad que la atrae hacia abajo y a la resistencia aerodinámica opuesta de la atmósfera. Se llega fácilmente al equilibrio entre ambas fuerzas y la partícula desciende con una velocidad constante que se conoce como su velocidad terminal de sedimentación.

Actualmente, el método preferido para expresar el tamaño de las partículas es el diámetro aerodinámico equivalente, por estar más relacionado con la capacidad de las partículas para penetrar en el aparato respiratorio y con la probabilidad de que se depositen en éste [29].

Son de interés para el Higienista Industrial, las partículas de un diámetro inferior a 10 micras, denominadas partículas inhalables.

b) Relación entre la forma y el aspecto

El tamaño de las partículas por sí solo no es suficiente, para determinar todas las consecuencias biológicas de inhalar las partículas que están suspendidas en el aire; también influyen en el efecto producido, propiedades físicas tales como la forma, la porosidad y la aspereza [29].

La forma de las partículas depende de la naturaleza del material de que proceden y de la manera en que se han formado. En la figura 2.1 se dan algunos ejemplos típicos.

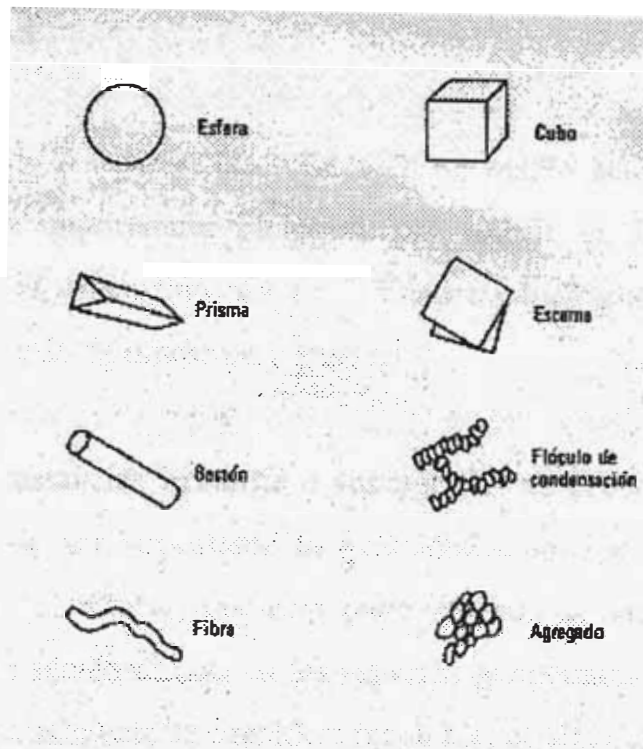


Figura 2.1 Formas de algunas partículas

<i>Forma</i>	<i>Ejemplo de Partículas</i>
<i>Esfera</i>	<i>Negro de carbón, óxido de hierro, polvillo de cenizas, polen</i>
<i>Prisma</i>	<i>Cuarzo, hierro</i>
<i>Fibra</i>	<i>Asbestos, algodón, lana mineral, fibra de vidrio</i>
<i>Copo</i>	<i>Mica, té, tabaco</i>

Fuente: OMS-1984

c) Superficie y volumen

Como ya se ha indicado la forma de una partícula determina la relación entre su superficie y su volumen. Cuanto más se aleje la partícula de la forma esférica mayor superficie tendrá con relación al volumen, lo que influye sobre todo a su velocidad de caída y tiene gran importancia biológica. La extensión total de una partícula comprende toda la superficie de ésta, incluida la de los poros accesibles desde el exterior [10].

d) Solubilidad

La solubilidad de las partículas sólidas en un medio acuoso o en lípidos tiene una gran importancia biológica por influir en la velocidad de reabsorción en el organismo. La solubilidad también puede influir en la elección del método de muestreo y análisis.

En el caso de sustancias irritantes o susceptibles de producir intoxicación sistemática puede ser importante la velocidad a que se disuelven en el organismo, que disminuye, por otra parte, cuando se trata de partículas fibrogénicas con acción directa en los espacios pulmonares. Por ejemplo, el cuarzo, que habitualmente se considera insoluble, es altamente nocivo [29].

e) Composición química

La composición química de material formado por partículas, tiene una influencia directa en los efectos sobre la salud y en general depende de los materiales usados en el proceso de producción.

Tal vez las partículas que más se someten a medición sean las del polvo mineral producido en muchos lugares de trabajo (minas, canteras, industrias varias, etc.). La composición del polvo determinará en gran parte sus efectos en la salud. En el caso del polvo mineral puede ser necesario además el análisis mineralógico para determinar el contenido de dióxido de silicio (SiO_2), agente etiológico que da origen a la enfermedad ocupacional conocida como Silicosis [29].

f) Radiactividad

Los trabajadores pueden estar expuestos a sustancias atmosféricas radiactivas en algunos lugares de trabajo como minas de minerales radiactivos u otros contaminados con material radiactivo (por ejemplo, las minas de fosfatos), industrias de energía atómica y laboratorios donde se maneja material radiactivo [29].

Mecanismo de ingreso de las partículas de polvo en el aparato respiratorio.

a) Penetración

Las partículas pueden penetrar en el organismo humano por el sistema respiratorio, causando efectos locales en los pulmones (por ejemplo fibrogénesis) y otras partes del sistema (por ejemplo, irritación de las vías respiratorias superiores). Las sustancias muy solubles pueden ser absorbidas por cualquier región de las vías respiratorias; en ese caso, el lugar en que se depositen es de menor importancia para los efectos sistemáticos. Si se trata de partículas insolubles tiene importancia fundamental el lugar de depósito en el sistema respiratorio. Este lugar depende de las propiedades aerodinámicas de las partículas, su forma (fibras), las dimensiones de los conductos pulmonares y las características de la respiración [30].

El sistema respiratorio se divide en las siguientes partes:

1. La nasofaringe, comienza en los orificios externos de la nariz y se extiende por la faringe anterior hacia atrás, descendiendo por la faringe posterior hasta el nivel de la laringe.
2. Continuando en dirección caudal, el siguiente componente es la tráquea y el árbol bronquial que desciende hasta los bronquiolos terminales.
3. El tercer compartimiento se denomina pulmonar. Esta región consta de varias estructuras: bronquiolos respiratorios, conductos alveolares, alvéolos y sacos alveolares. Cabe considerarla como la zona funcional (espacio de intercambio) de los pulmones.

El epitelio del tracto respiratorio hasta los bronquiolos terminales está ciliado, mientras que no lo está el epitelio de los espacios pulmonares (la parte que está más allá de los bronquiolos terminales); por ejemplo, los bronquiolos respiratorios no tienen cilios.

b) Depósito

Los cuatro mecanismos por los que las partículas se depositan en el sistema respiratorio son los siguientes [30]:

1. Sedimentación, en la cual la deposición es proporcional a la velocidad de las partículas en caída libre (es decir, proporcional al cuadrado del diámetro aerodinámico) y al tiempo disponible para la deposición.
2. Impactación por inercia, debida a la tendencia de las partículas a seguir avanzando en línea recta, lo cual hace que se depositen cuando cambia la dirección de la corriente aérea. La deposición por este mecanismo es también proporcional a la velocidad de las partículas en caída libre y a la velocidad del aire.

3. Desplazamiento Browniano, que es apreciable sólo para partículas pequeñas (< 1 micra) en el compartimiento pulmonar.
4. Interceptación, que se produce cuando las dimensiones geométricas de una partícula transportada por una corriente de aire impiden superar el obstáculo. La interceptación puede, por consiguiente, oponer a la penetración de partículas barreras basadas en la dimensión, además de las barreras aerodinámicas que presentan otros mecanismos.

Las partículas inhaladas que pueden penetrar en los alvéolos y, eventualmente, en el tejido pulmonar desempeñan una función importante en la patogenia de la neumoconiosis. El diámetro aerodinámico crítico aceptado que permite la penetración alveolar es de ≤ 5 micras. Eso no implica categóricamente que exista un fenómeno biológico definitivo en lo que se refiere a las partículas de ≤ 5 micras de diámetro, sino que este se emplea como pauta de trabajo [30].

Como se indica en la figura 2.2, a medida que aumenta el diámetro aerodinámico, disminuye la proporción de partículas depositadas.

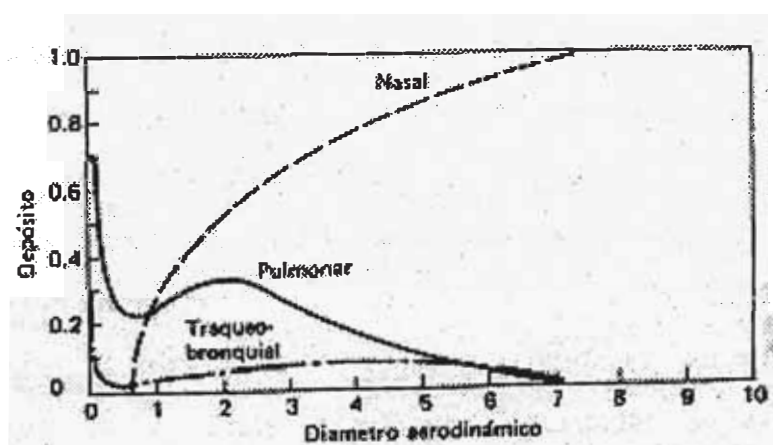


Fig. 2.2. Depósito en el aparato respiratorio en función del tamaño de la partícula por 15 respiraciones/minuto (volumen de aire por cada respiración: 1450 ml). OMS, 1984.

c) Eliminación

Los mecanismos de defensa del sistema respiratorio, que pueden ser muy eficaces para diversos tamaños de partículas, si funcionan bien, son los siguientes [30]:

1. Filtración nasal, las partículas se depositan en la nariz por filtración (pelos nasales) y cambios de dirección turbinados. La mucosidad que reviste la parte interna de la nariz favorece la retención. Las partículas de diámetro aerodinámico superior a 10 micras suelen depositarse en la nasofaringe. Al disminuir el tamaño de las partículas decrece el porcentaje de las que se depositan en la parte alta de las vías respiratorias (nasofaringe y tráquea), siendo mínimo ese porcentaje para las partículas del orden de 1 micra.
2. Eliminación mucociliar, la tráquea y los bronquios, hasta los bronquiolos terminales, están revestidos de un epitelio ciliado cubierto por una capa mucosa. Las partículas depositadas en el epitelio ciliado avanzan hacia la laringe y entonces son inhaladas o expectoradas en un tiempo relativamente breve.
3. Movimientos peristálticos de los bronquiolos terminales, tos y estornudo, estos movimientos impulsan a las partículas hacia las vías respiratorias altas. Los reflejos de tos y estornudo crean fuertes corrientes de aire dentro del tracto respiratorio, lo cual ayuda a despejar las vías pulmonares.
4. Fagocitos, el epitelio de los espacios pulmonares no está ciliado; sin embargo, las partículas insolubles depositadas en esta zona son absorbidas por macrófagos (fagocitos) en el proceso de fagocitosis. Después de absorber la partícula extraña, el macrófago puede: a)

trasladarse al epitelio ciliado y luego ser transportado hacia arriba hasta salir del sistema respiratorio, b) permanecer en el espacio pulmonar, o c) pasar al sistema linfático.

Se ha determinado que la eliminación de partículas de los pulmones se produce en fases rápidas y lentas. La fase rápida concluye aproximadamente en unas 24 horas, y las partículas recientemente depositadas en las vías ciliadas se eliminan por transporte en la corriente mucociliar o por solución y absorción. La fase lenta lleva meses.

d) Retención

El tejido pulmonar retiene menos de 1 por ciento del polvo inhalado. Esta aproximación se basa en varias suposiciones relativas a la conversión de las concentraciones de partículas en masa, frecuencia respiratoria y tasa de acumulación. La cantidad de polvo que se deposita finalmente depende de la cantidad total de polvo inhalado y de su calidad, las condiciones anatómicas de las vías respiratorias y el mecanismo de eliminación broncopulmonar de cada persona [30].

2.1.2 Ruido

El incremento energético incorporado en las instalaciones de producción, la potencia de las máquinas y sus cada vez mayores dimensiones, los ritmos de trabajo incorporados y la introducción de nuevas tecnologías, hacen que este presente un riesgo permanente para la salud de los trabajadores, el ruido.

En general, ruido es un sonido que no proporciona ninguna información y cuya intensidad usualmente varía al azar en el tiempo. La palabra ruido se emplea con frecuencia para significar "un sonido no deseado por el que escucha", dado que es desagradable, interfiere con la percepción del sonido deseado y puede ser fisiológicamente dañino [7].

El ruido no tiene necesariamente ninguna característica física particular que lo distinga de un sonido deseado. Ningún instrumento puede diferenciar un sonido de un ruido, sólo puede hacerlo la reacción humana.

El término sonido se aplica, en general, a la forma de energía que produce una sensación auditiva en el hombre [7].

Propiedades del ruido

Algunas de las características del ruido son: la intensidad (o presión), la frecuencia y la duración. Todos estos factores revisten importancia en la evaluación de los efectos del ruido en el oído humano.

Cuanto más elevado es el ruido, mayor es la intensidad; asimismo, los ruidos de alta frecuencia son más nocivos al oído que los de baja frecuencia y, cuanto más prolongada es la exposición al ruido, más pronunciado será el daño producido al aparato auditivo humano.

La intensidad sonora está sujeta a la ley de la proporción inversa al cuadrado, o lo que es igual, a medida que aumenta la distancia al foco emisor, la intensidad del sonido disminuye en razón inversa al cuadrado de la distancia [7].

Ondas sonoras, las ondas sonoras son una forma particular de una clase general de ondas conocidas como ondas elásticas o transversal, que pueden presentarse en medios que tienen las propiedades de masa (inercia) y elasticidad. Dado que el aire posee tanto inercia como elasticidad, una onda sonora puede propagarse en él [7] (ver figura 2.3).

Amplitud, es el máximo desplazamiento que sufre una partícula en vibración. Para el caso de una onda de presión armónica, la amplitud será la máxima presión en un ciclo.

Desplazamiento, es la distancia entre su posición de reposo a su posición instantánea.

Período, es el tiempo en que se efectúa un ciclo completo, esta dado en segundos u otra unidad de tiempo.

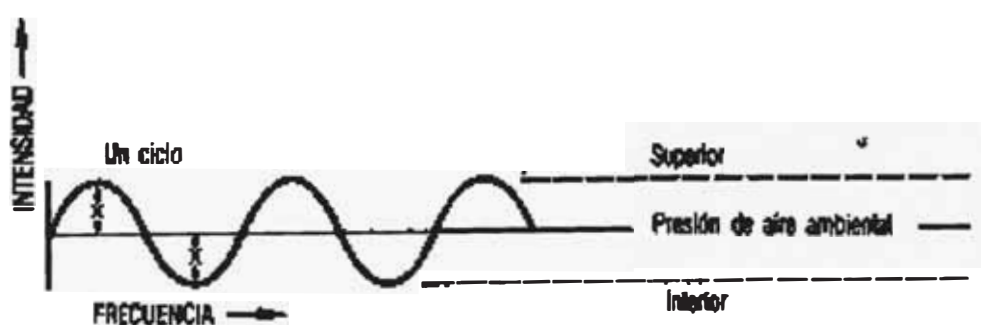


Fig. 2.3 La curva representa una onda sonora. La intensidad está relacionada con la fuerza del sonido y se representa por la altura de la curva.

Frecuencia, la frecuencia es el número de veces por segundo que un cuerpo cumple un ciclo completo de movimiento. El tiempo requerido para

cada ciclo se conoce como período de la onda y simplemente, es la inversa de la frecuencia.

Longitud de onda, la distancia que recorre una onda sonora en un período o ciclo se denomina longitud de onda del sonido. Para expresarla se emplea la letra griega λ (lambda). La velocidad de una onda sonora es siempre igual al producto de la longitud de onda y de la frecuencia [7]:

$$C = \lambda f$$

donde:

C = velocidad en metros por segundo

λ = longitud de onda en metros

f = frecuencia en hertz

Presión de sonido, son las presiones instantáneas del sonido en un intervalo de tiempo en un punto considerado. Normalmente se acostumbra expresar la presión en pascales, dinas/cm² o bares.

Nivel de presión sonora (L_p), es el nivel de presión sonora, en decibeles, de un sonido que es 20 veces el logaritmo en base 10 de la relación de la presión (P) de este sonido, a la presión de referencia (P_0). La presión de referencia empleada es 0.0002 microbares [24].

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

Intensidad, la intensidad depende fundamentalmente de la presión de sonido, pero también es afectada por la frecuencia. Esto se debe a que el oído humano es más sensible a las altas frecuencias que a las bajas [7].

Unidad de medida

El oído es un órgano extraordinario, sensible a presiones sonoras desde 0.0002 hasta 2,000 dinas/cm² (ver tabla 2.1). Para evitar tener que trabajar con cifras demasiado altas al evaluar la intensidad del ruido se emplea una escala logarítmica basada en decibeles como unidad de medida.

Un decibel (dB) es la razón de energía, potencia o intensidad que cumple con la siguiente definición.

$$\text{Log R} = \frac{1}{10}$$

Para expresar una relación en decibeles, primeramente debemos escoger un valor de referencia y luego aplicar la definición.

$$\text{Nivel en dB} = 10 \log \frac{\text{cantidad}}{\text{cantidad de referencia}}$$

RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN DECIBELES Y PRESION SONORA EN MICROBARES

<i>Presión de Sonido (microbares)</i>	<i>Nivel de Presión Total de Sonido (dB ref. 0.0002 microbar)</i>	<i>Ejemplo</i>
0.0002	0	<i>Umbral auditivo</i>
0.00063	10	<i>Estudio de películas sonoras</i>
0.002	20	
0.0063	30	<i>Susurro en voz baja (a 1.5 m de distancia)</i>
0.02	40	<i>Oficina silenciosa Cabina de test audiométrico</i>
0.063	50	<i>Residencia promedio Oficina Grande</i>
0.2	60	<i>Conversación (a 1 m)</i>
0.63	70	<i>Tren de carga (a 33 m)</i>
1.0	74	<i>Automóvil promedio (10 m)</i>
2.0	80	<i>Restaurante muy ruidoso Fabrica promedio</i>
6.3	90	<i>Subterráneo (Metro) Imprenta</i>
20	100	<i>Telares en planta textil Area de hornos eléctricos</i>
63	110	<i>Carpintería, Area de desmoldeado de fundición</i>
200	120	<i>Prensa hidráulica</i>
2,000	140	<i>Avión de retropulsión</i>
200,000	180	<i>Rampa de lanzamiento de cohetes</i>

Tabla 2.1

Puesto que los decibeles son unidades logarítmicas, no es posible sumarlos o restarlos aritméticamente. Si se duplica la intensidad de un sonido, su valor en decibeles no se duplicará, sino que aumentará únicamente en tres unidades. Por ejemplo, si una máquina produce un sonido de 90 dB y se coloca otra máquina idéntica junto a la primera, el nivel de sonido combinado será 93 dB, no 180 dB [3].

Métodos para combinar o sumar niveles sonoros

a) Método numérico

Este método es utilizado generalmente, cuando la medición de niveles de ruido, se realiza con sonómetros digitales [8].

1. Determinar la diferencia entre los dos niveles sonoros a sumar L_1 y L_2 ambos medidos en el mismo sitio.
2. Buscar la cantidad correspondiente a esta diferencia L_3 en la tabla 2.2.
3. Para obtener el nivel resultante, sumar esta cantidad L_3 al nivel sonoro mayor de los dos, L_1 o L_2 .
4. Si se requiere sumar más de dos niveles sonoros, se le sumará al tercero el resultado de los primeros dos y así sucesivamente.

Ejemplo:

Se desea obtener el resultado de la suma de los siguientes niveles sonoros: 79.2, 80.1 y 78.8 dBA.

Diferencia	:	80.1 - 79.2	=	0.9
L_3 correspondiente a	:	0.9	=	2.6
Sumar al mayor	:	80.1 + 2.6	=	82.7 dBA
Diferencia	:	82.7 - 78.8	=	3.9
L_3 correspondiente a	:	3.9	=	1.5
Sumar al mayor	:	82.7 + 1.5	=	84.2 dBA

CIFRAS PARA COMBINAR NIVELES SONOROS EN DECIBELES DE RUIDOS MIXTOS

<i>Diferencia Numérica entre los Niveles L1 y L2</i>	<i>L3, Cantidad a ser Sumada al Valor Mayor de L1 o L2</i>	<i>Diferencia Numérica entre los Niveles L1 y L2</i>	<i>L3, Cantidad a ser Sumada al valor Mayor de L1 o L2</i>
0.0 a 0.1	3.0	4.1 a 4.3	1.4
0.2 a 0.3	2.9	4.4 a 4.7	1.3
0.4 a 0.5	2.8	4.8 a 5.1	1.2
0.6 a 0.7	2.7	5.2 a 5.6	1.1
0.8 a 0.9	2.6	5.7 a 6.1	1.0
1.0 a 1.2	2.5	6.2 a 6.6	0.9
1.3 a 1.4	2.4	6.7 a 7.2	0.8
1.5 a 1.6	2.3	7.3 a 7.9	0.7
1.7 a 1.9	2.2	8.0 a 8.6	0.6
2.0 a 2.1	2.1	8.7 a 9.6	0.5
2.2 a 2.4	2.0	9.7 a 10.7	0.4
2.5 a 2.7	1.9	10.8 a 12.2	0.3
2.8 a 3.0	1.8	12.3 a 14.5	0.2
3.1 a 3.3	1.7	14.6 a 19.3	0.1
3.4 a 3.6	1.6	19.4	0.0
3.7 a 4.0	1.5		

Fuente: NORMA COVENIN

Tabla 2.2

b) Método gráfico

Si se tiene varios niveles de presión sonora y queremos conocer la suma de éstos, utilizando la figura 2.4, procedemos de la siguiente manera [17]:

1. Ordenamos los niveles de mayor a menor.
2. Obtenemos la diferencia entre el primero y el segundo.
3. La diferencia obtenida la llevamos a las abcisas de la curva, obteniendo en las ordenadas el valor que hay que sumar al nivel mayor.
4. Con este nivel suma así obtenido procederemos a realizar el mismo cálculo con el tercer nivel, y así sucesivamente hasta terminar con todos

los niveles o hasta que la diferencia entre niveles no pueda ser colocada en abscisas.

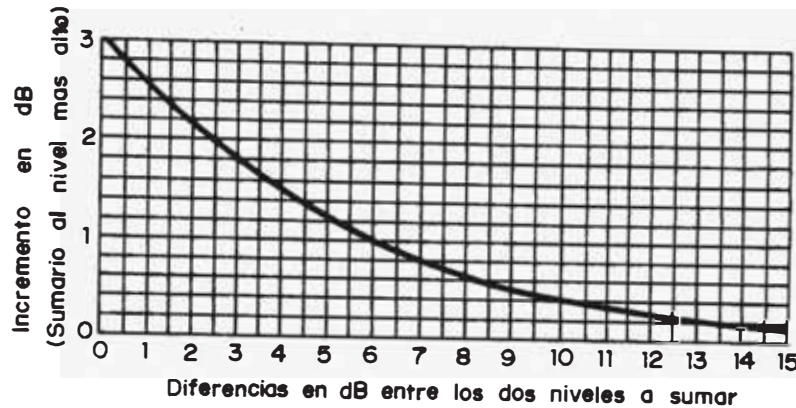


Fig. 2.4 Combinación de niveles de ruido

Ejemplo:

Si se desea sumar los siguientes niveles de ruido: 100, 99, 97, 101 y 101 dBA.

1. Ordenamos de mayor a menor los niveles: 101, 101, 100, 99, 97.
2. $101 - 101 = 0$

Colocando en las abscisas del gráfico el valor cero, obtendremos, que en las ordenadas le corresponde 3, sumándole este valor al primero, la suma de niveles es: $101 + 3 = 104$

3. Operando de la misma manera tendremos:

Restar Niveles	Abcisas-Gráfico	Ordenadas-Gráfico	Sumar-Niveles
104 - 100	4	1.4	105.4
105.4 - 99	6.4	0.9	106.3
106.3 - 97	9.3	0.4	106.7
106.7 - 94	15.7	Se sale	--

Por lo tanto, la suma de los niveles de ruido es 106.7 dBA.

Tipos de ruido

Los autores establecen distintas divisiones de los diferentes tipos de ruido. No obstante, las diferencias son, en la mayoría de los casos, de terminología y no existen fuertes contradicciones entre unas y otras [17].

a) Ruido continuo

Llamado también estable, es aquel que mantiene un nivel relativamente estable durante un período determinado. Técnicamente se considera al ruido que se presenta en un lapso de por lo menos 15 minutos con una variación menos de dos decibeles; es recomendable que las mediciones se efectúen con un sonómetro operando en respuesta lenta en la red balanceada. En la práctica se recomienda observar los registros del medidor por unos 10 segundos y promediar los niveles mínimo y máximo para obtener resultados.

b) Ruido discontinuo

Ruido fluctuante.- Este ruido es caracterizado por niveles de sonido que varían con el tiempo, lo cual se puede apreciar en las variaciones del dial en un medidor de ruido. Se presentan dos tipos de fluctuaciones:

1. En el primer caso, el ruido alterna entre dos o más niveles de sonido bien definidos.
2. El segundo se caracteriza por un amplio rango de irregularidad en los niveles de sonido que registra el medidor.

Ruido intermitente.- Es creado por fuentes de ruido con ciclos a intervalos, que usualmente se presentan en períodos no mayores de 15 minutos ni menores de un segundo. La lectura se obtiene por el procedimiento aplicado en el ruido continuo. Puede tener dos variantes:

1. **Intermitente fijo**, en el que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior fijo. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída de nivel ambiental.
2. **Intermitente variable**, esta constituido por una sucesión de distintos niveles de ruidos estables.

Ruido impulsivo/impacto.- Es aquel cuyo intervalo entre dos niveles máximos tiene una duración mayor a 0.5 segundos. Puede tener dos variantes:

1. **Impulsivo aislado**, son ruidos de un segundo de duración..
2. **Ruido cuasi-continuo**, son ruidos mayores de un segundo.

Los ruidos cuasi-continuos (sierra eléctrica, martillo neumático, etc.), son medidos con un sonómetro u otro instrumento estándar, la lectura a registrar será la del máximo impulso operando el medidor de respuesta lenta. Para estas clases de ruidos, se debe emplear un medidor de ruido de impacto; el nivel de presión de sonido “pico” medido con el instrumento será el valor utilizado para evaluar el riesgo de daño a la audición.

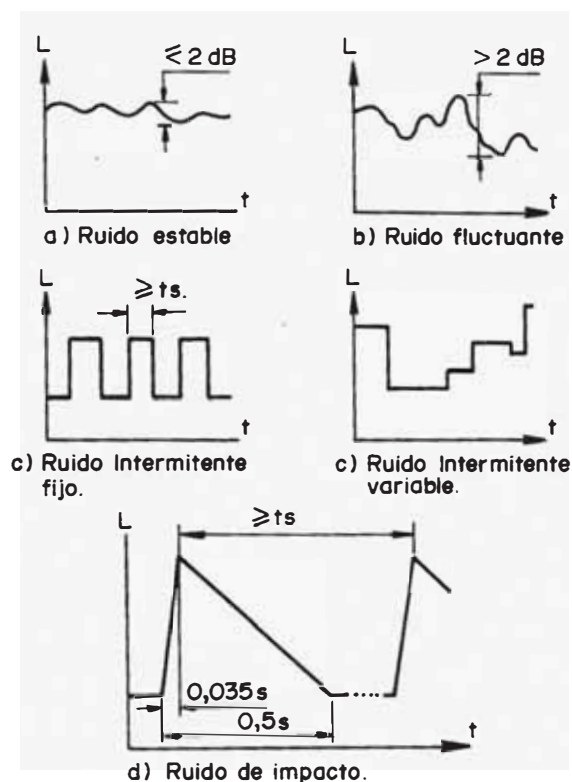


Fig. 2.5 Diferentes tipos de ruido

Escalas de ponderación

Basándose en el comportamiento del oído, se introdujeron en los aparatos de medida filtros de corrección o atenuación que aproximarán la respuesta de éstos a la del oído humano, esto dio como resultado la obtención de cuatro escalas de ponderación A, B, C y D[7].

La escala A fue diseñada para aproximarse a una atenuación similar al oído, se aproxima a las curvas de igual intensidad para bajos niveles de presión sonora.

La escala B representa la atenuación para niveles intermedios y la C para altos. La escala de atenuación D está diseñada para muy altos niveles de presión sonora por encima de los 120 dB.

En la figura 2.6 de escalas de atenuación, se aprecia que, en las bajas frecuencias la red de ponderación A atenúa de forma importante, disminuyendo dicha atenuación a medida que nos aproximamos a los 1000 Hz, donde la atenuación de la escala A es nula. Entre los 1000 y 5000 Hz, la escala A puede decirse que amplifica volviendo a atenuar a partir de los 5000 Hz. La escala A es la más utilizada para efectuar mediciones por la mayoría de los organismos internacionales.

La escala B es menos severa en cuanto a la atenuación en las bajas frecuencias, no produciéndose a lo largo del espectro de frecuencias ningún tipo de fenómeno de atenuación. Entre los 400 y 3000 Hz esta escala se comporta de forma muy plana no generando atenuaciones.

La escala C es la que menos atenuaciones produce, ya que entre los 100 y 3000 Hz su incidencia sobre el ruido emitido es nula.

