



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA Y HOMEOPATÍA SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN MAESTRÍA EN CIENCIAS EN SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD E HIGIENE

RELACIÓN ENTRE EXPOSICIÓN A NEBLINAS DE ACEITE Y CONJUNTIVITIS AGUDA EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DEL DISTRITO FEDERAL: PROPUESTA DE CONTROL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD E HIGIENE

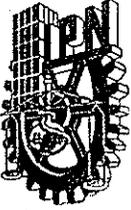
PRESENTA:

ENRIQUE CARRILLO ARREGUÍN



**DIRECTOR DE TESIS
DR. en C. JOSÉ WAIZEL BUCAY**

MÉXICO, D.F., 2009



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 18:48 horas del día 12 del mes de Abril del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de La ENMyH para examinar la tesis titulada:

"RELACIÓN ENTRE EXPOSICIÓN A NEBLINAS DE ACEITE Y CONJUNTIVITIS AGUDA EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DEL DISTRITO FEDERAL: PROPUESTA DE CONTROL".

Presentada por el alumno:

CARRILLO
Apellido paterno

ARREGUÍN
Apellido materno

ENRIQUE
Nombre(s)

Con registro:

B	0	7	1	7	7	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. en C. José Waizel Bucay

Dra. En C. Laurence Annie Marchat Marchau

Dr. en C. Absalom Zamorano Carrillo

M. en C. Teresita del Niño Jesús Villegas López



M. en C. Jorge Torres González

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Dr. en C. César Augusto Ravello Reyes López

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA
Y HOMEOPATÍA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F., el día 13 del mes de abril del año 2010, el (la) que suscribe: CARRILLO ARREGUÍN ENRIQUE, alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene, con número de registro B071778, adscrito a la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. En C. José Waizel Bucay y cede los derechos del trabajo intitulado: ***“Relación entre exposición a neblinas de aceite y conjuntivitis aguda en una empresa metalmecánica del Distrito Federal: propuesta de control”***, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: carielgo@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Enrique Carrillo Arreguín

Nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Porque su esfuerzo ha valido al pena, y por darme siempre un ejemplo de tenacidad, esperanza y amor.

A mi hermana Susy

Por creer siempre en mí y verme como la guía en su camino.

Al Instituto Politécnico Nacional

Por haberme brindado la oportunidad de realizar una licenciatura y ahora, un posgrado.

Al Dr. En C. José Waizel Bucay

Por haberme transmitido con infinita paciencia su energía, su júbilo por la enseñanza y su sabiduría que hacían de cada sesión un encuentro con la ciencia.

Al M. en C. Enrique López Hernández

Por su gran esfuerzo en crear un posgrado digno, incluyente, multidisciplinario y de alta calidad del cuál es un orgullo ser egresado.

Al Lic. Ernesto Argüello Hallam

Por su apoyo incondicional para terminar éste proyecto, sin el cuál hubiera sido poco menos que imposible.

DEDICATORIA

A la Lic. Adriana Domínguez Alanis

Por ser mi amiga, mi esperanza, mi sonrisa después del trabajo, mi tesoro, mi pasión, mi confidente, mi emoción y mi destello; por haberme escogido para transitar de la mano por la vida, por traer el corazón acelerado que Dios nos ha enviado en tu vientre, nuestro motivo y anhelo, nuestro hijo que viene, por soportar los desvelos, las ausencias, los fines de semana en la computadora, los paseos arruinados, las llegadas tarde, las salidas temprano; a ti, mi esposa, te dedico el fruto de mi trabajo.

CONTENIDO

TEMA	PÁGINA
CONTENIDO	i
ÍNDICE DE TABLAS, CUADROS Y FIGURAS	iii
GLOSARIO	v
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1: ANTECEDENTES	5
Capítulo 2: MARCO TEÓRICO	17
2.1 Anatomía del ojo	17
2.2 Histología del ojo	22
2.3 Estructuras accesorias	25
2.4 Física de la visión	27
2.5 Fisiología de la visión	40
2.6 La Película Lagrimal Preocular (PLPO)	41
2.7 Conjuntivitis	46
2.8 Características importantes del ojo para el trabajo	53
2.9 Errores de refracción	69
2.10 Exploración física del aparato ocular	72

2.11 Manufactura de la bujía	75
Capítulo 3: MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Material	96
3.2 Metodología	98
Capítulo 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Resultados del Monitoreo Ambiental	105
4.2 Resultados del Diagnóstico Situacional	107
4.3 Resultados de la aplicación de herramientas de evaluación	114
4.4 Resultados de la Historia Clínica Laboral	115
4.5 Resultados de la Base de Riesgo	116
4.6 Resultados del Diagnóstico de Certeza	116
4.7 Análisis estadístico de los resultados	116
DISCUSIÓN	118
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	122
FUENTES DE INFORMACIÓN	
a) Impresas	123
b) No impresas	125
ANEXOS	127

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

a) Figuras

- Fig. 1. Esquema tridimensional del ojo
- Fig. 2. Esquema de un corte transversal del ojo
- Fig. 3. Corte histológico de epiesclera de cerdo
- Fig. 4. Relación entre la sensibilidad relativa y la longitud de onda de la luz
- Fig. 5. Tiempos de adaptación del ojo a distintas condiciones de iluminación
- Fig. 6. Comparativo de imágenes para demostrar la importancia del tamaño del objeto en la visión
- Fig. 7. Imágenes de una torre bajo diferentes condiciones de iluminación, mismas que afectan la agudeza visual y por lo tanto la calidad de la imagen de la derecha
- Fig. 8. Sensibilidad máxima del ojo a ciertos colores del espectro
- Fig. 9. Mezcla aditiva de colores con sus tonalidades resultantes
- Fig. 10. Mezcla sustractiva de colores con sus tonalidades resultantes
- Fig. 11. Espectros electromagnéticos
- Fig. 12. Diferentes tipos de reflexión
- Fig. 13. Refracción de la luz.
- Fig. 14. Transmisión de la luz
- Fig. 15. Esquema de un corte transversal de una glándula de Meibomio
- Fig. 16. Las tres capas de la PLPO
- Fig. 17. Ilustración del Test de Schrimmer
- Fig. 18. Fotografía de la prueba de BUT
- Fig. 19 Fotografía de papilas
- Fig. 20 Fotografía de folículos
- Fig. 21 Fotografía de la conjuntivitis hiperaguda
- Fig. 22 Esquema del ojo normal
- Fig. 23 Esquema de la estructura del ojo con visión lejana
- Fig. 24 Esquema de la estructura del ojo con visión cercana
- Fig. 25 Esquema del campo visual humano
- Fig. 26 Esquema de la Cartilla de *Snellen*
- Fig. 27 Muestra del error en la visión binocular
- Fig. 28 Movimientos sacádicos del ojo durante la lectura

- Fig. 29 Curva de De Lange
- Fig. 30 Defectos de refracción
- Fig. 31 Esquema de diferencias entre bujías calientes y frías (rango térmico)
- Fig. 32 Esquema de un corte transversal sobre el cuerpo de una bujía
- Fig. 33 Mapa de riesgos del proceso productivo de maquinados
- Fig. 34 Esquema del resultado de cada etapa del proceso de formado en frío
- Fig. 35 Variedad de metales y resultados del formado en frío
- Fig. 36 Fotografía de la máquina NEP
- Fig. 37 Fotografía de una máquina NEP en planta
- Fig. 38 Esquema del sistema herramienta de corte-lubricante-pieza
- Fig. 39 Flujograma del método de investigación
- Fig. 40 Salida del programa Minitab ® para la regresión Logística Binaria.
- Fig. 41 Gráfica de probabilidad del evento

b) Tablas

- Tabla 1. Longitud de onda para cada color del arcoiris
- Tabla 2. Sensaciones asociadas a los colores
- Tabla 3. Composición de las lágrimas humanas
- Tabla 4. Características físico-químicas de 3 distintos tipos de aceite de la serie Mobilmet 420
- Tabla 5. Propiedades físico-químicas de las neblinas de aceite
- Tabla 6. Cuestionario de síntomas oculares aplicado a los trabajadores expuestos
- Tabla 7. Datos del muestreo en el área laboral
- Tabla 8. Resultados del muestreo ambiental en la planta de maquinados para neblinas de aceite
- Tabla 9. Descripción del proceso de producción en la planta de Maquinados
- Tabla 10. Evaluación de la exposición
- Tabla 11. Resultados de la evaluación de la dosis respuesta en la planta de maquinados
- Tabla 12. Resultados de la caracterización del riesgo en la planta de maquinados
- Tabla 13. Diagnóstico Situacional
- Tabla 14. Resultados del Cuestionario de Síntomas Oculares

GLOSARIO

a) Términos

Aerosol. Conjunto de partículas líquidas dispersas en un medio gaseoso, que regularmente es el aire.

Aminas. Compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco.

Astigmatismo. Estado ocular que generalmente proviene de un problema en la curvatura de la córnea, lo que impide el enfoque claro de los objetos tanto a lo lejos como de cerca.

Avitaminosis. Falta, falla o deficiencia en la cantidad de vitaminas que el organismo requiere normalmente.

Bactericida. Es aquel efecto que produce la muerte a una bacteria.

Bacteriostático. Es aquel efecto que, aunque no produce la muerte a una bacteria, impide su reproducción.

Biocida. Sustancias químicas sintéticas, naturales o de origen biológico que están destinadas a destruir, contrarrestar, neutralizar ó impedir la acción de cualquier microorganismo considerado nocivo para el hombre.

Conjuntiva. Membrana mucosa y transparente que recubre el globo ocular desde el limbo hasta los fondos de saco conjuntivales.

Conjuntivitis. Inflamación de la conjuntiva.

Corrosión. Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

Cultivo. Método para la multiplicación de microorganismos que consta de un medio óptimo para favorecerlo.

Dermatitis. Inflamación o enrojecimiento de la piel que implica un cambio en su color o textura.

Dicromatismo. Padecimiento en la percepción del color, en el cuál las personas afectadas poseen dos tipos de conos lo que ocasiona una afección con variantes, pueden haber individuos ciegos al color rojo, individuos que confunden sombras de rojo, verde y amarillo; o individuos ciegos al azul y que a su vez confunden sombras de verde y azul o naranja y rosa.

Edema. Acumulación de líquido en el espacio tisular intercelular o intersticial y también en las cavidades del organismo.

Emulsión. Mezcla de dos líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea

Endotoxina. Componentes de la pared celular de las bacterias gramnegativas constituida por lípidos y polisacáridos que se liberan de la bacteria estimulando varias respuestas de inmunidad en el huésped.

Epífora. Exceso de lagrimeo en el ojo.

Etiología. Estudio de las causas sobre alguna enfermedad.

Extrusión. Proceso usado para crear objetos con sección transversal definida y fija en el cual el material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.

Fluidos de corte. Líquido que se bombea sobre el filo de las herramientas de corte para lubricar y refrigerar la zona de trabajo y conseguir así una mayor duración de la herramienta y una mejor calidad en la superficie mecanizada.

Herrumbre. Compuestos químicos formados por hierro.

Hidrocarburo. Compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno que consisten en un armazón de carbono al que se unen átomos de hidrógeno.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Compuesto químico que se compone de anillos aromáticos simples que se han unido, y no contiene heteroátomos ni lleva sustitutos.

Hilandería. Procedimientos cuya finalidad es obtener hilos a partir de fibras naturales o sintéticas.

Hiperemia. Aumento en la irrigación a un órgano o tejido.

Inmunoglobulina. Glucoproteínas del tipo gamma globulina que pueden encontrarse de forma soluble en la sangre u otros fluidos corporales de los vertebrados y que son empleados por el sistema inmunitario para identificar y neutralizar elementos extraños tales como bacterias, virus o parásitos.

Incidencia. Número de casos nuevos de una enfermedad en una población determinada y en un periodo determinado.

Interleucina. Conjunto de citocinas que son sintetizadas principalmente por los leucocitos.

Lactoferrina. Proteína globular (80 kDa) perteneciente a la familia de las transferrinas y que muestra una gran afinidad por iones hierro.

Lípidos. Biomoléculas compuestas principalmente por carbono e hidrógeno que tienen como característica principal el ser hidrofóbicas o insolubles en

agua y sí en disolventes orgánicos como la bencina, el alcohol, el benceno y el cloroformo.

Lisozima. Enzima de 14,4 kDa que daña las células bacterianas catalizando la hidrólisis de las uniones beta 1,4 entre los residuos de ácido N-acetilmurámico y N-acetil-D-glucosamina en un peptidoglicano.

Moho. Especie microscópica del reino fungi que crece en formas de filamentos pluricelulares o unicelulares.

Mucina. Mucopolisacárido que se encuentra en la mayoría de las glándulas secretoras de moco y es el lubricante que protege las superficies corporales de la fricción o erosión.

Nanómetro. Unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro.

Neblina. Suspensión de muy pequeñas gotas de agua en la atmósfera, de un tamaño entre 50 y 200 micrómetros de diámetro, o de partículas higroscópicas húmedas, que reducen la visibilidad horizontal a una distancia de un kilómetro o más.

Neumonitis. Inflamación del parénquima pulmonar.

N-nitrosaminas. Compuestos químicos que surgen de la reacción de fuentes de nitrito con compuestos amino.

Película lagrimal preocular. Formación de tres capas extremadamente delgadas que cubren y protegen el ojo.

pH. Medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH es la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias.

Pie. Unidad de origen natural (basada en el pie humano), y que ha sido sustituido en casi todo el mundo por las unidades del Sistema Internacional (SI), y que equivale a 30.48 cm.

Quelante. Sustancia que forma complejos con iones de metales pesados.

Queratitis. Úlcera corneal originada por agentes patógenos, tales como virus y bacterias, o por lesiones ocasionadas por diversas causas, tales como laceraciones y heridas causadas por objetos o el uso inadecuado de lentes de contacto o ciertos medicamentos.

Rayos gamma. Radiación electromagnética producida generalmente por elementos radioactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.

Rayos ultravioleta. Radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm (4×10^{-7} m) y los 15 nm ($1,5 \times 10^{-8}$ m).

Síndrome de Mikulicz. Condición inflamatoria, usualmente benigna y crónica, caracterizada por el agrandamiento de la glándula parótida, lacrimal o salival que ocurre como una complicación de otra enfermedad, tal como un linfoma, leucemia, sarcoidosis y otras.

Síndrome de Sjörger. Enfermedad autoinmune en la cual las células atacan a las glándulas productoras de saliva y lágrimas, además de otras glándulas sobre todo en el sistema digestivo.

Taladrina. Véase *fluidos de corte*.

Taquicardia. Incremento del ritmo cardíaco. Se considera taquicardia cuando la frecuencia cardíaca es superior a cien latidos por minuto en reposo.

Torno. Conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución, las cuáles operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas.

Viruta. Fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales.

b) Siglas y abreviaturas

ACGIH. *American Conference of Governmental Industrial Hygienist*

ASM-700. Torno automático de extrusión en frío.

ATP. Adenosin Trifosfato

CMA. Concentración Medida en el Ambiente

EPRO. Probabilidad estadística de que el evento se presente.

IARC. *International Association for Research Cancer*

IgA. Inmunoglobulina tipo A

IgM. Inmunoglobulina tipo M

IL-1. Interleucina 1

IMNC. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación

ISO. *International Standarization Organization*

kDA. Kilodálton

LMPE. Límite Máximo Permisible de Exposición

MOE. Movimiento Ocular Externo

MSDS. *Material Safety Data Sheet*

NEP. *National Extruder Press*

NIOSH. *National Institute of Occupational Safety and Health*

OSHA. *Occupational Safety and Health Administration*

PLPO. *Película Lagrimal Preocular*

PM. *Particulate Mass*

RRT/USW. *Máquina roladora y soldadora automática de casquillos metálicos.*

STPS. *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*

TLV. *Threshold Limit Value*

TWA. *Threshold Weighted Average*

VLA-EC. *Valor Límite Ambiental de Corta Duración.*

VLA-ED. *Valor Límite ambiental exposición diaria.*

VOC. *Volatil Organic Compound*

RESUMEN

Durante la fabricación de bujías para motores se utilizan fluidos para prolongar la vida de las herramientas, enfriar las piezas, atrapar astillas y proteger la superficie del producto para asegurar su calidad. Derivado de la fricción metal-metal, se generan neblinas de aceite que se dispersan en el ambiente, entrando en contacto con la mucosa conjuntival del trabajador predisponiéndolo a padecer conjuntivitis aguda. El objetivo fue demostrar la relación entre la exposición a las neblinas de aceite y su naturaleza con la incidencia de conjuntivitis aguda en trabajadores en una industria metalmeccánica del Distrito Federal. Se realizó un estudio tipo investigación de campo, transversal, experimento natural y unicentrico en el cuál se midió la concentración de aceite en forma de niebla en el ambiente, se desarrolló un Diagnóstico Situacional así como herramientas de evaluación consistentes en cuestionario, historia clínica laboral, base de riesgo y diagnóstico de certeza apoyado por laboratorio para posteriormente efectuar un análisis estadístico, emitiendo una propuesta de control. Los resultados obtenidos fueron que se demostró una relación estadística entre la exposición a neblinas de aceite y la conjuntivitis aguda, con un valor de $p=0.02$ en la Regresión Logística Binaria. Así mismo, como otro resultado no esperado, se logró disminuir el ruido en el área de trabajo. La conclusión fue que sí existe una relación entre la exposición a neblinas de aceite y la conjuntivitis aguda presentada por los trabajadores de la empresa. No se pudo establecer la etiología de la enfermedad debido a que los cultivos resultaron negativos para crecimiento bacteriano, por lo que es necesario ampliar el estudio microbiológico para buscar otros microorganismos.

Palabras clave: neblinas de aceite, conjuntivitis, fluidos de corte, ojo, cultivo bacteriano.

ABSTRACT

During the engine spark plug manufacturing process cut oils are utilized in order to increase the endurance of tools, cool the finished goods, catch burr and to protect the material surface. Due to this relationship between cutting tools and raw materials, certain oil mist amount is generated in the operation point and released to the environment, contacting the employees' conjunctival epithelium increasing the acute conjunctivitis disease risk appear. The objective was to show the relationship between the exposure to oil mist and its relationship with acute conjunctivitis in employees of a Mexico City metalworking industry. A field, cross, natural experiment and unicentric research was made by means of which we measured the environment oil mist concentration; then, applied a Situational Diagnosis and also some assessment tools such as labor background, financial risk assessment and a laboratory research looking for bacterial growth. Finally, we perform a statistical analysis with a Logistic Binary Regression test. The results showed that there is a statistical relationship between the oil mist exposure and worker's acute conjunctivitis which is demonstrated by a $p\text{-value}=0.02$ in the statistical analysis. On the other hand, as an unexpected result, the work area noise was reduced. As a conclusion we can say that there is a significant relationship between oil exposure and acute conjunctivitis, even when we can't set bacteria like the root cause of this illness. We strongly suggest that a wide microbial research must be performed in order to seek another kind of microorganism and enlarge the research results to find the root cause. Also, it is necessary perform an official Mexican norm review in order to set a Threshold Limit Value more applicable to reality of employee's pollutant exposure jobs.