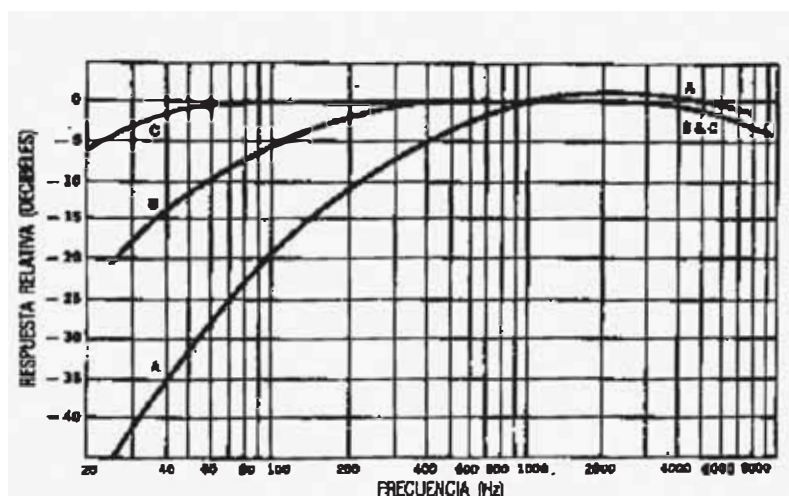


Fig. 2.6 Escalas de atenuación

Ruido de fondo

Un factor que puede afectar a la precisión de las medidas es el ruido de fondo, según el valor de su nivel comparado con el de la señal de ruido a medir. En la práctica, esto significa que el nivel de la señal debe ser por lo menos 3 dB superior al del ruido de fondo.

El procedimiento para medir el nivel sonoro de una máquina bajo un elevado ruido de fondo es el siguiente [3]:

1. Medir el nivel total de ruido ($L_s + N$) con la máquina funcionando.
2. Medir el nivel del ruido de fondo (L_N) con la máquina parada.
3. Hallar la diferencia entre la lecturas 1 y 2. Si dicha diferencia es menor de 3 dB, el nivel del ruido de fondo es demasiado alto y no permite una medida de precisión. Si esta entre 3 y 10 habrá que realizar una corrección. Y si es mayor de 10 dB no es necesario corrección alguna.
4. Para realizar la corrección, entrar en el eje de abcisas del figura 2.7 con la diferencia hallada en el paso 3 anterior, subir hasta encontrar la curva de referencia y desde este punto ir horizontalmente hasta el eje de ordenadas
5. Restar el valor leído en el eje de ordenadas (L_N) del total leído en el paso 1. El resultado es el nivel de ruido de la máquina.

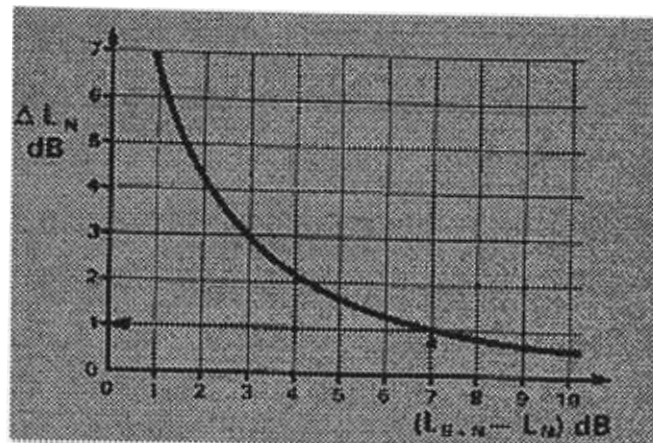


Fig. 2.7 Corrección de niveles de ruido

Ejemplo:

- | | | |
|------------------------------|----------|-------|
| 1. Ruido total | – | 60 dB |
| 2. Ruido de fondo | – | 53 dB |
| 3. Diferencia | – | 7 dB |
| 4. Corrección (del gráfico)= | | 1 dB |
| 5. Ruido de la máquina | 60 - 1 = | 59 dB |

Anatomía y fisiología del oído

La anatomía y la función del mecanismo auditivo del hombre son extremadamente complejas. Su tamaño diminuto y su inclusión en huesos densos y duros complica el estudio de este delicado mecanismo.

El órgano de la audición permite a un individuo detectar ondas sonoras dentro de un ámbito de 20 a 20000 Hz y convertirlas en impulsos eléctricos que son transmitidos al cerebro para su interpretación. Dado que las funciones del cerebro se realizan mediante la derivación de pequeños

impulsos eléctricos de una célula a otra, toda la información sensorial con la cual aquél trabaja, debe ser presentada como una serie de impulsos eléctricos. El órgano de la audición puede dividirse en tres partes, el oído externo, medio e interno, tal como lo muestra la figura 2.8 [7].

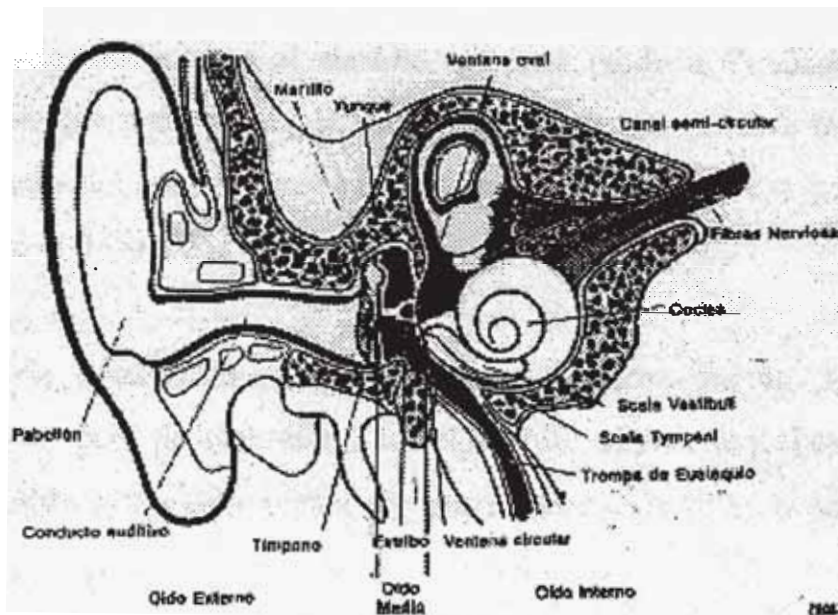


Fig. 2.8 Las partes principales del oído

A) Oído externo.- El oído externo está dividido en dos secciones, la porción visible unida a la superficie externa de la cabeza (llamada pabellón del oído u oreja) y el canal auditivo externo. La función del oído externo en el proceso de audición es relativamente simple, la porción externa de la oreja recoge las ondas sonoras del aire y las conduce hacia el conducto auditivo desde donde son llevadas hacia el tímpano.

B) Oído medio.- El oído medio es el espacio de cavidad, de aproximadamente uno o dos centímetros cúbicos de volumen, que se encuentra entre el tímpano y la pared ósea del oído interno. En la cavidad del oído medio se ubican los huesecillos del oído, los huesos más pequeños

del cuerpo, que conectan el tímpano con una abertura en la pared del oído llamada ventana oval.

La función primaria del oído medio en el proceso auditivo es transferir la energía sonora desde el oído externo al interno. Al vibrar el tímpano, transmite su movimiento al martillo que está unido a él. Dado que los huesecillos que constituyen la cadena ósea están conectados entre sí, los movimientos del martillo pasan al yunque y finalmente al estribo que está incrustado en la ventana oval.

Cadena de huesecillos.- Los huesecillos, que en conjunto reciben el nombre de cadena de huesecillos, son el martillo, el yunque y el estribo.

- El martillo está unido al tímpano por el mango mientras la cabeza está situada en la zona superior de la cavidad del oído medio y se conecta con el yunque.
- El yunque es el segundo de los huesecillos, tiene una proyección larga dirigida hacia abajo que se une al estribo.
- El estribo está ubicado casi en ángulo recto con el eje mayor del yunque. Las dos ramas del estribo, la anterior y la posterior, terminan en la base del estribo que se une al marco de la ventana oval.

C) Oído interno.- El oído interno o laberinto, lleno de fluido, posee los receptores de la audición y del equilibrio. Consiste en un laberinto óseo que contiene un laberinto membranoso. Comprende tres partes: la cóclea, el vestíbulo y los canales semicirculares.

Cóclea.- Es un tubo óseo que se enrolla como un espiral alrededor de un pilar óseo denominado núcleo.

La base del conducto coclear está formada por la membrana basilar y apoyándose en ella se encuentra el órgano de Corti, que es el órgano receptor final esencial de la audición.

El proceso auditivo

El oído externo actúa como un embudo y conduce las ondas sonoras hasta el tímpano a través del conducto auditivo. El tímpano vibra en respuesta a las ondas sonoras que llegan hasta él. A su vez, este movimiento ondulatorio es transmitido a la cadena de tres huesecillos del oído medio, los que conducen la onda sonora a través del aire que llena la cavidad del oído medio hasta un fluido que se encuentra en el delicado oído interno.

Las secciones externa y media del oído conducen la energía sonora hasta las estructuras más profundas. Por lo tanto, el oído externo y medio en conjunto actúan como parte conductora del mecanismo auditivo. En contraste, las estructuras más profundas, que incluyen el oído interno y el nervio auditivo, se denominan mecanismo sensoneural. Estos dos términos, conductor y sensoneural, se emplean para describir dos tipos importantes de pérdida de la audición.

Mientras el mecanismo auditivo funcione normalmente, el oído tiene la capacidad para detectar sonidos de muy poca intensidad y, al mismo tiempo, tolerar sonidos de intensidad muy alta. El sonido más intenso que puede ser tolerado por un oído normal es más de cien millones (10^8) de veces más fuerte que el más débil que puede detectar. Más aún, un joven con sentido auditivo normal puede detectar sonidos dentro de una amplia

gama de frecuencia, desde los más graves de 20 Hz hasta los muy agudos de 20000 Hz [7].

Audiómetro.- Para las mediciones de la sensibilidad auditiva se utiliza el audiómetro, que es un generador de señales auditivas de frecuencia controlada. Produce tonos puros de diversas frecuencias e intensidades, que permite realizar el análisis de la capacidad auditiva. Cuando se miden umbrales de audición, se está determinando esencialmente la capacidad de una persona para oír la forma más simple de sonido (llamada tonos puros)[7].

El audiómetro se ha desarrollado para proporcionar en forma electrónica un estímulo sonoro de tono puro, que en un aspecto es superior a este último, las intensidades pueden ser controladas con mayor exactitud y, por lo tanto, los resultados se pueden cuantificar más cuidadosamente.

El nivel de intensidad mínimo al cual los sonidos producidos por un audiómetro pueden ser apenas percibidos por la persona que se examina, se registra usualmente en un gráfico estándar, denominado audiograma.

En la figura 2.9, se presenta un audiograma, tomado como ejemplo, para explicar como es el mecanismo de análisis. En la parte superior del audiograma, aparecen varios números (125 a 8000 Hz) que representan la *frecuencia* o la altura del sonido expresada en hertz (Hz). Los valores menores a 250 Hz., ubicados a la izquierda representan sonidos graves. Por ejemplo, un sonido con un tono de 250 Hz se asemeja como un *do* medio en un piano. Los tonos se vuelven progresivamente más altos a medida que se

avanza hacia la derecha, hasta los valores más elevados. Un tono de 4000 Hz suena en forma semejante a un flautín que toca una nota alta.

En contraste, los valores a la izquierda del audiograma de la figura 2.9, indican la *intensidad* o fuerza del sonido, medida en decibeles. A los sonidos más débiles les corresponden los números más bajos. Cuando se mide la audición de una persona se establece, para cada frecuencia empleada en el estudio, el nivel al cual el sonido puede ser apenas oído. Este nivel se denomina umbral de audición.

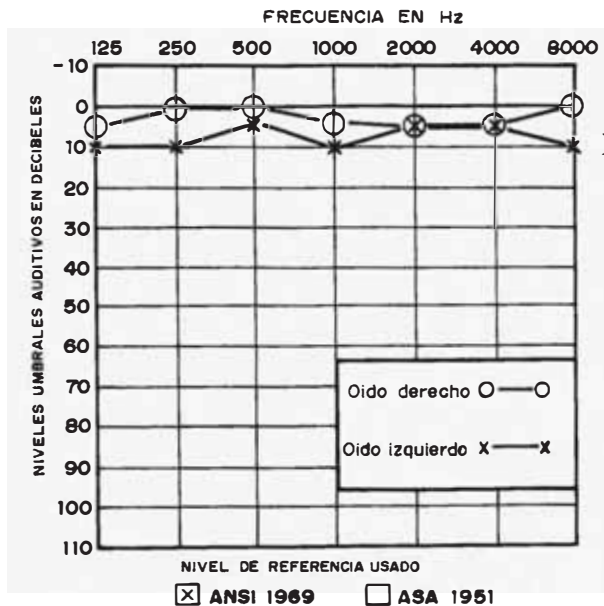


Fig. 2.9 Un típico audiograma manual que muestra los umbrales auditivos dentro del ámbito normal.

En audiometría, cuando más se aleja, hacia arriba, de la línea cero del audiograma, mayor es la pérdida de audición. La práctica usual es registrar mediante círculos los umbrales para los tonos puros por conducción aérea para el oído derecho y mediante X los correspondientes al oído izquierdo.

Si un sonido debe ser mayor de 25 dBA en las frecuencias usuales del habla para que una persona pueda detectarlo, su umbral comienza a considerarse

dentro del ámbito de la incapacidad auditiva. Por lo tanto, cuanto más intenso (fuerte) deba ser el sonido del audiómetro para que una persona pueda oírlo, mayor será su pérdida de la audición. Sin embargo, mientras la audición sea normal, o casi normal, dentro del ámbito de frecuencias del habla (500 a 2000 Hz), la persona no tendrá dificultades para escuchar y hablar en las condiciones habituales de audición.

Por costumbre en los audiogramas emplean escalas con intervalos de 10 dBA, obviamente, si una persona tiene un umbral de 55 dBA, está representado en la línea de frecuencia apropiada, equidistante de 50 a 60 dBA.

2.1.3 Calor radiante

El hombre, es capaz de protegerse de las variaciones meteorológicas normales de su medio, sin embargo el calor liberado por muchos procesos industriales puede presentar serios problemas por imponer condiciones en las que el cuerpo no alcanza a mantener el equilibrio calórico, y si la exposición es prolongada puede dar lugar a efectos agudos en la salud, o contribuir a una disminución del rendimiento mental y físico.

Lo antes expuesto, se debe a que el cuerpo humano debe mantener una temperatura aproximada de 36.6°C (98°F) y como un requerimiento fisiológico para la salud y su comodidad o confort, deberá guardar el equilibrio de ganancias y pérdidas de calor de modo que la temperatura corporal sea constante [18].

Cuando existe este problema de calor radiante, es necesario el conocimiento de los factores que intervienen en la generación de este problema, para darle una solución efectiva y económica.

Existen dos fuentes de calor que son importantes para cualquiera que trabaje en un ambiente caliente: a) calor interno generado metabólicamente; y, b) calor externo impuesto por el ambiente [17].

El calor del ambiente es importante porque influye sobre la velocidad de intercambio calórico del cuerpo con el ambiente y, en consecuencia, con la facilidad con que el cuerpo puede regular y mantener una temperatura normal.

Transferencia de calor

Siempre que existan diferencias de temperatura entre dos o más cuerpos, puede transferirse calor. La transferencia neta de calor siempre se producirá desde el cuerpo (u objeto) de mayor temperatura hacia el de temperatura más baja mediante uno o más mecanismos.

El cuerpo intercambia calor con el medio ambiente por radiación, convección, conducción y evaporación, que junto con la generación de calor metabólico del organismo, producirán el balance energético que permitirá al cuerpo humano mantener la temperatura corporal dentro del rango de confort preestablecido de 36.6 °C (98 °F).

Este balance está dado por la ecuación siguiente [17]:

$$M + S = \pm Cr + Cd \pm Cc + Ce \quad (1)$$

donde

- M Calor metabólico o calor generado por las reacciones exotérmicas de vida, producidas por el cuerpo, esto es, la suma total de las reacciones físicas y químicas del cuerpo.
- S = Calor almacenado en el cuerpo.
- Cr = Pérdida o ganancia de calor por radiación.
- Cd = Intercambio de calor por conducción.
- Cc = Pérdida o ganancia de calor por convección.
- Ce = Razón de pérdida de calor por evaporación.

Los términos de la derecha de la ecuación son positivos si fluyen hacia el ambiente, y negativos, si vienen desde el ambiente, es decir, su signo depende de la diferencia de temperaturas entre el cuerpo y el ambiente. A menudo el valor de intercambio calórico por conducción es despreciable, por lo que esta ecuación se usa normalmente reducida:

$$M + S = Cr + Cc + Ce \quad (2)$$

Esta ecuación muestra que el balance térmico es obtenido cuando la producción de calor total y el calor almacenado del cuerpo, es igual al intercambio total de calor del cuerpo con el ambiente.

Calor metabólico

Normalmente la fuente mayor de ganancia calórica es el metabolismo; no es siempre lo más correcto igualar metabolismo con producción de calor, ya que la energía metabólica es convertida en trabajo con un grado de eficiencia variable, por lo que la expresión más exacta es calor metabólico o calor de metabolismo. No obstante, el calor mayor es el metabolismo. La eficiencia del metabolismo es proporcional al porcentaje de energía no calórica disponible por el cuerpo.

El calor metabólico es un subproducto de los procesos químicos que se producen en el interior de las células, tejidos y órganos.

Factores que afectan al metabolismo

Hay varios factores que afectan la producción metabólica del cuerpo, éstos son [18]:

- 1.- El tamaño del cuerpo.
- 2.- La razón básica metabólica.
- 3.- El crecimiento o desarrollo.
- 4.- La alimentación.
- 5.- Los ejercicios musculares.
- 6.- La temperatura ambiental.
- 7.- Las temperaturas excesivas.

Factores físicos

Las vías físicas de intercambio del calor, como ya se había explicado, son la radiación, la convección, la conducción y la evaporación [17].

a) **Radiación** , es la forma de intercambio de calor que se produce en la superficie del cuerpo, y es una función de las temperaturas y naturaleza de las superficies radiantes. La ganancia de calor radiante, es energía en forma de longitudes de onda que se transforman en calor cuando choca con un objeto.

b) **Convección**, ésta es una vía importante de redistribución de calor dentro del cuerpo por la circulación sanguínea, y se enmarcarían dos propósitos fundamentales:

1. Llevar el calor metabólico a la superficie del cuerpo, donde se disipará.
2. Transportar con rapidez el calor desde los tejidos activos, es decir, músculos, corazón, hígado y otros.

La ganancia de calor por convección es la cantidad de energía calórica transferible entre la piel y el aire. La temperatura normal de la piel del cuerpo humano es de 36.6 °C, si la temperatura ambiente excede la de la piel, el cuerpo se calentará; las temperaturas del aire inferiores a la de la piel provocarán el enfriamiento del cuerpo.

c) **Conducción**, es la transferencia de calor desde un punto a otro cuando ambos están en contacto físico, en un medio inmóvil. La carga de calor conductivo es la energía calórica transferida entre partes del cuerpo y otros objetos con los que están en contacto directo. Normalmente, su

valor es insignificante y puede ser despreciado, excepto en casos especiales como cuando una persona está sumergida en un baño de hielo y agua.

d) **Evaporación**, siempre existe una pérdida continua de vapor de agua a través del cuerpo, aunque esté ausente el sudor. La evaporación de la transpiración reduce el calor del cuerpo. Hay dos fuentes de pérdidas de vapor de agua:

1. Aire expirado.
2. Piel, por difusión.

La proporción de pérdidas calóricas por estos factores físicos, varía de modo incuestionable con el ambiente y la actividad. Se han deducido expresiones o leyes que relacionan estos elementos cambiantes y que cuantifican los valores de intercambio calorífico antes señalados.

La regulación de la temperatura del cuerpo, es una función fisiológica importante y el ambiente (temperatura del aire, humedad, movimiento del aire e intercambio de energía radiante con el exterior), es quien determina la posibilidad de lograrlo en forma fácil.

Estrés calórico

Es la carga calórica total a la que está sometido el trabajador durante la realización de sus actividades. El estrés calórico es la suma de factores ambientales y del trabajo físico propiamente dicho [17].

Los factores ambientales son: la temperatura del aire, el intercambio del calor radiante, el movimiento del aire, la presión del vapor de agua. Asimismo, también intervienen factores humanos como la edad, estado físico, grado de aclimatación y deshidratación, peso, área de la superficie del cuerpo, temperatura y presión de vapor en la piel y dieta alimenticia del trabajador.

El trabajo físico contribuye al estrés calórico total de la tarea al producirse calor metabólico en forma proporcional a la intensidad del trabajo. La cantidad y tipo de vestimenta también influyen sobre el estrés calórico.

En la tabla 2.3 se presenta la estimación del metabolismo energético o calor metabólico para varios tipos de actividad, recomendados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), los valores corresponden a un hombre de 70 Kg. y no incluye períodos de descanso.

A continuación se da algunos ejemplos de los tipos de actividad:

Trabajo Liviano: Escribir a máquina, dibujar, pintar porcelana, controlar máquinas sentado o de pie sin caminar, aserrar madera mecánicamente, trabajos livianos de montaje, trabajos de imprenta, etc.

Trabajo Moderado: Trabajos moderados de montaje, caminar levantando o empujando pesos no muy grandes, cargar bultos (no muy pesados), controlar varias máquinas (caminando de una a otra), colocar ladrillos, tarrajeo de paredes, cortar el pasto, etc.

Trabajo Pesado: Perforar madera, vigilar calderas, trabajos pesados con pala, cargar bultos pesados, talar árboles, aserrar madera, cavar, cortar leña con hacha, levantar y empujar pesos grandes, etc.

ESTIMACIONES DEL METABOLISMO ENERGÉTICO

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>Índice metabólico (Kcal/h)</i>
	<i>Sentado tranquilo, descanso</i>	<i>100</i>
<i>Trabajo Liviano</i>	<i>Posición sentado, movimiento del brazo y tronco moderados (Por ejemplo: trabajo de escritorio).</i>	<i>113-140</i>
	<i>Posición sentada, movimiento moderado de brazos y piernas (Por ejemplo: conducir un automóvil en el tráfico).</i>	<i>140-160</i>
	<i>Posición de pie, trabajo liviano en una máquina o mesa principalmente con los brazos (Por ejemplo: sacar fotocopias).</i>	<i>140-160</i>
<i>Trabajo Moderado</i>	<i>Posición sentada, movimientos fuertes de brazos y piernas.</i>	<i>165-200</i>
	<i>Posición de pie, trabajo liviano en máquina o mesa caminado alrededor.</i>	<i>165-190</i>
	<i>Posición de pie, trabajo moderado en máquina o mesa caminado alrededor.</i>	<i>190-250</i>
	<i>Caminando, con movimientos para levantar o empujar.</i>	<i>150-350</i>
<i>Trabajo Pesado</i>	<i>Levantar, empujar o atraer elementos pesados en forma intermitente (Por ejemplo: trabajo de levantar y empujar).</i>	<i>380-500</i>
	<i>Trabajo muy pesado prolongado.</i>	<i>500-600</i>

Tabla 2.3

2.2 Efectos en la salud por exposición al polvo

Los efectos en la salud por exposición al polvo pueden ser de origen, neumoconióticos, tóxicos, anestésicos y narcóticos, cancerígenos, alérgicos, asfixiantes y productores de dermatosis; según el tamaño, la concentración y composición física y química.

En la industria del cemento, la exposición a polvo generalmente es de origen neumoconiótico, debido a que el contenido de sílice libre en el polvo, varía corrientemente según la composición de la materia prima, el de clinker o el cemento.

Es rara la exposición al polvo de sílice químicamente puro, ya que ésta se combina con varios elementos y compuestos en forma natural y durante el uso industrial. La exposición a excesivas concentraciones de polvo de sílice puede causar enfermedades respiratorias crónicas y, si estos polvos contienen minerales fibrógenos, *neumoconiosis*.

Las *neumoconiosis* constituyen un grupo de enfermedades pulmonares provocadas por la inhalación de ciertos tipos de polvo respirable y su acumulación en los pulmones, produciendo reacciones tisulares a su presencia. La más graves son las que causan alteraciones fibróticas apreciables, por ejemplo, la *silicosis* [18].

La *silicosis* es la *neumoconiosis* más importante y la que provoca mayor número de víctimas en todo el mundo. El riesgo de *silicosis* depende del porcentaje de sílice cristalina libre en la fracción respirable de las partículas inhaladas, ya que la enfermedad se debe a la sílice cristalina libre

depositada en los espacios pulmonares. Los cambios patológicos característicos de la silicosis están en relación con la capacidad citotóxica y fibrogénica de la partículas de sílice [30].

Ciertos estudios han indicado que la presencia de sílice en el pulmón ayuda al crecimiento del bacilo de la tuberculosis. La silicosis puede por lo tanto verse complicada por la tuberculosis, presentando los síntomas adicionales característicos de la tuberculosis pulmonar.

El polvo de cemento normal, no debe causar silicosis debido a la ausencia de sílice libre; sin embargo los trabajadores empleados en la producción de cemento, deben exponerse a una variedad de materias primas que en grado variado contienen sílice libre [27].

En la tabla 2.4 se resumen las condiciones más comunes en las que se ha notificado neumoconiosis [30].

CLASES DE TRABAJO MÁS COMUNES RELACIONADAS CON LA NEUMOCONIOSIS.

<i>Agente causal</i>	<i>Operaciones</i>	<i>Composición del polvo</i>	<i>Contenido de cuarzo del polvo transportado por el aire</i>
1. Rocas con elevado contenido de cuarzo:	a) minas de oro: explotación y elaboración del mineral.	según la localidad	50%-90%
	b) construcción de túneles: excavación.	según la localidad	hasta 80%, según la clase de roca
	c) minas de mineral: explotación y elaboración de varios minerales(hierro, plomo, zinc, plata, cobre, etc.)	según la localidad	hasta 20%, algunas veces más
	d) explotación, elaboración y fresado de grafito.		3%-10%
	e) Explotación y elaboración de feldespatos.	silicatos, calcio, fluoruro, sílice libre	hasta 30%
	f) Canteras: pega, corte, trituración y tamizado de piedra.	según la localidad	por lo común, no más de 40%, según la clase de roca
	g) Mampostería: corte, labra, pulimento y limpieza de piedra	según la clase de piedra	hasta 80%, según la clase de roca
2. Abrasivos	chorreo con arena, fabricación y uso de piedra arenisca, piedras de moler, papel de lija, pulimentos		hasta 90%
3. Arena de cuarzo	industria metalúrgica y fundiciones: fabricación de molduras y machos, retiro de moldes, preparación mecánica de minerales, revestimiento y chorreo abrasivo de moldes.	cuarzo, óxidos de hierro y otros metales, materiales aglutinantes.	2%-20%

Tabla 2.4

<i>Agente causal</i>	<i>Operaciones</i>	<i>Composición del polvo</i>	<i>Contenido de cuarzo del polvo transportado por el aire</i>
4. Cerámicas	<i>fabricación de vajillas y artículos de barro</i>	<i>caolín, feldespato, arcilla, cuarzo</i>	<i>15%-20%</i>
5. Cerámicas refractarias	<i>trituración y fresado de la materia prima, cocción en horno especial para objetos resistentes al calor y otros (refractarios ácidos), mamposterías de ladrillo en horno de calcinación.</i>	<i>rocas que contienen sílice, piedra arenosa silicosa.</i>	<i>Cuarzo, cristobalita, tridimita, 1%-70%</i>
6. Polvos de limpieza	<i>fabricación, mezcla y embalaje</i>	<i>cuarzo molido, tiza (kieselkreide), álcali</i>	<i>hasta 80%</i>
7. Diatomita	<i>el calentamiento de la diatomita (kieselguhr) a unos 1250°C produce cristobalita.</i>	<i>82% de sílice amorfa, 12.4% de H₂O, 4.2% de óxido de aluminio y hierro, y el resto de tiza y óxido de magnesio</i>	<i>después de calentarlo, hasta 80% de cristobalita</i>
8. Pigmentos	<i>fabricación de pigmentos a base de óxidos de hierro</i>	<i>óxidos de hierro, sílice</i>	<i>8%-40%</i>
9. Cemento	<i>manipulación de materiales que contienen cuarzo en la producción de cemento</i>	<i>57%-66% de piedra caliza, 19%-26% de cuarzo (sólo en clases especiales de cemento; en la mayoría de los casos el porcentaje es mucho más bajo), 2%-4% de arcilla, 4%-10% de óxido de hierro</i>	
10. Carbón bituminoso	<i>explotación de carbón; raras veces otras operaciones (limpieza, carbonización, etc.)</i>	<i>en promedio, 63%-91% de carbón, 8%-33% de caliza, 4% de cuarzo</i>	<i>cerca de 3%, en promedio</i>

Fuente: Raichel, J. -Silicosis, 1976

Continuación Tabla 2.4

2.3 Efectos en la salud por exposición al ruido

Los efectos del ruido sobre los seres humanos pueden clasificarse de varias maneras. Por ejemplo, los efectos pueden ser considerados en el contexto de problemas de salud o médicos, debido a su base biológica. La pérdida de la audición inducida por el ruido involucra daños estructurales en el oído. En cambio, la dificultad y perturbación en el habla no pueden considerarse biológicas porque no incluyen ningún tipo de patología.

El riesgo fundamental que genera la exposición prolongada a altos niveles de presión sonora es el aumento del umbral de audición.

Existen cuatro factores de primer orden que determinan el riesgo de la pérdida auditiva [7]:

- Nivel de presión sonora (intensidad o sonoridad del ruido)
- Tipo de ruido (espectro de frecuencias)
- Tiempo de exposición al ruido (ciclo de trabajo diario)
- Susceptibilidad individual

Además de estos cuatro factores citados, existen otros, como son las características del sujeto receptor (edad), ambiente de trabajo, distancia al foco sonoro y posición respecto a éste, enfermedades y sorderas por traumatismo craneal.

Los efectos del ruido son de dos tipos auditivos y no auditivos [27]:

a) Efectos auditivos

La susceptibilidad a la pérdida auditiva inducida por ruido varía mucho de un individuo a otro. Por encima de ciertos niveles de intensidad extremadamente altos, se considera que todos los individuos son susceptibles siempre que la exposición sea suficientemente prolongada. La pérdida auditiva puede plantearse de dos formas:

Sordera temporal. Es normalmente producida por la exposición a un ruido muy intenso aunque sea de corta duración. Puede llegar al extremo de producirse la rotura del tímpano, pudiendo ocasionar sordera permanente para las altas frecuencias (superiores a 9000 Hz).

La sordera temporal es, en general, recuperable en un porcentaje durante las dos horas siguientes al cese de la exposición al ruido, no obstante, queda siempre un resto acumulativo.

Sordera permanente. El daño permanente causado por ruido se clasifica generalmente como pérdida de audición debida a ruido o trauma acústico, dependiendo de la naturaleza de la exposición. Los efectos acumulativos a largo plazo de exposiciones repetidas y prolongadas a ruidos peligrosos provocan modificaciones patológicas permanentes en la cóclea (oído interno) y alteraciones irreversibles en los umbrales auditivos, las que se denominan pérdida auditiva inducida por ruido.

Debido a que la pérdida auditiva puede progresar, nuevas exposiciones son capaces de provocar una mayor profundidad y extensión de la misma. Cuando la pérdida auditiva incluye las frecuencias del habla, se presentan considerables dificultades para seguir las conversaciones. El deterioro más

importante de la audición se produce durante los primeros 5 a 10 años de trabajo en un ambiente donde el ruido constituye un riesgo.

b) Efectos no auditivos

La exposición al ruido puede obstaculizar la comunicación hablada, molestar y distraer. Se ha comprobado que también puede reducir el rendimiento y la eficiencia y causar fatiga, aparte de varios trastornos en la salud que no guardan relación con los efectos auditivos.

Interferencia en la comunicación. Es la más importante, ya que en la industria la facultad de comunicarse a través de la palabra es vital. Como consecuencia, afecta al rendimiento en el trabajo y a la seguridad.

Efectos fisiológicos. Los efectos fisiológicos no auditivos más sobresalientes del ruido son los relativos al sueño y al estrés. El ruido es un factor causal para conciliar el sueño y puede despertar a personas según la sensibilidad de éstas.

Efectos de comportamiento. El ruido reduce el rendimiento y la eficiencia y afecta a la moral.

Molestia. El grado de molestia provocado por el ruido no está necesariamente en relación directa con la intensidad del sonido sino con la periodicidad y el tipo de ruido. La molestia es una respuesta individual y varía según las personas y las situaciones.

Efectos sobre la eficiencia. El ruido puede actuar como estímulo de distracción, dependiendo de cómo sea la característica del estímulo y también puede afectar el estado psicofisiológico del individuo, mermando en su eficiencia laboral.

Fatiga. Muchas ocupaciones ruidosas causan irritabilidad y tensión, pero la reacción varía grandemente según los individuos. También puede producirse fatiga por tener que hablar en voz alta en ambientes ruidosos.

2.4 Efectos en la salud por exposición al calor radiante

Los síndromes que produce los efectos derivados de la exposición a calor, son reversibles y pueden aparecer y desaparecer en espacios cortos de tiempo a diferencia de otras enfermedades del trabajo o profesionales, cuya aparición se da después de una exposición larga y su extinción es lenta o imposible.

Cuando el calor cedido por el organismo al medio ambiente, es inferior al calor recibido, el organismo tiende a aumentar su temperatura, y para evitar esa hipertermia (aumento de la temperatura del cuerpo), pone en marcha otros mecanismos entre los cuales podemos citar [17]:

- Vasodilatación sanguínea: aumento del intercambio de calor.
- Activación (apertura) de las glándulas sudoríparas: aumento del intercambio de calor por cambio de estado del sudor de líquido a vapor (Existen del orden de 2'500,000 glándulas que pueden permitir la pérdida de 1.5 litros/hora)

- Aumento de la circulación sanguínea periférica. Puede llegar a 2.6 litros/min/m².
- Cambio electrolítico de sudor: la pérdida de ClNa puede llegar a 15 gr/litro.

Es importante de manera general tomar en consideración que los trabajadores pudieran tener reacciones a este riesgo, como consecuencia de la hipertermia, de tipo psicológico y físico, las cuales mencionamos seguidamente para una mejor ilustración [17]:

A) Reacciones psicológicas

Las reacciones psicológicas a una exposición prolongada al calor excesivo incluyen irritabilidad aumentada, disminución de la moral, ansiedad aumentada e inhabilidad para concentrarse. Estos resultados se ven reflejados en una disminución general de la eficiencia de producción y en la calidad del producto terminado.

B) Reacciones físicas

Las reacciones físicas a una exposición prolongada a calor excesivo, trae como consecuencia una serie de trastornos sistemáticos que incluyen calambres, agotamiento y golpes de calor.

Calambres de calor. Pueden presentarse después de una exposición prolongada al calor, seguida por una transpiración profusa con la consiguiente pérdida de grandes cantidades de sal. Los signos y síntomas de

los calambres de calor consisten en espasmos y dolores de los músculos del abdomen y de las extremidades.

Agotamiento por calor. Puede ser la consecuencia del esfuerzo físico en un ambiente caliente donde el control vasomotor y el gasto cardíaco son inadecuados para enfrentar la demanda aumentada, impuesta por la vasodilatación periférica. Los signos y síntomas del agotamiento por calor pueden incluir deficiencia circulatoria, deshidratación, vértigos, transpiración profusa y piel húmeda y fría. Generalmente no hay hipertermia.

Golpe de Calor (Insolación). Esta es una condición más seria que los calambres o agotamiento por calor. Un factor importante es el ejercicio físico excesivo. Los signos y síntomas pueden incluir vértigos, náuseas, dolores de cabeza severos, piel caliente y seca, y temperatura del cuerpo muy alta (a menudo mayor que 42.2°C).

C) Reacciones de la Piel

Como consecuencia de la exposición a altas temperaturas, se producen trastornos en la piel como: erupciones y quemaduras (debido a las radiaciones ultravioletas).

CAPÍTULO III

LÍMITES PERMISIBLES

Un método absoluto de asegurar la salud y la vida del trabajador es la eliminación de todos los agentes potencialmente nocivos del lugar de trabajo, lo cual no siempre es posible; de allí la necesidad de establecer niveles de exposición que no representen un riesgo a la salud o bienestar del trabajador.

La relación dosis-reacción ha sido una base determinante en el establecimiento de los límites permisibles; en efecto, todo agente produce una reacción biológica, que es función de su magnitud y tiempo de exposición.

Los límites permisibles no pueden ser utilizados sin tomar en cuenta ciertas premisas concernientes con:

1. El tiempo del descanso luego de la jornada
2. El estado de salud del trabajador
3. Las condiciones climáticas o termoambientales
4. La susceptibilidad individual

A estas premisas se suman un adecuado muestreo y/o medición del ambiente de trabajo a fin de verificar que los límites no sean excedidos; y una adecuada vigilancia médica para determinar oportunamente, que personas con alteraciones biológicas o patológicas no deben ser expuestas.

Normas en el área de trabajo

A continuación se presentan los documentos normativos internacionales [7]:

1. Concentraciones máximas permisibles

En 1920 aparecen las listas individuales para gases, vapores y polvos usados por los higienistas industriales y fueron base para los Valores Umbrales Límites (TLV) de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). En la actualidad, las listas contienen valores para agentes físicos y químicos. Los TLVs se referían a promedios ponderados en tiempo de las concentraciones en el aire.

En 1960 los datos en sustancias químicas se extendieron a un valor techo (Ceiling, "C") para determinadas sustancias y de notación "Piel" para aquellas que puedan absorberse a través de la piel y contribuir de manera significativa a la dosis absorbida durante una exposición dada.

En 1976 se agrupan los niveles para exposiciones de corta duración, denominada "Stel".

2. Concentraciones aceptables

La American National Standard Institute (ANSI), a través de su comité Z-37 ha publicado varios folletos en relación a concentraciones aceptables para numerosas sustancias, suponiendo una exposición de 8 horas de trabajo. Establecen, tres estimaciones:

- a) Valor techo (C)
- b) Promedio ponderado en tiempo aceptable (TWA), que se acerca al TLV de la (ACGIH).
- c) Máximo aceptable para picos que exceden el techo.
- d) Su alcance es a un número limitado de sustancias y no son actualizados con regularidad.

3. Normas de higiene

La American Industrial Higiene Association (AIHA) ha publicado las Normas de Higiene o Higienic Guides para más de 150 sustancias. Las guías contienen:

- Información toxicológica.
- Concentración máxima aceptable (TLV del año).
- Resumen de las propiedades físicas de las sustancias.
- Normas y prácticas de Higiene Industrial.
- Información médica.
- Biografías seleccionadas.

4. Documentos criterio

El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), publica resúmenes con la información relativa a los agentes físicos y químicos productores de estrés que se encuentran en el lugar de trabajo. Las publicaciones del NIOSH son denominados "Documentos de Criterio" que contienen información de diversas fuentes.

5. Niveles Permisibles de Exposición

El Department of Labor's Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de EE.UU, adopto en 1988 la lista de los TLV, para un control legal haciendo que las guías fueran obligatorias denominándolas Niveles de Exposición Permisibles.

El Higienista Industrial tiene la responsabilidad profesional de proporcionar una evaluación correcta y honesta de los peligros del ambiente de trabajo.

La aplicación de las normas en algunos casos no es factible y su ciega obediencia no reemplaza el conocimiento preciso ni el criterio profesional; es por ello que las normas deben ser anuladas o modificadas.

3.1 Concentraciones máximas permisibles de polvo

Las normas o los límites recomendados de exposición a polvo que contengan sílice cristalina libre pueden expresarse en polvo respirable o en polvo total (total de materia en suspensión), como función del contenido en

sílice libre. Los valores límite de exposición se basan en el contenido en sílice libre (%) del polvo. Los valores para el polvo respirable están basados por lo general en la sílice libre que contiene la fracción respirable (a veces denominada cuarzo respirable, cristobalita o tridimita).

Algunos países han fijado en su legislación límites de exposición a tipos de polvo que contengan sílice libre, para proteger la salud de los trabajadores del riesgo ocupacional latente o presente en los ambientes de trabajo. En la tabla 3.1 se presenta los límites de exposición para polvos que contengan sílice libre, empleados en algunos países [29].

En el Perú, los valores límites permisibles para Agentes Químicos, en el ambiente de trabajo, está dado por el Ministerio de Salud, según D.S. N° 00258-75-SA, rige desde 1975 [23].

La exposición ocupacional para una jornada de 8 horas de trabajo, de 40 ó 48 horas por semana, no debe exceder el límite promedio ponderado para 8 horas, el cual debe ser calculado como sigue

Cuarzo respirable:

$$\text{CMP} = \frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$$

donde:

CMP = Concentración máxima permisible.

% SiO₂ = Contenido de sílice cristalina en el polvo respirable.

Cristobalita : Usar la mitad del valor calculado de la fórmula de cantidad o masa de cuarzo.

Tridimita : Usar la mitad del valor calculado de la fórmula para cuarzo.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA POLVOS QUE CONTENGAN SÍLICE LIBRE EMPLEADOS EN ALGUNOS PAÍSES

<i>País</i>	<i>Polvo respirable</i>	<i>Polvo total</i>
<i>EE.UU. (OSHA)</i>	$\frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ cuarzo respirable} + 2}$	$\frac{30 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ cuarzo} + 3}$
<i>Finlandia</i>	cuarzo, polvo fino (tamaño inferior a 5 micras) 0.2 mg/m^3	10 mg/m^3 (cuarzo, menos del 1%; si >1% de cuarzo aplicar norma sobre polvo respirable)
<i>Checoslovaquia</i>	--	Contenido en sílice libre < 10 % 5 mg/m^3 10 - 70% 2 mg/m^3 >70% 1 mg/m^3
<i>Italia</i>	$\frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ cuarzo respirable} + 3}$	$\frac{30 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ cuarzo} + 3}$
<i>URSS</i>	--	Contenido en sílice libre >70% 1 mg/m^3 10 - 70% 2 mg/m^3 2 - 10% 4 mg/m^3 < 2 %
<i>Bulgaria</i>	Polvo fino de cuarzo puro = 0.07 mg/m^3 Polvo fino >2% sílice cristalina Libre (s.c.l.) = $\frac{0.07 \cdot 100}{\% \text{ s.c.l.}}$ Polvo fino < 2% sílice cristalina Libre = 4 mg/m^3	Contenido en sílice libre < 2 % 10 mg/m^3 2 - 5% 6 mg/m^3 5 - 50% 2 mg/m^3 >50% 1 mg/m^3
<i>Brasil</i>	$\frac{8 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ cuarzo respirable} + 2}$	--

Fuente: OMS, 1984

Tabla 3.1

3.2 Niveles de exposición al ruido

Existen normas internacionales referidas al tiempo máximo de exposición con respecto a los niveles de ruido, en 1975 la ACGIH modificó el TLV a partir de un estudio realizado por el NIOSH de 90 dBA a 85 dBA, como límite de ruido continuo para un tiempo máximo de exposición de 8 horas/día

El criterio legal español establece como margen de seguridad 80 dBA de ruido continuo, en un puesto o área de trabajo; sin embargo existen organismos oficiales como el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo, que asume como criterios técnicos de evaluación los establecidos por la Occupational Noise Standard, que adopta el sistema de dividir por dos el tiempo de exposición cada 5 dBA, siendo el valor límite para 8 horas de exposición diaria 90 dBA de nivel sonoro continuo, y el nivel techo que no se puede superar en ningún momento sin riesgo grave el de 115 dBA (ver figura 3.1) [9].

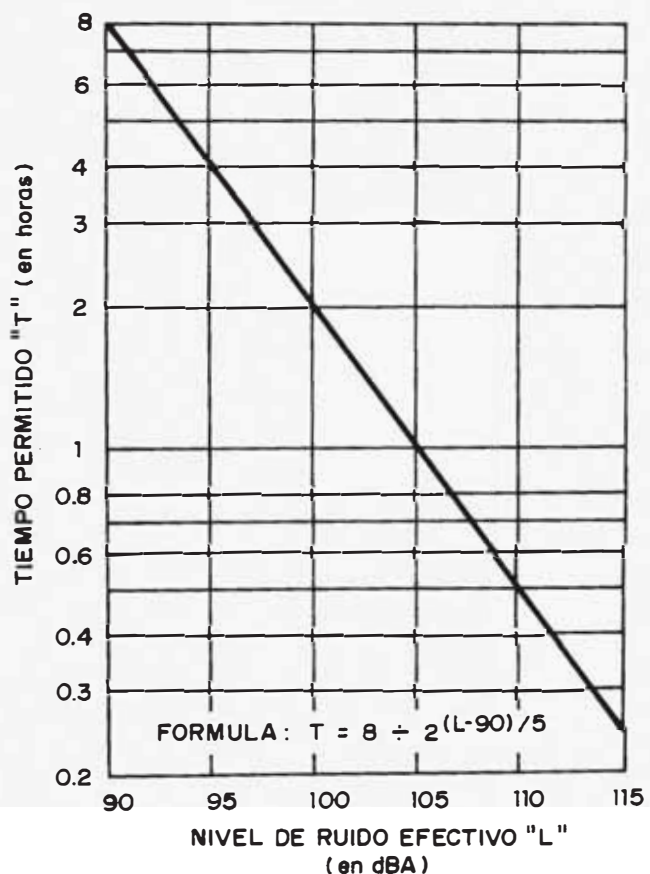


Figura 3.1

En el Perú la norma que rige, para proteger al trabajador de la actividad minera esta dada por el Sector Energía y Minas, el cual emitió el DS 023-92-EM: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, donde especifica que se proporcionará protección auditiva cuando el nivel de ruido o el tiempo de exposición sea superior a los valores de la tabla 3.2 siguiente [21]:

**NIVELES DE EXPOSICIÓN PERMISIBLES
DE RUIDO**

<i>Tiempo de exposición (horas/día)</i>	<i>Niveles de ruido (dBA)</i>
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
¾	107
½	110
¼	115*

* Valor máximo, no se permiten exposiciones, superiores a 115 dB(A)

Tabla 3.2

3.3 Niveles de exposición al calor radiante

La A.C.G.I.H ha establecido valores de temperaturas admisibles basados en el régimen de trabajo y descanso, y en el tipo de trabajo realizado durante la jornada laboral (ver tabla 3.3).

LIMITES DE TOLERANCIA PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN AL CALOR

<i>Régimen de trabajo - descanso</i>	<i>Índice TGBH (°C)</i>		
	<i>Ligero</i>	<i>Moderado</i>	<i>Pesada</i>
<i>TRABAJO CONTINUO</i>	30.0	26.7	25.0
<i>TRABAJO INTERMITENTE</i>			
<i>75% trabajo</i>	30.6	28.0	25.9
<i>25% descanso (por hora)</i>			
<i>50% trabajo</i>	31.4	29.4	27.9
<i>50% descanso (por hora)</i>			
<i>25% trabajo</i>	32.2	31.1	30.0
<i>75% descanso (por hora)</i>			

Tabla 3.3

El tipo de trabajo o carga de trabajo puede ser liviana, moderada o pesada según sea la actividad

Ligera	Trabajo descansado, sentado.
Moderada	Trabajo ligero, parado en máquina banco
Pesada	– Trabajo levantando o tirando pesos, escalando, etc.

El régimen de trabajo-descanso puede ser continuo o intermitente, según sea el caso:

Trabajo Continuo	= Trabajo alternado con 10 minutos de descanso por hora.
Trabajo Intermitente	= Porcentaje de tiempo de trabajo y descanso por cada hora.

El documento del NIOSH, establece que procedimientos, como prácticas de trabajo o controles de ingeniería, deben instituirse como la exposición de un trabajador al calor es continua durante una hora, o intermitente durante un período de dos horas y el promedio ponderado en tiempo de TGBH supere los 26°C para los hombres y 24°C para las mujeres.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DEL RIESGO OCUPACIONAL EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO

Previa a la evaluación se llevó a cabo un reconocimiento de ingeniería, dirigido a una observación del ambiente de trabajo de las distintas ocupaciones de una planta de cemento por vía seca, la cual se tomó como referencia en el estudio. Este análisis se ha elaborado en las tres etapas principales del proceso productivo: Cantera, Producción y Envase.

En la tabla 4.1, se puede observar el análisis ocupacional de la planta de cemento. La descripción de las ocupaciones involucradas en la fabricación de cemento se presentan en el Anexo 1.

En la fabricación de cemento, los principales agentes ambientales procedentes de las diferentes etapas del proceso y en el cual están expuestos los trabajadores son:

1. **Polvo:** Se presentan en las diferentes etapas del proceso de la fabricación de cemento variando grandemente su composición, según los principales tipos de polvo:

ANÁLISIS OCUPACIONAL

Febrero, 1995

ZONA DE TRABAJO Y OCUPACIÓN	N° de Trabajadores	
	Parcial	Total
CANTERAS		31
Perforista	3	
Maquinista de cargador frontal	5	
Maquinista de volquete Haulpack	9	
Maquinista de tractomotoniveladora	5	
Peones	4	
Disparos	3	
Ayudante de topografía	1	
Ayudante de geología	1	
PRODUCCIÓN		63
Operario de chancadora primaria	2	
Operario de túnel de caliza	3	
Operario de molinos	3	
Operario de bombas "Fuller"	3	
Operario del precalentador	3	
Operario del enfriador	3	
Operario del túnel de clinker	3	
Operario de los silos de clinker y yeso	6	
Operario de fajas del 5to. piso	3	
Operario de balanzas y fajas de molinos	3	
Operario de la torre de transferencia de clinker	3	
Operario de cargador frontal	3	
Volantes	3	
Muestrero del tanque de petróleo	1	
Conserje de limpieza	1	
Operarios de limpieza	20	
ENVASE		27
Envasadores 2 rotativas (2 operarios en c/u). 4 estacionarias (1 operario en c/u).	8	
Operarios suplentes	2	
Envasadora FLS	2	
Envase a granel	1	
Almacén central	1	
Envasador de bolsa (3° Piso)	1	
Envasador de bolsa (estacionaria)	1	
Parrillas rotativas	1	
Control de fajas estacionarias	2	
Control de faja FLS	1	
Rebose de zarandas del espiral de rotativa	1	
Rebose de zarandas del espiral de estacionaria	1	
Operador de montacargas	1	
Pesador de bolsas	1	
Derrames	2	
Misceláneos	1	
TOTAL		121

Tabla 4.1

Polvo de materias primas (caliza, arcilla y otros minerales).

Polvo de crudo (obtenida en la molienda).

Polvo de los hornos de cemento (polvo de los gases de escape).

Polvo de clinker (polvo generado a la salida del horno).

Polvo de cemento.

Polvo de carbón (por la quema del combustible), este tipo de polvo no ha sido considerado en la evaluación de este estudio.

2. **Ruido:** Se presenta en la mayoría de las instalaciones de la fábrica y lugares de trabajo, el tipo de ruido es continuo.
3. **Calor radiante:** Se presenta en las áreas del precalentador, alrededor del horno y en las salidas del material caliente.

El muestreo y mediciones de ambientes industriales cumple una finalidad primordial en la evaluación de la calidad del medio ambiente de trabajo, nos permitirá determinar la concentración o nivel de los agentes ambientales, a través de la colección de muestras representativas o determinaciones efectuadas en el ambiente del lugar de trabajo.

Los criterios considerados para el muestreo y medición fueron:

- Principales ocupaciones.
- Fuentes de emisión.
- Tiempo de permanencia en el área de trabajo.
- Operaciones en el proceso de fabricación.

Estos criterios empleados permitieron establecer el perfil de las exposiciones (selección de las áreas y los puestos de trabajo).

En la tabla 4.2 se observa las áreas y puestos de trabajo, consideradas en la evaluación de los agentes.

4.1 Polvo

En la evaluación de la magnitud del riesgo ocupacional a polvo respirable es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Concentración de polvo en el medio ambiente.
- Tamaño de partículas.
- Contenido de sílice libre.
- Tiempo de exposición.

El riesgo potencial de polvo va a depender de su concentración en el ambiente de trabajo; el tamaño, es importante porque nos indica el diámetro de la partículas presentes en el ambiente; el contenido de sílice libre, va a definir la potencialidad silicógena de las concentraciones de polvo; y el tiempo de exposición, tiene importancia en la evaluación y análisis de los resultados.

Del estudio de las operaciones y del análisis ocupacional se seleccionaron 15 puestos de trabajo, para los cuales se consideró necesario tomar 3 muestras representativas por puesto de trabajo, las mismas que fueron evaluadas del 20 de febrero al 12 de abril de 1995.

El tiempo de muestreo se realizó aproximadamente durante 7 horas de

**ZONAS DE TRABAJO CONSIDERADAS EN LA
EVALUACIÓN DE LOS AGENTES**

ZONA DE TRABAJO / FUENTE DE EMISIÓN	AGENTE		
	Polvo	Ruido	Calor
CANTERAS			
Perforadora N°10 - Ingersoll Rand	X	X	--
Perforadora N°11 - Tamrock	--	X	--
Cargador frontal	X	X	--
Volquete Haulpack	X	X	--
Tractor	X	--	--
PRODUCCIÓN			
Chancadora primaria	X	X	--
Chancadora secundaria	X	X	--
Molinos	X	X	--
Edificio bombas "Fuller"	--	X	--
Precalentador	--	X	X
Enfriador	X		
• Cadenas de arrastre	--	X	X
• Elevadores inclinados	--	--	X
• Ventiladores	--	X	--
Túnel de clinker	X	X	X
Fajas del 5to piso	X	X	--
Balanzas y fajas de molinos	X	X	--
"Store" de maestranza	--	X	X
Sala de control	--	X	--
Control de calidad	--	X	--
ENVASE			
Envasadora rotativa	X	X	--
Envasadora rotativa FLS	X	X	--
Envasadora estacionaria	X	X	--
Zona de contrapeso de faja	X	--	--
Zona de zarandas (envase nuevo)	--	X	--
Zona de zarandas (envase antiguo)	--	X	--
Zona de zaranda de recuperación	--	X	--
Sala de compresora FLS	--	X	--
Compresora (envase nuevo)	--	X	--
Almacén de bolsas (anillos de las rotativas)	--	X	--
Zona de espirales	--	X	--
Sala de control	--	X	--
Otros	--	X	--

Tabla 4.2

trabajo, en el turno diurno. En total se colectaron 45 muestras de polvo respirable.

Los datos de muestreo de polvo fueron registrados en la “Hoja de Muestreo de Polvo” (ver formato 4.1 en Anexo 2).

Consideraciones estadísticas

El fin de la evaluación de los contaminantes químicos en Higiene Industrial no es obtener un número que represente con mayor o menor exactitud la magnitud de la contaminación del medio ambiente laboral. Lo que se persigue es llegar a interpretar en toda la extensión el significado de estos resultados, teniendo una idea muy clara de su representatividad y fiabilidad.

El grado de certeza de las mediciones depende, de la cantidad de factores que se han tenido en cuenta en la evaluación y determinación de la concentración de polvo, y que influyen en los resultados.

Al muestrearse las condiciones de exposición de un trabajador, y calcularse la estimación de ésta, es muy improbable que dicha estimación coincida exactamente con la exposición media verdadera. La diferencia entre la exposición media y la exposición media verdadera es debida a los errores aleatorios de medición y a las fluctuaciones aleatorias ambientales producidas durante la jornada.

4.1.1 Parte experimental

4.1.1.1 Instrumentos para el muestreo de polvo

Para determinar la composición y concentración de las partículas atmosféricas a que están expuestos los trabajadores, se utilizan muchos métodos que son adecuados para situaciones diferentes y aplicaciones concretas. Sólo se aplican métodos selectivos para medir el polvo fino (respirable) que penetra a fondo en el aparato respiratorio.

A los efectos de toma de muestras, el polvo respirable se define funcionalmente como la fracción de materias en suspensión atmosférica que pasa a través de un sistema precolector (ciclón) que según se ha admitido convencionalmente, simula las vías respiratorias superiores.

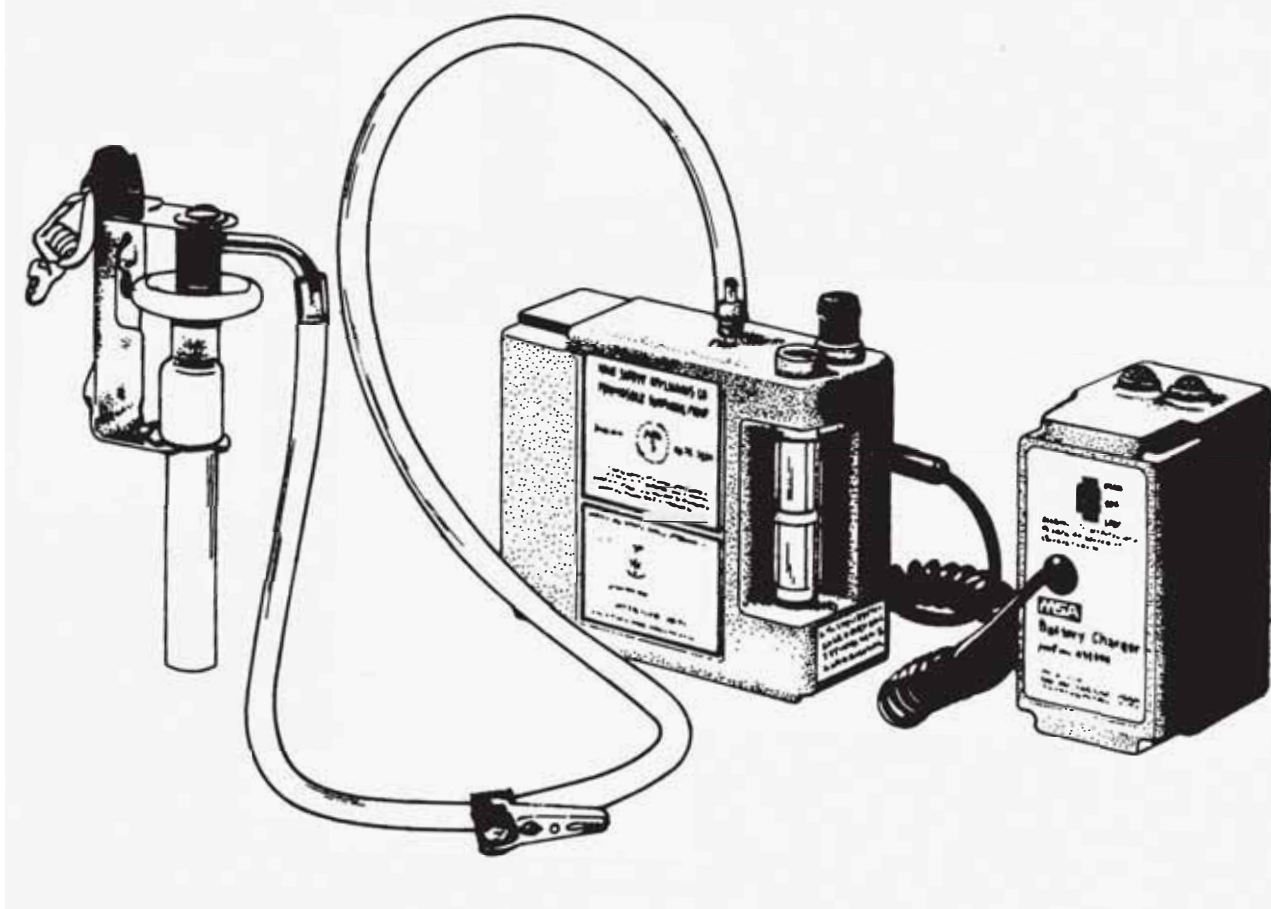
Equipo empleado

Para la evaluación de polvo respirable se empleó el siguiente equipo: Muestreador Gravimétrico de Polvo modelo G, que es un sistema especial de muestreo que se usa para coleccionar polvos respirables (ver figura 4.1).