Key words: *oil mist, conjunctivitis, metalworking fluids, eye, bacterial growth culture.*

INTRODUCCIÓN

La manufactura de bujías para motores de combustión interna es un proceso complejo en el cual el empleado está expuesto a una gran variedad de riesgos que pueden afectar su salud. Para fabricar una bujía hacen falta varias etapas en un proceso que involucra una gran cantidad de maquinaria: desde tolvas que se suspenden a 6 metros de altura por medio de grúas viajeras hasta tarimas con toneladas de empaques, pasando por molinos, secadores, tornos, prensas, extrusoras, soldadoras y hornos entre otros. Durante la extrusión y el maquinado en el torno del casquillo que conformará el cuerpo metálico de la bujía se utilizan fluidos para prolongar la vida de las herramientas, enfriar las piezas, atrapar astillas y proteger la superficie del producto. El contacto entre los metales de la máquina y la pieza a trabajar genera fricción y calor excesivos, condiciones que ocasionan que el lubricante se transforme en neblina, fragmentándose entonces en pequeñas gotas que se dispersan en el medio ambiente.

La exposición ocupacional ocurre ya sea por inhalación de gotas (aerosoles), por contacto directo del lubricante con la piel o por contacto del aceite nebulizado con las mucosas del trabajador, incluida la conjuntiva. Para el extruido de las piezas se utilizan 11 máquinas que efectúan un proceso conocido como extrusión en frío ó *Cold Forming*. Para evitar daño a los metales se utilizan fluidos que disminuyen la fricción y la temperatura de corte, con lo que se logran algunas ventajas como ahorro de material y energía, aumento de la velocidad de producción, y aumento en la calidad de las piezas producidas.

Los fluidos de corte son productos líquidos de composición más o menos compleja, que se adicionan al sistema materia prima-herramienta de corte-viruta de una operación de maquinado con el fin de lubricar y eliminar el calor producido por la fricción. Dichos fluidos pueden llevar en su composición sustancias entre las cuales destacan los hidrocarburos aromáticos policíclicos y las N-nitrosaminas, así como bacterias como el *Bacillus cereus*. Con frecuencia contienen aditivos con el fin de proporcionarles cualidades determinadas, acordes con el propósito al que se les destina.

Por otro lado las neblinas de aceite pueden tener contacto con las mucosas del trabajador incluida la conjuntiva, la cual es una membrana celular que protege al ojo contra agresiones externas. Cuando dicha membrana se edematiza (o inflama) se produce la conjuntivitis, que es la inflamación de ésta causada por microorganismos y objetos extraños. Algunas infecciones severas pueden dañar la conjuntiva causando anomalías en la consistencia y composición de las lágrimas. La conjuntivitis aguda es una entidad clínica caracterizada por hiperemia conjuntival (enrojecimiento de la conjuntiva) de inicio unilateral rápido, acompañada de hinchazón de los párpados (edema palpebral) y descarga mucopurulenta solo en el caso de ser de origen bacteriano. La película lagrimal ejerce un efecto de barrera para la conjuntiva y mediante el barrido mecánico de partículas y microorganismos realizado por el parpadeo mantiene al ojo libre de microorganismos y objetos extraños. Además, posee un anticuerpo llamado inmunoglobulina A, además de factores del sistema del complemento, lisozima, B-lisina y lactoferrina que funcionan como agentes protectores del ojo.

Los signos y síntomas de la conjuntivitis incluyen, además de los mencionados, sensación de cuerpo extraño, pestañas pegadas entre sí, secreción, hiperemia conjuntival difusa y descarga mucopurulenta. Los gérmenes patógenos más comunes que se han identificado como causa de conjuntivitis bacteriana son *Staphylococcus aureus* seguido de *Mycobacterium lacunata*. Los microorganismos entéricos, como *Proteus* spp, *Klebsiella* spp y *Escherichia coli* además pueden causar conjuntivitis crónica.

De las 89 consultas por conjuntivitis aguda otorgadas por la empresa a sus trabajadores en el periodo de estudio, el 21.26% fue proveniente del área de Maquinados, sitio en donde se tiene una Concentración Medida en el Ambiente (CMA) de entre 0.727 mg/m³ y 5.1837 mg/m³. En los monitoreos personales realizados en la misma área se obtuvieron valores de entre 0.7437 y 6.5307 mg/m³. Aunado a lo anterior, la media del tiempo utilizado por trabajador para solicitar consulta en el Servicio Médico de la empresa fue de 21

minutos, mismos que se consideraron como pérdida en la producción ya que al salir de su área el empleado debe detener el equipo en su totalidad.

Por otro lado, la agudeza visual de los trabajadores disminuye como efecto del lagrimeo producto de la inflamación de la conjuntiva, aunado a la obstrucción visual generada por la secreción de mucosidad espesa, lo que predispone a los empleados a sufrir accidentes durante la operación de sus equipos. Además, parte del tratamiento efectivo para controlar éste padecimiento requiere la separación temporal del trabajador de su puesto para evitar el contacto con el agente contaminante, generando incapacidades o rotaciones que derivan en sobreexposición de trabajadores al riesgo, movimiento de empleados no capacitados para realizar labores con las cuales no están familiarizados y por ende, aumento del riesgo de accidente en la operación.

El objetivo de la investigación fue demostrar la relación entre la exposición a neblinas de aceite con la incidencia de conjuntivitis aguda en los trabajadores de la empresa. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Conocer si existe o no relación entre la exposición a neblinas de aceite y la incidencia de conjuntivitis aguda.
- Conocer la etiología de la conjuntivitis aguda en el trabajador.
- Determinar si existen o no bacterias en el aceite lubricante.
- Detectar la presencia de posibles factores coadyuvantes a la conjuntivitis aguda en el trabajador.
- Emitir recomendaciones de higiene industrial para mejorar la calidad del ambiente laboral y el estado de salud de los trabajadores.
- Disminuir los costos por incapacidad temporal.
- Disminuir los tiempos perdidos en la línea de producción por consulta médica relacionada con éste padecimiento.
- Incrementar la efectividad de los equipos de producción.

Los resultados de éste trabajo permitirán emitir las recomendaciones pertinentes para el control del agente contaminante e incidir en la disminución de nuevos casos, de días perdidos por incapacidad, de tiempos muertos en las

líneas de producción, así como mejorar la calidad del medio ambiente laboral, aumentar la productividad de los trabajadores y evitar pérdidas económicas para la empresa derivadas de éste problema.

El trabajo de tesis está organizado de la siguiente manera: se describen primero los antecedentes del problema, en donde se da una idea de los estudios efectuados por investigadores en diversas partes del mundo que se acercan al objetivo del trabajo aunque no existen estudios que se hayan propuesto relacionar las neblinas de aceite con la conjuntivitis; sin embargo, algunos de ellos mencionan la importancia de ampliar las investigaciones a todos los aparatos y sistemas para sacarlas de la circunscripción tradicional hacia el aparato respiratorio. Después se presenta el marco teórico mismo que se compone de la anatomía, histología, fisiología y patología del aparato visual, en el cuál se detallan las funciones y estructuras del mismo, incluyéndose además la clasificación, origen, epidemiología, cuadro clínico, diagnóstico y tratamiento de la conjuntivitis. También, se brinda la perspectiva del proceso productivo de las bujías para motores de combustión interna, las características de los aceites lubricantes y las neblinas de los mismos así como el marco legal aplicable. Posteriormente, se muestran los materiales requeridos para realizar el estudio, y el método de investigación utilizado para la realización del mismo. Por último, se muestran los resultados obtenidos, la discusión sobre los mismos así como las sugerencias para futuros trabajos.

1. ANTECEDENTES

La primera patente de la bujía data del año de 1898 a nombre de Nikola Tesla. Casi al mismo tiempo, Richard Simms y Robert Bosch patentaron sus invenciones; sin embargo, el crédito de la innovación fue para un ingeniero empleado de la Robert Bosch Company llamado Gottlob Honold, quien logró diseñar una bujía económicamente viable y de alto voltaje.

La historia de la organización donde se efectuó el estudio se remonta al año de 1899 cuando Howard Muzzy y Edward Lyon fundaron en los Estados Unidos de Norteamérica una compañía que inició la manufactura de dos productos con fórmulas desarrolladas a partir de las mezclas de metales Babbit. En 1903 los hermanos Stranahan diseñaron la primera bujía que, superando la calidad de las bujías importadas, inició el surtimiento de la incipiente industria automotriz en Norteamérica. Hacia 1910 la compañía se establece en la ciudad de Toledo, Ohio, con la finalidad de ganar una posición geográfica.

En 1913 la empresa inicia en Canadá la primera fabricación de bujías fuera de los Estados Unidos; una vez terminada la Segunda Guerra Mundial el desarrollo de la industria automotriz se aceleró, permitiendo a la compañía establecer nuevas fabricas alrededor del mundo: Australia en 1955, México en 1958, Venezuela en 1963, Bélgica en 1965, Nueva Zelanda en 1966 e Inglaterra en 1973.

La organización inicia así sus labores de manufactura en nuestro país dentro de unas instalaciones temporales, con un promedio de producción de 2700 bujías diarias e inaugura sus propias instalaciones localizadas en el Distrito Federal hasta el 3 de marzo de 1966, en la colonia Industrial Vallejo. La producción en el arranque de la planta rápidamente alcanzó más de 13600 piezas diarias. Desde sus inicios, se tuvo la necesidad de importar el aislador cerámico, pero en 1973 se construyó dentro del predio la planta Cerámica, lo que permitió contar con el proceso de manufactura completo en México (Anónimo, 1980).

La empresa cuenta en la actualidad con tres plantas productivas dentro del mismo predio, las cuáles se conocen como *Ceramic* (Cerámica), *Metalworking* (Maquinados), *Assembly* (Ensamble) e *Industrial Sparkplug* (Bujía Industrial), las cuáles, en conjunto, contribuyen para transformar la materia prima en producto terminado con una producción de 300,000 bujías diarias de más de 1200 tipos diferentes, mismas que se destinan a equipos tan diversos como podadoras, *go-karts*, transformadores, barcos, aviones, automóviles y especialmente, autos de competencia Fórmula 1 y de la serie NASCAR.

Con el propósito de realizar la investigación se consideró un caso de accidente de trabajo en el cual la investigación por medio de la disciplina 8D arrojó como resultado el hecho de que el trabajador refirió disminución de la agudeza visual previo al evento, debido a que era portador de conjuntivitis aguda. Se analizaron entonces 89 consultas solicitadas por el personal de la planta en un periodo de 365 días, las cuáles tuvieron el diagnóstico médico de conjuntivitis aguda, encontrándose que el porcentaje de casos se dividió como sigue: Maquinados, 21.2%; Ensamble, 12.8%; Bujía Industrial, 10.7%, Cerámica, 14.1%; Oficinas, 11.6%, Auburn, 6.3%, Prensas, 5.6%; Cores, 8.7%, Almacén de Producto Terminado, 3.7% y taller Mecánico, 5.3%. De ellas, la mayor frecuencia provino del área de Maquinados con un 21.2% de la totalidad de casos reportados, por lo cuál se decidió realizar un estudio que demostrara si existe o no relación entre la exposición a neblinas de aceite y conjuntivitis aguda.

Así mismo se efectuaron muestreos del medio ambiente laboral para medir la cantidad de aceite en forma de aerosol dispersada en el área de estudio y a la cuál los trabajadores se encontraban expuestos con la finalidad de reunir información que permitiera elaborar un análisis estadístico confiable. Por medio de dichos estudios se conoció que la Concentración Medida en el Ambiente (CMA) rebasaba por muy poco (o en la mayoría de los casos no lo hacía) el LMPE (Límite Máximo Permissible de Exposición) estipulado en la normatividad mexicana (STPS, 2009), por lo que se decidió relacionar el estudio por con la productividad de la organización por medio del cálculo de la Efectividad Total del Equipo (*Overall Equipment Effectiveness*, OEE, por sus siglas en inglés) y

se encontró que las pérdidas derivadas del padecimiento en ese periodo de tiempo fueron muy elevadas, por lo que la Alta Dirección de la empresa decidió apoyar el proyecto de investigación con la finalidad de solucionar el problema (Calixto, 2008).

Las empresas que utilizan aceites como fluidos de corte a menudo ponen en riesgo la salud de sus trabajadores. Las máquinas como tornos, sierras eléctricas y molinos producen neblinas de aceite provenientes de los lubricantes utilizados para evitar el sobrecalentamiento durante el proceso. Las neblinas de aceite son finas y pueden permanecer suspendidas en el aire por periodos prolongados, similar a lo que ocurre con el humo del cigarrillo.

Las siguientes enfermedades han sido relacionadas en diversos estudios con la exposición del trabajador a neblinas de aceite:

- Acne por aceite
- Dermatitis de contacto
- Fotodermatitis alérgica
- Rinitis
- Bronquitis
- Asma bronquial
- Neumonía lipóide
- Fibrosis pulmonar
- Cáncer pulmonar
- Tumores benignos y malignos de escroto.

Además, de acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (*National Institute of Occupational Safety and Health*, NIOSH, por sus siglas en inglés) existen signos y síntomas potenciales después de exposiciones prolongadas a grandes cantidades de neblinas, como irritación de piel y ojos, dificultad respiratoria, vómito, fiebre, taquicardia, sensación de ardor peribucal, garganta y estómago. Los trabajadores se exponen a las neblinas de aceite principalmente por tres vías: la dérmica, la aérea y la digestiva (por ingestión) siendo la ruta más frecuente de exposición a través de la piel. Las neblinas por sí mismas pueden ser peligrosas pero también se pueden

contaminar por material extraño como productos químicos o bacterias (Jaymes, 2007).

El uso de fluidos lubricantes ha crecido debido a su uso extendido en las industrias automotriz y aeronáutica. Con la finalidad de disminuir los riesgos asociados a su uso sin afectar su desempeño, los lubricantes han sufrido varios cambios a través del tiempo.

Los aceites puros estuvieron disponibles a mediados del siglo XIX. El uso de aceites sintéticos inició a principios de 1883. Los aceites solubles (definidos como emulsiones de agua y aceite) se comenzaron a utilizar en 1915; los semisintéticos en 1947 y los sintéticos modernos (aquellos que contienen una muy pequeña parte de aceite) alrededor de 1950.

En el periodo comprendido entre 1950 y 1984 los avances en el desarrollo y fabricación de aceites trajo como consecuencia una reducción en el contenido de hidrocarburos poliaromáticos (*Poliaromatic Hydrocarbons*, PAH, por sus siglas en inglés). Algunos cambios en la composición de los lubricantes ocurridos entre 1970 y 1984 incluyeron la eliminación de nitritos metálicos alcalinos y el potencial de contaminación por nitrosaminas.

La composición de los fluidos no solo afecta su toxicidad sino también su propensión para formar neblinas por lo que un equipo de estudio de la Universidad de Minnesota investigó, en el 2005, dicha característica. Prepararon una emulsión estable de aceite y agua colocándola dentro de un cilindro de 75 cm de diámetro que giraba en el interior de un túnel de aire para simular la acción del torno y midieron las características de la neblina a 130 cm de la salida.

La formación de neblinas por fricción fue similar para el fluido lubricante de petróleo que para la emulsión preparada por los investigadores. Éste tipo de formación de neblina es probablemente más importante en los procesos con maquinaria que la formación de las mismas por evaporación / recondensación (Stear, 2005).

Un estudio realizado en 2007 por Chen en el Colegio Médico de la Universidad Nacional de Cheng Kung (*National Cheng Kung University*) de Taiwan, China, caracterizó la distribución de la neblina de aceite en base al tamaño de las partículas en tres ambientes laborales diferentes: tornos, formado en frío y formado con calor. Los investigadores separaron el tamaño de las neblinas usando un impactador de cascada de 8 estaciones encontrando que el Diámetro Aerodinámico de Masa Media (*Middle Mass Aerodynamic Diameter*, MMAD, por sus siglas en inglés) tanto de las neblinas finas como de las gruesas estaba en el rango entre 0.309 μm y 13.0 μm , respectivamente. Los monitoreos personales en los tres diferentes ambientes laborales revelaron también una diferencia entre las cantidades de neblinas inhaladas: trabajadores de tornos (2.11 mg/m³) > trabajadores del formado en frío (1.58 mg/m³) > trabajadores del formado en caliente (0.0801 mg/m³) (Chen, 2007).

Se encontró que el tema de la conjuntivitis relacionada a la exposición laboral a neblinas de aceite ha tenido poco impacto en la bibliografía que trata de padecimientos relacionados al contacto con aceites lubricantes, ya que ésta se enfoca principalmente a los daños a la salud producidos por dichas neblinas en la piel y el aparato respiratorio. Y es que precisamente al ser una enfermedad que en escasas ocasiones es incapacitante quizá se ha dejado de lado para dar paso al estudio de daños a la salud de mayor trascendencia e impacto.

Sin embargo, la importancia que supone conocer la relación entre las neblinas de aceite y la conjuntivitis radica en el número de trabajadores expuestos al contaminante alrededor del mundo y en el hecho de que el trabajador depende del sentido de la vista para realizar las actividades inherentes a su trabajo con precisión y seguridad.

Por otro lado, no se han cuantificado las pérdidas globales que el tiempo perdido por paro de línea debido a la solicitud de atención médica por conjuntivitis ocasiona, cuando los trabajadores detienen la producción con la finalidad de buscar asistencia en el Servicio Médico de la empresa. En la proyección realizada para ésta investigación, las pérdidas por éste concepto ascendieron a más de \$130,000 pesos mexicanos por trabajador solamente en

la empresa en estudio, lo que puede dar idea del gran impacto económico que éste padecimiento infravalorado puede llegar a tener. Por otro lado, cuando la enfermedad se torna incapacitante genera problemas para la empresa que en una proyección de riesgo pueden causar pérdidas por costos directos e indirectos, a saber (López, 2007):

- a) Costos directos: los recursos destinados expresamente para realizar una actividad se ven afectados cuando el trabajador realiza los mencionados paros de línea. Las piezas que dichos equipos producen dejan de ser entregados a su cliente ocasionando pérdidas para la planta, entendiéndose que para el caso del casquillo metálico de las bujías el cliente es la propia planta de Ensamble. Además, los costos del tratamiento médico del trabajador enfermo se elevan hasta los \$500 pesos mexicanos, sea otorgado o no por la empresa.

- b) Costos indirectos: cuando el empleado se incapacita, el costo perdido por paro de línea se magnifica. Además, por contrato colectivo de trabajo, las incapacidades son subsidiadas por la empresa para sufragar el 40% al trabajador los primeros tres días de incapacidad por Enfermedad General, con la finalidad de no afectar sus ingresos lo que genera pérdidas irre recuperables. Pero si el Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.S.S.) califica el hecho como “si de trabajo”, los costos se elevan considerablemente en virtud de que aumentará la prima de riesgo en relación a los días perdidos por Riesgo de Trabajo.

- c) Costos intangibles: éstos son incuantificables, debido a que son de tipo cualitativo. Son aquellos derivados del problema de salud que aqueja al trabajador, pero que de manera secundaria afecta su entorno o medio ambiente, como la manera en que éste percibe su incapacidad, el sentimiento de culpa, la frustración, el estrés generado por la incapacidad y el miedo al desempleo, la disminución en su calidad de

vida así como la dependencia funcional posterior a la enfermedad, sobretodo si para tratarla el médico prescribe oclusión ocular bilateral.

Además, el registro de incidentes que aumentan el indicador de la OSHA respecto a la accidentabilidad de la organización denominado Frecuencia de Accidentes (*Incident Rate, IR*, por sus siglas en inglés), los cambios de puesto de personal no capacitado para ciertas actividades y el aumento consiguiente del riesgo de accidente por falta de entrenamiento, así como la disminución de máquinas operando por turno, la disminución de piezas por día, la afectación de clientes por retrasos en la entrega y piezas con defectos, pueden poner en riesgo la imagen de las plantas ante sus clientes internos y por ende la de la organización ante sus clientes externos.

Un estudio realizado en Estados Unidos de Norteamérica por Mobil Oil, fabricante de aceites lubricantes de clase mundial, confirma que el aceite mineral poco refinado derivado del petróleo puede inducir cáncer de piel tras exposiciones prolongadas, repetidas y con considerable contacto con éste.