En el Anexo 1 se presenta los principios básicos de los captadores de polvo respirable.

Para el muestreo de polvo respirable, empleamos 4 bombas de diafragma (activada por batería), calibradas para un régimen de flujo de 2 lt/min., cada una y un dispositivo recolector de muestras formado por un ciclón cartucho o portafiltros previamente pesado para tomar la muestra de polvo.

**MUESTREADOR GRAVIMETRICO DE POLVO
MODELO G**



ESPECIFICACIONES :

CICLON - PORTAFILTRO

El portafiltro esta compuesto por un filtro pre-pesado, una malla de respaldo de metal y una banda de celulosa para sellar el portafiltro.

BOMBA DE DIAFRAGMA

Dimensión: 5 x 10 x 12.7 cm
Es accionada por batería.
Calibrada para flujos: 2.0, 1.8 y 1.6 litros/min.
Peso: 737 gramos.

CARGADOR DE BATERIA

Dimensión: 5.4 x 7.6 x 11.4cms.
Fuente eléctrica: 110-120 volt.
Tiempo de recarga: 16 hrs a carga rápida, 64 hrs a carga lenta.
Peso: 354 gramos.

Figura 4.1

La bomba se sujeta del cinturón del operario y el conjunto de ciclón que lleva el filtro se sujeta a la camisa en el punto “más próximo” a la zona de respiración del trabajador, luego se acciona la bomba teniendo en cuenta el flujo con que fue calibrado.

Durante el tiempo de muestreo el dispositivo recolector (ciclón y portafiltro) descarta las partículas más grandes, no respirables (de más de 10 micras) y las partículas más pequeñas quedan atrapadas en el dispositivo colector (filtro pre-pesado).

Calibración

Para la calibración del sistema de muestreo se empleó el Método de la Burbuja y el Rotámetro.

Primeramente se calibró el rotámetro por el Método de la Burbuja, obteniéndose los resultados siguientes en la tabla 4.3, con la cual se elaboró la curva de calibración respectiva, ver gráfico 4.1.

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN DEL ROTÁMETRO

Lec. rotámetro (mm)	Tiempo (segundos)			Prom.	Caudal real (lt/min)
	t ₁	t ₂	t ₃		
240	15.0	15.0	14.5	14.8	4.045
200	18.0	18.0	18.0	18.0	3.333
150	25.5	26.0	25.5	25.7	2.338
100	38.0	38.0	38.5	38.2	1.572
50	102.0	105.0	105.0	104.0	0.572

Tabla 4.3

CURVA DE CALIBRACION BOMBAS DE MUESTREO

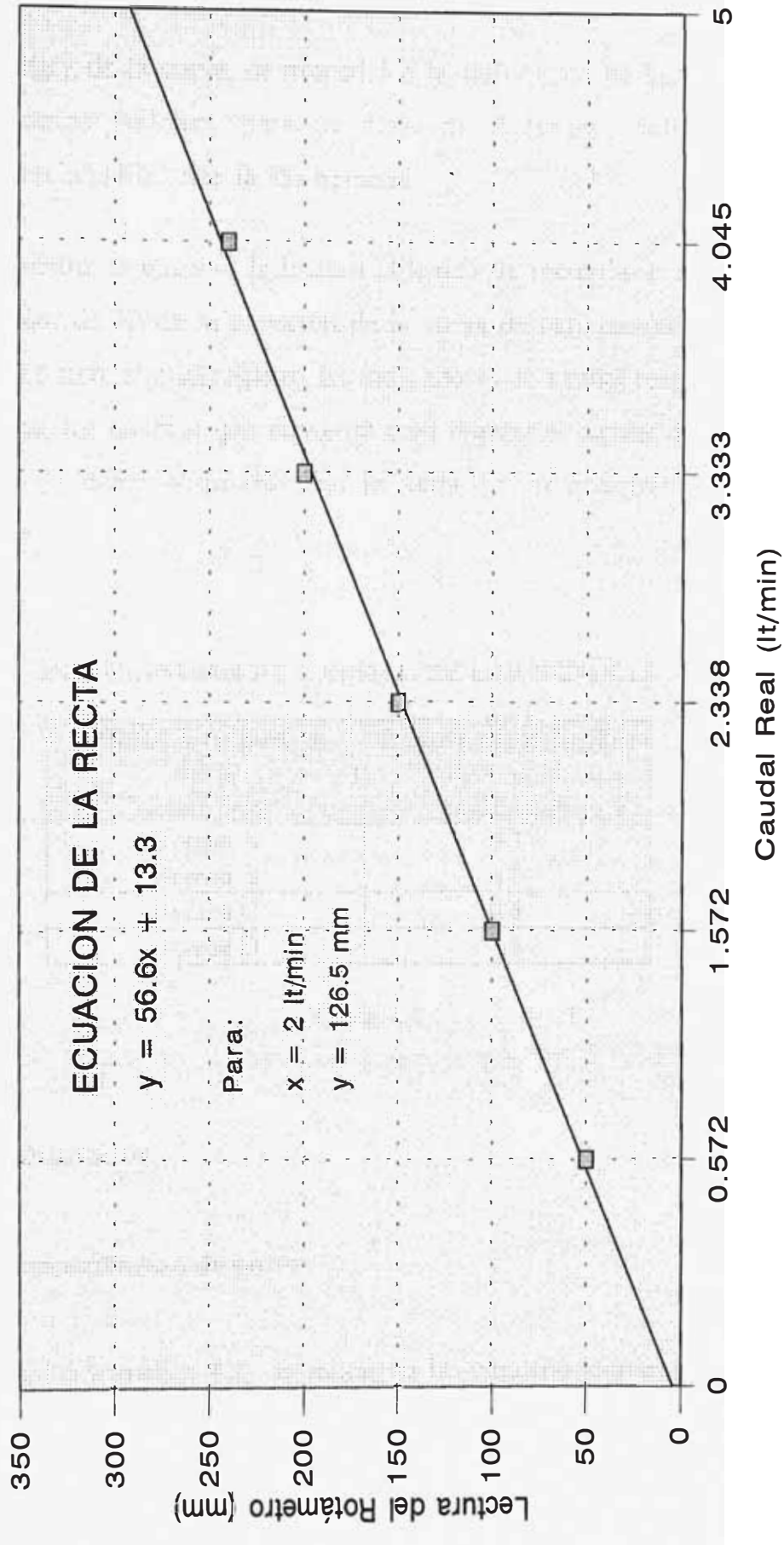


Gráfico 4.1

Con la gráfica de la curva, se procedió a la calibración de las 4 bombas y sus respectivos ciclones, para un flujo de 2 lt/min., empleándose el rotámetro en la calibración de las bombas.

En el rotámetro se observó la lectura obtenida de reemplazar el flujo de 2 lt/min (valor de X) en la ecuación de la curva de calibración, dicho valor fue de 126.5 mm, el cual registró los indicadores de caudal respectivos para cada bomba, los mismos que sirvieron para regular el caudal de paso en el monitoreo de polvo respirable. En la tabla 4.4 se registran los valores respectivos:

INDICADORES DE CAUDAL DE LAS BOMBAS

Bombas empleadas en el monitoreo	Lectura del indicador de caudal (unidades)
Bomba A	6.3
Bomba B	5.0
Bomba C	4.8
Bomba D	5.8

Tabla 4.4

4.1.2 Resultados

4.1.2.1 Concentración de polvo

En la tabla 4.5 y gráfico 4.2, se muestran las concentraciones promedio de polvo respirable por puesto de trabajo en las áreas de cantera, producción y envase.

**CONCENTRACIONES PROMEDIO DE POLVO
RESPIRABLE POR PUESTO DE TRABAJO**

Febrero - Abril, 1995

LUGAR Y OCUPACIÓN	CONCENTRACIONES (mg/m ³)		
	Mínima	Máxima	Promedio
CANTERAS			
Operario de perforadora N°10	1.25	1.67	1.44
Maquinista de volquete Haulpak	0.15	2.03	1.19
Maquinista de cargador frontal	0.30	0.83	0.62
Tractorista	0.42	0.68	0.58
PRODUCCIÓN			
Operario de chancadora primaria	0.28	0.67	0.52
Operario de chancadora secundaria	0.14	1.16	0.56
Operario de molinos	0.28	0.62	0.45
Operario del túnel de clinker	0.42	3.58	2.03
Operario del enfriador	0.56	1.39	0.87
Operario de fajas del 5to piso	1.45	3.45	2.36
Oper. balanzas y fajas de molinos	0.24	0.38	0.31
ENVASE			
Op. limpieza de zona contrapeso de faja	1.67	2.62	2.08
Operario de envasadora rotativa	0.42	0.56	0.46
Oper. de envasadora rotativa FLS	1.53	3.18	2.13
Operario de envasadora estacionaria	0.67	1.94	1.43

Tabla 4.5

En el área de cantera la mayor concentración promedio de polvo se encontró en la ocupación del operario de la perforadora N°10-Ingersoll Rand con 1.44 mg/m^3 , donde la concentración mínima fue de 1.25 mg/m^3 y la máxima de 1.39 mg/m^3 ; y la menor concentración promedio se encontró en la ocupación del tractorista con 0.58 mg/m^3 , donde la concentración mínima fue de 0.42 mg/m^3 y la máxima de 0.68 mg/m^3 .

En el área de producción, el puesto de trabajo con mayor concentración promedio de polvo se registró en la ocupación del operario de fajas del 5to piso con 2.36 mg/m^3 , aquí la concentración mínima fue de 1.45 mg/m^3 y la máxima fue de 3.45 mg/m^3 ; y la menor concentración promedio de polvo fue en la ocupación del operario de balanzas y fajas de molinos, donde se registró la concentración mínima de 0.24 mg/m^3 y la máxima de 0.38 mg/m^3 .

En el área de envase, la ocupación con mayor concentración promedio de polvo se registró en el operario de la envasadora rotativa FLS con 2.13 mg/m^3 , donde la mínima concentración fue de 1.53 mg/m^3 y la máxima de 3.18 mg/m^3 ; y la menor concentración promedio se registró en el operario de la envasadora estacionaria con 1.43 mg/m^3 , donde la concentración mínima y máxima fue de 0.67 y 1.94 mg/m^3 , respectivamente.

En la tabla 4.6 del Anexo 3, se presenta el registro de los filtros colectados con polvo respirable durante la evaluación, considerando el flujo real de 2 lt/min .

Cálculos estadísticos

Mediante métodos estadísticos, se calculó la desviación estándar (σ) y los límites del intervalo de confianza para la estimación de exposición media o promedio, a un nivel de confianza de 95 por ciento.

La distribución estadística fue la siguiente:

$$\sigma = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad \text{y} \quad \begin{aligned} \text{LSC} &= \bar{X} + 1.96 \sigma / (n)^{1/2} \\ \text{LIC} &= \bar{X} - 1.96 \sigma / (n)^{1/2} \end{aligned}$$

donde :

σ = Variabilidad de la concentración de polvo respirable

\bar{X} = Valor de la concentración promedio de polvo respirable

X_i = Valor de la concentración de cada muestra de polvo respirable

n = Número total de muestras

LSC = Límite superior de confiabilidad

LIC = Límite inferior de confiabilidad

Variabilidad de la concentración de polvo respirable

Para $\bar{X} = 1.14 \text{ mg/m}^3$ (Promedio de la concentración de polvo)

$n = 45$

$$\sigma = \frac{\sum (X_i - 1.14)^2}{44} = 0.91$$

$$\text{LSC} = 1.14 + 1.96 * 0.91 / (45)^{1/2} = 1.40 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{LIC} = 1.14 - 1.96 * 0.91 / (45)^{1/2} = 0.87 \text{ mg/m}^3$$

De los cálculos estadísticos se estima que la variabilidad de la concentración promedio de polvo respirable en el aire, en la planta de cemento se encuentra entre 0.87 y 1.40 mg/m³, con un nivel de confianza de 95 por ciento.

En la tabla 4.7 del Anexo 3, se presentan los cálculos estadísticos realizados para determinar la variabilidad de la concentración de polvo en la planta de cemento.

4.1.2.2 Tamaño de partículas

El análisis del tamaño de las partículas, fue realizado por el Laboratorio de Espectrometría de la Universidad Nacional de Ingeniería. Para la medición del tamaño de partículas utilizaron el microscopio de investigación Amplival Pol-U, realizando las evaluaciones por luz reflejada y con los dispositivos micrométricos con que cuenta el instrumento.

El análisis microscópico se realizó en 10 muestras representativas, las mismas que se emplearon para determinar el contenido de Sílice.

Los resultados son presentados en la tabla 4.8, indicando los tamaños promedios de diámetro de partículas expresados en micras (μ) y su abundancia de ocurrencia en porcentajes (porcentaje del diámetro de partículas).

Dichos resultados indican que los tamaños de las partículas se encuentran entre 0.6 - 5 micras, donde el diámetro aerodinámico crítico que permite la penetración alveolar es ≤ 5 micras.

TAMAÑO DE PARTÍCULAS

N° de Muestra	Lugar de Trabajo	% del Diámetro de Partículas						
		0,6 μ	1 μ	1,2 μ	1,6 μ	2 μ	2,5 μ	5 μ
3	Perforadora N°10-Inger.Rand	57	-	41	-	-	-	2
9	Zona de contrapeso de faja	85	-	10	4	-	1	-
11	Envasadora estacionaria	80	15	-	4	-	-	1
13	Túnel de clinker	29	40	-	30	-	-	1
14	Envasadora rotativa FLS	50	45	-	4	-	1	-
16	Volquete Haulpak	85	14	-	-	-	-	1
17	Cargador frontal	64	35	-	-	-	-	1
19	Túnel de caliza (Chanc.Sec.)	70	28	-	-	-	-	2
23	Enfriador	44	45	-	10	1	-	-
27	Fajas del 5to piso	55	20	-	24	-	-	1

Tabla 4.8

Conjuntamente al análisis microscópico, se tomaron microfotografías de las muestras de polvo respirable, las mismas que se pueden observar en el Anexo 4. En dichas microfotografías el diámetro promedio de las partículas de polvos se encuentran en la relación: 15 mm equivale a 50 micras.

4.1.2.3 Contenido de sílice libre

El análisis también fue realizado por el Laboratorio de Espectrometría de la Universidad Nacional de Ingeniería dando como resultados la identificación de cuarzo alfa, tridimita y cristobalita que son las tres variedades en que se presenta la sílice cristalina libre.

La determinación cuantitativa de las variedades de sílice cristalina libre (SiO_2), se realizaron en 10 muestras de polvo respirable colectadas en filtros de celulosa (siendo seleccionadas las más representativas), por el método

de Difractometría de Rayos X (DRX), al hacer incidir radiación X monocromática (Cu Kalfa/Ni, 40 KV/35 m.a) sobre la muestra (agregado policristalino), generando difractogramas de Rayos X, de los cuales se han identificado y evaluado cuantitativamente el cuarzo alfa y sus polimorfos como la tridimita y cristobalita que han sido atrapados por los filtros.

En el Anexo 4 se presentan los difractogramas de las muestras de polvo respirable, obtenidos en el análisis del contenido de sílice, por el método DRX.

A continuación en la tabla 4.9 se indican los resultados cuantitativos respecto al total de la muestra, expresados en porcentaje de peso.

**PORCENTAJE DE SÍLICE LIBRE EN EL PESO TOTAL
DE LAS MUESTRAS**

N° de Muestra	Lugar de Trabajo	% de Sílice Libre		
		Cuarzo	Tridimita	Cristobalita
3	Perforadora N°10-Ingersoll Rand	0.5	-	-
9	Zona de contrapeso de faja	0.2	0.3	-
11	Envasadora estacionaria	0.4	-	-
13	Túnel de clinker	0.3	0.5	-
14	Envasadora rotativa FLS	0.2	0.5	-
16	Volquete Haulpak	0.4	0.3	-
17	Cargador frontal	0.3	0.4	-
19	Túnel de caliza (Chanc.Secund.)	0.5	-	-
23	Enfriador	-	-	0.5
27	Fajas del 5to piso	0.3	-	-

Tabla 4.9

4.1.2.4 Tiempo de exposición

La jornada de trabajo en cantera es de 8 horas, de los cuales 7 horas están expuestos al polvo por la actividad que desarrollan y una hora se considera como refrigerio y desplazamiento a su puesto de trabajo.

En producción y envase el tiempo de exposición es de 7.20 horas sin incluir los 40 minutos de refrigerio.

Sin embargo hay casos en que las jornadas de trabajo son de 12 horas en los puestos de trabajo, tales como: túnel de clinker, envasadoras, enfriador, fajas del 5to piso, túnel de caliza , entre otros.

Adicionalmente a la evaluación de la exposición al polvo se han realizado a modo referencial, mediciones de la temperatura del ambiente, humedad relativa y velocidad del aire, los resultados se presentan en la tabla 4.10 del Anexo 3; observándose que los resultados obtenidos son característicos de la estación del año (verano).

4.1.3 Discusión de resultados

En la tabla 4.11 y gráfico 4.3 se presentan las concentraciones promedio obtenidas en comparación con los límites permisibles por puestos de trabajo

El cálculo de los límites permisibles se han determinado en base al contenido de sílice libre en las muestras de polvo, en la tabla 4.12 del Anexo 3 se presentan dichos cálculos. Los límites permisibles determinados

**CONCENTRACIONES PROMEDIO DE POLVO
RESPIRABLE Y LÍMITE PERMISIBLE
POR PUESTO DE TRABAJO**

Febrero - Abril, 1995

LUGAR Y OCUPACIÓN	PROMEDIO	LÍMITE * PERMISIBLE
CANTERA		
Operario de perforadora N°10	1.44	4.00
Maquinista de volquete Haulpak	1.19	3.31
Maquinista de cargador frontal	0.62	3.05
Tractorista	0.58	3.05
PRODUCCIÓN		
Operario de chancadora primaria	0.52	3.31
Operario de chancadora secundaria	0.56	4.00
Operario de molinos	0.45	4.35
Operario del túnel de clinker	2.03	2.88
Operario del enfriador	0.87	2.00
Operario de fajas del 5to piso	2.36	4.35
Oper. balanzas y fajas de molinos	0.31	4.35
ENVASE		
Op. limpieza de zona contrapeso de faja	2.08	3.12
Operario de envasadora rotativa	0.46	2.73
Oper. de envasadora rotativa FLS	2.13	2.73
Operario de envasadora estacionaria	1.43	4.17

* Límites Permisibles para Agentes Químicos, dado por el Ministerio de Salud, según D.S. N°00258-75-SA.

Tabla 4.11

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE POLVO RESPIRABLE Y LÍMITES PERMISIBLES POR PUESTO DE TRABAJO

Febrero-Abril, 1995

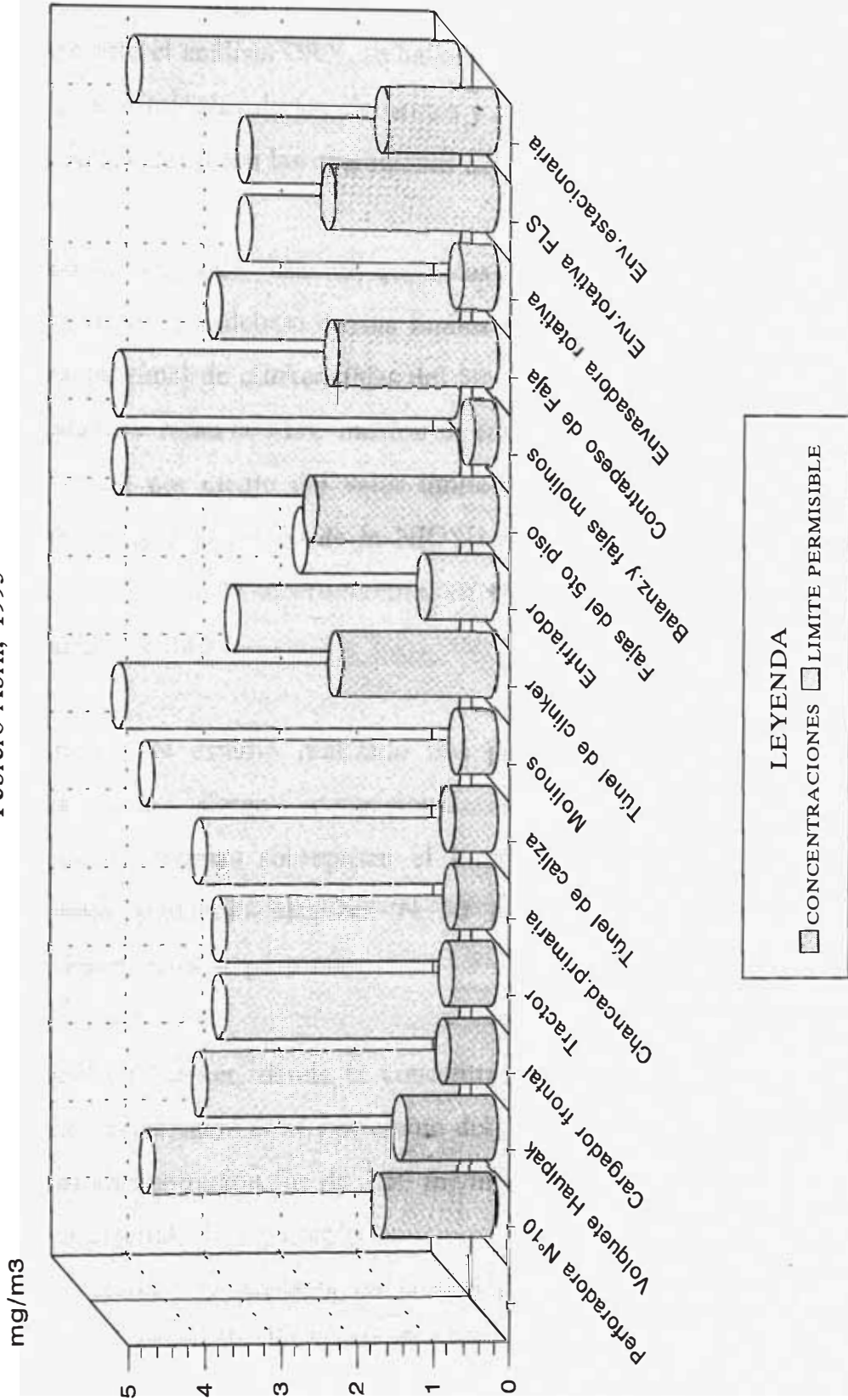


Gráfico 4.3

para los puestos de trabajo, cuyas muestras de polvo respirable no fueron considerados para el análisis DRX, se hallaron teniendo en consideración la composición mineralógica de los elementos y compuestos (caliza, clinker ó cemento) y su similitud con las operaciones del proceso.

En el gráfico 4.3 se puede observar, que todas las concentraciones de polvo halladas estuvieron por debajo de sus límites permisibles, no obstante las ocupaciones del túnel de clinker, fajas del 5to piso, zona de contrapeso de faja y envasadora rotativa FLS, mostraron concentraciones de polvo que alcanzaron el 50 por ciento del valor límite permisible, es decir que de acuerdo con la recomendación de la NIOSH aceptada por los países, se encuentran en la zona de incertidumbre, en el cual personas susceptibles podrían resultar afectadas.

En consecuencia el estudio realizado nos permite afirmar que existen ocupaciones con riesgo ocupacional significativo cuando las concentraciones máximas sobrepasan el límite permisible y cuando las concentraciones promedio alcanzan el 50 por ciento del valor límite permisible. Estos casos se presentan:

- En el túnel de clinker, donde la concentración promedio obtenida fue 2.03 mg/m^3 alcanzando el 50 por ciento del valor del límite permisible y la máxima concentración fue de 3.58 mg/m^3 ; sobrepasando en este caso el límite permisible de 2.88 mg/m^3 .
- Otro caso similar, se presenta en la envasadora rotativa FLS, aquí la concentración promedio del puesto de trabajo fue 2.13 mg/m^3 (valor que alcanza el 50 por ciento del límite permisible) y la máxima concentración de 3.18 mg/m^3 ; sobrepasando el límite permisible de 2.73 mg/m^3 .

- Otros puestos de trabajo donde las concentraciones promedio de polvo sobrepasan el 50 por ciento del valor límite permisible son: las fajas del 5to piso y la zona de contrapeso de faja.

De otro lado, los resultados obtenidos nos indican que todas las partículas son de tamaño respirable, mostrándose que el mayor porcentaje de partículas de polvo tienen un diámetro de 0.6 micras, seguidas en menor porcentaje por partículas de 1 micra hasta 5 micras.

Así mismo el tiempo de exposición en las ocupaciones de trabajo son de una jornada normal de 8 horas, excepto cuando por razones de vacaciones o ~~enfermedad~~ enfermedad de los trabajadores las jornadas se prolongan 12 horas, en estos casos podría existir riesgo potencial significativo.

4.2 Ruido

Los parámetros considerados en la evaluación fueron:

- Tipo de ruido.
- Niveles de ruido (nivel de presión sonora) en el área de trabajo.
- Ruido de fondo.
- Dosis y tiempo de exposición (ciclo de trabajo diario).
- Áreas de riesgo auditivo (mapas de ruido).
- Nivel equivalente de ruido continuo.

Estos parámetros son importantes, cuando hablamos de exposición al ruido, debido a que afectan al grado y extensión de la pérdida auditiva, por lo

tanto no sólo es necesario conocer cuanto ruido, sino también el tipo y duración del mismo, así como el ruido de fondo.

La evaluación se llevó a cabo en las tres áreas definidas para el estudio: cantera, producción y envase, del 20 de marzo al 12 de abril del 1995.

Para todas las evaluaciones se ha empleado la escala con ponderación A (en unidades dBA) y respuesta lenta. Estas se realizaron en las fuentes generadoras de ruido, principalmente en aquellas operaciones o áreas donde los trabajadores están expuestos a niveles de ruido altos.

Los criterios que se tomaron en cuenta para la evaluación fueron: niveles de ruido en el área de trabajo, fuente generadora del ruido, trabajadores expuestos al ruido y tiempo de exposición.

Las mediciones de ruido realizadas, han considerado mediciones desde un único nivel de sonido, hasta un análisis detallado de frecuencias, según sea el tipo de ruido predominante, además se ha determinado el nivel de ruido equivalente continuo (Leq) para conocer la exposición del trabajador al ruido durante su jornada de trabajo (8 horas/día). El número de medidas realizadas dependieron de los lugares o áreas de estudio. También se realizaron mediciones de ruido de fondo, solamente en el área de la cantera.

Todos los datos fueron registrados en la “Hoja de Mediciones para Ruido” (ver formato 4.2 en Anexo 2).

4.2.1 Parte experimental

4.2.1.1 Instrumentos para la medición de ruido

Existe una amplia variedad de instrumentos disponibles para medir ruidos, incluyendo medidores de niveles de presión sonora, analizadores de bandas de octavas, analizadores de banda angosta, registradores de niveles de presión sonora en cinta magnética y en gráficos, medidores de niveles de presión sonora por detonación.

El instrumento básico empleado para medir las variaciones de niveles de presión sonora (ruido) en el aire, es el Sonómetro (Decibelímetro).

El Sonómetro es un equipo diseñado, para medir el nivel de ruido que producen los equipos eléctricos y mecánicos. Este instrumento consta de un micrófono, un amplificador con un atenuador calibrado, una serie de redes de frecuencia-respuesta (redes ponderadas) y un metro indicador de los niveles de presión sonora en el micrófono, en términos referidos a un nivel estándar (ver figura 4.2).