En la empresa que nos ocupa, se utiliza un aceite de dicha marca severamente refinado con aditivos, mismo que es vertido en los equipos para funcionar como fluido de corte. Dicho fabricante, en sus Hojas de Datos de Seguridad (*Material Safety Data Sheet, MSDS*, por sus siglas en inglés) solamente menciona que el contacto con los ojos puede causar ligera irritación (Agüero, 2009).

Sin embargo, es relevante el hecho de que no menciona ninguna medida de protección especial ni hace hincapié en acciones a tomar en caso de contacto con los ojos. Tampoco considera el contacto del trabajador con el lubricante una vez que éste ha salido del sistema de producción en forma de neblina.

Solo toma en cuenta al aceite como un producto aislado del proceso sin valorar su interacción con el medio ambiente (incluyendo el recipiente contenedor y los medios de traslado del recipiente principal a los equipos) además de omitir mencionar el cambio del estado físico del aceite (de líquido a aerosol) debido a su paso por la máquina y la interacción de ambos estados con el trabajador).

El estudio efectuado por la Universidad de Minnesota en 2005 menciona que a pesar de los avances en el desarrollo de la ingeniería de los aceites lubricantes, hoy día todavía es común que los tambos donde se contienen los aceites lubricantes sean utilizados a veces como cubos para basura, para comida en descomposición e incluso como orinales por lo que éste abuso ha ocasionado que los fluidos de corte sean colonizados por bacterias. Por tal motivo, se agregaron biocidas a los lubricantes; sin embargo, las bacterias sobrevivientes crecen rápidamente y las bacterias muertas liberan endotoxinas mismas que pueden provocar síntomas parecidos a la gripe con disminución de la función pulmonar y la exposición puede exacerbar la sintomatología persistente de asma.

Así mismo, ésta contaminación del aceite con bacterias y endotoxinas contribuye a la aparición de dermatitis de contacto. La contaminación del lubricante por bacterias a gran escala puede depletar las concentraciones de oxígeno en el interior de los contenedores de aceite de las máquinas permitiendo a las bacterias reductoras de sulfato su crecimiento y posterior liberación de sulfuro de hidrógeno provocando el aroma conocido como a “huevo podrido” cuando se arrancan las máquinas después de haber dejado aceite en dichos contenedores por algún tiempo.

El estudio de Stear demostró que algunos de los procedimientos de operación utilizados para el manejo de los fluidos de corte no son satisfactorios, encontrando altos niveles de bacterias y endotoxinas dentro de los contenedores, con valores medios de 109,000 UFC/ml y 8039 EU/ml, respectivamente (Stear, 2003).

Una vez que, gracias al proceso de maquinado, éstas neblinas contaminadas llegan al aire, los operadores inspiran un potente coctel de sustancias químicas peligrosas. Éstas neblinas no siempre contienen micobacterias, pero pueden contener otras tales como pseudomonas (Stear, 2005).

En 2005, Webster desarrolló un método rápido para medir la concentración de bacterias en los fluidos, pensando que la posibilidad de conocer ésta variable daría a las empresas armas para tomar decisiones críticas en cuanto al uso o

no de éste material en base a su contaminación y a los riesgos que esto entraña.

En dicho estudio se utilizó una prueba basada en filtración rápida de adenosintrifosfato (*Adenosin Triphosphate*, ATP, por sus siglas en inglés) bioluminiscente para estimar la población total de bacterias en los fluidos, misma que toma menos de 10 minutos para realizarla. Los resultados estadísticos en estudios de regresión y correlación mostraron una fuerte relación entre la prueba de ATP y el conteo en laminilla estándar efectuado por los laboratorios (Webster, 2005).

La Asociación Internacional para la Investigación del Cáncer (*International Association for Research Cancer*, IARC, por sus siglas en inglés) concluye que hay suficiente evidencia en los estudios realizados en humanos para concluir que el aceite mineral (que contiene varios aditivos e impurezas) utilizado en trabajos como hilanderías, industria del metal y proceso del jute son carcinógenos para humanos. Consecuentemente el IARC dice que hay suficientes evidencias de que los aceites poco o no refinados son carcinógenos para los humanos, mientras que los aceites altamente refinados no lo son.

Es conocida la relación entre cáncer y fluidos de corte, tal y como lo demuestra el estudio de Mirer en 2003, en el cuál menciona que los criterios de NIOSH en 1998 concluyen que existe evidencia substancial del aumento del riesgo para padecer cáncer en diversas localizaciones anatómicas, como laringe, recto, páncreas, piel, escroto y vejiga urinaria. Sin embargo, la evidencia no ha sido concluyente para otros sitios, como por ejemplo estómago, esófago, pulmones, próstata, cerebro, colon y sistema hematopoyético (Mirer, 2003).

Según los estudios disponibles realizados con humanos, no se ha demostrado que la exposición a neblinas de aceite mineral, por sí sola, cause efectos perjudiciales para la salud, excepto a niveles por encima de 5 mg/m³. Por lo tanto, se recomienda, para las nieblas de aceite mineral, un valor de VLA-ED de 5 mg/m³ y un VLA-EC 10 mg/m³.

Estos valores se aplican a muestras que han sido tomadas mediante métodos que no recogen vapor y no se pueden aplicar a los aditivos o los contaminantes que están presentes en el aceite. Con estos valores se intenta minimizar la posible irritación del tracto respiratorio y, a concentraciones relativamente elevadas, efectos más adversos como la neumonitis química y neumonía de lípidos.

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (*American Conference of Governmental Industrial Hygienist*, ACGIH, por sus siglas en inglés) notificó que, teniendo en cuenta los escasos estudios realizados en seres humanos, el valor recomendado de 5 mg/m³ es aceptable para todo tipo de aceites pero no es recomendado para aquellos aceites que contienen aditivos o contaminantes especialmente aquellos con fracciones potencialmente carcinógenas.

En esos casos es más apropiado hacer un muestreo y controlar la exposición a los aditivos más que a las neblinas de aceite mineral. No se dispone de datos suficientes para recomendar la notación de "vía dérmica", "sensibilizante" o "carcinógeno" (OSHA, 2008).

Por otro lado, Stear revela en su estudio que debido a la evolución de ingeniería que han sufrido los fluidos de corte existen cambios en su composición derivados de la necesidad de ampliar su eficacia y su seguridad. Como se mencionó anteriormente, estos cambios no solo afectaron la toxicidad del aceite sino también su propensión para formar neblinas. Dicho estudio se efectuó en el cárter de una máquina y se observó que el aceite estaba contaminado con bacterias que al nebulizarse entran en contacto con el trabajador (Stear, 2005).

Atendiendo a lo anterior es importante reconocer que es probable que existan bacterias en el aceite que pueden entrar en contacto con el trabajador y sus mucosas. En 2003 un estudio resumió los hallazgos de un análisis gravimétrico a la neblina de aceite, además de que se encontró una gran cantidad de bacterias y endotoxinas depositadas en el cárter. Cuando el cárter opera a condiciones típicas, es decir, a una temperatura de 20 °C, un pH de 9 y con

una resistencia del fluido de corte mayor al 10% parece ofrecer el ambiente óptimo para la proliferación bacteriana (Simpson, 2003).

Se sabe que en los procesos de maquinados la temperatura de corte puede alcanzar hasta los 700 °C, lo cuál puede afectar la materia prima o bien las superficies de corte (Cyprowski, 2006).

En la organización objeto de estudio se consumen alrededor de 1200 litros de aceite diariamente. Se conoce que la industria metalmecánica en general utiliza grandes cantidades de fluidos de corte para elaborar o para enfriar piezas metálicas y herramientas durante el proceso. Es de notar que ningún estudio revisado trata sobre la conjuntivitis desarrollada a partir de la exposición a neblinas de aceite, ni la intenta relacionar.

Uno de los estudios que relacionan más cercanamente una enfermedad similar con las neblinas de aceite es precisamente el elaborado en 2005 por Park, quien describió a un trabajador de la industria metalmecánica que tuvo contacto con neblinas de aceite durante 14 años y se presentó con diagnóstico de sinusitis. Los investigadores postularon que la causa de sinusitis podría estar asociada a la exposición de microbios contaminantes de los fluidos de corte. Para descubrir al agente causal realizaron un análisis de exposición cuantitativo a los agentes químicos y biológicos además de investigar la prevalencia de síntomas respiratorios asociados al trabajo mediante la aplicación de un cuestionario. La evaluación de la actividad laboral del trabajador y del análisis cuantitativo indicó que la exposición repetida a neblinas de aceite contaminado con microbios puede causar enfermedades respiratorias como sinusitis o al menos aumenta la susceptibilidad para su desarrollo (Park, 2005).

Un estudio efectuado en 2004 analizó el progreso de la contaminación bacteriana de los fluidos de corte durante 6 meses posteriores al vaciamiento y limpieza de un sistema de suministro de aceite, el cuál contenía biocidas como antibacteriano.

Se adicionó aceite fresco y limpio posterior a la limpieza exhaustiva del sistema, encontrándose que a pesar de ello hubo crecimiento bacteriano de *Mycobacterium* spp. Así, en dicho estudio quedó demostrado que los métodos estándar para la limpieza del sistema son inadecuados ya que las bacterias residuales pudieron colonizar rápidamente el aceite limpio (Veillete, 2004).

La contaminación bacteriana del aceite pudiera entonces jugar entonces un papel importante en el desarrollo de infecciones en los trabajadores; sin embargo, deben considerarse también diversos factores que afectan el nivel de exposición de los mismos.

En el 2005, el Departamento de Salud Pública de la Universidad de Bergen, en Noruega, publicó los resultados de un estudio longitudinal que realizó entre 1979 y 2004 en el que describió la exposición a partículas aéreas de trabajadores de la industria extractiva de la plataforma continental de ese país. Reunieron información cuantitativa y cualitativa durante visitas a compañías involucradas en la extracción de gas y petróleo en Noruega monitoreando los reportes de 37 plantas en ese país, analizando los datos se por medio de la estadística descriptiva. La importancia de éste estudio radica en su amplitud, ya que recolectó muestras a lo largo de tres generaciones de aceites utilizados comúnmente llamados aceites de diesel (1979 a 1984), aceites minerales poco aromáticos (1985 a 1997) y aceites minerales no aromáticos (1998 a 2004).

Las muestras tomadas antes de 1984 mostraron una alta exposición a vapor de diesel, con un media de 1217 mg/m². Cuando se utilizaron aceites minerales poco aromáticos la exposición a neblinas de aceite y a vapor de aceite fue mucho menor, con una media de 36 mg/m². Éste estudio determinó que el tipo de perforador, las medidas de control técnico y la temperatura del lodo donde se perfora para la extracción determinan el nivel de exposición a neblinas de aceite (Steinsvag, 2004).

2. MARCO TEÓRICO

En éste capítulo se presentan los fundamentos contextuales para facilitar la comprensión de la patología generada por las neblinas de aceite. Se definen primero la anatomía, histología y fisiología ocular con la finalidad de brindar fundamentos para la comprensión de su estructura macroscópica, microscópica y su funcionamiento. Luego, se brinda un panorama general sobre las características anatómicas del ojo que son de importancia para el trabajo. Posteriormente se abordará el proceso de manufactura de las bujías para brindar elementos que ayuden a la comprensión del origen del agente contaminante. Por último, se describen los aceites minerales, las neblinas de aceite y la normatividad aplicable.

2.1 Anatomía del ojo

La principal función del globo ocular, a través de sus estructuras anatómicas, es recibir los estímulos luminosos externos, codificarlos y transmitirlos a través de la vía óptica al cerebro, lugar donde se produce el fenómeno de la visión. El ojo está ubicado sobre un soporte facial a la mitad de la órbita rodeado de músculos extraoculares, grasa y tejido conectivo.

La órbita ocular es un hueco anatómico formado por los huesos etmoides, frontal y esfenoides, los cuáles convergen para dar cabida al globo ocular. Del ojo humano solamente está expuesta su parte más anterior y está protegida por el reborde orbitario óseo, formado por los huesos precitados. El diámetro anteroposterior del ojo normal, medido por ultrasonografía, es de entre 22 y 26 mm.

2.1.1 Globo ocular

De forma irregularmente esferoidal, está formado por tres capas concéntricas, a saber:

a) Túnica externa: córnea y esclerótica.

b) Túnica medio o vascular: úvea (formada por iris, cuerpo ciliar y coroides).

c) Túnica interna: retina

En su interior se limitan unos compartimientos llamados cámara anterior, cámara posterior y cámara vítrea. La cámara anterior está limitada por la cara posterior de la córnea por delante y el diafragma iridopupilar por detrás. Está ocupada por un líquido semitransparente llamado humor acuoso cuyo volumen aproximado es de 0.2 ml.

La cámara posterior, entre el iris y la pupila por delante y la cara anterior del cristalino, con sus fibras zonulares por detrás (sin cuyo soporte el iris tendría movimientos rápidos e incontrolables llamados iridodonesis, situación que se puede observar por ejemplo en la afaquia y en las luxaciones cristalinas) está ocupada por aproximadamente 0.06 ml de humor acuoso.

La cámara vítrea, limitada por la cara posterior del cristalino, fibras posteriores de la zónula y parte del cuerpo ciliar por delante y el resto por retina está ocupada por el vítreo que tiene un volumen de 4.5 ml. En la figura 1 se pueden apreciar los detalles anatómicos del ojo.

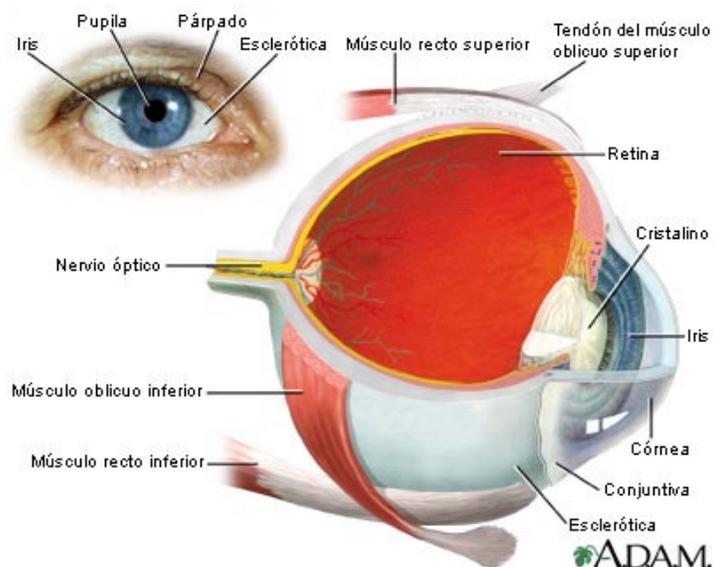


Figura 1. Esquema tridimensional del ojo.

2.1.2 Túnica externa: córnea y esclerótica

La túnica externa es la capa de mayor consistencia, misma que le da al globo ocular su forma esférica y contribuye al mantenimiento de la presión intraocular. Está constituida por la córnea y la esclerótica.

2.1.2.1 Córnea

La córnea es una estructura transparente que proporciona gran parte del poder refractivo necesario para enfocar la luz en la retina. También funciona como estructura de protección de los tejidos y humores intraoculares. Tiene una cara anterior convexa, recubierta constantemente por la película lagrimal, ligeramente ovalada con un diámetro medio horizontal de 12 mm y uno vertical de 11 mm en el adulto. La diferencia entre los radios de las curvaturas horizontales y verticales explica el astigmatismo fisiológico.

La cara posterior está bañada por el humor acuoso, y constituye la pared anterior de la cámara anterior del ojo. La córnea separa el aire con un índice de refracción de 1 y el humor acuoso con un índice de 1.33 constituyendo la principal estructura refractante del ojo, misma que se comporta como una lente convergente con un poder refractivo de aproximadamente 42 dioptrías. Su espesor es de 0.5 mm en el centro aumentando hasta cerca de 1 mm en el limbo corneoescleral. Está constituida por 5 capas de afuera hacia dentro que se conocen como epitelio, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet y endotelio. A continuación, se describe cada una de ellas:

- a) Epitelio: es de tipo plano, poliestratificado, no queratinizado. Tiene la propiedad de renovar constantemente sus células, siendo uno de los tejidos que se regenera más rápidamente de manera completa y sin opacificación residual.

b) Membrana de Bowman: está constituida por fibras de colágeno y sustancia fundamental. Su grosor medio oscila entre 8 y 14 μm , siendo más delgada en su periferia. A diferencia del epitelio, posee escasa capacidad regenerativa. Cuando éste último no es lubricado adecuadamente por la película lagrimal se generan puntos secos y ruptura precoz de la membrana.

c) Estroma: tiene un grosor de aproximadamente 500 μm y constituye entre el 85 y 90% del espesor corneal. Está compuesto por laminillas de colágeno, sustancia fundamental y fibroblastos (queratocitos). La disposición de estos elementos es muy rigurosa, lo que contribuye a la transparencia corneal y a la alta calidad que ostenta como superficie óptica junto con la tasa de hidratación y la ausencia total de vasos; es decir, es avascular. Proporciona gran elasticidad y resistencia a la córnea.

d) Membrana de Descemet: es una estructura acelular formada por fibras de colágeno dispuestas en estratos y actúa como membrana basal del endotelio. Su grosor aumenta con la edad y es la más resistente de todas las capas corneales.

e) Endotelio: está constituido por una sola capa de células hexagonales y aplanadas. Su sustitución se realiza por extensión de las células vecinas y no por división con lo que su número decrece con la edad, inflamaciones, cirugía y traumatismos. Su función principal es transportar sustancias osmóticamente activas y mantener el balance hídrico junto al epitelio.

La córnea presenta una abundante inervación sensitiva la cuál está a cargo del nervio trigémino. Al llegar a la córnea, las fibras provenientes de dicho nervio pierden su cubierta de mielina y se distribuyen en forma de plexo entre el epitelio y la membrana de Bowman. Se sabe que la córnea se nutre por tres vías principalmente: por medio del oxígeno ambiental que permanece disuelto en la película lagrimal, a través de los vasos sanguíneos perilímbicos y por medio del humor acuoso, que como se menciono antes, baña al endotelio.

En la figura 2 se pueden apreciar las estructuras anatómicas descritas con anterioridad. En dicha figura, se observa un esquema de corte transversal en tercera dimensión que muestra las cinco capas corneales con la finalidad de ubicarlas en el espacio:

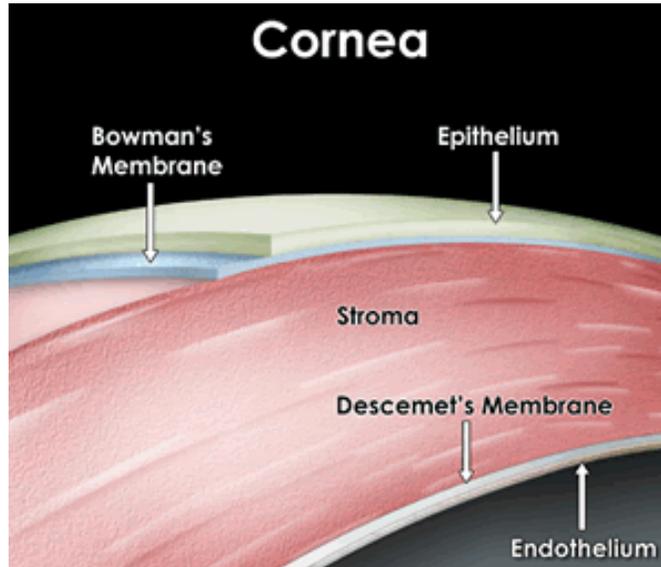


Figura 2. Esquema de un corte transversal del ojo.

2.1.2.2 Esclerótica

La esclerótica es una membrana fibrosa y muy resistente que protege los tejidos intraoculares, soporta la tensión de los músculos intraoculares y contribuye a mantener la forma y tono ocular. Su espesor mínimo es de 0.3 mm y se encuentra inmediatamente posterior a la inserción de los músculos rectos. Su radio de curvatura es de 13 mm aproximadamente.

Su cara interna se encuentra separada de la coroides por la lámina fusca y la epicoroides más interiormente. Su cara externa, de aspecto blanquecino, presenta en su porción media la inserción de los músculos oculomotores. Su porción posterior se encuentra perforada por el nervio óptico y por la entrada y salida de los vasos sanguíneos y nervios filiares cortos. En sus porciones

laterales se encuentran las cuatro venas vorticosas y las arterias y venas filiares anteriores. En su porción anterior se continúa con la córnea mediante una zona de transición llamada limbo esclerocorneal. La esclera se encuentra cubierta por una capa densa de tejido conjuntivo denominada cápsula de Tenon, la cuál contiene una gran cantidad de fibras elásticas. Entre ambas capas se encuentra un tejido laxo muy vascularizado llamado epiesclera.

En la figura 3 se presenta un corte histológico de esclerótica de cerdo (teñido con hematoxilina y eosina) aumentado 200 veces de su tamaño real por medio del microscopio en la que se aprecia claramente el estroma de la esclera y su grosor en relación con la epiesclera. Así también, en el extremo derecho de la imagen es posible apreciar parte del músculo estriado esquelético.

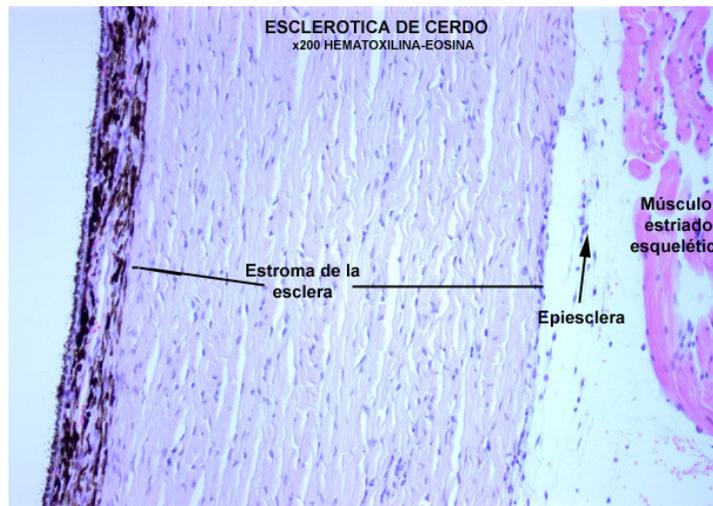


Figura 3. Corte histológico de epiesclera de cerdo, teñido con hematoxilina y eosina.

2.2 Histología del ojo

Histológicamente, el bulbo del ojo consta de 3 capas o túnicas: túnica fibrosa, túnica vascular y túnica neural. El cristalino enfoca la luz en la retina que posee las células denominadas conos y bastones, mismas que son fotorreceptoras. La formación de este órgano comienza alrededor de la cuarta semana del desarrollo embrionario y se desarrolla a partir de 3 elementos, a saber: una

proyección del cerebro anterior (retina y nervio óptico), el ectodermo superficial (el cristalino) y el mesénquima adyacente (túnicas y estructuras). A continuación se brinda una descripción de cada una de las túnicas:

a) Túnica Fibrosa.

Está constituida por la esclera y la córnea. La esclera es de color blanca y opaca. Casi completamente avascular, está constituida de tejido conectivo fibroso de bastante dureza. Contiene fibras abundantes de colágeno tipo I alternadas con fibras elásticas. En esta capa se pueden encontrar fibroblastos de apariencia plana y larga además de melanocitos en las regiones más profundas. La esclera presta inserción a los músculos extraoculares en su región externa. Está envuelta por la cápsula de Tenon, una vaina del nervio óptico que se extiende hasta la región ciliar. La epiesclerótica corresponde al tejido conectivo laxo que la une a la cápsula de Tenon. La córnea es la porción anterior de esta túnica. Es más gruesa que la esclera y abultada hacia delante, la cuál está ricamente innervada y consta de cinco capas, como ya se mencionó.

b) Túnica Vascular (úvea).

Está conformada por la coroides, la cuál es pigmentada y ricamente vascularizada. En la cara posterior se une laxamente a la túnica fibrosa pero fuertemente a la retina y contiene tejido conectivo laxo y fibroblastos. Se observa completamente negra debido a la presencia de una gran cantidad de melanocitos. En su superficie interna tiene vasos pequeños que forman el coriocapilar. La membrana de Bruch separa la coroides de la retina y consiste en fibras elásticas centrales recubiertas por colágeno en una disposición que recuerda a un emparedado. Por otro lado, el cuerpo ciliar es una extensión de la coroides en forma de cuña que circunda la pared interna a nivel del cristalino. Ocupa el espacio entre la *ora serrata* de la retina y el iris. Tiene dos porciones, la primera llamada unión esclerocorneal y otra conocida como procesos filiares (digitaciones hacia cristalino de las cuales se extienden los ligamentos suspensorios del cristalino), constituida de tejido conectivo laxo que contiene fibras elásticas y melanocitos. La superficie interna esta recubierta por la parte ciliar de la retina y tiene una capa externa (epitelio cilíndrico no pigmentario) y una capa interna (epitelio cilíndrico simple pigmentario). En el tercio anterior del

cuerpo ciliar aparecen alrededor de 70 procesos filiales que nacen desde el núcleo conectivo. Este cuerpo ciliar posee tres haces de músculo liso, de los cuales uno estira la coroides, favoreciendo el drenaje del humor acuoso y otros dos estiran el cuerpo liberando la tensión a la que están sometidos los ligamentos suspensorios del cristalino. El iris está ubicado entre la cámara anterior y posterior del ojo; recubre el cristalino excepto en la parte de la pupila y es de mayor grosor medialmente. Su superficie anterior es irregular y posee surcos. Hay dos anillos concéntricos, estableciéndose una zona ciliar y una zona pupilar, recubriéndolo de manera incompleta las células pigmentadas y fibroblastos.

c) Túnica neural (retina).

La retina tiene gran cantidad de células fotorreceptoras, conocidas como conos y bastones. Se desarrolla de la copa óptica, una invaginación del diencéfalo que dará lugar a la vesícula óptica primaria que a su vez, por invaginación formará la vesícula óptica secundaria. El tallo de la copa óptica dará origen más tarde al nervio óptico. Dicha copa consta de una capa interna (que formará la porción neural de la retina) y de una capa externa (que formará la porción pigmentada). La capa pigmentada recubre toda la superficie interna del ojo y se refleja a nivel del cuerpo ciliar y pared posterior del iris. La túnica neural se detiene en la *ora serrata* y está conformada por células con un muy alto nivel de diferenciación, provenientes del cerebro. El disco óptico es el sitio de salida del nervio óptico, no encontrándose en él fotorreceptores por lo que constituye un punto ciego. La mácula lútea es una zona amarilla que se ubica lateral al disco y en su centro se aprecia una depresión llamada fovea que contiene solo conos densamente agrupados, generando una gran agudeza visual.

La retina tiene varias capas, a saber:

- 1.- Epitelio pigmentario: está constituido por células cúbicas a cilíndricas de núcleo basal. Están unidas a la membrana de Bruch, entre la coroides y las células pigmentarias y tienen prolongaciones con abundantes mitocondrias hacia ésta membrana, lo que sugiere la presencia de transporte activo. La barrera hemato-retiniana está establecida por los desmosomas entre las

membranas laterales a este nivel. Sus funciones son la absorción de luz que pasa desde los fotorreceptores, evitando de esta manera que se refleje.

2.- Bastones y conos: son células polarizadas que en su segmento externo poseen dendritas especializadas. Están rodeadas por células pigmentarias. Hay cerca de 120 millones de bastones y 6 millones de conos. Los bastones solo se activan por la luz tenue, incluso por un fotón aislado. No detectan los colores. Son células alargadas, paralelas entre sí, perpendiculares a la retina.

3.- Segmento externo: en ésta zona hay laminillas membranosas desprendidas de la membrana. Contienen rodopsina y responden lentamente además de sumar colectivamente la recepción del estímulo visual.

4.- Segmento interno: está separado del externo por el tallo de conexión. Produce proteínas que migran al externo y se desprenden hacia la capa de células pigmentadas.

2.3 Estructuras accesorias

Las estructuras accesorias del ojo son la conjuntiva, los párpados y el aparato lacrimal, mismas que se describen por aparte dada la importancia que representan para éste trabajo.

2.3.1 Conjuntiva

La conjuntiva es una membrana mucosa transparente que cuenta con una porción palpebral (en la superficie interna de los párpados) y otra porción bulbar (en la esclera), de la porción anterior. Consta además de un epitelio cilíndrico, pseudoestratificado con células caliciformes y una lámina propia de tejido conectivo laxo. Las células caliciformes del epitelio producen una secreción que forma parte de la denominada película lagrimal y lubrica el

epitelio de la superficie anterior del globo ocular. En la unión esclerocorneal, la conjuntiva se continúa con el nombre de epitelio corneal, el cuál tiene la característica de ser plano, estratificado, y no posee células caliciformes.

2.3.2 Párpados

Los párpados tienen una superficie externa que contiene epitelio plano estratificado clásico de la piel, mientras que la superficie interna está formada por la conjuntiva palpebral (o mejor, revestida por ella). Los párpados se mantienen apoyados sobre una estructura llamada placa tarsal que corresponde a su esqueleto de tejido fibroso. La piel contiene glándulas sudoríparas, sebáceas y pelos finos, siendo la dermis más delgada. Hay abundantes fibras elásticas y no se encuentra presencia de grasa.

En el borde del párpado se encuentran las pestañas mismas que no poseen músculos erectores de pelo. Las glándulas de Moll, que son del tipo sudoríparas modificadas, forman un espiral antes de abrirse a los folículos de las pestañas. Por otro lado, las glándulas de Meibomio son del tipo sebáceas modificadas y se ubican en el tarso, para desembocar en el borde libre del párpado. Por último, las glándulas de Zeis también son sebáceas y están en relación con cada folículo piloso de las pestañas.

2.3.3 Aparato lagrimal

El denominado aparato lagrimal está conformado por la glándula lagrimal, la cuál es de tipo túbulo-alveolar compuesta, cuya secreción es serosa y sus acinos se encuentran rodeados por células mioepiteliales. El líquido lagrimal contiene lisozima y pasa por los conductos secretorios hacia el saco conjuntival. Se desplaza en dirección medial (o interna) hacia el punto lagrimal, ubicado en ángulo interno del ojo, y que es una abertura en el borde medial de los párpados superior e inferior. Conduce al canalículo lagrimal (que lleva a su vez al saco lagrimal) mismo que tiene un epitelio plano estratificado no cornificado.

El saco lagrimal por su parte se ubica en la porción superior dilatada del conducto nasolagrimal y está revestido por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado. Además, el conducto nasolagrimal constituye la continuación inferior del saco lagrimal y también se encuentra revestido por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado; lleva líquido lagrimal hasta el meato inferior en el piso de la cavidad nasal.

2.4 Física de la visión

A menudo, se compara el funcionamiento del ojo con el de una cámara fotográfica. La pupila actuaría de diafragma, la retina como la película, la córnea sería el lente y el cristalino equivaldría a acercar o alejar la cámara del objeto para conseguir un buen enfoque. La analogía no acaba aquí, pues al igual que en la cámara, la imagen que se forma sobre la retina está invertida. Pero esto no supone ningún problema ya que el cerebro se encarga de girarla 360 ° para que se le pueda ver correctamente.

Al igual que en la fotografía, la cantidad de luz juega un papel muy importante en la visión. En condiciones de buena iluminación (más de 3 cd/m²) como ocurre de día, la visión es nítida, detallada y se distinguen muy bien los colores; ésta es la llamada visión fotópica. Para niveles inferiores a 0.25 cd/ m² desaparece la sensación de color y la visión es más sensible a los tonos azules, y a la intensidad de la luz. Ésta es entonces la llamada visión escotópica. En situaciones intermedias, la capacidad para distinguir los colores disminuye a medida que baja la cantidad de luz pasando de una gran sensibilidad hacia el amarillo a una hacia el azul. Es la visión mesióptica.

En estas condiciones, se definen las curvas de sensibilidad del ojo a la luz visible para un determinado observador, patrón que tiene un máximo de longitud de onda de 555 nm (amarillo verdoso) para la visión fotópica y otro de 480 nm (azul verdoso) para la visión escotópica. Al desplazamiento del máximo de la curva al disminuir la cantidad de luz recibida se llama efecto Purkinje. En la figura 4 se muestra una gráfica que relaciona el tipo de visión con la longitud de onda en nanómetros.

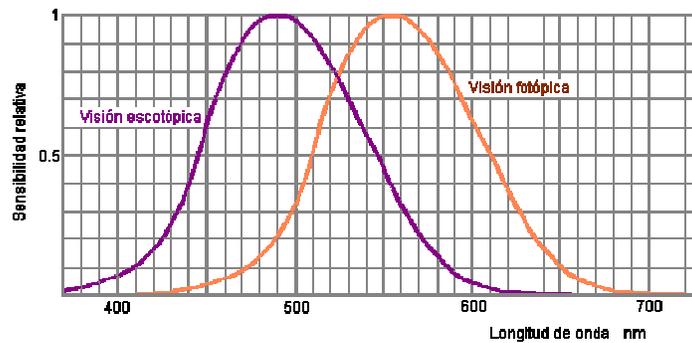


Figura 4. Relación entre la sensibilidad relativa y la longitud de onda de la luz.

Toda fuente de luz que emita en valores cercanos al máximo de la visión diurna (555 nm) tendrá un rendimiento energético óptimo porque producirá la máxima sensación luminosa en el ojo con el mínimo consumo de energía. No obstante, si la fuente no ofrece una buena reproducción cromática puede provocar resultados contraproducentes.

2.4.1 Acomodación

Se llama acomodación a la capacidad del ojo para enfocar automáticamente objetos situados a diferentes distancias del mismo. Esta función se lleva a cabo en el cristalino que varía su forma para tal efecto.

Pero esta capacidad va disminuyendo con los años debido a la pérdida de elasticidad que sufre ésta estructura anatómica en lo que se llamado presbicia o “vista cansada” y hace que aumente la distancia focal y la cantidad de luz mínima necesaria para que se forme una imagen nítida.

2.4.2 Adaptación

La adaptación es la facultad del ojo para ajustarse automáticamente a cambios en los niveles de iluminación y se debe a la capacidad del iris para regular la abertura de la pupila y a cambios fotoquímicos en la retina.

Para pasar de ambientes oscuros a luminosos el proceso es muy rápido pero en caso contrario es más lento. Al cabo de un minuto se tiene una adaptación aceptable. A medida que pasa el tiempo se observa mejor en la oscuridad y en un periodo de 30 minutos el ojo se ha adaptado y los objetos se observan adecuadamente aunque la adaptación completa se produce pasados 60 minutos. En la figura 5 se muestra el tiempo de adaptación del ojo a distintas condiciones de iluminación con respecto al tiempo en minutos.



Figura 5. Tiempos de adaptación del ojo a distintas condiciones de iluminación.

2.4.3 El campo visual

Retomando el ejemplo de la cámara de fotografía, el ojo humano también dispone de un campo visual. Cada ojo ve aproximadamente 150° sobre el plano horizontal y con la superposición de ambos se abarcan los 180° . Sobre el plano vertical sólo son unos 130° , 60° por encima de la horizontal y 70° por debajo.

El campo visual de cada ojo es de tipo monocular, sin sensación de profundidad, siendo la visión en la zona de superposición de ambos campos del tipo binocular. La sensación de profundidad o visión tridimensional se produce en el cerebro cuando este superpone e interpreta ambas imágenes.

Los factores externos que influyen sobre la formación de una buena imagen en la retina pueden dividirse en dos clases: los subjetivos y los objetivos. Los primeros dependen del propio individuo, por ejemplo, de su salud visual (edad, deterioro de la vista, etcétera), del nivel de atención en lo que observa, si se está en reposo o en movimiento o de la comodidad visual (nivel de iluminación y deslumbramiento), situación particularmente importante en el área de la Medicina del Trabajo. Ahora bien, los objetivos dependen de lo que se esté observando, del objeto visual (por ejemplo, el tamaño), la agudeza visual, el contraste y el tiempo.

2.4.3.1 El tamaño del objeto

El tamaño aparente de un cuerpo en relación con el resto de los elementos que forman el campo visual es un factor importante para distinguirlo con rapidez. Si se analizan las fotografías mostradas en la figura 6, se puede observar que la iglesia de la imagen de la izquierda parece más pequeña que la de la derecha. Comparada con otros objetos más cercanos, como el árbol que hay en primer plano, parece pequeña. Pero vista de cerca parece muy grande debido a que el ángulo visual del ojo abarcado por la construcción respecto al ocupado por el fondo ha aumentado.



Objeto lejano.

Objeto cercano.

Figura 6. Comparativo de imágenes para demostrar la importancia del tamaño del objeto en la visión.

2.4.3.2 La agudeza visual

La agudeza visual es la capacidad de distinguir entre objetos muy próximos entre sí. Es una medida del detalle más pequeño que podemos diferenciar y está influenciada por el nivel de iluminación. Si este es bajo como ocurre de noche es más difícil distinguir objetos al contrario de lo que ocurre cuando las condiciones de iluminación son mejores, como ocurre cuando es de día.

En la imagen 7 se observa la diferencia entre la calidad de la visión cuando las condiciones de iluminación son diferentes, mismas que afectan de manera directa la agudeza visual.



Figura 7. Imágenes de una torre bajo diferentes condiciones de iluminación, mismas que afectan la agudeza visual y por lo tanto la calidad de la imagen de la derecha.

2.4.3.3 El contraste

El contraste se produce por diferencias entre colores o luminancias (porción de luz reflejada por un cuerpo que llega al ojo) entre un elemento del campo visual y el resto. Mientras mayor sea el objeto se observará mejor, más detalles serán distinguidos y resultará menos cansado realizarlo. Una buena iluminación ayudará mucho y puede llegar a compensar bajos contrastes en colores aumentando la luminancia.

2.4.3.4 El tiempo

Como ya sabemos el ojo dispone de mecanismos para enfocar la imagen y transmitirla al cerebro. Este proceso no es instantáneo y requiere un cierto

tiempo. Esta inercia es lo que permite disfrutar del cine, la televisión o los dibujos animados que no son más que una serie de imágenes estáticas sucesivas. Si, por el contrario, el objeto está en movimiento y hay un alto nivel de iluminación, la inercia visual provocará la impresión de una sucesión de imágenes fijas como ocurre en las discotecas. Es el llamado efecto estroboscópico que fuera de estos usos se debe evitar. Por otro lado, mientras más tiempo se disponga para ver una imagen, más nítida y detallada será. Con una buena iluminación podremos reducirlo y aumentar la velocidad de percepción.

Al hablar del color hay que distinguir entre el fenómeno físico donde intervienen la luz y la visión (sensibilidad y contraste) y el fenómeno sensorial. Como fenómeno físico comentaremos, además, los sistemas de especificación y la realización de mezclas.

2.4.3.5 El color como fenómeno físico

Es necesario recordar que la luz blanca del sol está formada por la unión de los colores del arcoiris, cada uno con su correspondiente longitud de onda. Los colores van del violeta (380 nm) hasta el rojo (770 nm) y su distribución espectral aproximada se muestra en la tabla 1:

Color	Longitud de onda (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

Tabla 1. Longitud de onda para cada color del arcoiris.