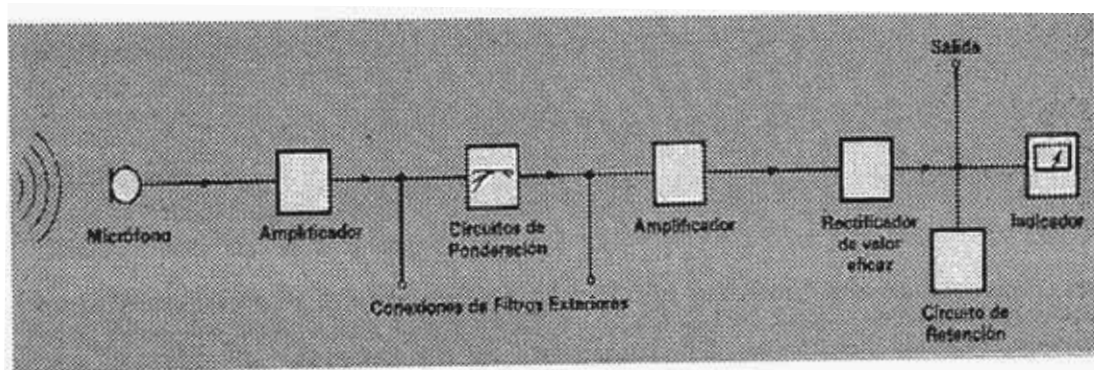


Fig.4.2 Diagrama esquemático de las partes de sistema de medición del nivel de sonido

Este equipo se puede utilizar con un analizador de frecuencias, el cual separa el complejo de sonido y ruidos en bandas, y distribuye las frecuencias en octavas. Este analizador consiste en un conjunto de filtros, cuya selección se determina con un botón rotativo.

Una Banda de Octava, es un intervalo de frecuencia del espectro audible cada una de ellas de una octava de amplitud, representadas por la frecuencia central de cada clase, en cada banda de frecuencia la más alta es el doble de la más baja. Las frecuencia para las bandas de octava van de 31.5 a 16000 Hz. Los analizadores varían dependiendo del modelo.

Las frecuencias bajas de 31.5 a 250 Hz, representan los sonidos graves, de 500 a 2000 Hz es el ámbito de frecuencias del nivel auditivo normal de la persona y de 4000 a 16000 Hz se puede detectar los sonidos más agudos.

Equipo empleado

Para las mediciones de los niveles de ruido, se empleó un Sonómetro Integral Clase I con analizador de Banda de Octava, marca Klimatherm modelo KS-320 DIN IEC 651 K12 (ver figura 4.3).

Calibración

El equipo empleado para la calibración de los instrumentos de medición del nivel de presión sonora, es el Pistófono. El pistófono es un aparato destinado a comprobar la respuesta de un medidor con el fin de ajustarlo si aquella fuera errónea.

SONOMETRO INTEGRAL CON ANALIZADOR DE BANDAS DE OCTAVA

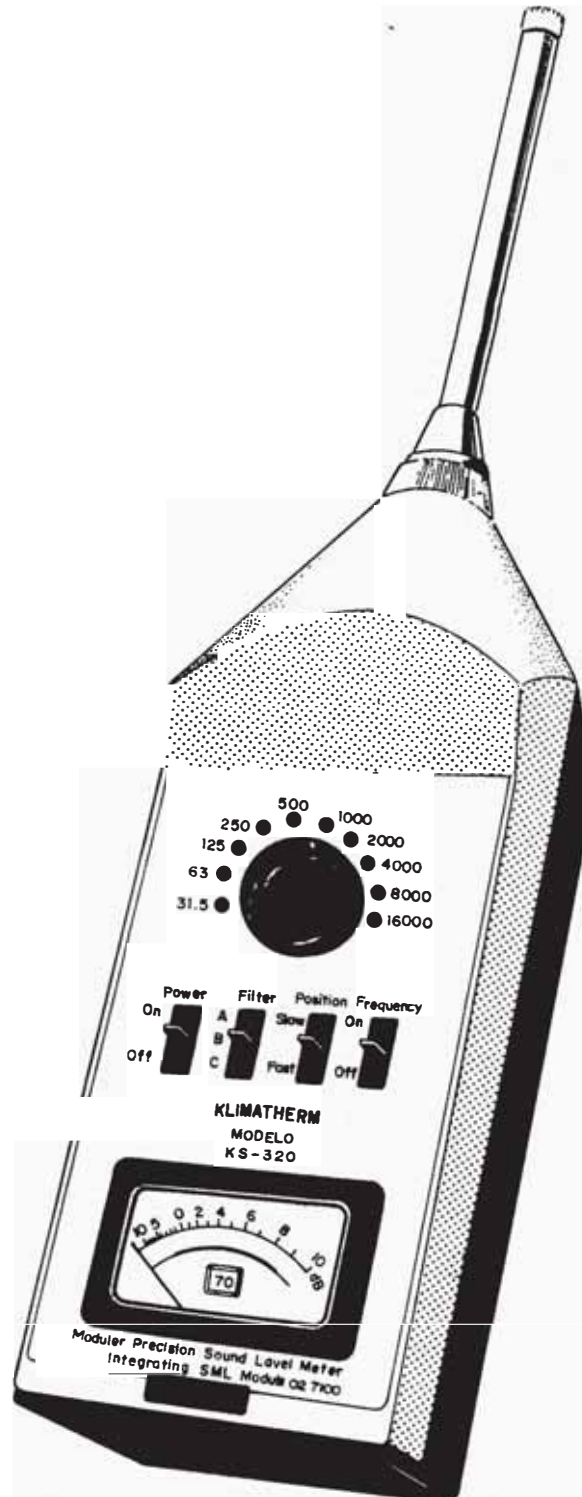


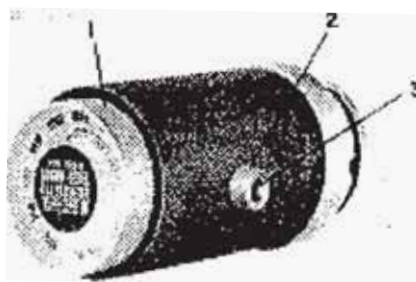
Figura 4.3

El pistófono produce un nivel de presión sonora determinado, según la marca del aparato y a las frecuencias de 125, 250, 500, 1000, y 2000 Hz, las cuales se tomaron como patrón, para valorar las respuestas que a dicho nivel registró el sonómetro.

Los ajustes hechos durante la evaluación de ruido, generalmente fueron para las frecuencias de 125, 150 y 500 Hz, no obteniéndose variaciones del nivel de presión sonora en las frecuencias de 1000 y 2000 Hz.

Los controles de calibración del instrumento se realizaron antes y después de las mediciones de los niveles de ruido, especialmente en el uso del analizador de bandas de octava.

El calibrador del nivel de presión sonora utilizado para el ajuste del sonómetro durante la evaluación, fue un pistófono tipo 1562 (ver figura 4.4).



1. Interruptor para apagado y prendido
2. Sujetador tubular
3. Salida eléctrica

Fig. 4.4. Pistófono

Especificaciones:

Operación en el ambiente:	0 a 40°C, 0 a 95% de HR
Batería :	Una de 9 V PM6 o similar, uso de 120 horas.
Dimensiones	Longitud, 5" (130 mm); diámetro, 2¼" (55 mm)
Peso :	Neto, 1 lb (0.5 Kg)

4.2.2 Resultados

4.2.2.1 Ruido de fondo

En los resultados que se presentan no fue necesario realizar corrección alguna respecto al ruido de fondo, debido a que en el área de cantera el ruido de fondo registrado fue de 52 dBA y el nivel mínimo de ruido fue de 84 dBA, por lo tanto la diferencia de niveles de ruido es mayor de 10 dBA.

En las áreas de producción y envase no fue posible determinar el ruido de fondo, debido a que en producción las operaciones se realizan las 24 horas del día, y en envase los turnos de trabajo duran hasta altas horas de la noche.

4.2.2.2 Niveles totales de ruido de tipo continuo

En la tabla 4.13 se muestran los niveles mínimos, máximos y predominantes, de los niveles de ruido de tipo continuo, registrados en los diferentes lugares de la planta, comparados con el límite permisible.

En esta tabla se puede observar que los más altos niveles de ruido, se registraron en la zona de producción, con niveles de ruido total predominantes, que fluctuaron entre 60 y 112 dBA, que correspondieron a la caseta del precalentador y a la sala de motores de molinos, respectivamente.

En orden decreciente se encuentra la zona de envase con niveles de ruido, que variaron entre 64 y 101 dBA, correspondiendo al tablero de la sala de

NIVELES TOTALES DE RUIDO DE TIPO CONTINUO

Abril, 1995

ZONA DE TRABAJO	NIVELES TOTALES DE RUIDO dB(A)			
	MIN.	MAX.	PRED.	LIMITE * PERMISIBLE
CANTERA				
Perforadora N°10 - Ingersoll Rand				
• Ambiente externo	85	99	88	90
• Cabina	81	88	81	90
Perforadora N°11 - Tamrock				
• Ambiente externo	88	114	99	90
• Cabina	81	96	81	90
Cargador frontal				
• Ambiente externo	84	88	88	90
• Cabina	85	90	87	90
Volquete Haulpack				
• Ambiente externo	86	89	89	90
• Cabina	85	90	88	90
PRODUCCIÓN				
Chancadora primaria				
• Ambiente externo	74	103	95	90
• Caseta	91	93	91	70
Chancadora secundaria				
• Túnel de caliza	78	93	90	90
• Caseta	70	75	70	70
Molinos				
• Ambiente externo	93	112	102	90
• Sala de motores	112	112	112	90
• Caseta	91	98	91	70
Edificio bombas "Fuller"				
• Zona de las bombas	80	89	86	90
• Sala de compresoras	112	112	112	90
• Zona de balanzas	80	95	84	90
• Caseta	70	75	70	70
Precalentador				
• Ambiente externo (2° piso)	80	80	80	90
• Zonas del 1er. y 2do. nivel	80	82	82	90
• Caseta	69	73	60	70
Enfriador				
• Ambiente externo	83	87	87	90
• Cadenas de arrastre	96	96	96	90
• Zona de ventiladores	85	107	91	90

Tabla 4.13

ZONA DE TRABAJO	NIVELES TOTALES DE RUIDO dB(A)			
	MIN.	MAX.	PRED.	LIMITE * PERMISIBLE
Túnel de clinker				
• Zona del túnel	80	82	82	90
• Caseta	70	75	70	70
Fajas del 5to. piso				
• Zona de las fajas	83	88	86	90
• Caseta	82	87	82	70
• Otras áreas 5to. piso	88	89	89	90
Balanzas y Fajas de molinos				
• Zona de balanzas	84	91	88	90
• Caseta	80	81	80	70
Edificio de molinos				
• 4to. piso y 3er. piso	88	90	90	90
"Store" de maestranza				
• Area del "store"	78	78	78	70
Sala de control				
• Secretaría	71	76	76	70
• Tablero de control	66	68	67	70
Control de calidad				
• Sala de máquinas	69	72	69	90
• Sección carbonatos	64	72	65	90
• Laboratorio físico	62	73	62	90
• Laboratorio químico	67	70	70	70
• Laboratorio rayos X	61	62	62	70
• Secretaria y balanzas	64	66	64	70
• Jefatura	62	67	67	70
• Supervisión	66	67	66	70
Caseta de vigilancia	74	76	74	70

Continuación Tabla 4.13

ZONA DE TRABAJO	NIVELES TOTALES DE RUIDO dB(A)			
	MIN.	MAX.	PRED.	LIMITE * PERMISIBLE
ENVASE				
Zona de envasadora rotativa	83	86	86	90
Zona de envasadora rotativa FLS	81	81	81	90
Zona de envasadora estacionaria	78	82	80	90
Zona de zarandas (Envase nuevo)	85	91	88	90
Zona de zarandas (Envase antiguo)	85	87	85	90
Zona de zaranda de recuperación	83	84	83	90
Sala de compresora FLS	99	105	99	90
Cuarto de compresora (Envase nuevo)	82	101	101	90
Zona de almacén de bolsas				
• Anillos de las rotativas	81	82	82	90
Zona de espirales	81	83	82	90
Sala de control				
• Tablero de control	73	66	64	70
• Sala de máquinas	64	66	65	90
• Jefatura y secretaría	57	58	58	70

MIN. : Mínimo

MAX. : Máximo

PRED.: Predominante

- * De 90 dBA establecido en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, dado por el Ministerio de Energía y Minas según DS 023-92-EM.
De 70 dBA establecido en la Norma Venezolana COVENIN 1565-80 del Ministerio de Fomento.

Continuación Tabla 4.13

control y cuarto de compresora (envase nuevo); finalmente, la zona de cantera, con niveles de ruido, que fluctuaron entre 81 y 99 dBA, que se determinaron en la zona de trabajo de la perforadora N°11-Tamrock, en la cabina y el ambiente externo, respectivamente.

4.2.2.3 Nivel de ruido equivalente continuo

El nivel de ruido equivalente continuo, es aplicado a distintas exposiciones, que soporta una persona y representa en un valor, la equivalencia a estar expuesto a un nivel de ruido durante 8 horas diarias (40 ó 48 horas semanales), también sirve para determinar si existe daño auditivo.

Para el cálculo del nivel de ruido equivalente continuo (Leq), se empleó la siguiente fórmula

$$Leq = 56.8 + 16.6 \log. \sum E_i \quad (*)$$

donde :

$$E_i = \frac{T}{t} \times 6.25 \times 2^{0.2(L-70)}$$

Leq = Nivel de ruido equivalente continuo.

T = Tiempo de exposición.

t = Tiempo de trabajo, que debe ser de 40 a 48 horas semanales.

L = Nivel de ruido para cada tiempo de exposición.

(*) Norma sobre Niveles Máximos de Ruidos Permisibles en Áreas de Trabajo de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) N°1565-80. Esta norma ha sido aplicada, debido a que en el Perú no se cuenta con una metodología específica para este tipo de estudio.

Los resultados de dicho análisis se han registrado en la tabla 4.14, en ella se puede observar que los trabajadores están expuestos a niveles de ruido que oscilan entre 76 y 102 dBA, siendo las ocupaciones del operario de molinos, operario de perforadora N°11-Tamrock y el operario de las bombas "Fuller", los que están expuestos a los más altos niveles de ruido equivalentes continuos, de 102, 101 y 98 dBA respectivamente.

Los cálculos y análisis realizados en la determinación de los niveles de ruido equivalentes continuos se presentan en la tabla 4.15 del Anexo 3.

4.2.2.4 Dosis de exposición

Cuando los trabajadores están expuestos a diferentes niveles de ruido durante el día, debe calcularse la "dosis", registrando el tiempo que el trabajador permanece en cada área de trabajo a un nivel de ruido determinado. Si la dosis acumulativa es menor que 1, la exposición al ruido del trabajador puede considerarse satisfactoria, pero si la dosis acumulativa excede la unidad se considera que la exposición sobrepasa los límites permisibles, por consiguiente el trabajador ha sufrido una exposición excesiva al ruido durante su día de trabajo.

Para el cálculo de la dosis se empleó la siguiente fórmula:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \leq 1$$

donde :

C_n = Tiempo total de exposición a un nivel de ruido, específico sobre 90 dBA.

T_n = Tiempo total de exposición permitido a ese nivel.

**NIVEL DE RUIDO EQUIVALENTE CONTINUO, DOSIS Y TIEMPO
MÁXIMO DE EXPOSICIÓN PERMISIBLE**

Abril , 1995

OCUPACIÓN	Nivel equivalente continuo dB(A)	Dosis	Tiempo máximo de exposición al nivel sonoro (horas/día)
CANTERAS			
Operario de la perforadora N°10- Ingersoll Rand (con tiempo de permanencia en cabina de 4 horas)	89	1	9
Operario de la perforadora N°10- Ingersoll Rand (con tiempo de permanencia en cabina de 2 ½ horas)	90	1	8
Operario de la perforadora N°11- Tamrock	101	>1	1 ¾
Operario del cargador frontal	88	≤ 1	10 ½
Operario de volquete Haulpack	88	≤ 1	10 ½
PRODUCCIÓN			
Operario de chancadora primaria	87	≤ 1	Más de 8
Operario ayudante de chancadora primaria	90	1	8
Operario de chancadora secundaria	81	≤ 1	Más de 8
Operario de molinos	102	>1	1 ½
Operario de bombas "Fuller"	98	>1	2 ½
Operario del precalentador	76	≤ 1	Más de 8
Operario del enfriador	90	1	8
Operario del túnel de clinker	76	≤ 1	Más de 8
Operario de fajas del 5to.piso	85	≤ 1	Más de 8
Operario de balanzas y fajas	90	1	8
Operario del "Store" de maestranza	78	≤ 1	Más de 8
ENVASE			
Operario de envasadora rotativa	83	≤ 1	Más de 8
Operario de envasadora rotativa FLS	81	≤ 1	Más de 8
Operario de envasadora estacionaria	81	≤ 1	Más de 8

Tabla 4.14

En la tabla 4.14 se presentan los resultados de las dosis obtenidas, en ella se puede observar que la exposición excesiva al ruido se presentó en los operarios de: molinos, perforadora N°11-Támrock y bombas "Fuller", donde la dosis calculada sobrepasa la unidad. Los cálculos realizados se presentan en la tabla 4.16 del Anexo 3.

4.2.2.5 Tiempo máximo de exposición

En cuanto al tiempo máximo de exposición, registrado también en la tabla 4.14 representa la máxima exposición diaria permisible al nivel de ruido hallado sin protección auditiva.

Las ocupaciones que exceden del tiempo máximo de exposición permisible son: operarios de molinos, perforadora N°11-Tamrock y bombas "Fuller".

4.2.2.6 Análisis en bandas de octavas

Los niveles de ruido medidos en 10 frecuencias de bandas de octava, se han registrado en la tabla 4.17, dichos valores han servido para trazar gráficos, en ellos se puede apreciar curvas preimpresas que representan los niveles límites de ruido para diferentes períodos de exposición en horas/semana, según normas USA establecida por "Medical Research Division, Esso Research and Engineering Company" (ver gráficos 4.4 al 4.14).

Según el análisis de bandas de octavas, los niveles de ruido registrados en las frecuencias de la zona audible de 500 a 2000 Hz, se encuentran sobre el valor límite del período de exposición máximo de 40 ó 48 horas/semana, los siguientes lugares de trabajo: cabinas de control de perforadoras N°10 y

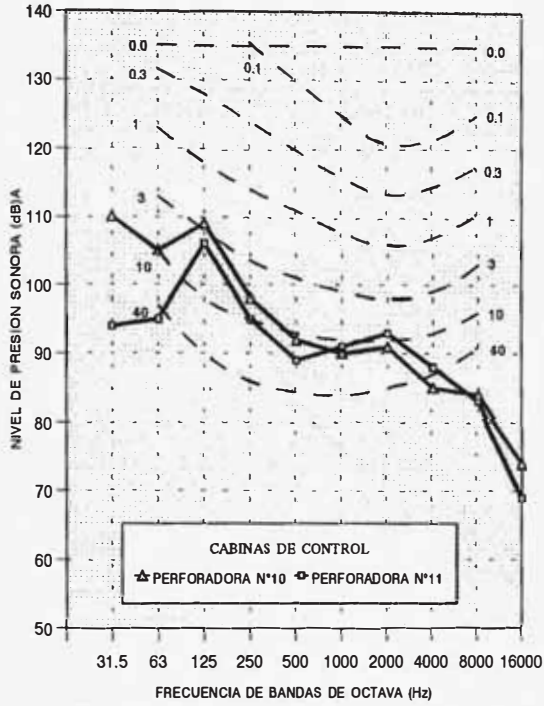
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS POR BANDAS DE OCTAVA

Marzo - Abril, 1995

LOCALIZACIÓN	BANDAS DE OCTAVA (Hertz)									
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
PERFORADORAS										
Perforadora N°10-Ingersoll R.	110	105	109	98	92	90	91	85	84	74
Perforadora N°11-Tamrock	94	95	106	95	89	91	93	88	83	69
CHANCADORA PRIMARIA										
Sin carga de material	95	94	99	93	91	83	76	68	59	46
Con carga de material	98	98	109	94	91	86	85	84	84	63
CASSETAS										
Chancadora primaria	86	85	105	100	90	83	80	75	68	50
Chancadora secundaria	85	80	99	87	75	69	65	61	55	41
Túnel de clinker	84	75	97	85	79	72	62	60	53	41
MOLINOS										
Molinos	95	89	109	105	95	87	86	80	70	52
Balanzas y fajas de molinos	85	83	99	91	78	68	65	59	49	37
Fajas del 5to. piso	94	90	105	93	86	83	76	70	64	41
BOMBAS										
Bombas "Fuller"	90	83	98	90	79	73	70	62	50	45
Pre calentador	82	80	92	85	72	64	59	54	48	39
ZONA DE MOLINOS										
Entre molino crudo y swing	88	95	114	111	104	99	97	91	83	65
Entre molino swing y cemento	87	95	115	113	107	101	103	98	88	69
TÚNEL DE CLINKER										
Túnel de clinker	81	82	105	96	82	74	70	72	64	47
"STORE" DE MAESTRANZA										
"Store" de maestranza	75	76	95	87	75	67	63	58	64	45
ENVASADORAS										
Rotativa	95	90	107	100	85	80	75	72	65	60
Rotativa FLS	85	83	98	89	78	68	65	59	50	45
Estacionaria	84	82	101	92	74	71	68	67	70	55
SALA DE COMPRESORAS FLS										
FLS	99	91	114	113	101	99	92	86	87	79
Motor de FLS	93	102	117	118	99	95	91	85	85	79
Exhaustor	98	101	115	113	97	95	88	83	84	76
ZARANDAS DE ENVASE										
Zaranda de envase nuevo	96	95	111	102	86	76	71	68	63	49
Zaranda de envase antiguo	97	90	109	100	84	77	73	70	63	50

Tabla 4.17

PERFORADORAS N°10 y N°11
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA



PERFORADORA N°10 : Ingersoll Rand
PERFORADORA N°11 : Bainrock

Gráfico 4.4

CHANCADORA PRIMARIA
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

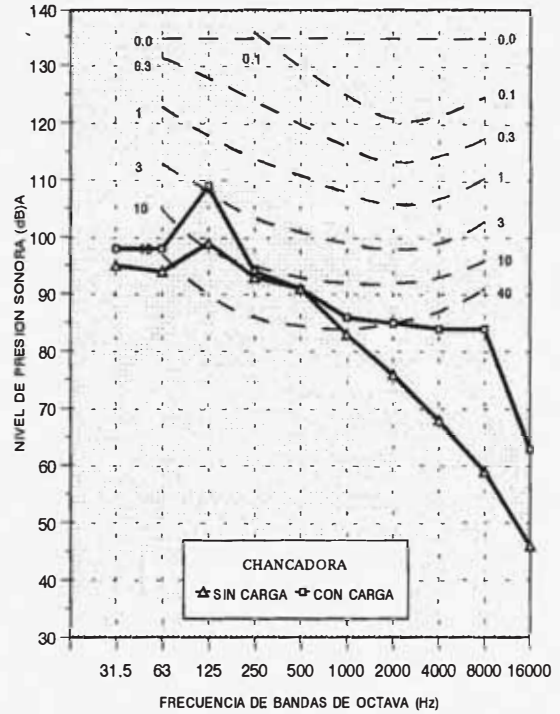


Gráfico 4.5

CHANCADORA PRIMARIA, SECUNDARIA Y TUNEL DE CLINKER
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

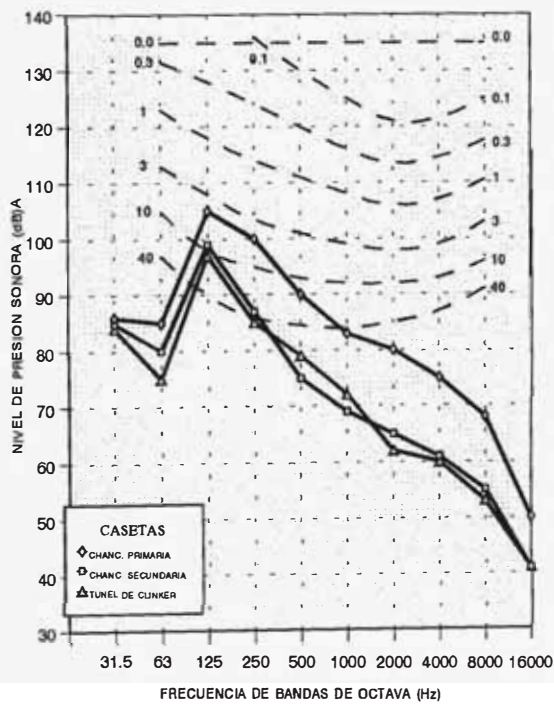


Gráfico 4.6

EDIFICIO DE MOLINOS
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

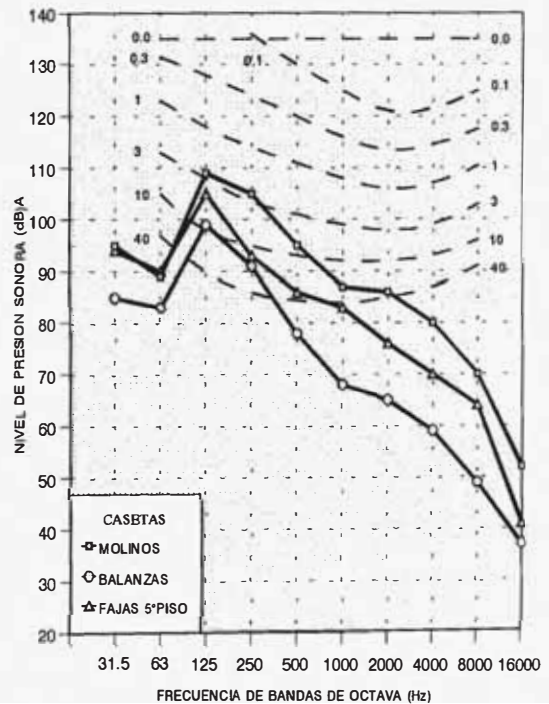


Gráfico 4.7

BOMBAS "FULLER" Y PRECALENTADOR
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

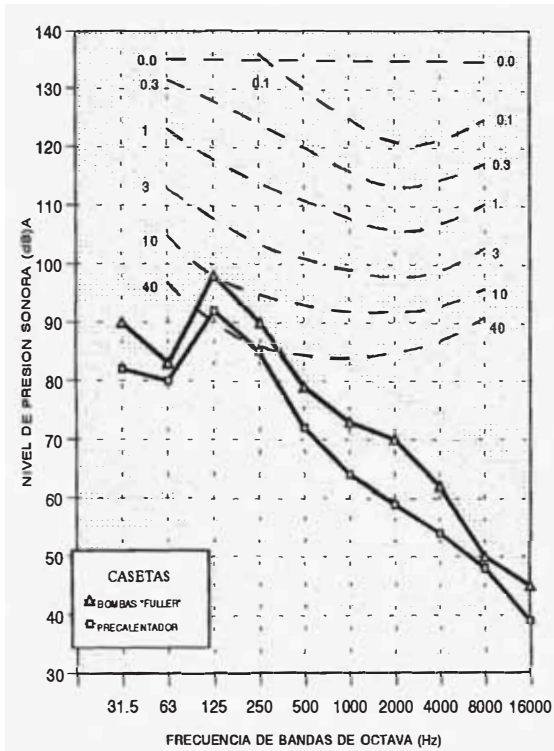


Gráfico 4.8

ZONA DE MOLINOS
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

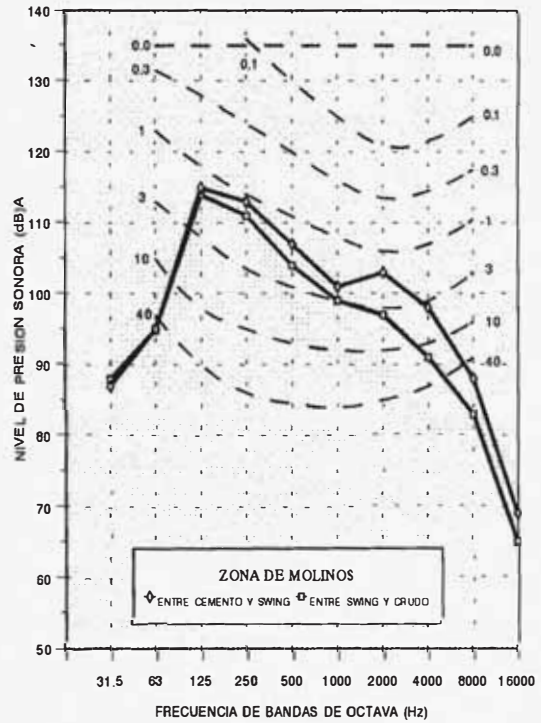


Gráfico 4.9

TUNEL DE CLINKER
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

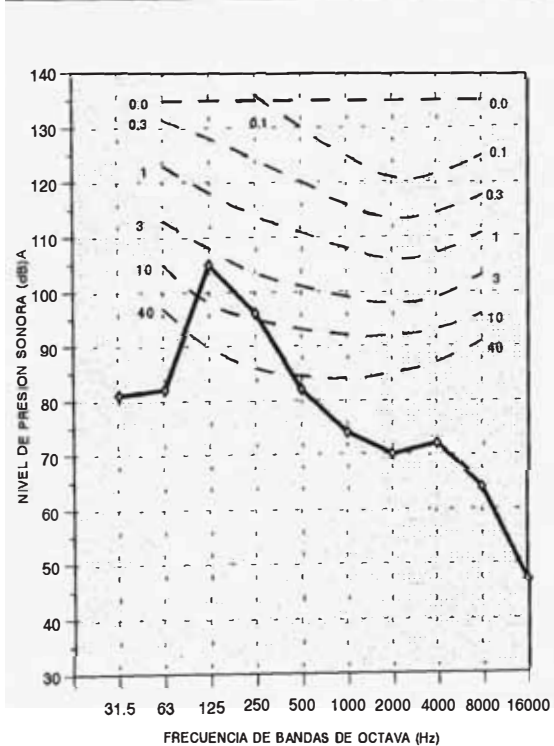


Gráfico 4.10

"STORE" DE MAESTRANZA
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

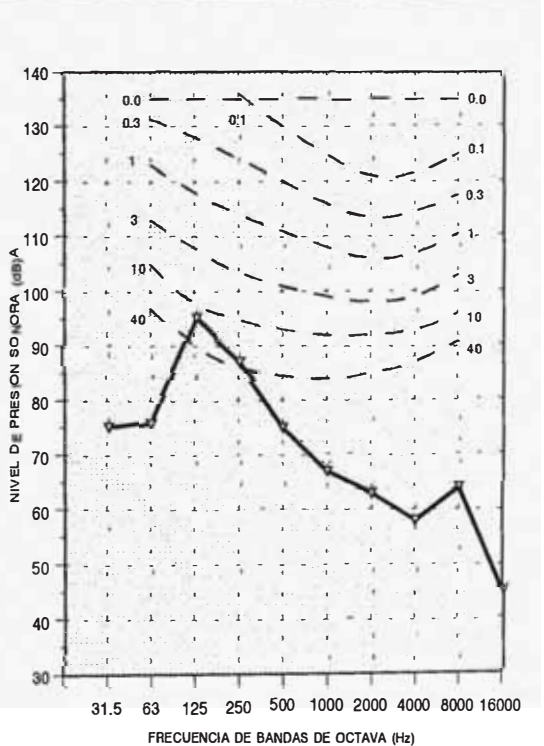


Gráfico 4.11

ENVASADORAS DE CEMENTO
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

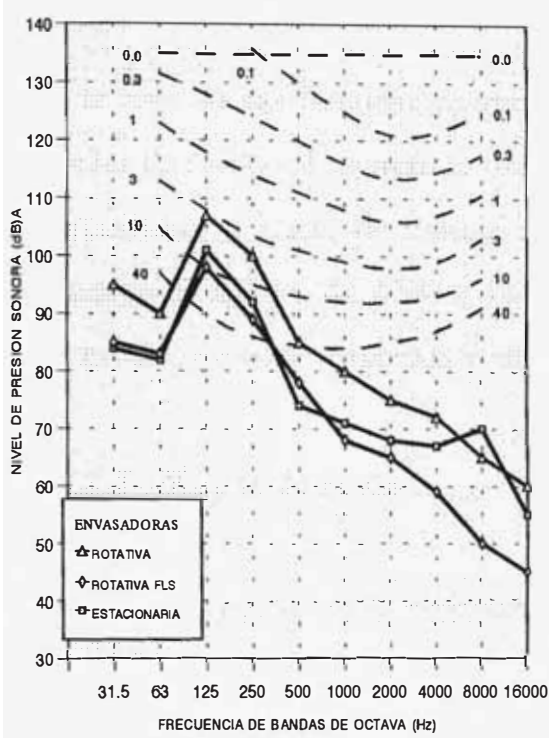


Gráfico 4.12

SALA DE COMPRESORAS FLS
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

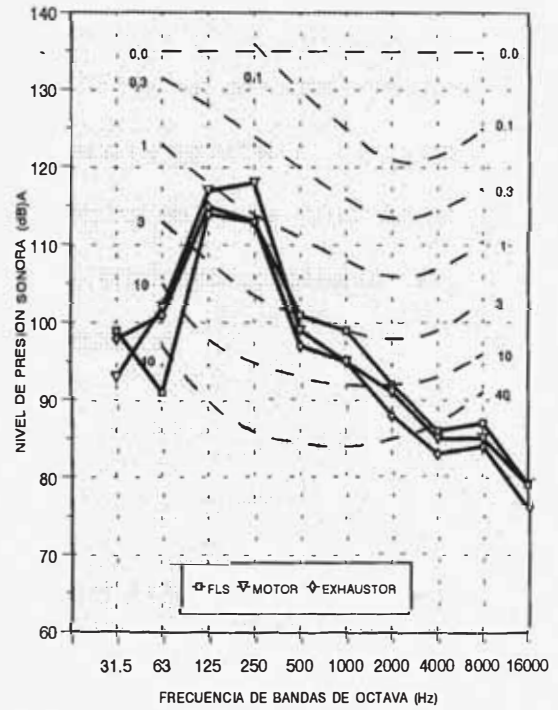


Gráfico 4.13

ZARANDAS DE ENVASE
EXPOSICION PERMISIBLE (SIN PROTECCION AUDITIVA)
EN HORAS/SEMANA

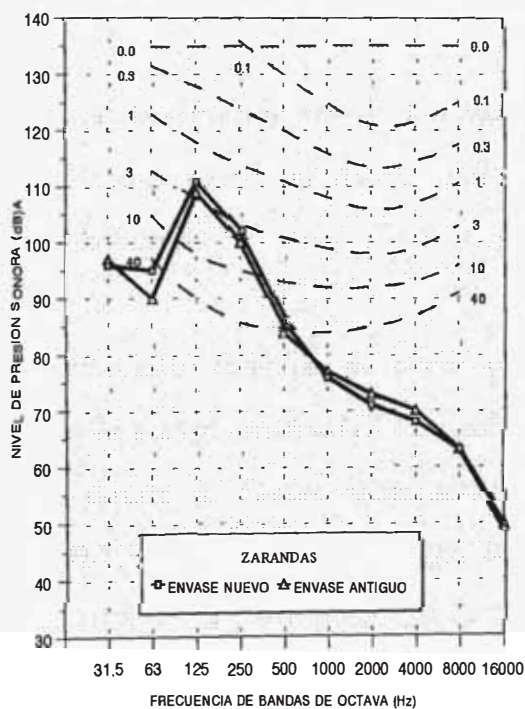


Gráfico 4.14

Nº11, caseta de chancadora primaria y ambiente externo, caseta y zona de molinos, sala de compresoras FLS y zarandas de envase nuevo.

En la zona de las frecuencias graves de 31.5 a 250 Hz, se encontró que los niveles de ruido sobrepasan el tiempo de exposición permisible en todas las ocupaciones y zonas de trabajo evaluadas, sin embargo en la zona de las frecuencias agudas de 4000 a 16000 Hz, se encontró que en ningún caso los niveles de ruido sobrepasan el período de exposición.

4.2.2.7 Mapas de ruido

El mapa de ruido, es la representación de un ambiente sonoro sobre una área. Implica el trazado de curvas de igual nivel de sonido que circundan a una fuente de ruido, estas curvas reciben el nombre de "Isosónicas".

Para las mediciones ambientales se han elaborado mapas de ruido en las áreas de trabajo, donde el operario se desplaza alrededor de la fuente generadora de ruido, este mapa indicará las zonas en que el riesgo de lesión auditiva es mayor.

El procedimiento seguido en la elaboración de los mapas de ruidos, así como las anotaciones realizadas sobre un diseño del área de estudio a escala, se encuentran en el Anexo 5.

En el plano P-1 se ha elaborado el mapa de ruido para la perforadora Nº10- Ingersoll Rand, aquí la mayor intensidad de ruido se presenta en la parte posterior izquierda, donde la fuente generadora es el motor del colector de polvo con 99 dBA, sin embargo el área por donde se desplaza el operario por espacio de ½ hora, es la parte posterior derecha controlando la

descarga del colector de polvo; en esta área la exposición es de 95 dBA; en el área correspondiente a 92 dBA entre la cabina y la pluma de la perforadora, el operario se desplaza para controlar el avance de las perforaciones durante 2 ½ horas, en la cabina de control permanece 4 horas aproximadamente aquí el nivel de ruido es de 81 dBA.

En el plano **P-2** se puede observar el mapa de ruido elaborado para la perforadora N°11-Tamrock", las curvas isosónicas con altos niveles de ruido se presentan en la parte delantera de la perforadora con 114 y 110 dBA, el tiempo que el operador permanece en esta área es de 1 ¼ horas/día, pero su mayor permanencia es en la cabina de control donde el nivel de ruido registrado es de 81 dBA y donde permanece por espacio de 5 ½ horas/día. En la parte posterior de la perforadora también se registran niveles de ruido altos con 102 y 100 dBA, dichos niveles son generados por el motor del colector de polvo, el área donde permanece el operario por espacio de ¼ hora/día, es en la parte posterior izquierda donde se registra 97 dBA, aquí el operario se encarga de revisar y engrasar el motor de la perforadora al inicio de la labor diaria.

En el plano **P-3** correspondiente a la chancadora primaria, las áreas cercanas al borde de la chancadora, registran niveles de ruido de 95, 91 y 86 dBA; en estas áreas el operario auxiliar se desplaza para cumplir la labor de vigilancia de descarga del material a la chancadora, aquí su tiempo de permanencia es de 5:20 horas/día. Cuando no existe descarga de material en la chancadora, alrededor de ésta se registra niveles de 75 dBA aquí el tiempo de permanencia es de 1:46 hora/día.

En la caseta de control, donde permanece el operario titular de la chancadora se registraron niveles de 91 dBA, cuando hay descarga de

material en la chancadora y cuando no hay descarga se registraron 88 dBA, el tiempo de permanencia en caseta es de 5:20 horas/día y 53 minutos respectivamente, adicionalmente permanece fuera en el winche durante 46 minutos/día.

El plano **P-4** elaborado para la zona de molinos, el área con mayor intensidad de ruido fue la sala de motores con 112 dBA y la de menor intensidad en la caseta con 91 dBA.

Luego en el área cercana a los molinos de cemento y "swing" los niveles registrados por las curvas isosónicas son de 110, 107, 105 y 102 dBA, en estas áreas están expuestos ocasionalmente los operarios encargados de verificar la uniformidad de las bolas de acero de los molinos y el personal de limpieza.

En la zona cercana al molino de crudo, los niveles de ruido no disminuyen en forma proporcional con respecto al alejamiento de la fuente sonora, debido a la influencia de las dos fuentes cercanas (molinos "swing" y cemento) que en conjunto generan una distorsión en la curvas isosónicas.

En el pasadizo principal de esta zona, se presentan niveles que fluctúan entre 99 y 102 dBA, concentrándose el mayor nivel de ruido frente al molino "swing" y el menor nivel frente a los molinos de cemento y crudo.

El plano **P-5** representa la zona de las zarandas del envase nuevo, aquí los niveles de ruido que describen las curvas están por debajo de los límites de exposición de 90 dBA .

Complementariamente a la evaluación de ruido se realizaron a modo referencial, mediciones de temperatura del ambiente, humedad relativa y velocidad del aire, dichas mediciones se presentan en la tabla 4.18 del

Anexo 3, aquí los resultados obtenidos, dada la amplitud de los ambientes son influenciados por las condiciones ambientales propias de la estación del año.

4.2.3 Discusión de resultados

De los niveles totales de ruido que se muestran en la tabla 4.13, se indica que las zonas de trabajo de: molinos, sala de compresoras de bombas "Fuller", perforadora N°11-Tamrock, chancadora primaria y el enfriador (Cadenas de Arrastre y zona de Ventiladores) sobrepasan el límite permisible de 90 dBA.

Las ocupaciones del operario de molinos, operario de perforadora N°11-Tamrock y el operario de las bombas "Fuller", están expuestos a los más altos niveles de ruido equivalente continuo, sobrepasando el tiempo máximo de exposición para cada caso, por lo tanto podría existir riesgo potencial en los operarios que realizan esta labor.

Así mismo al examinar las dosis acumulativas en estos casos se aprecia que en las ocupaciones de: molinos, perforadora N°11-Tamrock y bombas "Fuller", la dosis acumulativa excede la unidad, por consiguiente el trabajador a sufrido una exposición excesiva al ruido durante su jornada de trabajo; lo cual corrobora la apreciación del riesgo ocupacional.

En el análisis de bandas de octavas se considera las tres zonas de la audición: nivel conversacional, sonidos graves y sonidos agudos.

De los resultados obtenidos se infiere, que podría existir daño en la capacidad auditiva a nivel conversacional, en los trabajadores expuestos si permanecen sin protección auditiva en los siguientes lugares de trabajo: cabinas de control de perforadoras N°10 y N°11, caseta de chancadora primaria y ambiente externo, caseta y zona de molinos, sala de compresoras FLS y zarandas de envase nuevo

Por otro lado, existe riesgo auditivo en la capacidad para oír los sonidos graves en los operarios que permanecen sin protección auditiva, en todas las ocupaciones evaluadas, mientras que en las zonas de frecuencias altas no existe riesgo alguno.

Cabe señalar que las pérdidas auditivas comienzan cuando son afectadas las frecuencias agudas, es decir las zonas de frecuencias altas.

Según el análisis realizado en la elaboración de mapas de ruido, las zonas con mayor riesgo de lesión auditiva que rebasan los límites permisibles son: perforadora N°11-Tamrock, molinos, perforadora N°10-Ingersoll Rand y chancadora primaria.

4.3 Calor radiante

Los métodos empleados en Higiene Industrial para evaluar la exposición al calor radiante son:

- Índice de la temperatura efectiva (T.E.)
- Índice de la temperatura efectiva corregida (T.E.c.)

- Índice TGBH (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo)
- Índice de estrés térmico (I.S.T.)

Los métodos conducen a índices que tratan de establecer los límites en los cuales el intercambio térmico entre el organismo y el medio ambiente externo, no suponga peligro o riesgo para las personas.

Para la medición de la exposición al calor radiante, se ha seleccionado el método del Índice TGBH (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo) que considera los siguientes parámetros:

- Temperatura de globo.
- Temperatura de bulbo húmedo.
- Temperatura de bulbo seco.
- Tipo de trabajo.
- Tiempo de exposición.
- Período de descanso.

Estos parámetros son necesarios, para determinar el índice TGBH, para las exposiciones de calor radiante en interiores y exteriores. El tiempo de exposición, período de descanso y tipo de trabajo están relacionados directamente con el índice.

La evaluación de calor radiante se realizó del 09 al 16 de Marzo de 1995; en períodos comprendidos entre 8:00 a.m. y 8:30 a.m., de 11:00 a.m. a 11:30 a.m. y de 2:00 p.m. a 2:30 p.m., a fin de obtener los distintos períodos de exposición.

Los lugares evaluados, comprendieron al personal de las áreas del precalentador, “store” de maestranza, cadenas de arrastre, parte inferior de los elevadores inclinados y túnel de clinker.

En algunos casos se efectuó una sola medición, a la hora en que generalmente se realiza la labor, como en las cadenas de arrastre y parte inferior de los elevadores inclinados, por considerar que era suficiente para la evaluación.

El registro de temperaturas se tomó después de 20-30 minutos de haber instalado el equipo, debido a que en ese lapso de tiempo las temperaturas llegan a equilibrarse. Los datos fueron registrados en la “Hoja de Mediciones de Calor” (ver formato 4.3 en Anexo 2).

4.3.1 Parte experimental

4.3.1.1 Instrumentos para la medición de calor radiante

Método: Índice de la Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (T.G.B.H.)

El índice TGBH es el que generalmente se emplea por la facilidad de determinación y tiene la aprobación oficial de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) y del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Este índice consiste en la ponderación fraccionada de las temperaturas húmedas, de globo y a veces temperaturas secas.

El instrumental para determinar el índice TGBH siempre debe ubicarse de tal manera que las lecturas obtenidas sean realmente representativas de las condiciones ambientales a las que el trabajador está expuesto.

Para la evaluación del estrés calórico (índice TGBH) se ha tomado en cuenta si la exposición del trabajador es: al aire libre con presencia de luz solar o si en un ambiente cerrado sin exposición solar.

Para ambos casos las principales fórmulas empleadas para determinar el índice TGBH son :

1. En exteriores (con exposición solar).

$$T.G.B.H. = 0.7 T_h + 0.2 T_g + 0.1 T_a$$

2. En interiores o exteriores sin exposición solar (a la sombra)

$$T.G.B.H. = 0.7 T_h + 0.3 T_g$$

donde :

TGBH – Índice de la Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo

T_h – Temperatura natural de bulbo húmedo °C.

T_g = Temperatura del termómetro de globo °C

T_a – Temperatura de bulbo seco °C.

Equipo empleado

Los instrumentos de medida empleados para determinar el índice TGBH, constan principalmente de un termómetro de globo, uno de bulbo húmedo y uno de bulbo seco dispuestos en un soporte.

En la figura 4.5 se muestra un esquema del montaje del equipo completo para medir el estrés calórico de los trabajadores en el medio ambiente.

El termómetro de globo, consiste en un termómetro corriente de bulbo de 100°C, cuyo elemento sensible se sitúa en el centro de una esfera hueca metálica (preferiblemente de cobre) pintada exteriormente de color negro mate y de 15 cm de diámetro.

El termómetro de bulbo húmedo, es un termómetro de 100°C cuyo elemento sensible está recubierto de una muselina limpia (pañó o waípe) que se mantiene empapada en agua destilada en un matraz de 125 ml.

El termómetro de bulbo seco, se refiere simplemente a la medida de la temperatura del aire, consta de un termómetro de bulbo corriente de 100°C. El adjetivo seco se emplea para diferenciarlo de otros en condiciones especiales.

Los instrumentos de medida de calor radiante, se ubicaron en el lugar que ocupa el trabajador a una altura aproximada de 120 cm dando importancia a la ubicación de las fuentes de radiación y a la dirección de los movimientos del aire.

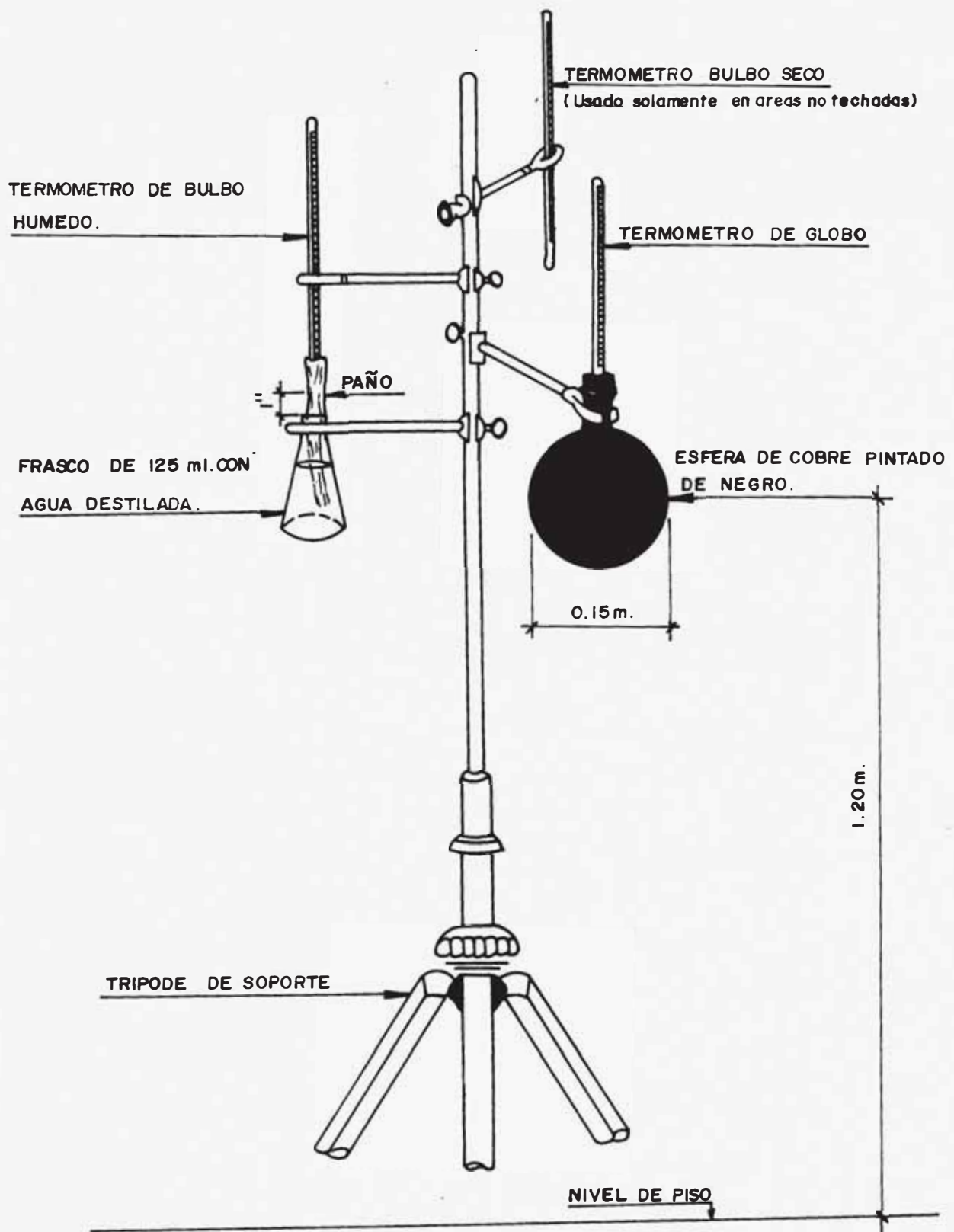
EQUIPO PARA MEDIR EL ESTRES CALORICO

Figura 4.5

4.3.2 Resultados

4.3.2.1 Determinación del índice TGBH

Los resultados de la evaluación de calor radiante se presentan en la tabla 4.19. La tabla indicada nos permite apreciar el tipo de trabajo realizado, el tiempo de exposición y períodos de descanso, y el índice TGBH de exposición al calor radiante comparado con el límite permisible.

Un análisis de los resultados obtenidos en cada lugar estudiado, se comenta y discute a continuación:

En la zona de trabajo del "store" de maestranza, en la cual se realiza trabajo liviano el índice TGBH promedio alcanzó 28.6°C . Sin embargo el índice alcanzó 31.1°C alrededor de las 11 a.m. El metabolismo energético producido por este tipo de trabajo varía de 140 a 160 kcal/hr.

En el precalentador el operario está expuesto al calor radiante, durante un tiempo de 15 a 20 minutos, cada hora generalmente; el índice térmico obtenido para las zonas de trabajo en ese lugar, fueron de 35.2 , 38.5 y 35.3°C , precisándose que el trabajo que se realiza está en la categoría de pesado, con ambos brazos y todo el cuerpo. Se estima que el metabolismo energético varía entre 380-500 Kcal/hr. Aquí el porcentaje de tiempo de trabajo es de 25 por ciento por 75 por ciento de descanso por cada hora de trabajo

Para el tipo de trabajo pesado con todo el cuerpo, que realizan los operarios que hacen limpieza, en la parte inferior de los elevadores inclinados durante

MEDICIONES DE CALOR RADIANTE

Marzo, 1995

Zona de Trabajo	Tipo de Trabajo	Metabolismo Energético (Kcal/hr)	Tiempo de exposición (Horas)	Periodo de descanso (Minutos)	Indice TGBH en horas diferentes			Indice TGBH (°C)	
					8 a.m.	11 a.m.	14 a.m.	Promedio	Permisible
"Store" de Maestranza **	Trabajo liviano	140-160	7:20	60	27.2	31.1	27.4	28.6	30.0
Precaletador - 2do Piso, Nivel 1 *	Trabajo pesado con ambos brazos y todo el cuerpo	380-500	15 minutos por hora	45 minutos por hora	33.4	33.0	39.1	35.2	30.0
Precaletador - 2do Piso, Nivel 3 * (Lado lateral)					40.0	41.2	34.3	38.5	30.0
Precaletador - 2do Piso, Nivel 3 * (Lado posterior)					33.4	37.7	34.9	35.3	30.0
Parte inferior de Elevadores Inclinados **	Trabajo pesado con todo el cuerpo	380-500	1	--	--	37.5	--	37.5	25.9
Cadenas de Arrastre ** (Sótano del enfriador)	Trabajo pesado con todo el cuerpo	380-500	1:30	--	34.4	--	--	34.4	25.9
Túnel de Clinker **	Trabajo pesado con todo el cuerpo	380-500	6 horas semanales	--	--	27.4	30.9	29.1	25.0

(*) Se considera como ambiente exterior sin exposición solar.

(**) Se considera como ambiente interior sin exposición solar.

Tabla 4.19

una hora; el índice TGBH es de 37.5°C, y el metabolismo energético producto del tipo de trabajo varía entre 380-500 kcal/hr.

Igualmente en las cadenas de arrastre del enfriador, el índice TGBH registrado en la evaluación fue 34.4°C; el tipo de trabajo en esta área es pesado con todo el cuerpo, con un metabolismo energético de 380-500 kcal/hr.

Los operarios de limpieza del túnel de clinker, realizan la labor de limpieza en 6 horas aproximadamente durante toda la semana, no existe un período de permanencia diaria para esta labor. El índice TGBH registrado en la evaluación, fue de 29.1°C y el tipo de trabajo realizado es pesado con todo el cuerpo.

Complementariamente a las mediciones de calor radiante se efectuaron mediciones de la velocidad del aire, las mismas que han sido registradas en la tabla 4.20 del Anexo 3.

4.3.3 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos que son mostrados en la tabla 4.19 al ser comparados con los límites permisibles, observamos que han sobrepasado los valores permisibles en los siguientes lugares de trabajo: precalentador, elevadores inclinados y cadenas de arrastre del enfriador, lo que significa una exposición a los trabajadores. Es así que:

En el precalentador el operario está expuesto a una severa acción térmica, ya que los índices TGBH promedio registrados varían entre 35.2 - 38.5°C,

con riesgo para su salud, debido a que el límite permisible es de 30°C para un régimen de 25 por ciento de trabajo por 75 por ciento de descanso, por cada hora de trabajo.

En la parte inferior de los elevadores inclinados, los operarios que realizan la labor de limpieza están expuestos a un índice TGBH de 37.5°C, sobrepasando el límite permisible de 25.9°C para este tipo de trabajo, evidenciando la magnitud del riesgo ocupacional.

En las cadenas de arrastre del enfriador, el índice TGBH registrado en la evaluación fue 34.4°C, dicho valor sobrepasa el nivel permisible de 25.0°C, en este caso también podría existir riesgo ocupacional en los operarios de limpieza, producto de una severa acción térmica.

En las demás áreas de trabajo la exposición a calor radiante no evidencia una severa acción térmica sobre los trabajadores pero, no se descarta la posibilidad que pueda existir riesgo, por las siguientes razones:

En el túnel de clinker el índice TGBH promedio fue de 29.1°C, siendo el límite permisible para los operarios de limpieza de 25°C. Sin embargo, debido a que la labor de limpieza la realizan eventualmente, no existe un tiempo real de permanencia.

En el "store" de maestranza, el índice TGBH promedio obtenido no sobrepasa el límite permisible de 30°C, sin embargo alrededor de las 11 a.m. alcanzó un índice TGBH de 31.1°C sobrepasando a esta hora el límite permisible, lo cual evidencia el aumento de calor ambiental producto de la época de verano.

CAPÍTULO V

CONTROL DE LOS RIESGOS OCUPACIONALES

En la industria del cemento, constantemente hay que pensar en la eliminación y reducción del peligro ocasionado por los riesgos ambientales, a fin de garantizar para los trabajadores mejores condiciones de salud y bienestar.

Serán las medidas de control que se puedan adoptar para mejorar la relación entre el trabajador y su ocupación, las que evitaren que se produzcan en él, afecciones que alteren su salud, disminuyendo su eficiencia y por consiguiente la productividad. Las medidas de control que se adopten deben ser de orden técnico, administrativo y de protección personal.

Para este fin será necesario desarrollar un programa de control orientado a los siguientes aspectos:

1. Control en la fuente, es decir en el punto de origen o punto de generación de los agentes ambientales.
2. Control en la transmisión, durante su dispersión y movilización hacia el trabajador.

3. Control en el receptor, mediante el suministro de medios de protección personal a los trabajadores expuestos.

Al respecto, cuando las medidas de control en la fuente y en el medio de transmisión, no se pueden aplicar debido a que en ciertas operaciones no es posible reducir, significativamente el grado de exposición ocupacional o su duración es tan corta, pero que constituye riesgo para la salud; es que se recurre a los equipos de protección personal. Conviene recordar que estos implementos se consideran *la última línea de defensa del trabajador*, y en la mayoría de los casos representan una frágil defensa, la que deberá ser observada y mantenida constantemente.

5.1 Medidas de control existentes en la planta de cemento, en relación al polvo, ruido y calor radiante

Como complemento de la evaluación realizada en la planta de cemento tomada como referencia, para determinar el riesgo de exposición de los trabajadores en la industria del cemento, se han apreciado en cada etapa del proceso, las diferentes medidas de control que están aplicando en materia de prevención del riesgo ocupacional.

Control del polvo

Las fuentes de emisión de polvo en la fabricación de cemento son fundamentalmente las siguientes:

- Remoción, carguío y descarga de materia prima.

- Salida del molino-secador de crudo
- Salida del horno de calcinación
- Salida procedente del enfriador de clinker
- Salida procedente del molino de cemento
- Fugas de transporte de cemento, por canaletas espirales, fajas y otros.

La planta en estudio suele aplicar métodos de control de polvo, de manera preferencial en las fuentes de origen, por medio de dispositivos de aspiración (exhaustores) que conducen los efluentes, por medio de una corriente de aire, a separadores de varios tipos, como: ciclones, multiciclones, filtros de mangas y precipitador electrostático (electrofiltro).

En la zona de cantera se lleva cabo el riego periódico con agua de los pavimentos de polvo, pero aún así es insuficiente por el tráfico frecuente de equipos móviles que en ocasiones es rápido, y que constantemente generan el levantamiento y derrames de polvo.

También se suministran equipos de protección personal a los trabajadores expuestos a polvo, como respiradores, en algunos casos el suministro de esos elementos son limitados y en otros, los trabajadores no los usaban.