Cuando un cuerpo opaco es iluminado por luz blanca refleja un color o una mezcla de estos absorbiendo el resto. Las radiaciones luminosas reflejadas determinarán el color con que se verá el objeto. Si refleja todas será blanco y si las absorbe todas será negro. Si, por el contrario, usamos una fuente de luz monocromática o una de espectro discontinuo, que emita sólo en algunas longitudes de onda, los colores se verán deformados. Este efecto puede ser muy útil en decoración pero no para la iluminación general.

2.4.3.6 Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color.

El ojo humano no es igual de sensible a todas las longitudes de onda que forman la luz diurna. De hecho, tiene su máximo para un valor de 555 nm que corresponde a un tono amarillo verdoso. A medida que nos alejamos del máximo hacia los extremos del espectro (rojo y violeta) la sensibilidad va disminuyendo. Esa es la razón por la cual las señales de peligro y advertencia, la iluminación de emergencia o las luces antiniebla son de color amarillo. En la figura 8 se muestra la sensibilidad máxima del ojo:

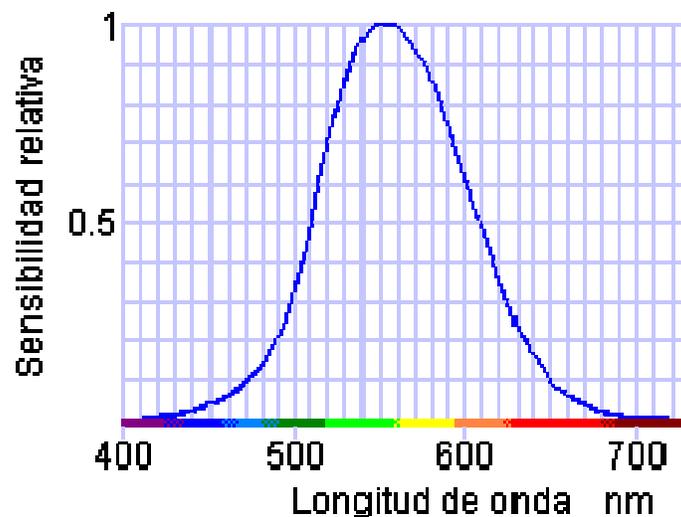


Figura 8. Sensibilidad máxima del ojo a ciertos colores del espectro. Nótese la máxima sensibilidad para el color amarillo verdoso, a los 555 nm.

2.4.3.7 El color como fenómeno sensorial

El color, al igual que otras sensaciones que se perciben a través de los sentidos, está sometido a distintos criterios de análisis subjetivos. Depende de las preferencias personales, su relación con otros colores y formas dentro del campo visual, así como del contraste, la extensión que ocupa, la iluminación recibida, la armonía con el ambiente, el estado de ánimo, el estado de salud, etcétera.

El ser humano distingue entre colores denominados como fríos y colores cálidos. Los primeros son el violeta, el azul y el verde oscuro, los cuáles dan la impresión de frescor, tristeza, recogimiento y reducción del espacio. Los segundos son el amarillo, el naranja, el rojo y el verde claro, los que producen sensaciones de alegría, ambiente estimulante y acogedor y de amplitud de espacio, como se aprecia en la tabla 2:

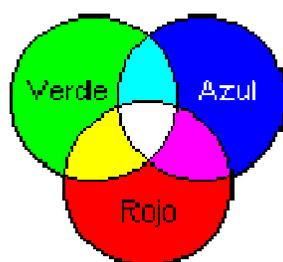
Sensaciones asociadas a los colores.	
Blanco	Frialdad, higiene, neutralidad.
Amarillo	Actividad, impresión, nerviosismo.
Verde	Calma, reposo, naturaleza.
Azul	Frialdad.
Marrón	Calidez, relajación.
Rojo	Calidez intensa, excitación, estimulante.
Negro	Inquietud, tensión.

Tabla 2. Sensaciones asociadas a los colores.

Hay que destacar también el factor cultural y climático porque en los países cálidos se prefieren tonos fríos para la decoración de interiores mientras que en los fríos sucede exactamente lo contrario.

2.4.3.8 Colores y mezclas

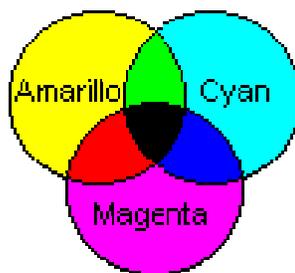
Como sucede en el ámbito de la pintura, se sabe que existen colores primarios, secundarios, terciarios o cuaternarios. Los colores primarios o básicos son aquellos cuya combinación produce todos los demás. En pintura son el cian, el magenta y el amarillo mientras que en iluminación son el azul, el verde y el rojo. Cualquier otro color se puede obtener combinando los anteriores en diferentes proporciones. Así los secundarios se obtienen con mezclas al 50%; los terciarios mezclando dos secundarios entre sí, etcétera. Las mezclas, que en luminotecnia se consiguen mediante filtros y haces de luz pueden ser aditivas o sustractivas. Las mezclas aditivas u ópticas se obtienen sumando haces de luces de colores. El color resultante dependerá de la componente que se halle en mayor proporción y será más intenso que estas. Si la suma diera blanco se diría que son colores complementarios. En la figura 9 se aprecia el color resultante de la mezcla de varios de ellos.



Mezcla aditiva

Figura 9. Mezcla aditiva de colores con sus tonalidades resultantes.

Por otro lado, las mezclas sustractivas o pigmentarias se consiguen aplicando a la luz blanca una serie de sucesivos filtros de colores que darán un tono de intensidad intermedia entre las componentes, como se puede apreciar en la figura 10:



Mezcla sustractiva

Figura 10. Mezcla sustractiva de colores con sus tonalidades resultantes.

Para definir los colores se emplean diversos sistemas como el *Red Green Blue* (RGB, por sus siglas en inglés) o el Sistema Munsell. El sistema RGB es utilizado en informática y en el que un color está definido por la proporción de los tres colores básicos - rojo, verde y azul - empleados en la mezcla mientras que en el sistema de Munsell se recurre a tres parámetros: tono o matiz (rojo, amarillo, verde), valor o intensidad (luminosidad de un color comparada con una escala de grises y cromaticidad o saturación (cantidad de blanco que tiene un color).

2.4.3.9 El espectro electromagnético

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). La relación entre ambas es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).

En la figura 11 se relaciona la frecuencia en Hertz contra la longitud de onda en metros de diversos espectros electromagnéticos:

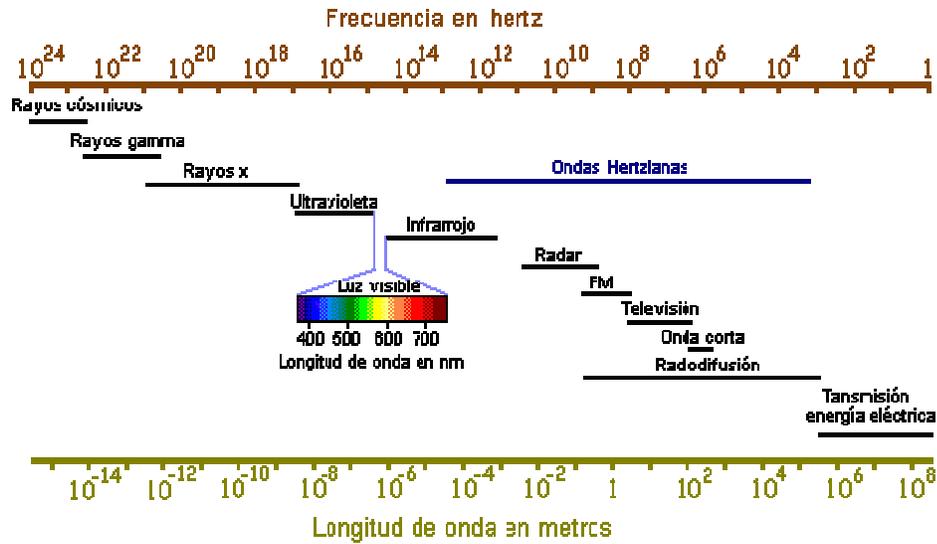


Figura 11. Espectros electromagnéticos.

2.4.4.0 Propiedades de la luz

Cuando la luz durante su recorrido en el espacio encuentra un obstáculo y choca contra la superficie de este, una parte de ella es reflejada. Si el cuerpo es opaco el resto de la luz será absorbida mientras que si es transparente una parte será absorbida como en el caso anterior y el resto atravesará el cuerpo, transmitiéndose. Así pues, tenemos tres posibilidades:

- Reflexión.
- Transmisión-refracción.
- Absorción.

Para cada una se define un coeficiente que nos da el porcentaje correspondiente en tanto por uno. Son el factor de reflexión (ρ), el de transmisión (τ) y el de absorción (α) que cumplen:

$$\begin{aligned} \rho + \alpha + \tau &= 1 && \text{cuerpos transparentes} \\ \rho + \alpha &= 1 && \text{cuerpos opacos } (\tau=0) \end{aligned}$$

La luz tiene también otras propiedades, como la polarización, la interferencia, la difracción o el efecto fotoeléctrico, pero estas tres son las más importantes en luminotecnica.

a) Reflexión.

La reflexión es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes (ya sean gases como la atmósfera, líquidos como el agua o sólidos) y está regida por la ley de la reflexión. La dirección en que sale reflejada la luz está determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida se produce la reflexión regular en que toda la luz sale en una única dirección. Si la superficie es mate y la luz sale desperdigada en todas direcciones se llama reflexión difusa. Y, por último, está el caso intermedio, reflexión mixta, en que predomina una dirección sobre las demás. Esto se da en superficies metálicas sin pulir, barnices, papel brillante, etcétera. En la figura 12 se muestra gráficamente la diferencia entre los distintos tipos de reflexión:

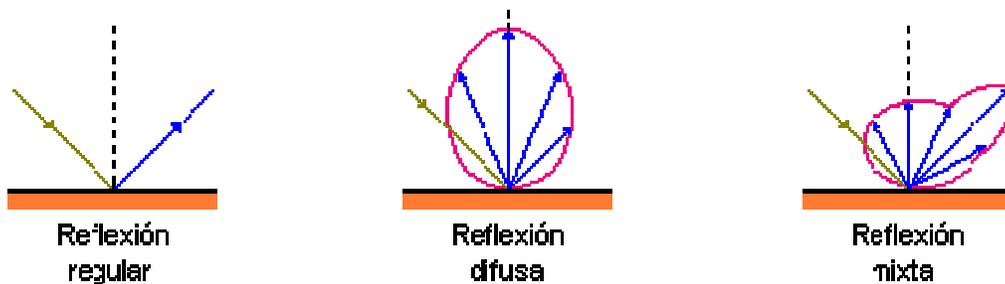


Figura 12. Diferentes tipos de reflexión.

b) Refracción.

La refracción se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes según la ley de la refracción. Esto se debe a que la velocidad de

propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente. En la figura 13 se muestra, en color verde, el haz de luz incidiendo sobre un cuerpo y en color azul se observa el desvío de su trayectoria por efecto de la refracción.

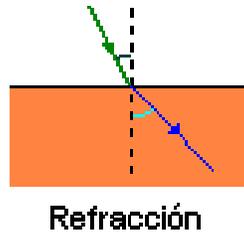


Figura 13. Refracción de la luz.

La transmisión se puede considerar una doble refracción. Si se considera el siguiente ejemplo de la luz en un cristal se observará que la luz sufre una primera refracción al pasar del aire al vidrio, sigue su camino y vuelve a refractarse al pasar de nuevo al aire. Si después de este proceso el rayo de luz no es desviado de su trayectoria se dice que la transmisión es regular como pasa en los vidrios transparentes. Si se difunde en todas direcciones tenemos la transmisión difusa que es lo que pasa en los vidrios translúcidos. Y si predomina una dirección sobre las demás tenemos la mixta como ocurre en los vidrios orgánicos o en los cristales de superficie labrada. En la figura 14 se observan los tres distintos tipos de transmisión de la luz.

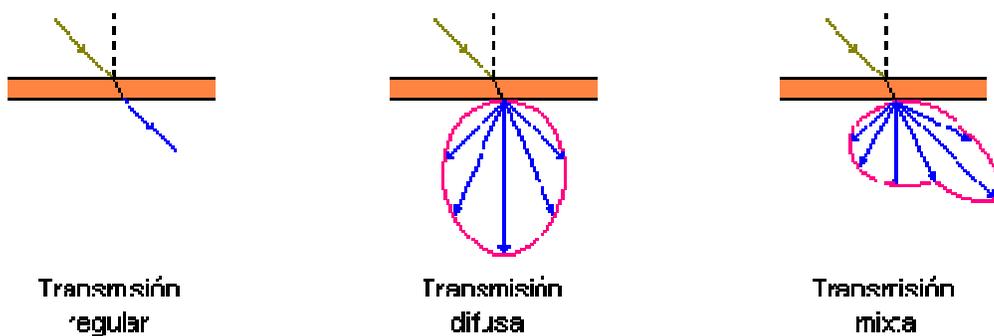


Figura 14. Transmisión de la luz.

c) Absorción

La absorción es un proceso ligado al color. El ojo humano sólo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Son los colores que, mezclados, forman la luz blanca.

2.5 Fisiología de la visión

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica (García, 2009).

La mayor parte de la información que recibimos del entorno llega a través del sentido de la vista. El acto de percibir una escena es la culminación de un complejo proceso que se denomina visión, la cual puede subdividirse en tres etapas: la óptica (que permite la formación de una imagen en la retina), la fotorrecepción (que hace posible el registro de dicha imagen por la “pantalla fisiológica” por medio de los fotorreceptores), y el procesado neural de la imagen ó vía visual, siendo este último el eslabón de la percepción visual, con lo que el cerebro culmina en la formación de la llamada imagen psíquica.

El propósito de la visión es extraer información del entorno físico a través de la luz emitida, reflejada o transmitida por objetos o superficies, por lo que para obtener información útil, el sistema visual debe clasificar y codificar los cambios que se producen en la imagen visual. Existe una serie de factores físicos y fisiológicos que subyacen tras la estructura del sistema visual, controlando sus etapas iniciales y limitando su rendimiento y capacidad.

En el sistema visual el primer límite físico de la visión espacial está impuesto por la calidad óptica de la imagen retiniana por lo que, si la longitud y la

potencia refractiva del ojo (sin considerar la acomodación) tienen la capacidad de formar una imagen nítida sobre la retina, entonces se define al ojo como emétrepe, y en el caso contrario, es decir, si la imagen retiniana de un objeto lejano es borrosa, es un ojo amétrepe.

Esto último puede deberse a que la potencia es demasiado grande para la longitud axial del ojo y que, por lo tanto, la imagen nítida se forma delante de la retina (miopía), a que la potencia es demasiado pequeña y la imagen nítida se forma por detrás de la retina (hipermetropía), o bien, a que el valor de la ametropía es diferente en los distintos meridianos del ojo, debido a que las superficies oculares tienen una estructura toroidal respecto al eje óptico (astigmatismo), creando una elongación de la imagen de acuerdo con el meridiano predominantemente afectado. Otro límite importante es el ligado al muestreo y transducción de la luz en el mosaico retiniano, donde ésta es detectada y convertida en señales eléctricas por los fotorreceptores (González, 2007).

2.6 La Película Lagrimal Preocular (PLPO)

La Película Lagrimal Preocular (PLPO) supone suma importancia para el correcto funcionamiento del ojo humano. Ésta película está compuesta por tres capas, a saber:

- a) Capa superficial lipídica: es producida principalmente por las glándulas de Meibomio y, en menor grado, por las glándulas de Zeis y Moll. Está compuesta de monoésteres de cera, ésteres, hidrocarburos, triglicéridos, diglicéridos, colesterol, ácidos grasos libres y lípidos polares (incluidos fosfolípidos).
- b) Capa acuosa: es secretada principalmente por la glándula lagrimal principal y por las glándulas accesorias denominadas de Krause y de Wolfring.

- c) Capa de mucina: es secretada por las células caliciformes de los epitelios corneal y conjuntival.

En la figura 15 se muestra un esquema de una glándula de Meibomio.

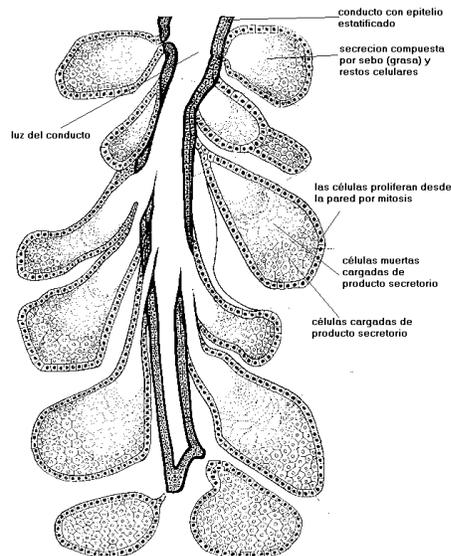


Figura 15. Esquema de un corte transversal de una glándula de Meibomio.

De la interacción bioquímica, metabólica y fisiológica entre las tres capas depende el funcionamiento adecuado de la PLPO. Así mismo, de la estabilidad y de la calidad total de la PLPO depende en parte la integridad corneal, gracias a que esta posee moléculas inmunológicas (Inmunoglobulinas IgA e IgM, mucinas, interleucinas IL1, betalisisina, lactoferrina y lisozima) las cuales protegen al ojo de infecciones oculares.

La PLPO tiene varias funciones importantes, mismas que se describen a continuación:

- a) Función Refractiva: La PLPO de la córnea ofrece una superficie refractiva lisa y homogénea que suaviza las pequeñas irregularidades epiteliales. Esta interfase aire-agua que se presenta entre la atmósfera y la lágrima es la superficie de mayor potencia dióptrica del sistema óptico humano.

- b) **Función Protectora:** La PLPO es capaz de atrapar partículas de polvo y pequeños cuerpos extraños y eliminarlos de la superficie ocular por un mecanismo de arrastre. También es una barrera defensiva contra bacterias, virus y otros microorganismos gracias al mismo mecanismo de arrastre, a la secreción activa de anticuerpos y a la presencia de enzimas antibacterianas.
- c) **Función Metabólica:** El epitelio conjuntival y sobre todo el corneal son sensibles a la desecación. Eso significa que necesitan de un medio acuoso en la superficie externa, y además, sin él las células mueren debido a que la córnea no tiene vasos sanguíneos y el aporte de nutrientes y oxígeno a las células del epitelio corneal llega a través de la lágrima.
- d) **Función Lubricante:** El párpado se desliza continuamente sobre el globo ocular. Eso significa que la conjuntiva tarsal está en permanente contacto y fricción contra la conjuntiva bulbar y la córnea. Cada vez que se parpadea o bien, con el párpado cerrado se mueve el ojo estos tejidos están deslizándose entre sí. La presencia de la lágrima supone interponer un fluido acuoso que minimiza la fricción y evita los microtraumatismos que causaría este roce constante.

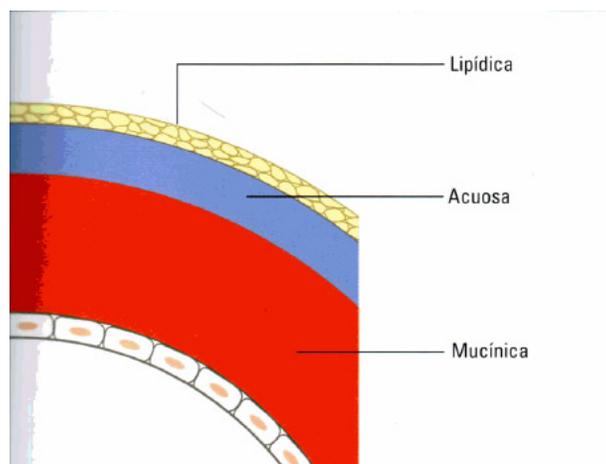


Figura 16. Esquema que muestra as tres capas de la Película Lagrimal Preocular.