A continuación en la tabla 5.1, se presenta la información obtenida en cuanto a la ubicación de los sistemas de captación de polvo existentes en la planta.

SISTEMAS DE CAPITACIÓN DE POLVO

Ubicación	Tipo de Colector	Características
Chancadora primaria	1 ciclón	
Chancadora secundaria	1 filtro de mangas	1 sólo cuerpo
Fajas y silos del 5to piso	1 filtro de mangas	1 sólo cuerpo
Molino de crudo	1 filtro de mangas	4 cuerpos
Silo de homogeneización	1 filtro de mangas	1 sólo cuerpo
Pre calentador	1 electrofiltro	2 cuerpos, cada cuerpo de 4 secciones
Bombas "Fuller"	1 filtro de mangas	1 sólo cuerpo
Enfriador	1 multiciclón	8 descargas
Túnel de clinker	1 ciclón	
Silos de yeso y agregado	1 filtro de mangas	1 sólo cuerpo
Molino "swing"	2 filtros de mangas	1 sólo cuerpo
Molino de cemento	2 filtros de mangas	2 cuerpos
Envasadora rotativa N°1	1 filtro de mangas	4 cuerpos
Envasadora rotativa N°2	1 filtro de mangas	4 cuerpos
Envas. estacionaria N°3	1 filtro de mangas	2 cuerpos
Envas. estacionaria N°4	1 filtro de mangas	2 cuerpos
Envas. estacionaria N°5	1 filtro de mangas	3 cuerpos
Envas. estacionaria N°6	1 filtro de mangas	2 cuerpos
Silo N°1	1 filtro de mangas	2 cuerpos
Silo N°4	1 filtro de mangas	2 cuerpos
Silo N°5	1 filtro de mangas	2 cuerpos
Silo N°7	1 filtro de mangas	
Silo N°8 (en sótano)	1 filtro de mangas	
Espirales (en sótano)	1 filtro de mangas	

Tabla 5.1

En relación a los dispositivos de control de polvo, se pudo apreciar que, la efectividad de estos sistemas en determinados momentos no era buena, permitiendo la fuga de polvo a las zonas aledañas.

Control del ruido

En lo que concierne a las medidas de control del ruido que se aplican, son a nivel del receptor a través de elementos de protección personal como:

- Tapones auditivos, que en la mayoría de los casos es reemplazado por waípe o pabilo cuando son desechados. Además cabe señalar que el suministro de tapones auditivos se realiza en forma limitada a los trabajadores.
- Orejeras combinadas con tapones, específicamente a los operarios de molinos y bombas "Fuller", donde los niveles de ruido son altos, medida que es muy acertada.

Es necesario mencionar que, los operarios aún teniendo tapones u orejeras no los emplean, se infiere que es debido a la falta de un programa de educación y motivación para usar los elementos de protección, habiéndose apreciado que incluso en zonas de alto riesgo no los usaban.

En cambio los operarios de limpieza o mantenimiento cuando realizan labores en zonas de alto riesgo como en la zona de molinos, ventiladores del enfriador, bombas "Fuller", que generalmente es personal contratado, en su mayoría no emplean protectores auditivos, debido a que la empresa contratista no les proporciona.

Control del calor radiante

En lo que concierne al control de este agente, no se aplican controles en la fuente ni en la trayectoria, el control sólo se realiza mediante el suministro de equipos de protección personal a los operarios de:

- El precalentador, como cascos con caretas y guantes de asbesto, el resto de elementos de protección consiste en zapatos de seguridad y pantalones y camisa de color beige.

Por otro lado, es importante indicar que los operarios contratados que realizan labores de limpieza en las zonas cercanas el horno y salida de material caliente como elevadores inclinados, cadenas de arrastre del enfriador y túnel de clinker no usaban elementos de protección adecuada.

5.2 Medidas de control complementarias

Consideramos que aún cuando la planta cuenta con los dispositivos de control de polvo acorde con la tecnología, así mismo requiere medidas para atenuar el ruido y el calor radiante, para el cual es necesario reforzar los controles existentes con la implementación adicional de equipos y medidas que contribuyan a una mejor reducción de los ambientes polvorientos y a aquellos lugares con una marcada exposición a ruido y calor radiante.

A continuación se indica las siguientes medidas de control:

5.2.1 Control del polvo

Medidas de control técnico

1. Aplicar un sistema de captación de polvo en el área de Chancado Primario que refuerce el uso típico de ciclones (el porcentaje de eficiencia es de sólo 8.5% para partículas respirables) lo cual permitirá una mejora de la eficiencia, por ello se debe instalar complementariamente filtros de mangas, el cual tiene una eficiencia de 99 por ciento para partículas respirables
2. Las fajas transportadoras deben estar parcialmente encerradas, mantener dimensiones y una velocidad de transporte adecuadas a fin de evitar derrames, de modo que el material no salga del transportador.
3. Debido a la descarga de clinker de la torre a la cancha de almacenamiento, a gran altura, se producen grandes cantidades de polvo, los cuales son arrastrados por efecto del viento generando ambientes polvorientos en el túnel de clinker y alrededores, para el cual recomendamos la siguiente medida de control que se especifica a continuación:
 - Instalar un sistema de captación de polvo adicional a los ciclones, consistentes en filtros de mangas, debido a sus características para captar partículas finas de un tamaño del orden de 0.5 micras. En la industria del cemento se emplean ampliamente filtros de fibras

artificiales, como el poliacrilnitrilo para la descarga de aire caliente y húmedo [16].

4. Así mismo, en los lugares de trabajo que resulten afectados por la acumulación de polvo producto de las operaciones que realizan o por las corrientes de aire, es necesario tomar en consideración las siguientes medidas:
 - a) En las zonas donde el pavimento sea de tierra (Cantera) debe intensificarse el tratamiento del riego periódico con agua .
 - b) El desplazamiento de las camionetas y volquetes en las pistas de transporte dentro de la planta debe ser moderado a un límite de velocidad de 20 km/h, sobre todo en aquellas donde se deposita rápidamente polvo generado en las diversas operaciones de producción, y de esta manera evitar que la corriente de aire lo desplace.
 - c) Cuando el polvo sea apilado en rumas, éstos deben regarse con agua para formar una costra que impida que el aire lo arrastre.
 - d) En los lugares de trabajo confinados o de poca ventilación, es recomendable eliminar el polvo asentado mediante el uso de aspiradoras portátiles que evitan la dispersión durante la limpieza. Cuando ello no sea posible, los pisos deberán humedecerse bien antes de barrerlos, excepto en el área de envase, debido a que el polvo asentado es cemento.

5. Es conveniente determinar la eficiencia del funcionamiento de los sistemas de captación de polvo que se aplican en las plantas de cemento, que involucran ciclones, multiciclones, filtros de mangas y electrofiltros; que permitan de ser necesario corregir cualquier deficiencia existente. Tomar en consideración los siguientes parámetros [20]:

EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE POLVO

Tipo de colectores	Tamaño de partícula	Eficiencia
Ciclón	70 micras	20 %
	100 micras	92%
Multiciclón	3 micras	20 %
	70 micras	99 %
Filtros de mangas	0.5 - 100 micras	99 %
Electrofiltro	0.1 micra	82 %
	2 micras	99 %

Tabla 5.2

6. Con la finalidad de no contaminar con material particulado de polvo las áreas de trabajo y zonas circundantes de la planta, se requiere que se establezcan límites de emisión de partículas en la salida de las chimeneas que conforman los siguientes equipos [9]:
- del horno, 150 g/tonelada de materia prima;
 - del enfriador de clinker, 50 g/tonelada de clinker;
 - descarga de la chimenea, 100 microgramos/m³.

Por ello, se debe establecer un Programa anual de muestreo y monitoreo de polvo en la planta.

Medidas de control administrativo

El NIOSH recomienda que cuando la concentración de polvo alcance el 50 por ciento del valor límite permisible se empiece a adoptar medidas preventivas [5].

En lo que concierne al presente estudio, se ha determinado que los puestos de trabajo del túnel de clinker, fajas del 5to piso, zona de contrapeso de faja de envase y envasadora rotativa FLS, son ambientes en que la concentraciones de polvo son mayores al 50 por ciento del valor límite permisible, por consiguiente se recomienda:

1. Un examen médico ocupacional a los trabajadores expuestos, de acuerdo a los criterios, normas y procedimientos que al respecto la práctica médica tengan establecidos para este riesgo ocupacional. Los exámenes médicos pueden variar según la índole del riesgo y el nivel de las concentraciones observadas en el puesto de trabajo.
2. Rotaciones periódicas en los puestos de trabajo antes mencionados, como medida preventiva a una posible exposición de polvo respirable.

Medidas de control con equipos de protección personal

Existe una amplia variedad de equipos cuya selección debe basarse en el riesgo existente, los factores críticos para la selección son: eficiencia en la filtración, resistencia a la respiración, ajuste a la cara y aceptación del trabajador.

El uso inadecuado del respirador puede ocasionar una sobreexposición a los contaminantes, provocando enfermedades; por esta razón la selección apropiada del respirador, su uso correcto y el adiestramiento del usuario son obligatorios para obtener una adecuada protección.

Teniendo en consideración los criterios arriba mencionados, a los trabajadores expuestos a los ambientes polvorientos de cantera, producción y envase, se les debe:

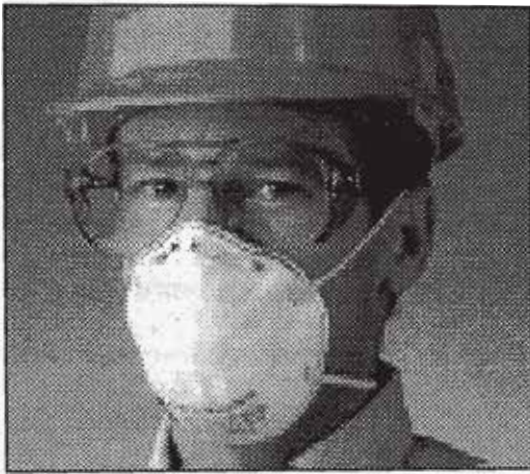
1. Motivar para que empleen obligatoriamente los equipos de protección respiratoria (respiradores para partículas de polvo respirable menores de 5 micras) proporcionados por la Empresa. La motivación deberá consistir en charlas de 5 minutos, proyección de películas, afiches y boletines, etc.
2. Supervisar su uso correcto, de lo contrario su uso incorrecto será inoperante.

Instrucciones para el uso de protectores respiratorios

1. Antes de usar cualquier respirador, el usuario debe recibir entrenamiento en el uso apropiado del mismo de acuerdo con las normas de seguridad e higiene en vigencia.
2. Abandonar inmediatamente la zona contaminada ante la presencia de mareos u otras molestias, si el respirador se daña o si se dificulta la respiración, si se pueden oler o percibir los contaminantes o si aparece irritación.

Como guía general y de acuerdo al riesgo ocupacional por exposición a polvo respirable en las plantas de cemento, se presenta en la figura 5.1, un tipo de protector personal proporcionado por los fabricantes.

Fig. 5.1 Respirador para polvos



- Ofrece una respiración fácil y cómoda a través del material filtrante
- Son livianos fáciles de ajustar al rostro, cómodos y durables.
- Tiene acolchamiento cómodo para la nariz, confiable en condiciones cálidas y húmedas.
- La laminilla que se adapta al contorno de la nariz permite asegurar un sello confiable.
- El material filtrante no distorsiona la voz.

5.2.2 Control del ruido

La adopción de las medidas de control del ruido industrial, se basan en el estudio previo de las condiciones soportadas en los puestos de trabajo, en el que figure la información más completa posible acerca de los niveles de exposición, conformidad o disconformidad con los criterios de evaluación, tipo de ruidos, vías de transmisión, etc.

Para la reducción del ruido, se deben considerar distintas medidas de control técnico, administrativo y de protección al personal, tales como diseño de ingeniería, limitación del tiempo de exposición o empleo de

dispositivos de protección individual y así alcanzar el nivel de reducción deseado.

Medidas de control técnico

1. En aquellas máquinas, equipos e instalaciones, cuyo nivel de ruido tiene su principal origen en el desgaste mecánico debido al uso, intensificar el mantenimiento mecánico preventivo; especialmente en los molinos, bombas "Fuller", ventiladores del enfriador, compresoras y motores. El mantenimiento se basará en lo siguiente:
 - Reemplazo o ajuste de piezas gastadas o desbalanceadas de las máquinas.
 - Lubricación de las piezas de las máquinas.
2. En los escapes de aire comprimido de los sistemas neumáticos, colocar silenciadores en caso de no contar con ellos, de lo contrario verificar su eficiencia y mantenimiento adecuado.
3. En la oficina de secretaría de la sala de control de producción, lugar en el cual los niveles de ruido exceden el valor de 70 dB recomendados para este tipo de ambientes, se debe reubicar o acondicionar la oficina con materiales de adecuado coeficiente de absorción, colocando cortinas en las ventanas y tapizón grueso en el piso.
4. Para evitar la reflexión del sonido en los lugares de trabajo, se deben realizar acciones correctoras, mediante la construcción o tratamiento de

paredes, techos y suelos con materiales apropiados, a fin de reducir los niveles de ruido y de esta manera proteger la salud de los operarios.

Los lugares de trabajo en las cuales se debe realizar estas medidas correctoras son:

- a) **Caseta de molinos**, según el resultado del análisis de frecuencia por bandas de octava realizado, el tiempo de permanencia sin protección auditiva dentro de la caseta debe ser de 8 horas/semana (a 500 Hz de frecuencia) aproximadamente (ver gráfico 4.7 en Capítulo IV), sin embargo según el estudio de tiempos efectuado, se determinó que el operario de molinos permanece dentro de la caseta durante 33 ½ horas/semana aproximadamente (ver tabla 4.15 en Anexo 3), sin protección auditiva. Por lo tanto, se requiere la construcción de una nueva caseta bajo consideraciones técnicas y acústicas para suplir a la actual, cuyas paredes de mapresa (cartón de 4 mm de espesor), ventanas de vidrio simple y techo de eternit no protegen adecuadamente al trabajador.

- b) **Caseta de chancadora primaria**, dado los resultados del análisis de frecuencia, el tiempo de exposición permisible dentro de la caseta debe ser de 18 horas/semana (a 500 Hz) aproximadamente (ver gráfico 4.6 en Capítulo IV), pero según el estudio de tiempos se determinó que el tiempo de permanencia del operario titular durante la semana es de 37 horas, aproximadamente. Considerando las condiciones actuales de construcción, es necesario realizar un acondicionamiento acústico de la caseta, que actualmente está

constituida por paredes simples de albañilería, ventanas de vidrio (convencional), piso y techo de concreto y puerta principal maciza.

Teniendo en consideración los requerimientos expuestos en a) y b), a continuación se presenta las medidas correctoras a llevarse a cabo, que incluyen parámetros de diseño y acondicionamiento acústico.

Diseño acústico de la caseta de molinos:

El nivel de ruido deseado en lugares de trabajo donde se requiera comunicación telefónica debe estar entre 65 y 70 dBA [8].

Para el diseño se tomó en cuenta el análisis de bandas de octava realizado en el lugar de la caseta y los requerimientos acústicos representados por las curvas NRR considerando el nivel de ruido deseado en dBA (ver tabla 5.3 y 5.4 en Anexo 6). En la tabla siguiente se presentan dichos valores:

Hz	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
L_p	95	89	109	105	95	87	86	80	70	52
NRR-55	73	70	66	62	59	55	51	48	48	--
NRR-60	76	73	69	66	63	59	56	53	53	--

L_p : Nivel de presión sonora (en dB) en el lugar de la caseta.

NRR : Niveles de ruidos requeridos de 55 a 60, a diferentes frecuencias.

El diseño de la caseta, incluye el traslado del tablero de control de molinos aproximadamente 3 metros a la derecha, tomando en cuenta las condiciones operacionales del mismo y las medidas de seguridad

pertinentes, y de esta manera evitar exposiciones de ruido innecesarias del operario.

Las características de diseño son las siguientes [19]:

Dimensiones: 4.5 m de largo x 3.0 m de ancho x 3 m de altura.

Materiales:

- Paredes de hormigón de 15 cm de espesor.

Masa de la pared: 350 Kg/m²

Índice de debilitamiento acústico medio: 48 dB a 500 Hz.

Índice de debilitamiento obtenidos en las frecuencias:

Graves: 38 dB

Medias: 52 dB

Agudas: 62 dB

Enlucido interno y externo de cal de 1.5 cm de espesor.

Nivel de presión sonora obtenido con el aislamiento acústico: 61 dBA.

- Ventana (1), ubicada a un metro del piso en la parte frontal, con doble vidrio de 10mm de espesor de una sola lámina cada una y una cámara de aire entre ambas. Además debe llevar juntas flexibles de espuma plástica o de metal en los marcos de las ventanas.

Masa del vidrio (m): 25 Kg/m²

Cámara de aire (d) en cm:

$$f_{res} = 840 \sqrt{\frac{1}{d} \left[\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right]} = 80\text{Hz}$$

Reemplazando en la fórmula tenemos que la cámara de aire debe ser aproximadamente 9 cm, para una frecuencia de resonancia (f_{res}) inferior o igual a 80Hz.

Dimensiones: 1.50 m de largo x 1.00 m de alto.

Índice de debilitamiento acústico medio: $32 + 4 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$ a 500Hz.

Índice de debilitamiento obtenidos en las frecuencias:

Graves: $25 + 4 \text{ dB} = 29 \text{ dB}$

Medias: $32 + 4 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$

Agudas: $36 + 4 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$

El aumento de aislamiento está en función de la cámara de aire, que para este caso será de 4 dB

Nivel de presión sonora obtenido con el aislamiento acústico: 70 dBA.

- Piso, losa de hormigón de 15 cm de espesor

Masa del piso: 350 Kg/m^2

Índice de debilitamiento acústico medio: 48 dB a 500 Hz.

Índice de debilitamiento obtenidos en las frecuencias:

Graves: 38 dB

Medias: 52 dB

Agudas: 62 dB

Enlucido interno con yeso y cemento de 1 cm de espesor.

Revestido con alfombra gruesa, con coeficiente de absorción alto.

Nivel de presión sonora obtenido con el aislamiento acústico: 61 dBA

- Puertas (2), una puerta externa maciza con pestañas de sello de poliuretano autoencolado o bien de neopreno en el rebajo, una puerta interna de vidrio de 10 mm de espesor.

Ubicadas en corredor de 2.5 m de longitud x 1 m de ancho x 3 m de altura, una tras de otra separadas por una distancia de 1.5 mts.

Dimensiones: ancho 0.9 m x altura 2.5 m.

Masa del vidrio : 25 Kg/m².

Índice de debilitamiento acústico medio del vidrio: 32 dB a 500Hz.

Índice de debilitamiento medios obtenidos en las frecuencias:

Graves: 25 dB

Medios: 32 dB

Agudos: 36 dB

Índice de debilitamiento acústico medio de una puerta maciza con junta y umbral: 32 dB a 500 Hz.

- Techo constituido por una loza flotante de 4 cm de espesor (cielo raso), una manta de lana de vidrio (lana mineral) de 1 cm y una loza de hormigón armado de 13 cm de espesor con enlucido de yeso y cemento de 1 cm de espesor.

Masa del techo: 390 Kg/m²

Índice de debilitamiento acústico medio: 48 dB a 500 Hz.

Índice de debilitamiento posibles en las frecuencias:

Graves: 41 dB

Medias: 52 dB

Agudas: 65 dB

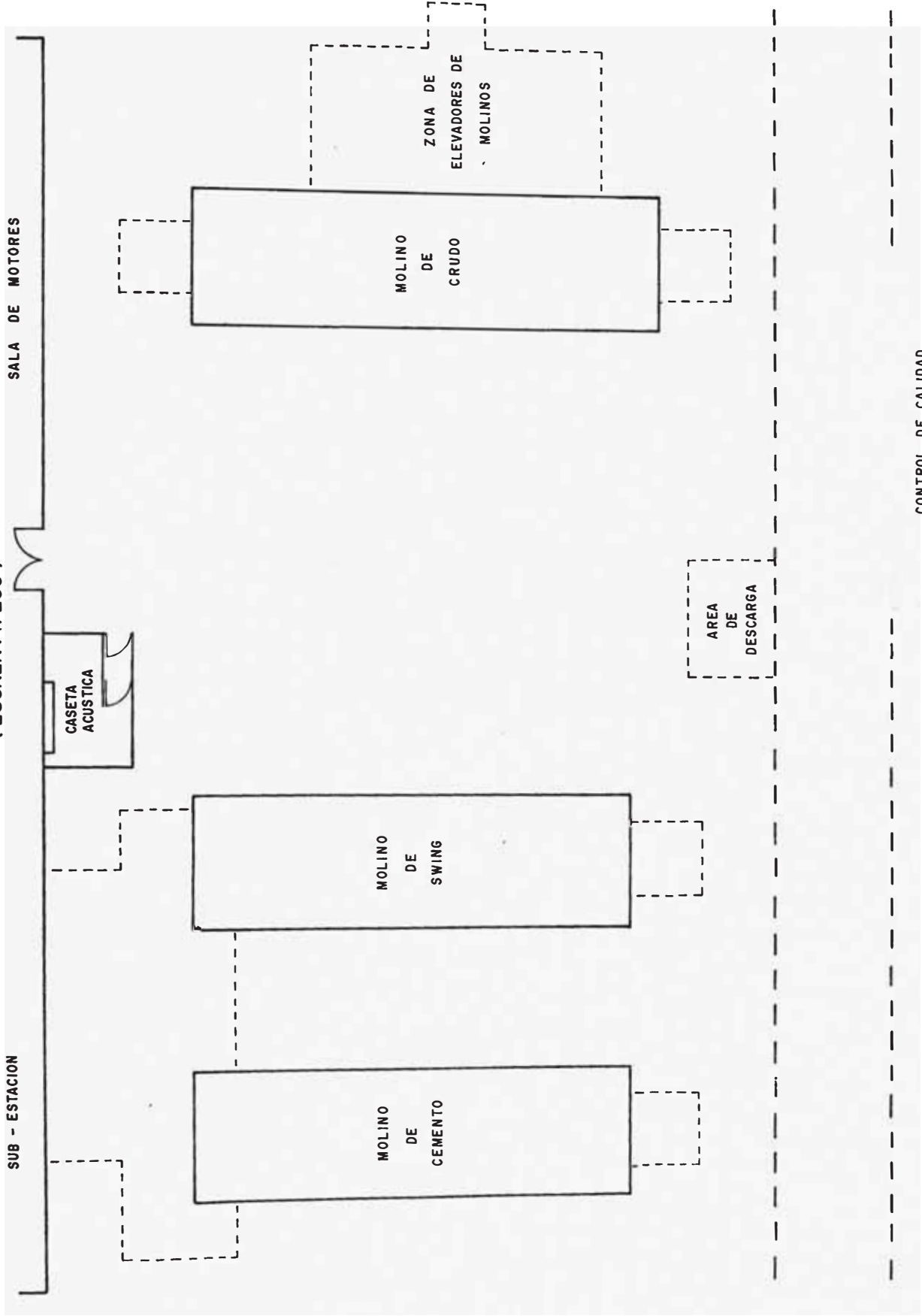
Nivel de presión sonora obtenido con el aislamiento acústico: 58 dBA.

- Ventilación: Sistema de aire acondicionado tipo Split de pared y de bajo nivel sonoro, capacidad de 14,000 BTU/hr.

A continuación, se presenta el plano de ubicación de la caseta acústica y un esquema de diseño y estructuras.

PLANO DE UBICACION DE LA CASETA ACUSTICA

(ESCALA : 1/200)



CONTROL DE CALIDAD
SALA DE CONTROL

Acondicionamiento acústico de la caseta de la chancadora primaria

El análisis de bandas de octava realizado dentro de la caseta y los requerimientos acústicos representados por las curvas NRR (ver Anexo 6) considerando el nivel de ruido deseado entre 65 y 70 dBA se presentan en la tabla siguiente:

Hz	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
L_p	86	85	105	100	90	83	80	75	68	50
NRR-55	73	70	66	62	59	55	51	48	48	--
NRR-60	76	73	69	66	63	59	56	53	53	--

L_p : Nivel de presión sonora (en dB) en la caseta de la chancadora primaria a determinada frecuencia.

NRR : Niveles de ruidos requeridos de 55 a 60, a diferentes frecuencias.

El acondicionamiento de la caseta, incluye los siguientes [19]:

Materiales:

- Paredes, se considera las mismas, debido a que para aislamientos de frecuencias medias inferiores a 30 dB, se emplean paredes simples de albañilería.
- Ventanas, modificarlas con doble vidrio de 10mm de espesor de una sola lámina cada una y una cámara de aire entre ambas.

Masa del vidrio (m): 25 Kg/m²

Cámara de aire (d) en cm:

$$f_{res} = 840 \sqrt{\frac{1}{d} \left[\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right]} = 80\text{Hz}$$

Reemplazando en la fórmula tenemos que la cámara de aire debe ser mínimo de 9 cm, para una frecuencia de resonancia inferior o igual a 80Hz.

Índice de debilitamiento acústico medio: $32 + 4 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$ a 500Hz.

Índice de debilitamiento obtenidos en las frecuencias:

Graves: $25 + 4 \text{ dB} = 29 \text{ dB}$

Medias: $32 + 4 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$

Agudas: $36 + 4 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$

El aumento de aislamiento está en función de la cámara de aire, que para este caso será de 4 dB

Nivel de presión sonora obtenido con el aislamiento acústico: 70 dBA.

- Piso, acondicionarlo con madera o parquet, de 1.5cm de espesor.

Masa de la madera: 9 Kg/m^2 .

Índice de debilitamiento acústico medio: 26 dB a 500Hz.

Índice de debilitamiento obtenidos en las frecuencias:

Graves: 18 dB

Medias: 30 dB

Agudas: 35 dB

- Puertas, se deberá considerar la misma puerta principal de entrada, acondicionándola con pestañas de sello en la parte inferior de poliuretano autoencolado o neopreno, la puerta auxiliar deberá tener las mismas características que la principal, en cuanto a material se refiere.
- Techo, acondicionarlo con enlucido interno de yeso.

- Ventilación: Sistema de aire acondicionado tipo Split de pared y de bajo nivel sonoro, capacidad de 10,900 BTU/hr.

Medidas de control administrativo

Permiten controlar la exposición al ruido excesivo de los trabajadores, sin tener que modificar el proceso o la operación. Estos se consiguen generalmente cambiando los esquemas de producción, rotando y reubicando a los trabajadores en los lugares de trabajo, para disminuir así el tiempo de exposición a límites aceptables. Esto incluye acciones tales como:

1. En los lugares de trabajo con niveles de ruido alto, se deben transferir o rotar a los trabajadores a otro con un nivel de ruido menor, para permitir que su tiempo de exposición diaria a ruido sea más aceptable y no resulte sobreexposición; tal medida se debe poner en práctica entre los operarios de la perforadora N° 11-Tamrock, molinos y bombas "Fuller".
2. A los trabajadores con mayor tiempo de servicio y que trabajen en áreas ruidosas donde los niveles de ruido excedan los 90 dB, se les debe realizar un examen audiométrico, con el objeto de determinar la condición de su capacidad auditiva, e ir disponiendo de registros personales con la finalidad de formar un archivo de los mismos.
3. Para evitar exponer en forma innecesaria a niveles altos de ruido al personal administrativo y visitante que ingrese a la planta, se debe establecer una norma interna donde se señale la obligación del uso de protectores.

4. En lugares estratégicos de la planta, se debe diseñar y ubicar avisos alusivos a la conservación de la audición, que incentiven el uso de los protectores auditivos por parte de los trabajadores y visitantes en general. Especialmente en las zonas de molinos, bombas "Fuller", ventiladores del enfriador, compresoras y motores.
5. Se debe motivar y educar a los trabajadores para el uso de protectores auditivos, también se debe controlar su uso y establecer su mantenimiento adecuado.

Medidas de control con equipos de protección personal

En muchas situaciones industriales no es práctico ni económico reducir el ruido a niveles que no representen riesgos o molestias para la audición. En todas estas situaciones los protectores de oídos son de gran valor y deben recomendarse

Los protectores de oído se clasifican en: tapones auditivos, orejeras y cascos. Estos pueden llegar a reducir el nivel de ruido en el oído de 10 a 45 dB, y a veces hasta 50 dB, según sea su estructura y la frecuencia sonora . La combinación de tapones y orejeras, dan de 3 a 5 dB, más de protección[11].

Para tal efecto se dan las siguientes pautas para el control

1. Suministrar protectores auditivos, tipo orejeras o tapones de uso obligatorio en los operarios que realizan mantenimiento preventivo en las siguientes zonas de trabajo:

- Molinos
- Enfriador
- Bombas "Fuller"
- Peforadoras N°11-Tamrock y N°10-Ingersol Rand
- Cuarto de compresoras de envase nuevo
- Sala de compresoras FLS

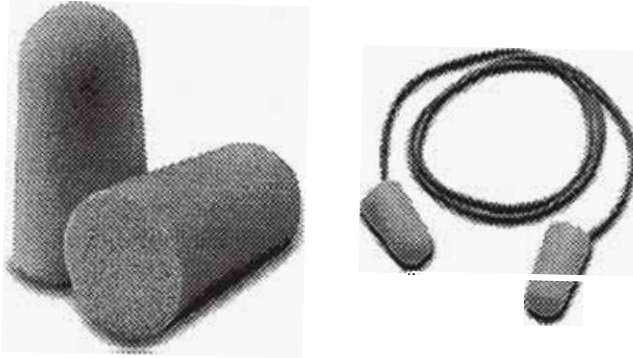
Los protectores auditivos deberán reducir por seguridad y confort, como mínimo 29 dBA, debido a los altos niveles de ruido registrados en las áreas de trabajo arriba mencionadas.

2. De igual manera, se deberá proveer protectores auditivos en los lugares de trabajo donde los niveles de ruido estén comprendidos como mínimo entre 85-90 dB y con una atenuación mínima de 15 dB.

A continuación en las figuras 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5, se presentan algunos protectores auditivos, con la atenuación y características propias, proporcionadas por los fabricantes, que podrían ser empleados en la protección auditiva individual de los trabajadores.

PROTECTORES AUDITIVOS

Fig. 5.2: Tapones de espuma - Valor de atenuación: 29



- De superficie suave, flexible y antialérgica .
- Se adapta rápidamente a la forma del conducto auditivo.
- Su mayor longitud facilita la adaptación al oído y su remoción
- Excelente nivel de reducción de ruidos. NRR 29

Fig. 5.3: Orejeras - Valor de atenuación: 29

- Se doblan de manera única para almacenarse en poco espacio.
- Las almohadillas de vinilo y esponja son reemplazables.
- Acolchamiento suave, banda extra larga para la cabeza para un ajuste fácil y cómodo.
- Por su bajo peso el trabajador se fatiga menos.
- Excelente atenuación, incluso en frecuencias bajas.



Fig.5.4: Orejeras - Valor de atenuación: 26

- Copas de plástico ABC resistentes a golpes, diseñadas para ayudar a mejorar la atenuación.
- Tienen almohadillas de vinilo suaves reemplazables.
- Para mayor comodidad este modelo tiene suave acolchamiento en la banda de la cabeza.
- Protección eficaz: NRR de 26



Fig.5.6: Orejeras - Valor de atenuación: 24

- También tiene copas de plástico resistentes a golpes.
- Tienen almohadillas de vinilo suaves y reemplazables.
- Tiene una banda de una pieza que sigue el contorno de la cabeza, reduciendo al mínimo la presión y haciéndolas más cómodas de usar.
- Buena atenuación: NRR de 24



Los requerimientos básicos para los protectores auditivos, deben estar de acuerdo con los siguientes: atenuación del ruido, confort, ausencia de efectos adversos en la piel, conservación de la palabra clara, fácil manejo y durabilidad.

Instrucciones para el uso de los protectores auditivos

1. El oído del trabajador debe ser examinado y las pruebas auditivas deben ser realizadas en el momento en que es fijado el protector, y continuar después este chequeo de forma periódica.
2. Los tapones de oído se deben fijar individualmente en cada oído.
3. Si los conductos auditivos no son de la misma medida, se deben solicitar tapones de diferentes medidas.
4. Debe serle permitido al trabajador escoger dos o tres tipos diferentes de tapones de oído, en el momento en que éstos le son ajustados.
5. Se debe hacer una labor educativa con los trabajadores, para convencerlos de la necesidad de utilizar los protectores de oído y de los beneficios que se ganan con su uso firme y continuado.

6. Debe existir un buen sellaje entre la superficie de la piel y la del protector de oído, ya que una pequeña filtración puede destruir la efectividad de la protección.
7. Si los protectores de oído son conservados limpios, no habrá ninguna reacción desfavorable, tales como irritaciones, infecciones, inflamaciones.
8. Los protectores de oído deben ser hechos de materiales blandos, como neoprene, ya que un material duro ajustado puede dañar el conducto auditivo.
9. Los protectores de oído no proporcionan la misma cantidad de atenuación del ruido en el terreno que en el laboratorio, probablemente por su incorrecto ajuste y mal sellaje.
10. Los protectores de oído deben estar ajustados de modo correcto, ya que disminuyen su efectividad durante las horas del día, por efecto de la conservación, masticación, o cualquier otra actividad.

Programa para la conservación de la audición

Debido a que en la mayoría de los ambientes de las plantas de cemento existen niveles de ruido que podrían perjudicar la salud y seguridad de los trabajadores, es recomendable establecer un Programa de la conservación de la audición.

Para el planeamiento y ejecución de esta actividad, es necesario constituir un comité de control de ruido conformado por representantes del área de producción, seguridad industrial y departamento médico, como parte del

Programa de Seguridad Industrial, que debe desarrollar cada planta. Dicho comité podrá coordinar, plantear, programar y ejecutar el programa.

El programa para la conservación de la audición que se describe a continuación expresa una valoración global de los diversos factores que influyen en la pérdida de la capacidad auditiva, así como los respectivos métodos de control.

En el desarrollo del programa se abarcarán los siguientes aspectos:

1. Evaluación periódica del nivel de ruido

La evaluación del ruido incluye el reconocimiento y la medición de este agente físico.

El reconocimiento es la actividad cuyo objetivo es identificar sensorialmente todas aquellas áreas donde los niveles de ruido sean significativos, así como el número de personas expuestas a esta situación.

La evaluación debe ser periódica (cada año), y realizada por personal capacitado, a fin de apreciar los cambios que se produzcan por alteraciones de las operaciones de manufactura o por las medidas de control aplicadas en reducción del ruido. Si en caso hubiera cambios de equipos o procedimientos de trabajo, los estudios de ruido se deberán realizar a los 60 días del cambio.

Una evaluación apropiada debe considerar los tipos de instrumentos a utilizar, el tipo de estudio requerido, el registro de datos, análisis de datos y preparación del informe.

2. Control de la exposición al ruido

El comité deberá estudiar cada operación, máquina y lugar de trabajo determinado las causas más importantes del ruido. En lo referente al control, procediendo a su corrección en las fuentes de origen, ya sea por arreglos mecánicos, encerramientos acústicos en determinados lugares y de ser posible la sustitución o el cambio de materiales. En la adquisición de maquinarias y herramientas, se tendrá en cuenta en su selección la producción de ruido.

3. Exámenes audiométricos de los trabajadores

Los exámenes permitirán conocer los efectos del ruido en el sentido auditivo del trabajador, posible incidencia y grado de afección; y deberán ser realizados por médicos especialistas. Los exámenes deberán realizarse a los trabajadores a los trabajadores que trabajen en áreas ruidosas, y a aquellos que resulten afectados luego de haber realizado la evaluación.

4. Suministros de equipos de protección personal

Cuando los niveles de ruido determinados signifiquen un riesgo para el trabajador, el suministro de equipos de protección personal auditiva deberán hacerse de inmediato, toda vez que la reducción del ruido requiere decisiones y cambios considerables antes de que se logre el control deseado.

El comité determinará los protectores auditivos a suministrarse, que podrían ser orejeras o tapones de los conductos auditivos; en la decisión de los más adecuados se tendrá en cuenta la naturaleza del trabajo, las condiciones ambientales y la preferencia individual. Esto reducirá notablemente la fatiga auditiva que se produce en los operarios de las zonas afectadas.

5.2.3 Control del calor radiante

En el control del calor radiante se pretende eliminar o desplazar energía calórica, para ello se efectúan modificaciones que corrigen la carga térmica en los lugares de trabajo. Los procedimientos para el control de calor radiante son:

- Protección contra las fuentes exteriores de calor.
- Protección contra las fuentes interiores de calor.
- Tratamiento del medio de propagación.
- Adopción de medios de protección sobre las personas.

Medidas de control técnico

La protección se hará tratando de reducir la transmisión del calor a través, de los procedimientos de control siguientes:

1. Remodelación del "Store" de Maestranza, considera :
 - Planchas de aluminio corrugado en el techo, con el fin de reflejar las radiaciones incidentes sobre éste.

- Adicionalmente se incluirán ventiladores de pared de 2 cambios por hora (2,000 p³ /hr), para mejorar las condiciones termoambientales mediante el desplazamiento de aire fresco sobre el personal expuesto.
2. Debido a la aglomeración de polvo existente en el túnel de clinker, se debe determinar la eficiencia del funcionamiento del sistema de ventilación, de lo contrario estudiar la factibilidad de instalar un nuevo sistema de ventilación. Esta medida espaciará la exposición a calor radiante que soportan los trabajadores encargados de la limpieza.

Medidas de control administrativo

1. A los trabajadores expuestos y de mayor sensibilidad al calor radiante, se debe realizar una rotación de los puestos de trabajo, a través de un Programa de control administrativo.
2. Para los operarios que realizan limpieza en las cadenas de arrastre, elevadores inclinados y túnel de clinker, se deben programar turnos rotativos de trabajo. De otro lado, la tarea debe realizarse durante las horas del día, donde las temperaturas ambientales sean bajas, especialmente en la época de verano, considerándose las primeras horas del día hasta las 9 a.m. y en las tardes a partir de la 3 p.m.
3. No deben ser ocupados en ambientes con carga térmica elevada, las personas con deficiencias cardiovasculares, los obesos, los que padecen enfermedades a la piel, etc.

4. Realizar controles médicos en los operarios del precalentador y de limpieza de las zonas de túnel de clinker, cadenas de arrastre y elevadores inclinados, realizándose la medición de índices fisiológicos, como niveles de electrolitos de sangre (sodio y potasio).

Medidas de control con equipos de protección personal

1. En las áreas con exposición a calor radiante, a excepción del precalentador, los operarios que realicen labores de limpieza deben usar ropas ligeras de colores claros.
2. En el precalentador, los operarios deben usar vestimenta adecuada, que incluirá: guantes de asbesto, botas y cascos con protección facial contra radiación infrarroja.

Además es conveniente

1. Para contrarrestar la pérdida de sales, producto de la exposición a calor radiante en los lugares de trabajo antes mencionados se deben colocar, en forma estratégica bidones de agua fresca, que contenga sal, en la proporción de 1 gramo por cada litro de agua.
2. Dentro del Programa de Higiene y Seguridad, se debe establecer un programa anual de medición de calor radiante, en aquellas áreas donde exista riesgo ocupacional o posible exposición a calor radiante, debido a cambios de equipos o procedimientos que hagan variar las condiciones prevalentes durante la última evaluación.

5.3 Costos de inversión estimados para la aplicación de las medidas de control complementarias

La aplicación de medidas de control complementarias, refieren no solamente la orientación del punto de vista técnico, administrativo y de protección al personal, sino también los costos asociados a cada una de las recomendaciones que están señalados en el ítem 5.2.

A continuación se presentan los costos estimados, que involucraría lo siguiente:

1. Sistemas de captación de polvo \$118,000

a) Área de chancado primario.

Capacidad de producción:	1,300 TM/Hr
Nombre del equipo:	Filtro de mangas.
Eficiencia:	99 %
Costo del equipo:	\$ 80,000
Costo de instalación:	\$ 8,000
Costo total:	\$ 88,000

b) Área del túnel de clinker

La capacidad se estima en función del flujo de

capacidad de molienda:	105 TM/Hr
Nombre del equipo:	Filtro de mangas.
Eficiencia:	99 %
Costo del equipo:	\$ 25,000

Costo de instalación:	\$ 5,000
Costo total:	\$ 30,000

2. Estudio de eficiencia de sistemas¹ \$19,500

a) Sistemas de captación de polvo

2 ciclones x \$1000 c/u :	\$ 2,000
1 multiciclón x \$2000:	\$ 2,000
2 ciclones x \$1000 c/u:	\$ 2,000
23 filtros de mangas x \$250 c/u :	\$ 5,750
Sub-total 1:	\$11,750
Análisis de las muestras 20%	\$ 2,350
Sub-total 2:	\$14,100
Utilidad 25%:	\$ 3,525
Total:	\$17,625

b) Sistema de ventilación del túnel de clinker

Costo:	\$ 1,500
Utilidad 25%:	\$ 375
Total:	\$ 1,875

3. Correcciones acústicas \$ 39,916

a) Construcción de caseta acústica en la zona de molinos²

Costo total de caseta de 13.5m ² :	\$ 36,285
---	-----------

b) Acondicionamiento acústico en caseta**del área de chancado primario²**

Costo total: \$ 3,391

c) Acondicionamiento acústico de oficina de secretaría de la sala de control de producción

Cortinas 5m x 3m : \$ 90

Tapizón grueso 20 m²: \$ 150

4. Remodelación del techo del "Store" de maestranza \$ 1,227

Planchas de aluminio corrugado para cubrir

el techo de 28 m² (12 planchas 3m x 0.9m): \$ 837

Instalación: \$ 210

Ventiladores de pared, de 2,000 p³ /hr

2 ventiladores x \$ 90: \$ 180

5. Programa de monitoreo anual¹ \$ 62,928

Estudio de las emisiones de la planta:

12 mediciones de chimenea x \$1,000c/u

x 3 meses: \$ 36,000

Estudio de la calidad del aire:

Polvo en suspensión en 4 estaciones de monitoreo por mes

4 estaciones x \$200 c/u x 12 meses: \$ 9,600

Sub-total 1:	\$ 45,600
Gastos generales 20%:	\$ 9,120
Sub-total 2:	\$ 54,720
Utilidad 15%:	\$ 8,208
Total:	\$ 62,928

El monitoreo a nivel de chimenea y calidad de aire debe realizarse siguiendo lo establecido en los Protocolos de Energía y Minas.

6. Programa de la conservación de la audición \$14,830

a) Para la evaluación periódica

1 sonómetro con analizador de bandas de octava con rango de 130-140 dBA:	\$ 4,130
4 dosímetros:	\$ 3,540
1 Ing. de Higiene y Seguridad Industrial con conocimientos de acústica y ruido industrial por 2 meses al año:	\$ 2,000
Total:	\$ 9,670

b) Para los exámenes audiométricos de los trabajadores

Según el análisis ocupacional: 20 trabajadores del área de producción, 6 del área de cantera y 10 de mantenimiento 36 trabajadores x \$10 c/examen:	\$ 360
--	--------

c) Para el suministro de equipos de protección

Número de trabajadores: 100

Selección del tamaño :

5% x 100 trabajadores: 5 tapones auditivos pequeños

75% x 100 trabajadores: 75 tapones auditivos medianos

15% x 100 trabajadores: 15 tapones auditivos grandes

5% x 100 trabajadores : 5 tapones auditivos extragrandes

100 trab.x 2 tapones/mes x 12 meses: 2,400

2,400 tapones x \$ 2 c/tapón: \$ 4,800

7. Evaluación periódica, para verificar la disminución del riesgo ocupacional, por la aplicación de medidas de control

\$ 8,610

a) Muestreo de polvo respirable

1 muestreador gravimétrico modelo G : \$ 1,085

Filtros de celulosa (caja x 50 = \$ 96) \$ 25

3 muestreos por punto, total 12 muestras

1 Ing de Higiene y Seguridad Industrial,
especialista en muestreo ambiental por

1 ½ mes: \$ 1,500

Total: \$ 2,610

Los puntos de muestreo serán: túnel de clinker, envasadora FLS, fajas del 5to piso y zona de contrapeso de faja.

b) Mediciones de ruido

Los costos están indicados en el punto 7a).

c) Mediciones de calor radiante

Para la evaluación periódica

1 equipo de medición de estrés calórico: \$ 5,000

1 Ing. de Higiene y Seguridad con
conocimientos de calor radiante,

por 1 meses al año: \$ 1,000

Total: \$ 6,000

8. Exámenes médicos ocupacionales \$ 1,150

a) Según las concentraciones de polvo observadas en los puesto de trabajo de: túnel de clinker, fajas de 5to piso, zona de contrapeso de faja y envasadora rotativa FLS.

10 trabajadores x (\$30 examen clínico+

\$10 examen de esfuerzo físico + \$15

placa radiográfica): \$ 550

b) Examen audiométrico a los trabajadores con mayor tiempo de servicio y que trabajen en zonas ruidosas.

Los costos están indicados en el punto 7b.

c) Controles médicos a los operarios del precalentador y operarios de limpieza del túnel de clinker, cadenas de arrastre y elevadores inclinados.

15 trabajadores x \$ 40 examen de
índices fisiológicos: \$ 600

9. Equipos de protección personal \$ 5,119

a) Respirador para polvos (para partículas menores de 5 micras)

96 trabajadores x 2 resp./mes x
12 meses x \$1.10: \$ 2,534

b) Tapones auditivos a los visitantes y personal administrativo que
ingresen a la planta.

30 visitantes/mes x 12 meses * \$ 2: \$ 720

15 administrativos x 2 tapones/mes x
12 meses x \$ 2: \$ 720

Total: \$1,440

c) Tapones auditivos y orejeras para las labores de mantenimiento
preventivo en las zonas de mayor riesgo señaladas en el ítem 5.2.2.

Número de trabajadores: 15

Tapones x 15 trabajadores x \$ 2 c/tapón: \$ 60

Orejeras x 15 trabajadores x \$ 15c/orejera: \$ 225

Total: \$ 285

d) Equipos de protección de calor radiante

Para los operarios de limpieza:

Ropas ligeras (pantalón de drill y polo
o camisa de algodón)

10 trabajadores x \$20: \$ 200

Para los operarios del precalentador:

Ropa de trabajo de drill o mameluco x

6 trabajadores x \$ 25 c/u: \$ 150

6 pares de botas x \$ 36 c/par: \$ 216

6 casco con protección facial x\$19c/u: \$ 114

6 pares de guantes de asbesto de 24 "x
\$30 c/par: \$ 180

Total: \$ 860

**10. Motivación y educación de trabajadores
para el uso de equipos de protección. \$ 2,771**

Charlas de 5 minutos:

121 publicaciones/semana x 0.25\$ c/u

x 52 semanas: \$ 1,573

Afiches de Higiene Ocupacional

15 afiches/mes x \$1.20 c/u x 12 meses: \$ 216

Boletín de prevención de riesgos ocupacionales

121 boletines x \$0.50 c/u x 4 veces/año: \$ 242

Películas y diapositivas

\$500 al año x 1 año : \$ 500

Cursos de prevención de agentes ambientales

2 cursos/año x \$20 material/curso : \$ 40

Concursos

De Higiene Ocupacional x \$ 200 al año: \$ 200

11. Avisos alusivos a la conservación de la audición \$ 100

10 avisos x \$10 c/u: \$ 100

12. Aspiradoras industriales manuales \$ 270

2 aspiradoras x \$ 135 c/u: \$ 270

COSTO TOTAL: \$ 156,539

¹ Costos proporcionados por Consultoras Ambientales
El presupuesto de la construcción y acondicionamiento de las casetas de presenta en el anexo 6.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Los resultados del estudio realizado, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1. Se ha determinado la magnitud del riesgo ocupacional por exposición a los agentes ambientales característicos de la industria del cemento por vía seca, método de aplicación predominante en el país.
2. Se ha comprobado que los métodos de evaluación del riesgo ocupacional a polvo, ruido y calor radiante, son de fácil aplicación y susceptibles de realizar en el país.
3. La evaluación realizada ha demostrado que el riesgo por exposición ocupacional a *polvo respirable*, no ha significado un riesgo para la salud de los trabajadores por su bajo contenido de sílice libre. No obstante determinadas ocupaciones están expuestas a elevadas concentraciones de polvo que conducen a una exposición ocupacional significativa, como en

el túnel de clinker, envasadora rotativa FLS, fajas del 5to piso y zona de contrapeso de faja.

En cuanto a los resultados obtenidos en la evaluación de *ruido*, estos nos permiten concluir que los operarios de molinos, perforadora N°11-Tamrock y bombas "Fuller", están expuestos a niveles de ruido mayores de 90 dBA sobrepasando el tiempo máximo de exposición. Al mismo tiempo el estudio ha permitido comprobar que la mayoría de los ambientes de la planta son ruidosos, producto de las máquinas y equipos afectando las zonas de molienda, perforadoras, bombas "Fuller", compresoras, chancado primario, ventiladores y cadenas de arrastre del enfriador y túnel de clinker.

4. Referente a la evaluación de *calor radiante*, los resultados nos permiten concluir que determinadas operaciones, como las que realizan los operarios del precalentador y los operarios de limpieza de la parte inferior de los elevadores inclinados y cadenas de arrastre, están expuestos a una severa acción térmica sobrepasando los límites permisibles según el tipo de trabajo que realizan. Sin embargo no se descarta la posibilidad de una exposición en los operarios de limpieza del túnel de clinker y del "store" de maestranza.
5. Si bien, la empresa proporciona equipos de protección personal en función del riesgo, se ha podido apreciar que se dan en forma limitada y que los trabajadores tienen poco conocimiento de la importancia de su uso.

6. En la industria del cemento, las fábricas si bien por la embargadura que las caracteriza, cuentan con un Departamento de Higiene y Seguridad que deba velar por la salud y bienestar de los trabajadores, en la realidad esto no se cumple, porque se da más énfasis a la seguridad industrial dejando de lado los agentes ambientales inherentes al proceso productivo, que pueden alterar en determinadas circunstancias la salud y bienestar del trabajador.

6.2 RECOMENDACIONES

Se considera necesario intensificar las acciones y medidas de control conducentes a la prevención del riesgo ocupacional por polvo, ruido y calor radiante, formuladas en el Capítulo V, las cuales se basan fundamentalmente en cuatro aspectos fundamentales: educación, legislación, ingeniería y economía.

Recomendaciones generales

1. **Motivación del personal**, el desarrollo de las actividades para la capacitación y motivación de los trabajadores debe ser orientado a todo nivel, incluyendo a supervisores y personal administrativo, con la finalidad de lograr un mejor entendimiento en la aplicación de las disciplinas de Higiene y Seguridad Industrial. La motivación consistirá en charlas de 5 minutos, afiches, boletines, concursos, cursillos sobre uso y mantenimiento de los equipos de protección personal y demás dispositivos de seguridad.

2. **Manuales y reglamentos internos**, las empresas deben contar con manuales y reglamentos internos de Higiene y Seguridad Industrial, basados en normas legales vigentes de la salud y hacerles llegar a los trabajadores para su cumplimiento, mediante la revisión e interpretación de los dispositivos legales vigentes que reglamentan los aspectos de salud ocupacional en la industria del cemento.
3. **Medidas de control de orden técnico**, la aplicación de medidas de control están orientadas al control de los agentes ambientales en los procesos y operaciones que se realizan en la planta; a través de aplicaciones de ingeniería (equipos, control acústico, aislamiento térmico, ventilación, etc) de manera preferencial en los lugares que han mostrado riesgo ocupacional evidentes en la investigación realizada, las cuales deben ser evaluadas periódicamente, para verificar si con su aplicación se está disminuyendo el riesgo ocupacional; la evaluación incluirá una inspección de los ambientes de trabajo y un muestreo de los agentes ambientales.
4. **Economía**, el cumplimiento de las recomendaciones debe ser competencia del Departamento de Seguridad e Higiene Industrial, el cual ha de recibir el apoyo de la autoridad gerencial de más alto nivel de la empresa, destinándose los recursos necesarios para que el departamento pueda realizar las medidas de orden técnico, administrativo y de protección personal que se proponen y, dar las acciones del caso para que cuente con el personal necesario para llevar a cabo este programa de control y así elevar sus niveles de producción, salvaguardando la salud del trabajador.

Recomendaciones específicas

1. En lo que concierne a la exposición de polvo, en el Capítulo V se han presentado medidas de control complementarias que van a contribuir a una mejor reducción de los ambientes polvorientos, principalmente en las zonas del chancado primario y túnel de clinker lugares que requieren la aplicación de:
 - Un sistema de captación de polvo adicional a los ciclones, como filtros de mangas.
 - Así mismo medidas aplicables a la acumulación de polvo en los lugares de trabajo, caminos de tierra y en rumas.

2. En el caso del agente físico, ruido las medidas están orientadas a los ambientes ruidosos, donde se recomienda principalmente un *Programa para la conservación de la audición*, el cual ha sido desarrollado en el Capítulo V; adicionalmente se han indicado también medidas de orden técnico, administrativo y de protección al trabajador, citándose entre las principales:
 - Mantenimiento mecánico preventivo, especialmente en los molinos, bombas "Fuller", ventiladores del enfriador, compresoras y motores.
 - Construcción de una caseta acústica en el área de molinos.
 - Acondicionamiento acústico en la caseta del chancado primario.
 - Rotación de los trabajadores expuestos a niveles altos de ruido a lugares con menores niveles de ruido.
 - Exámenes audiométricos a los trabajadores con mayor tiempo de servicio y que trabajen en áreas ruidosas.

- Finalmente motivación y educación para el uso de protectores auditivos.
3. En relación al calor radiante, se recomienda lo siguiente:
- La rotación de turnos de trabajo de los operarios de limpieza, durante las horas del día donde las temperaturas ambientales sean bajas.
 - El control médico de los operarios con mayor exposición.
 - El uso de ropas ligeras de colores claros en los operarios de limpieza.
 - La dotación de bidones de agua con sal en la proporción de 1 gr/lt, en los lugares de trabajo con exposición a calor radiante.
4. Constituir un Comité de Prevención dedicado a la reubicación y rotación de los trabajadores que estén expuestos a riesgos ocupacionales evidentes, mediante un Programa de control administrativo, con el objeto de prevenir los riesgos ocupacionales, mejorar el medio ambiente de trabajo y reducir la exposición diaria del trabajador. El comité deberá ser conformado por:
- El Supervisor de los trabajadores.
 - El Jefe del departamento de Recursos Humanos.
 - El Médico de la Empresa
 - El Jefe de Seguridad Industrial.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] 3M (Occupational Health and Environmental Safety Division). Guía para Selección de Respiradores. EE.UU., 1994.
- [2] BOOMFIELD. J. Introducción a la Higiene Industrial. Ed. Reverté S.A. 2da. Edición. 1964.
- [3] BRÜEL & KJAER. Control de Ruido Industrial y Pruebas de Audición. Denmark, 1976.
- [4] BRÜEL & KJAER. La Medida del Sonido. Denmark, 1978.
- [5] CEMENTOS LIMA S.A. Departamento de Capacitación Folleto Informativo: "Resumen del Proceso Productivo en la Fabricación del Cemento en Cementos Lima".
- [6] CEMENTOS LIMA S.A. FLOW SHEET - Atocongo. 1991.
- [7] CIAS. Manual de Fundamentos de Higiene Industrial. EE.UU, 1981.
- [8] COVENIN, Norma Venezolana sobre Ruido Industrial. Venezuela, 1985.
- [9] DE LORA, F., MIRO, J. Técnicas de defensa del Medio Ambiente, Vol. I y II, Editorial Labor S.A. Barcelona, 1978.
- [10] FUNDACENTRO. Curso de Engenharia Trabalho. Fundacáo. Jorge Duprat Figueireao de Seguranca é Medicina do Trabalho. Vol. 2. Sao Paulo, 1981.

- [11] GONZÁLES, D. M. La Industria del Cemento en el Perú. Lima, 1989.
- [12] GONZÁLES, J.C. Diagnóstico de la Silicosis. Trabajos presentados al 1º Congreso Peruano de Salud Ocupacional. Lima - Perú, 1967.
- [13] HARRIS, Cyril M. Manual para el Control de Ruido. McGraw-Hill Book Company. EE.UU., 1957. Instituto de Administración Local. Edición en Español. Madrid, 1977.
- [14] IBARRA, Enrique J., P.J. González., P. Aranda., T. Ancéaume. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Instituto de Medicina del Trabajo. Ciudad de la Habana-Cuba, Abril-Junio, 1985.
- [15] INSTITUTO DE SALUD OCUPACIONAL. Ruido Industrial. ISO. Lima, 1976.
- [16] LABAHN, Otto. Prontuario del Cemento. Editores Técnicos Asociados, S.A. España, 1985.
- [17] MAPFRE. Curso de Higiene Industrial. Editorial MAPFRE S.A. Madrid, 1983.
- [18] MAPFRE. II Symposium de Higiene Industrial. Editorial MAPFRE S.A. Madrid, 1979.
- [19] MEISSER, Mathias. Acústica de los Edificios. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona, 1973.
- [20] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Minería y Medio Ambiente; un enfoque técnico legal de la minería en el Perú. Lima, 1993.
- [21] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Reglamento de Seguridad e Higiene Minera. Lima 1992.
- [22] MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. Revista del Instituto de Salud Ocupacional, Vol. 4. Lima, 1964.

- [23] MINISTERIO DE SALUD. Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. Instituto de Salud Ocupacional. Lima, 1975.
- [24] MORENO, Jorge N. Fundamentos del Control de Ruido. Lima, Marzo. 1989.
- [25] MSA del Perú. Folleto informativo Muestreador Gravimetric de Polvo - Modelo G.
- [26] NIOSH/OSHA. Guía de Riesgos Químicos. Editores Frank W. Mackinson, OSHA, R. Scott Stricoff. EE.UU. Diciembre, 1986.
- [27] OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Vol. 1, 2 y 3. Madrid, 1989.
- [28] OIT. Protección de los Trabajadores contra el Ruido y las Vibraciones en los lugares de Trabajo. Ginebra, 1977.
- [29] OMS. Evaluación de la Exposición Profesional a Partículas Atmosféricas. Ginebra, 1984.
- [30] OMS. Límites de Exposición Profesional Recomendados por razones de Salud para algunos Polvos Minerales (Sílice y Carbón). Ginebra, 1986.
- [31] PLISKIN, Lucien. Fabrication du Ciment. Ciments Francais. Editorial EYROLLERS. Francia, 1993
- [32] VINCENT, Salomon., J.S. Mills y A.C. Peterser. Industrial Noise Control Manual. NIOSH. Cincinnati - EE.UU., 1975.
- [33] YATACO, A.E. Evaluación y Control del Agente Etiológico de la Silicosis. Trabajos presentados al 1º Congreso Peruano de Salud. Lima, 1967.