La capa lipídica estabiliza la PLPO, retarda la evaporación de la capa acuosa, previene la contaminación de los lípidos de la piel y evita que la lágrima se derrame. Es relativamente delgada, su espesor es de 100 nm y es secretada principalmente por las glándulas de Meibomio alojadas en los párpados superior e inferior.

Aporta a la PLPO el retardo de la evaporación de la capa acuosa subyacente y previene de la contaminación de los lípidos de la piel, además de servir de barrera para evitar que la lágrima se derrame por el párpado inferior. Por ello, el examen de la capa lipídica es importante para evaluar la calidad de la lágrima, aunque no suele realizarse en la práctica clínica.

Para evaluarla se emplean métodos invasivos como las pruebas de Schirmer test I, Schirmer test II, Tiempo de Ruptura (*Break Up Time*, BUT, por sus siglas en inglés), hilo de rojo fenol y métodos no invasivos tales como el Tiempo de Ruptura No Invasivo (*Non Invasive Break Up Time*, BUTNI, por sus siglas en inglés), altura del menisco lagrimal y microscopia digital.

a) Test de Schirmer I: es una técnica invasiva que consiste en utilizar tiras de papel filtro Whatman # 1. La tira se coloca doblada por la ranura y enganchada sobre el margen inferior palpebral nasal. Al paciente se le indica que mire hacia arriba antes de la inserción de la tira y se contabilizan 5 minutos. El volumen lagrimal es la longitud (en milímetros) del área humedecida de la tira medida desde la ranura. El valor considerado como normal es igual o mayor a 15 mm en un tiempo de 5 minutos. Éste dato corresponde a la secreción total .

b) Test de Schirmer II: Es una modificación del test de Schirmer original. Se aplica un anestésico tópico (proximetacaína al 0.5%), se esperan 10 segundos y se procede igual que el Schirmer I. El valor normal es igual o mayor a 10 mm. Este dato corresponderá a la secreción basal, dada la eliminación de la secreción refleja gracias a la aplicación del anestésico tópico.

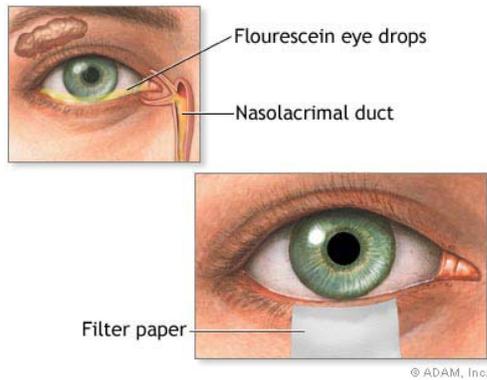


Figura 17. Ilustración del Test de Schirmer.

Para evaluar el rompimiento y la estabilidad de la PLPO se utilizan dos pruebas, que se describen a continuación:

a) Tiempo de Ruptura (BUT). Es el tiempo en segundos que tarda en aparecer el primer rompimiento después de un parpadeo completo y que se evidencia por la aparición de una mancha oscura. Se instila una gota de fluoresceína en solución o se pone en contacto con la conjuntiva una tirilla impregnada en fluoresceína previamente humedecida con lágrimas artificiales, observándose la película lagrimal con la lámpara de hendidura con objetivo de 16X. Al paciente se le indica que haga un parpadeo completo y que mantenga el ojo abierto. En este momento se empieza a tomar el tiempo hasta que aparezca la primera mancha oscura indicando el rompimiento. Los valores promedio se consideran en un rango de 10 a 40 segundos.

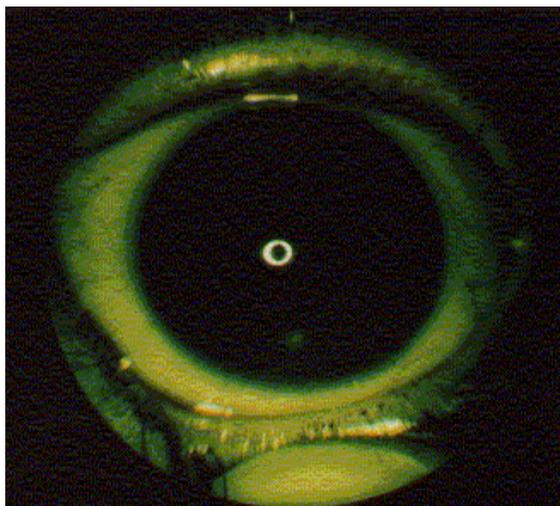


Figura 18. Fotografía de la prueba de BUT.

b) Técnica no invasiva (BUTNI): Basada en principios de interferometría (la interferencia de dos ondas de luz blanca al chocar sobre una superficie se reflejan en colores interferenciales generados por longitudes de onda que se anulan o se superponen, dando franjas de colores conforme al espectro de la luz), permite evaluar el espesor de la capa lipídica en nanómetros. Para realizarla se ubica el equipo frente al ojo del paciente, se indica al paciente que parpadee una vez y se cronometra el tiempo que toma en aparecer una discontinuidad en la película lagrimal. Se considera un valor anormal de rompimiento por debajo de 23 segundos.

El espesor de la película lagrimal depende de la evaporación de las lágrimas, del coeficiente de difusión de los distintos componentes a través de la córnea y del volumen lagrimal; la altura del prisma lagrimal es análoga al volumen lagrimal. Se consideran como alturas normales de 0.1 a 0.3 mm y alturas < 0.1mm se han asociados con ojo seco.

2.7 Conjuntivitis

La conjuntivitis bacteriana es una entidad clínica caracterizada por hiperemia conjuntival de inicio unilateral rápido, acompañada de edema palpebral y descarga mucopurulenta. El segundo ojo se afecta típicamente después de 1 a 2 días. La incidencia de la conjuntivitis bacteriana es muy difícil de determinar ya que la mayor parte de los pacientes se tratan empíricamente sin realizar cultivos. La película lagrimal ejerce normalmente un papel protector de la conjuntiva mediante barrido mecánico de partículas y microorganismos, además de poseer inmunoglobulina A, factores del complemento, lisozima, B-lisina y lactoferrina. En el 90% de sujetos sanos es posible aislar un microorganismo y en el 35%, dos. La flora normal en sujetos sanos se compone generalmente de *Staphilococcus epidermidis* (60%), seguido de *Difteroides* spp (35%) y finalmente de *Propionibacterium acnes*.

2.7.1 Etiología

La disrupción de los mecanismos de defensa predispone al desarrollo de la conjuntivitis bacteriana. Así mismo, la inflamación conjuntival secundaria a alteraciones sistémicas, como el pénfigo, el síndrome de Stevens-Johnson y la conjuntivitis atópica, altera la flora bacteriana normal. Frecuentemente, la conjuntivitis bacteriana es causada por inoculación directa de una fuente exógena. También puede resultar de la invasión y proliferación de microorganismos endógenos posterior a una infección sistémica. Los estados de inmunodepresión contribuyen a la patogenia de la infección.

2.7.2 Cuadro clínico

La sintomatología está constituida por secreción mucopurulenta, membranas, pseudomembranas, papilas y folículos. Posterior a la invasión bacteriana, se da una respuesta de polimorfonucleares con descarga serosa escasa que posteriormente se vuelve mucoide y luego mucopurulenta o purulenta. Los microorganismos que más comúnmente causan descarga purulenta son gonococo y meningococo.

Aunado a ello, una membrana se forma por coagulación de epitelio conjuntival. Cuando se intenta desprender esta membrana, se provoca sangrado. Existe una pseudomembranas que es el resultado de la coagulación del exudado sin inclusión del epitelio; cuando se desprende, no existe sangrado. Los microorganismos que más comúnmente causan membranas y pseudomembranas son el *Clostridium diphtheriae* y *Streptococcus pyogenes*. Las membranas dejan como secuela simbléfaron. Por otro lado, la papila es una elevación pequeña, hexagonal, hiperémica y opaca con un centro vascular. Es más frecuente encontrarla en la conjuntiva palpebral que en la bulbar y es signo de inflamación inespecífica. Se observa comúnmente en la conjuntivitis bacteriana. Por último, un folículo es una elevación lisa, translúcida y sin un centro vascular. Tiene significado clínico si se encuentra en los 2 tercios inferiores del párpado superior o en la conjuntiva tarsal inferior. Aunque los folículos son típicos de las conjuntivitis virales y por Clamidas, se observan

también en la conjuntivitis por *Moraxella* spp y se han reportado en la conjuntivitis por *Neisseria meningitidis*.



Figura 19. Fotografía de las papilas, observadas al evertir el párpado superior.

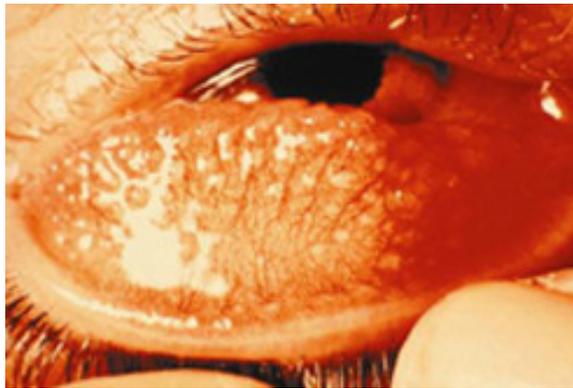


Figura 20. Fotografía de los foliculos, observados al evertir el párpado inferior.

2.7.3 Clasificación

Las conjuntivitis bacterianas se pueden clasificar de acuerdo a:

- a) La duración de la enfermedad (hiperaguda, aguda y crónica).
- b) El tipo de exudado (purulentas y mucopurulentas).
- c) La presencia de membranas y granulomas (membranosa o granulomatosa).

2.7.3.1 Conjuntivitis hiperaguda

Se trata de una entidad rápidamente progresiva, caracterizada por edema, hiperemia conjuntival marcada, quemosis y descarga purulenta abundante. Al inicio es unilateral y posteriormente se vuelve bilateral. Puede haber una membrana o pseudomembrana acompañada de adenopatía preauricular. El patógeno que más comúnmente causa conjuntivitis hiperaguda purulenta es *Neisseria gonorrhoeae* seguido de *Neisseria meningitidis*.

En adultos, la infección por *Neisseria gonorrhoeae* puede estar asociada con infección genital. El periodo de incubación varía desde unas horas hasta 3 días. La conjuntivitis neonatal por *Neisseria gonorrhoeae* se adquiere durante el parto de una madre con la infección genital. La incidencia de la conjuntivitis neonatal por *Neisseria gonorrhoeae* es del 0.04%. Inicia entre los 2 y 4 días posteriores al nacimiento y si no se da tratamiento puede haber ulceración y perforación corneal.



Figura 21. Conjuntivitis hiperaguda neonatal por gonococo.

La infección conjuntival por *Neisseria meningitidis* se adquiere frecuentemente por diseminación hematógica. Sin embargo, se puede adquirir por inoculación indirecta siendo la conjuntiva, además del tracto respiratorio superior, una de las vías de entrada para la meningococemia y meningitis; la quinta parte de los pacientes con conjuntivitis exógena por *Neisseria meningitidis* desarrollan enfermedad meningo-cóccica sistémica.

En la infección por *Neisseria spp* puede haber involucramiento de la córnea, presentando infiltrados periféricos y ulceraciones centrales. Aunque menos

común también puede presentarse iritis, dacrioadenitis y abscesos en párpados.

El diagnóstico se realiza clínicamente y confirma con una tinción de Gram, encontrando diplococos intracelulares Gram negativos con polimorfonucleares. Los gonococos productores de penicilinasa oscilan alrededor del 10% de todas las especies.

Para el tratamiento de la conjuntivitis por *Neisseria gonorrhoeae* en el adulto se trata con 1 gramo de ceftriaxona intramuscular en dosis única, además de un lavado conjuntival con solución salina. Debido a la frecuente incidencia de coinfección con *Chlamidia trachomatis*, se complementa este tratamiento con la toma vía oral de un 1 gramo de azitromicina o 100 mg de doxiciclina cada 12 hrs durante 7 días. La espectinomicina se usa en mujeres embarazadas infectadas por gonococo con historia de alergia a la penicilina. En el recién nacido, la conjuntivitis por *Neisseria gonorrhoeae* se trata con ceftriaxona 25-50 mg/kg IV o IM en dosis única, seguida de irrigación con solución salina de la conjuntiva.

La conjuntivitis por *Neisseria meningitidis* se trata con 300,000 UI/kg de penicilina IV por día. Es necesario dar tratamiento a los contactos con rifampicina 600 mg cada 12 hrs por 2 días en adultos y 10 mg/kg en niños.

2.7.3.2 Conjuntivitis aguda

La conjuntivitis aguda se caracteriza por tener un inicio rápido pero menos severo que la conjuntivitis hiperaguda. La secreción es mucopurulenta pero puede en ocasiones ser mucoide o purulenta. La conjuntiva bulbar se inflama con mayor intensidad que la tarsal. Los síntomas ceden generalmente entre los 10 y 14 días en muchas ocasiones sin tratamiento. Sin embargo, cuando el germen patógeno es *Staphylococcus* spp o *Moraxella* spp, la conjuntivitis puede volverse crónica debido al gran potencial de dichos gérmenes de provocar blefaritis.

La infección por *Streptococcus pneumoniae* ocurre en estaciones frías y puede presentarse en epidemias; habitualmente se autolimita. Se observa más en niños que en adultos. Su periodo de incubación es de 2 días, alcanzando la severidad máxima a los 2 o 3 días del inicio de los síntomas. Comúnmente se notan hemorragias subconjuntivales.

La conjuntivitis aguda por *Streptococcus pyogenes* se presenta con quemosis y secreción purulenta. La fuente de infección puede ser endógena o exógena; la fiebre escarlatina puede provocar conjuntivitis estreptocócica; o bien, puede darse por inoculación debido a un impétigo de párpados.

El *Haemophilus influenzae* (particularmente el biogrupo *aegyptius*) es la causa más común de conjuntivitis bacteriana en niños, aunque también se suele presentar en adultos. Normalmente se presenta de forma epidémica aunque es endémica en ciertas partes del mundo (principalmente en las costas de los Estados Unidos de América). Generalmente aparece durante las estaciones calientes. La infección se resuelve de 7 a 10 días después de iniciar el tratamiento.

Por su parte, *Corynebacterium diphtheriae* produce una conjuntivitis aguda membranosa o pseudomembranosa que usualmente se presenta en niños después de una faringitis membranosa diftérica. *Pseudomonas* spp, *Escherichia coli*, *Shigella* spp, *Borrelia vincentii* y *Fusobacterium* spp pueden causar conjuntivitis bacteriana.

Existen enfermedades oculares y sistémicas asociadas a conjuntivitis aguda; *Haemophilus influenzae* se puede asociar a celulitis periorbitaria, así como a malestar general, fiebre, otitis media, infección del tracto respiratorio superior y meningitis. *Streptococcus* spp puede ocasionar infiltrados corneales y necrosis así como úlceras y perforación. Cuando hay descarga purulenta severa, se forman membranas y pseudomembranas. *Moraxella* spp puede causar úlceras corneales bilaterales. La xerosis, simblefarón, triquiasis y entropión son complicaciones comunes de la infección por *Corynebacterium diphtheriae* así como la parálisis de los músculos extraoculares. El diagnóstico de la conjuntivitis aguda es clínico sin ayuda del laboratorio.

El tratamiento se realiza con gotas cada 1 a 4 horas y ungüentos por las noches. Los aminoglucósidos cubren un buen espectro; sin embargo, pueden ser poco efectivos en las infecciones por *Streptococcus* spp, siendo más efectiva, en este caso, la polimixina B, trimetoprim en gotas y la bacitracina-polimixina en ungüento. En los casos de *Staphylococcus* spp resistente a meticilina se utiliza vancomicina en gotas 5/mg/ml. En las conjuntivitis por *Haemophilus influenzae* con enfermedad sistémica en niños se requieren antibióticos sistémicos. El tratamiento de la conjuntivitis por *Corynebacterium diphtheriae* se realiza con eritromicina sistémica y antitoxina diftérica.

2.7.3.3. Conjuntivitis crónica

La conjuntivitis crónica se caracteriza por presentar un curso prolongado. Los síntomas incluyen sensación de cuerpo extraño, pestañas pegadas entre sí y escasa secreción. Los signos incluyen hiperemia conjuntival difusa, papilas y descarga mucopurulenta escasa. Los gérmenes patógenos más comunes son *Staphylococcus aureus* seguido de *Moraxella lacunata*. En la infección por *Staphylococcus aureus* existe pérdida de pestañas, además de ulceraciones en el canto interno y medial así como en el borde palpebral.

En la conjuntivitis por *Moraxella lacunata* existe también ulceración de cantos medial e interno y característicamente una conjuntivitis folicular con adenomegalias preauriculares.

Los microorganismos entéricos como *Proteus* spp, *Klebsiella* spp y *Escherichia coli* también pueden causar conjuntivitis crónica. La canaliculitis unilateral también es una causa probable de conjuntivitis bacteriana crónica. Las complicaciones oculares asociadas a conjuntivitis crónica por *Staphylococcus aureus* incluyen queratitis epitelial punteada, infiltrados corneales marginales y ulceraciones. En los casos de *Moraxella* spp se ha reportado queratitis punteada, infiltrados y nódulos esclerales cerca del canto lateral.

El diagnóstico se basa en la historia y los hallazgos clínicos. En los casos resistentes a tratamiento se puede realizar cultivo de la secreción del borde palpebral.

Se requiere un tratamiento a largo plazo. Debe incluir el lavado de margen palpebral con shampoo de bebé diluido al 50% y la aplicación de un ungüento con buen espectro para microorganismos Gram positivos (eritromicina). Se agregan gotas de antibióticos como trimetoprim-polimixina B, gentamicina, tobramicina, ciprofloxacina u ofloxacina. Se sugiere terapia sistémica vía oral con doxiciclina dos veces al día durante varios meses en casos refractivos o asociados a acné rosácea.

Además del tratamiento específico, existen algunas normas generales que le son indicadas a los pacientes que cursan con un cuadro de conjuntivitis, a saber:

- No usar pañuelos de tela, sólo desechables y emplearlos una sola vez.
- No usar maquillaje.
- Si usa lentes de contacto, retirarlos.
- Mantener las manos limpias.
- Los estudiantes y adultos con actividad laboral deben ser separados de la misma para evitar la transmisión de la enfermedad (Fernández, 2009).

2.8 Características importantes del ojo para el trabajo

Existen diversas características del aparato ocular consideradas sumamente importantes para que los trabajadores desempeñen sus actividades con seguridad de las cuáles se describen a continuación las siguientes:

- a) Mecanismo de acomodación
- b) Campo visual y campo de fijación
- c) Agudeza visual
- d) Visión en relieve y visión estereoscópica
- e) Movimientos oculares
- f) Fusión de parpadeo y curva de Lange
- g) Visión en color
- h) Errores de refracción

2.8.1 Mecanismo de acomodación

En el ojo ementrópico, cuando los rayos de luz atraviesan la córnea, la pupila y el cristalino se enfocan sobre la retina y producen una imagen invertida que es revertida de nuevo por los centros visuales del cerebro.

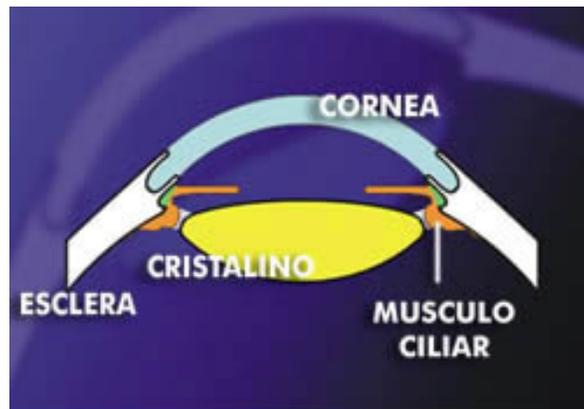


Figura 22. Esquema de un corte transversal del cristalino y la córnea. Ojo normal.

Cuando se observa un objeto distante, el cristalino se aplan.



Figura 23. Esquema de la estructura del ojo con visión lejana. Nótese la mayor longitud del cristalino al aplanarse.

Si se observan objetos cercanos, el cristalino se acomoda (es decir, aumenta su potencia) mediante la contracción de los músculos ciliares, lo que le permite adoptar una forma más oval y convexa.



Figura 24. Esquema de la estructura del ojo con visión cercana. La forma del cristalino es claramente diferente a la de las figuras 19 y 20.

Al mismo tiempo, el iris contrae la pupila y esto mejora la calidad de la imagen al reducir las aberraciones esféricas y cromáticas del sistema y aumentar la profundidad del campo. En la visión binocular, la acomodación se acompaña necesariamente de una convergencia proporcional de ambos ojos (Carrasco, 2005).

2.8.2 El campo visual y el campo de fijación

El campo visual (el espacio que abarcan los ojos en reposo) está limitado por los obstáculos anatómicos existentes en el plano horizontal (es más reducido en el campo nasal) y en el plano vertical (limitado por el borde superior de la órbita). En la visión binocular el campo horizontal abarca unos 180 grados y el campo vertical de 120 a 130 grados. En la visión diurna la mayoría de las funciones visuales se debilitan hacia la periferia del campo visual; en cambio, mejora la percepción del movimiento. En la visión nocturna se produce una considerable pérdida de agudeza en el centro del campo visual, donde los bastones son menos numerosos.

El campo de fijación se extiende más allá del campo visual gracias a la movilidad de los ojos, la cabeza y el cuerpo; en las actividades laborales lo más importante es el campo de fijación. Las causas de reducción del campo visual, anatómicas o fisiológicas, son muy numerosas: estrechamiento de la pupila, opacidad del cristalino, alteraciones patológicas de la retina, de las vías o de los centros visuales, brillantez del objeto a percibir, monturas de las gafas de corrección o de los lentes de protección, movimiento y velocidad del objeto a percibir, y otras causas. En la figura 22 se aprecia un esquema donde se observan los límites de los campos visuales:

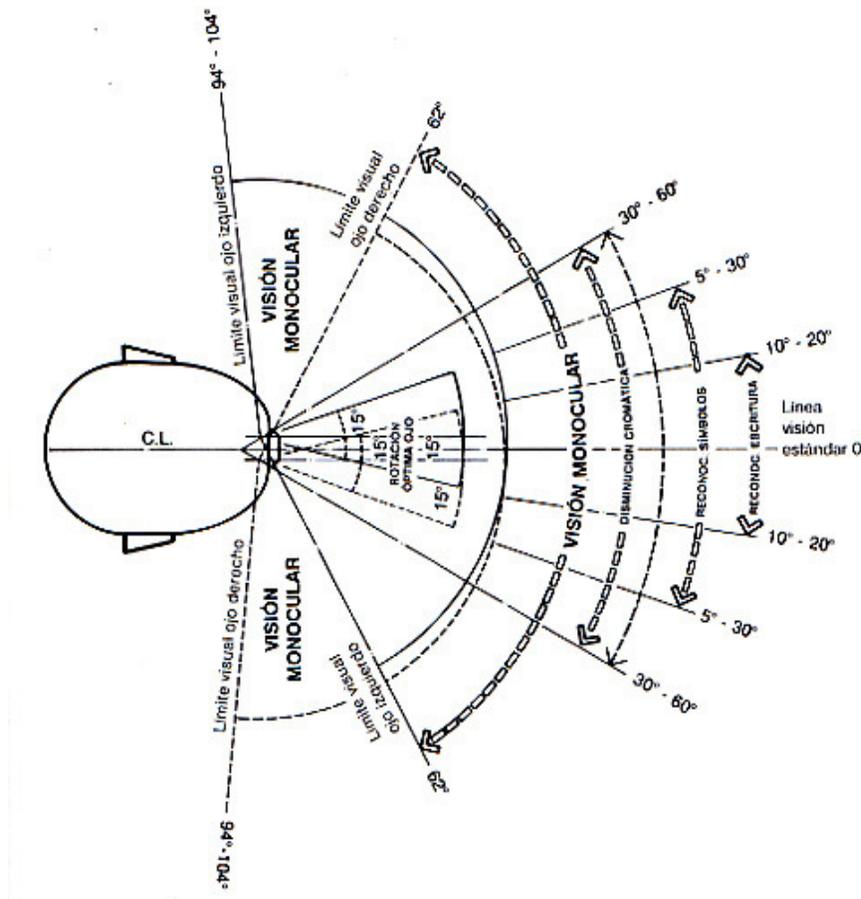


Figura 25. Esquema del campo visual humano.

2.8.3 Agudeza visual

La agudeza visual (AV) es la capacidad de discriminar con precisión los detalles de los objetos del campo visual. Se indica como la dimensión mínima de algunos aspectos críticos de un objeto de prueba que un sujeto puede identificar correctamente y define el límite de la discriminación espacial. El tamaño retiniano de un objeto depende no sólo de su tamaño físico, sino también de su distancia al ojo; por tanto, se expresa como el ángulo visual (generalmente en minutos de arco). La AV es el valor inverso de este arco, expresándose como sigue:

$$AV = D'/D$$

Donde:

D': es la distancia de visualización normalizada.

D: es la distancia a la que el objeto de prueba más pequeño correctamente identificado por el individuo forma un ángulo de 1 minuto de arco.

Por ejemplo, la AV de una persona es 20/30 si, a una distancia de visualización de 20 pies sólo puede identificar un objeto que forma un ángulo de 1 minuto de arco a 30 pies. Para valorar la agudeza visual se utiliza la cartilla de Snellen, misma que se muestra en la figura 23.

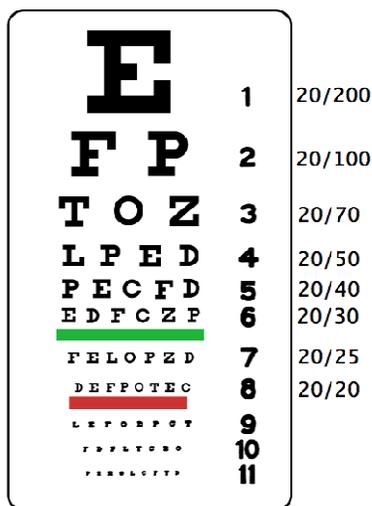


Figura 26. Esquema de la Cartilla de Snellen.

2.8.4 Factores que influyen en la agudeza visual

a) La retina.

La primera limitación de la agudeza visual se encuentra en la estructura de la retina. En la visión diurna, puede superar los 10/10 en la fóvea y disminuir con rapidez al desplazarse algunos grados con respecto al centro de la retina. En la visión nocturna, la agudeza visual es mínima o nula en el centro, pero puede alcanzar la décima parte en la periferia, por la distribución de los conos y los bastones.

b) La pupila.

El diámetro de la pupila actúa sobre la visión de forma compleja. Al dilatarse permite que pase más luz al ojo para estimular la retina; se reduce al mínimo la borrosidad causada por la difracción. Una pupila más estrecha, sin embargo, reduce los efectos negativos de las aberraciones del cristalino mencionadas previamente. En general, un diámetro pupilar de 3 a 6 mm aumenta la claridad de la visión.

c) Adaptación.

Gracias al proceso de adaptación, el ser humano puede ver tan bien con la luz de la luna como con la luz brillante del sol, aunque existe una diferencia de luminosidad de 1 a 10.000.000. La sensibilidad visual es tan amplia que la intensidad luminosa debe representarse en una gráfica a escala logarítmica. Al entrar en una habitación oscura el observador, en un inicio, se percibe al principio completamente ciego; después, comenzamos a percibir los objetos a nuestro alrededor. Al aumentar el nivel luminoso, pasamos de una visión dominada por los bastones a una visión dominada por los conos.

La variación asociada de la sensibilidad se conoce como cambio de Purkinje. La retina adaptada a la oscuridad es sensible sobre todo a la luminosidad baja, pero se caracteriza por la ausencia de visión en colores y la escasa resolución espacial (baja AV); la retina adaptada a la luz no es muy sensible a la luminosidad baja (sólo se perciben los objetos bien iluminados), pero se caracteriza por un alto grado de resolución espacial y temporal y por la visión en color. Después de la desensibilización inducida por la estimulación luminosa intensa, el ojo recupera su sensibilidad de acuerdo con una progresión típica: al principio se produce un cambio rápido que afecta a los conos y a la adaptación diurna o fotópica, seguido de una fase más lenta en la que participan los bastones y la adaptación nocturna o escotópica; la zona intermedia se relaciona con la luz tenue o adaptación mesópica.

En el medio de trabajo, la adaptación nocturna carece de relevancia, salvo en las actividades que tienen lugar en una habitación oscura y para la conducción nocturna (aunque el reflejo de los faros sobre la carretera siempre aporta algo de luz). La adaptación a la luz diurna procedente de la iluminación natural o artificial es la más habitual en las actividades industriales o administrativas. Sin embargo, en la actualidad, dada la importancia del trabajo con monitores de representación visual, muchos trabajadores prefieren operar con luz tenue.

d) Deslumbramiento.

Si los ojos se dirigen de un área oscura a un área iluminada y de ésta al área oscura otra vez, o si el sujeto mira un momento a una lámpara o a una ventana (y la iluminación varía de 1.000 a 12.000 cd/m²), las variaciones en la adaptación se producen en un área limitada del campo visual (adaptación local). El tiempo de recuperación tras un deslumbramiento discapacitante puede durar varios segundos, dependiendo del nivel de iluminación y del contraste.

e) Imágenes residuales.

La desadaptación local se acompaña generalmente de la imagen continuada de una mancha brillante, en color o no, que produce un velo o efecto de enmascaramiento (esta es la imagen consecutiva). Las imágenes residuales se han estudiado minuciosamente para comprender mejor algunos fenómenos visuales.

Tras cesar la estimulación visual, el efecto permanece durante algún tiempo; esta persistencia explica, por ejemplo, por qué se produce una percepción continua de la luz cuando se mira a una fuente de luz parpadeante. Si la frecuencia de parpadeo es lo suficientemente rápida, o cuando se miran los coches por la noche, se aprecia una línea de luz.

Estas imágenes residuales aparecen en la oscuridad cuando se mira a un punto luminoso; también son producidas por áreas de color que dejan imágenes residuales en color. Esto explica por qué los operadores de monitores de representación visual pueden percibir imágenes visuales nítidas después de mirar durante un tiempo prolongado a la pantalla y mover los ojos hacia otra área de la habitación.

Las imágenes residuales son muy complicadas. Por ejemplo, en un experimento sobre imágenes residuales se observó que una mancha azul aparece blanca durante los primeros segundos de observación, después rosa durante unos 30 segundos y después de color rojo brillante al cabo de uno o dos minutos.

En otro experimento se comprobó que un campo de color rojo naranja aparecía momentáneamente en color rosa y, en unos 10-15 segundos, pasaba por el naranja y el amarillo hasta alcanzar un aspecto verde brillante que persistía durante todo el período de observación. Si el punto de fijación se mueve, generalmente se mueve también la imagen residual. Estos efectos podrían causar bastantes molestias a personas que trabajan con monitores. La luz difusa que emiten las fuentes de deslumbramiento tiene también el efecto de

reducir el contraste fondo/objeto (efecto de velado) y disminuir así la agudeza visual (deslumbramiento discapacitante).

Los ergoofthalmólogos describen también la molestia por deslumbramiento, que no reduce la agudeza visual pero provoca una sensación molesta o incluso dolorosa. El nivel de iluminación en el lugar de trabajo debe adaptarse al que requiere la tarea. Si sólo es necesario percibir formas en un ambiente de luminosidad estable, puede bastar una iluminación débil; sin embargo, si es preciso percibir detalles finos con una agudeza visual mayor, o si en el trabajo hay que discriminar los colores, debe aumentarse de forma notable la iluminación retiniana.

2.8.5 Contraste de brillo y distribución espacial de la luminosidad en el lugar de trabajo.

Desde el punto de vista ergonómico, la relación entre la luminosidad del objeto de prueba, su fondo inmediato y el área circundante se ha estudiado ampliamente y existen recomendaciones sobre este tema para diferentes requerimientos laborales.

a) Contraste

El contraste fondo-objeto se define en la actualidad según la fórmula siguiente:

$$(L_f - L_o) / L_f$$

Donde:

Lo: es la luminosidad del objeto

Lf: es la luminosidad del fondo.

Por tanto, varía entre 0 y 1

La agudeza visual aumenta con el nivel de iluminación (como se indicó previamente) y con el aumento del contraste fondo-objeto. Este efecto es particularmente intenso en las personas jóvenes. Un fondo amplio claro y un objeto oscuro, por tanto, proporcionan la mayor eficiencia. Sin embargo, en la vida real, el contraste nunca alcanza la unidad.

Por ejemplo, si se imprime una letra negra sobre un hoja de papel blanco, el contraste fondo-objeto sólo alcanza un valor de alrededor del 90 %. En la situación más favorable, esto es, en la presentación positiva (letras oscuras sobre un fondo claro), la agudeza y el contraste están relacionadas, de forma que se puede mejorar la visibilidad modificando uno u otro factor, por ejemplo, aumentando el tamaño de las letras o su intensidad.

Cuando aparecieron en el mercado los monitores de representación visual, las letras o símbolos se presentaban en la pantalla como manchas claras sobre un fondo oscuro. Posteriormente se desarrollaron nuevas pantallas en las que aparecían letras oscuras sobre un fondo claro, y se realizaron numerosos estudios con el fin de comprobar si esta presentación mejoraba la visión.

Los resultados de la mayoría de los experimentos subrayan sin lugar a dudas que la agudeza visual aumenta cuando se leen letras oscuras sobre un fondo claro; desde luego, una pantalla oscura favorece los reflejos producidos por fuentes luminosas.

El campo visual funcional se define por la relación entre la luminosidad de las superficies percibidas realmente por el ojo en el puesto de trabajo y las superficies de las áreas circundantes. Hay que tener cuidado en no crear diferencias de luminosidad demasiado grandes en el campo visual; según el tamaño de las superficies implicadas se producen variaciones en la adaptación general o local que provocan molestias al realizar las tareas.

Además, está demostrado que, para obtener un buen rendimiento, los contrastes en el campo deben ser tales que el área de la tarea esté más

iluminada que los alrededores inmediatos, y que las áreas más alejadas estén más oscuras.

b) Tiempo de presentación del objeto.

La capacidad de detección de un objeto depende directamente de la cantidad de luz que penetra a través del ojo, lo que a su vez está relacionado con la intensidad lumínica del objeto, la calidad de su superficie y el tiempo durante el que aparece (esto se sabe por las pruebas de presentación taquiscópica). Si la duración de la presentación es inferior a 100-500 ms, disminuye la agudeza.

c) Movimientos del ojo o del objeto.

Se produce una pérdida de rendimiento sobre todo con el movimiento rápido del ojo; no obstante, no se requiere una imagen totalmente estable para conseguir una resolución máxima. Se ha demostrado que las vibraciones del tipo de las generadas por la maquinaria de construcción o los tractores pueden afectar adversamente a la agudeza visual (Meyer, 1999).

d) Diplopía

La agudeza visual es mayor en la visión binocular que en la monocular. La visión binocular requiere la unión de los ejes ópticos en el objeto observado, de forma que la imagen se refleje en las áreas correspondientes de la retina de ambos ojos. Esto es posible gracias a la actividad de los músculos externos. Si falla la coordinación de estos, pueden aparecer imágenes más o menos pasajeras, como sucede en la fatiga visual excesiva, causantes de sensaciones molestas.

2.8.6 Visión en relieve, visión estereoscópica

La visión binocular permite obtener una imagen única mediante la síntesis de las imágenes recibidas por los dos ojos. Las analogías entre estas imágenes dan lugar a la cooperación activa que constituye el mecanismo esencial del

sentido de profundidad y del relieve. La visión binocular tiene la propiedad adicional de aumentar la amplitud del campo, mejorando así en general el rendimiento visual, aliviando la fatiga y aumentando la resistencia al deslumbramiento y al brillo. Si la fusión de ambos ojos no es adecuada, la fatiga ocular aparece antes.

Sin alcanzar la eficiencia de la visión binocular en la apreciación del relieve de objetos relativamente cercanos, la sensación de relieve y la percepción de profundidad son, no obstante, posibles con la visión monocular, mediante fenómenos que no requieren la disparidad binocular. En la figura 24 se observa un error de la visión binocular, mismo que dificultaría el trabajo de cualquier empleado:



Figura 27. Muestra del error en la visión binocular.

Sabemos que el tamaño de los objetos no varía; por eso, el tamaño aparente desempeña un papel en la apreciación de la distancia; así, las imágenes que aparecen de pequeño tamaño en la retina darán la impresión de objetos distantes y viceversa (tamaño aparente).

Los objetos cercanos tienden a ocultar los objetos distantes (lo que se denomina interposición). El más brillante de dos objetos, o el que tiene un color más saturado, parece estar más cerca. El entorno desempeña también un papel, los objetos más distantes se pierden en una neblina. Dos líneas paralelas parecen encontrarse en el infinito (efecto de la perspectiva).

Finalmente, si dos objetos se mueven a la misma velocidad, el que lo hace a menos velocidad en la retina aparecerá más lejos del ojo. De hecho, la visión monocular no es un obstáculo importante en la mayoría de las situaciones laborales.

El sujeto necesita acostumbrarse a la reducción del campo visual y también a la posibilidad bastante excepcional de que la imagen del objeto pueda caer sobre la mancha ciega (en la visión binocular la misma imagen nunca cae sobre la mancha ciega de los dos ojos al mismo tiempo).

Debe señalarse también que una buena visión binocular no se acompaña necesariamente de visión en relieve (estereoscópica), ya que esto depende también de procesos complejos del sistema nervioso.

2.8.7 Movimientos oculares

Se describen varios tipos de movimientos oculares cuyo objetivo es permitir al ojo aprovechar toda la información que contienen las imágenes. El sistema de fijación nos permite mantener el objeto situado a nivel de los receptores foveolares, donde puede ser examinado en la región retiniana con el máximo poder de resolución. No obstante, los ojos están sometidos continuamente a micromovimientos (temblor).

Los movimientos oculares rápidos o sacádicos (estudiados sobre todo durante la lectura) son movimientos rápidos inducidos de forma intencional con el fin de desplazar la mirada de un detalle a otro de un objeto inmóvil; el cerebro percibe este movimiento no previsto como el movimiento de una imagen que cruza la retina. Esta ilusión de movimiento se cumple en situaciones patológicas del sistema nervioso central o del órgano vestibular. Los movimientos de búsqueda son parcialmente voluntarios cuando se sigue la trayectoria de objetos relativamente pequeños, pero no pueden controlarse cuando se trata de objetos muy grandes. En el ejemplo de la figura 25 se aprecia la manera en que el ojo, por medio de los movimientos sacádicos, realiza la lectura de un texto.

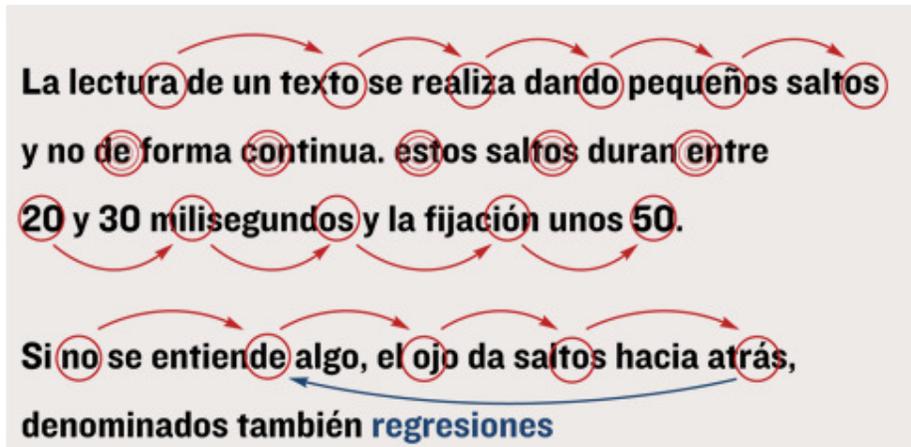


Figura 28. Texto que muestra los movimientos sacádicos del ojo durante la lectura.

Diversos mecanismos de supresión de imágenes (incluidos los movimientos rápidos) permiten a la retina preparar o recibir información nueva. Las ilusiones de movimiento (movimientos autocinéticos) de un punto luminoso o de un objeto inmóvil, como el movimiento de un puente sobre un curso de agua, se explican por la persistencia retiniana y por condiciones de visión que no están integradas en nuestro sistema central de referencia. El efecto consecutivo puede consistir en un simple error de interpretación de un mensaje luminoso (a veces dañino en el ambiente laboral) o provocar trastornos neurovegetativos graves. Las ilusiones causadas por figuras estáticas se conocen bien.

2.8.8 Fusión de parpadeo y curva de De Lange

Cuando el ojo se expone a una sucesión de estímulos cortos, primero percibe el parpadeo y después, al aumentar la frecuencia, se tiene la impresión de luminosidad estable: esta es la frecuencia de fusión crítica. Si la luz estimuladora fluctúa de forma sinusoidal, el sujeto puede experimentar una fusión en todas las frecuencias inferiores a la frecuencia crítica, siempre que esté reducido el nivel de modulación de esta luz. Todos estos umbrales pueden unirse después por una curva que fue descrita primero por De Lange y que puede alterarse al cambiar el tipo de estimulación: la curva mostrará un descenso si la luminosidad del área parpadeante está reducida o si el contraste

entre la mancha parpadeante y su entorno disminuye; cambios similares en la curva pueden observarse en procesos retinianos patológicos o después de los traumatismos craneales.

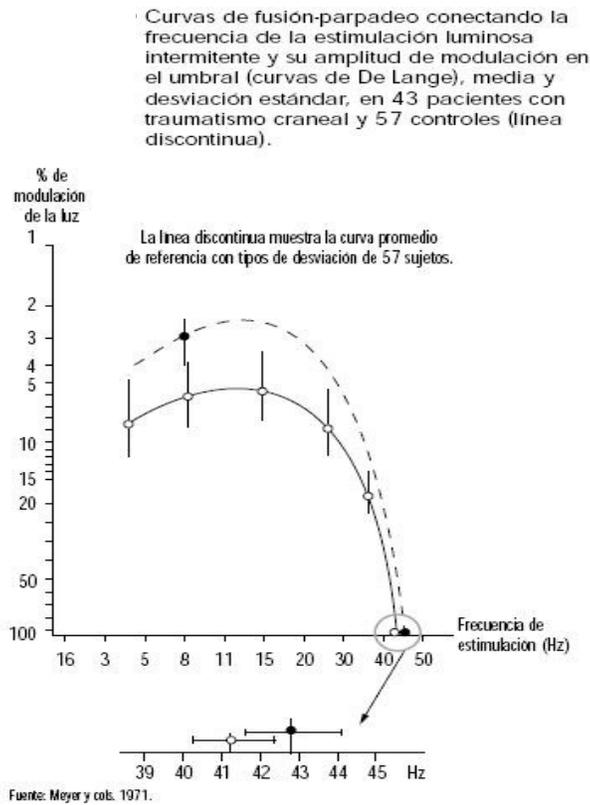


Figura 29 Curva de De Lange.

Por tanto, hay que ser cauto al interpretar el significado de un descenso en la fusión de parpadeo crítica en relación con la fatiga visual inducida por el trabajo. En la práctica laboral deberían utilizarse mejor las luces parpadeantes para detectar pequeñas lesiones o disfunciones retinianas (p. Ej., puede observarse un aumento de la curva en los casos de intoxicación ligera, seguido por un descenso cuando la intoxicación es mayor); este procedimiento de ensayo no altera la adaptación retiniana y no requiere corrección ocular; también es muy útil para el seguimiento de la recuperación funcional durante y después del tratamiento.

2.8.9 Visión en color

La sensación de color se relaciona con la actividad de los conos y, por tanto, sólo existe en el caso de la luz diurna (límites fotópicos de la luz) o en la adaptación mesópica (límites medios de la luz). Para que el sistema de análisis del color funcione de forma satisfactoria, la iluminación de los objetos percibidos debe ser como mínimo de 10 cd/m^2 .

En general, basta con tres fuentes de color, los denominados colores primarios (rojo, verde y azul), para reproducir el espectro completo de sensaciones de color. Además, se observa un fenómeno de inducción de contraste de color entre dos colores que se refuerzan mutuamente entre sí: el par verde-rojo y el par amarillo-azul. Las dos teorías sobre la sensación de color, la tricromática y la dicromática, no son excluyentes; la primera parece aplicarse a nivel de los conos y la segunda a niveles más centrales del sistema visual.

Para entender la percepción de los objetos de color en un fondo luminoso es necesario utilizar otros conceptos. De hecho, el mismo color puede ser producido por diferentes tipos de radiación. Por tanto, para reproducir fielmente un color dado hay que conocer la composición del espectro de las fuentes lumínicas y el espectro de la reflectancia de los pigmentos.

El índice de reproducción del color utilizado por especialistas en iluminación permite seleccionar tubos fluorescentes apropiados a las necesidades. Nuestros ojos han desarrollado la facultad de detectar cambios muy ligeros en la tonalidad de una superficie obtenidos mediante la variación de su distribución espectral; los colores espectrales (el ojo puede distinguir más de 200) formados mediante mezclas de luz monocromática representan sólo una pequeña proporción de la sensación de color posible.

Las anomalías en la visión del color pueden ser congénitas o adquiridas (degeneraciones). En los tricromatismos anómalos, la variación puede afectar a la sensación básica del rojo (tipo Dalton), del verde o del azul (la anomalía más rara).

En los dicromatismos, el sistema de tres colores básicos se reduce a dos. En la deuteranopía, falta el color básico verde. En la protanopía, desaparece el rojo básico; aunque menos frecuente, esta anomalía, al acompañarse de una pérdida de luminosidad en la gama de los rojos, debe tenerse en cuenta en el ambiente laboral, especialmente para evitar la instalación de avisos en rojo, sobre todo si no están muy bien iluminados. Debe señalarse también que estos defectos de la visión en color pueden encontrarse con distinto grado en el sujeto normal; de ahí la necesidad de ser cautos a la hora de emplear demasiados colores. Hay que tener en cuenta también que con los dispositivos para pruebas de visión sólo pueden detectarse los defectos importantes en la visión del color. (Meyer, 2009).

2.9 Errores de refracción

El punto próximo es la distancia más corta a la que puede enfocarse con nitidez un objeto; el punto remoto es la distancia más alejada. En el ojo normal (emétrope), el punto remoto está situado en el infinito.

En el ojo miope, el punto remoto está situado delante de la retina, a una distancia finita; este exceso de potencia se corrige con lentes cóncavas. En el ojo hiperópico (hipermétrope), el punto remoto se sitúa detrás de la retina; esta falta de potencia se corrige con lentes convexas. En caso de hiperopía ligera, el defecto se compensa de forma espontánea mediante acomodación y el sujeto puede ignorar el problema. En los miopes que no llevan las gafas, la pérdida de acomodación puede compensarse por el hecho de que el punto remoto está más cerca.

En el ojo ideal, la superficie de la córnea debe ser perfectamente esférica; sin embargo la curvatura del ojo es distinta en los diferentes ejes (el denominado astigmatismo); la refracción es mayor si la curvatura es más acentuada y, en consecuencia, los rayos que salen de un punto luminoso no forman una imagen precisa sobre la retina.

Estos defectos, cuando son pronunciados, se corrigen con lentes cilíndricas; en el astigmatismo irregular se recomienda el uso de lentes de contacto. El astigmatismo resulta particularmente molesto al conducir por la noche o al trabajar con monitores, es decir, en situaciones en las que las señales luminosas resaltan sobre un fondo oscuro o al utilizar un microscopio binocular. Las lentes de contacto no deben utilizarse en los puestos de trabajo en los que el aire es demasiado seco, exista polvo, neblinas, etcétera.

En la presbiopía (presbicia), un trastorno provocado por la pérdida de elasticidad del cristalino, disminuye la amplitud de la acomodación, esto es, la distancia entre los puntos remoto y próximo; el segundo se va alejando (desde unos 10 cm a la edad de 10 años) con la edad; la corrección se realiza con lentes convergentes unificales o multifocales; estas últimas corrigen distancias cada vez más cercanas del objeto (en general hasta 30 cm), teniendo en cuenta que los objetos más cercanos se perciben generalmente en la parte inferior del campo visual, mientras que la parte superior de las gafas se reserva para la visión a distancia.

En la actualidad se propone el uso de nuevas lentes, distintas a las lentes normales, para trabajar con monitores de representación visual. Estas lentes, conocidas como lentes progresivas, casi borran los límites entre las zonas de corrección. Los usuarios de lentes progresivas deben acostumbrarse más a estos tipos de lentes que a otros, porque su campo de visión es estrecho (Meyer, 1999).

Si la tarea visual requiere una visión alternativa de lejos y de cerca, se recomienda utilizar lentes bifocales, trifocales o incluso progresivas. Sin embargo, hay que recordar que el uso de lentes multifocales puede obligar a un operador a realizar modificaciones importantes de la postura. Por ejemplo, los operadores de monitores con presbiopía corregida con lentes bifocales tienden a extender el cuello y pueden sufrir dolor cervical y del hombro. Los fabricantes de gafas propondrán entonces el uso de lentes progresivas de diferentes tipos.

Otra cuestión es la mejoría ergonómica de los puestos de trabajo con monitores, para evitar la colocación de la pantalla en una posición demasiado Elevada. La demostración de los errores de refracción (que son muy comunes en la población trabajadora) depende del tipo de pruebas realizadas. Con los gráficos de Snellen fijados a una pared no tienen por qué obtenerse los mismos resultados que con diversos tipos de aparatos en los que la imagen del objeto se proyecta sobre un fondo cercano. De hecho, en un dispositivo de pruebas visuales, el sujeto tiene dificultades para relajar la acomodación, sobre todo si se reduce el eje de visión; este hecho se conoce como “miopía instrumental” (Meyer, 1999).

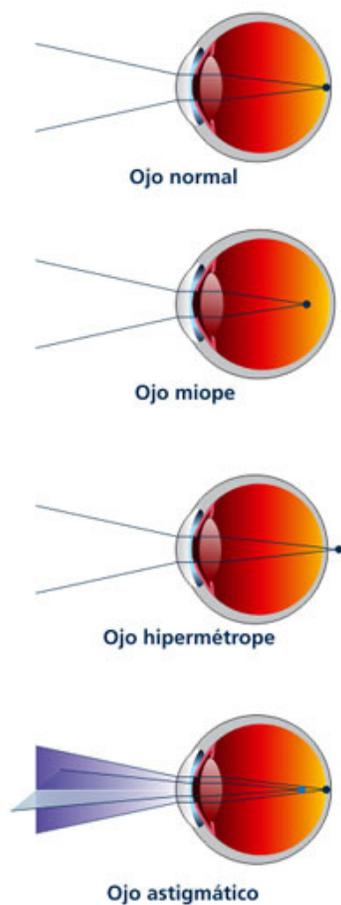


Figura 30. Defectos de refracción.

2.10 Exploración física del aparato ocular

Se sabe que el trabajo en locales mal ventilados y con polvo favorece la blefaritis y la conjuntivitis. Los procesos oculares se manifiestan por trastornos de la visión, dolor, cefalea, anomalías de la secreción lagrimal y vértigos. En las conjuntivitis la secreción es abundante y puede ser serosa, mucosa, purulenta, mucopurulenta, fibrinosa y pseudomembranosa.

Agglutina el borde libre y ángulos de los párpados durante la noche y se concentra en la base de las pestañas. Así mismo, la cantidad de lágrimas puede estar aumentada o disminuida. Ésta última se produce por intoxicaciones con solanáceas virosas (belladona, beleño y datura, por ejemplo) o con toxina botulínica. También en los síndromes de Mikulicz y Sjörger, en los pacientes diabéticos, en aquellas personas deshidratadas, en las avitaminosis A y en la lesión del VII par por encima del ganglio geniculado, con afectación de los filetes secretores del nervio intermediario de Wrieberg (Surós, 1997).

La exploración del aparato ocular comienza con la inspección de las regiones periorbitaria y superciliar que incluyen las cejas, el reborde óseo supraorbitario y los párpados. Posteriormente se debe revisar la conjuntiva, la esclerótica y la pupila. La exploración funcional se realiza considerando la motilidad del globo ocular, la agudeza visual, el sentido cromático, el campo visual y el fondo de ojo. Escapa al objetivo de éste trabajo detallar cada una de las exploraciones anteriores; sin embargo, se describirá la correspondiente a la conjuntiva.

Como ya se ha mencionado, la conjuntiva es una membrana mucosa. Ésta membrana tapiza los párpados y se refleja sobre el globo ocular formando un saco llamado saco conjuntival. La conjuntiva tiene tres porciones: la conjuntiva palpebral ó tarsal, que cubre la cara interna de los párpados; la conjuntiva ocular o bulbar, que cubre la porción anterior del globo ocular; y el fondo de saco conjuntival, porción intermedia que forma un pliegue entre el párpado y el

ojo. La superficie de la conjuntiva está siempre húmeda, gracias a la corriente continua del líquido lagrimal. Éste líquido recubre la conjuntiva y la córnea y se encuentra limitado por el reborde palpebral. Una parte de él pasa por las vías lagrimales, al meato inferior nasal. Protege la parte anterior del globo ocular gracias a su función de arrastre de cuerpos extraños y desinfección por medio de la lisozima, al mismo tiempo que facilita el deslizamiento de los párpados evitando su desecación.

Las lágrimas resultan de la suma de las secreciones de las glándulas lagrimales principales (secreción acuosa), accesorias de la conjuntiva (secreción mucosa) y palpebrales (secreción fosfolipídica), siendo su aparato secretor regido por el sistema parasimpático, y que producen en conjunto 30 gotas (1.5 ml) de secreción diaria. Un 25% de ésta secreción glandular se deshecha a través del conducto nasolagrimal y el resto por evaporación. En la tabla # 3 se presenta la composición de las lágrimas en comparación con el suero sanguíneo:

Compuesto químico	Lágrimas (mEq/lt)	Suero sanguíneo (mEq/lt)
<i>Electrólitos</i>		
Bicarbonato	26	21-30
Cloro	128	98-106
Potasio	24.1	4.1-5.6
Sodio	145	136-145
Sólidos	gr%	
Proteínas totales	0.67	6-7.5
Albumina	0.39	3.5-5.5
Globulinas	0.16	2.5-3

Tabla 3. Composición de las lágrimas humanas. Fuente: Surós, BJ. *Semiología Médica y Técnica Exploratoria*. 7ª edición, Ed. Masson, México, D.F., pp. 634.

La conjuntiva bulbar se observa con facilidad separando ambos párpados. Para ver la que tapiza la cara posterior del párpado inferior, se debe colocar el dedo pulgar cerca del surco orbitopalpebral inferior y ejercer presión hacia abajo, mientras se le solicita al paciente que dirija su mirada hacia arriba. Para revisar la conjuntiva tarsal se toma la parte media del borde palpebral entre los dedos índice y pulgar mientras se pide al paciente que mire hacia abajo.

Con el dedo índice de la mano izquierda o bien con el apoyo de una varilla de cristal o un hisopo, se invierte el párpado. Las afecciones agudas de la conjuntiva se manifiestan por una serie de síntomas generales y locales que conducen con cierta facilidad al diagnóstico.

Entre los síntomas se incluyen los siguientes:

- Sensación de quemazón
- Sensación de cuerpo extraño
- Pesadez de los párpados
- Lagrimeo (ó epífora).
- Fotofobia
- Blefarospasmo

Los síntomas objetivos más importantes son:

- Inyección conjuntival (ó hiperemia conjuntival).
- Secreción
- Edema conjuntival

Dada la importancia que reviste para la investigación, se describirán a detalle los signos arriba mencionados:

a) La inyección conjuntival se caracteriza por ser más intensa hacia los fondos de saco, que toman el aspecto de un “trozo de carne” pero a medida que se acerca a la córnea disminuye el grosor de los vasos, que terminan en finas ramificaciones a unos cuantos milímetros del limbo esclerocorneal. Al deslizar

la conjuntiva, los vasos la siguen, lo que hace la diferencia entre la conjuntivitis y la inyección periquerática e inyección escleral.

b) La secreción conjuntival puede ser serosa, mucosa, mucopurulenta, fibrinosa o pseudomembranosa. Aglutina a los párpados durante la noche y se concreta en la base de las pestañas.

c) El edema es producido por la infiltración inflamatoria de la conjuntiva. En algunos casos la conjuntiva edematosa se eleva como una muralla sobre los bordes de la córnea, lo que se llama quemosis conjuntival.

La mucosa conjuntival es asiento de lesiones de distinto tipo: papilas, folículos, vegetaciones y depósitos adiposos. Las papilas son frecuentes en las conjuntivitis triviales y dan un aspecto aterciopelado a la mucosa.

Las excrecencias en forma de adoquinado, típicas de la conjuntivitis primaveral, se agrupan en la cara tarsal del párpado superior. Los folículos son nódulos salientes con caracteres variables de opalescencia o translucidez que al aplicar un depresor transparente sobre la conjuntiva palpebral evertida, aparecen con gran nitidez. Las vegetaciones son raras. (Surós, 1997).

2.11 Manufactura de la bujía

Con la finalidad de conocer el proceso de fabricación de la bujía, es necesario primero definirla y mostrar su estructura y funcionamiento. La bujía se define como una parte electromecánica que tiene la función primordial de proveer una chispa de alto voltaje para la ignición de la mezcla aire-combustible en el interior de la cámara de combustión con la finalidad de que la explosión generada empuje al pistón, haciendo que éste mueva un cigüeñal para que el motor se ponga en marcha de manera secuencial. Una bujía debe tener las siguientes características:

a) Resistencia a la presión: a pesar de las distintas condiciones de funcionamiento no debe permitir el paso de gases desde el interior del cilindro al exterior del mismo.

b) Resistencia del material aislante a las sollicitaciones mecánicas y eléctricas: No debe ser atacado por los hidrocarburos y los ácidos que se forman durante la combustión. Debe mantenerse sus propiedades de aislación eléctrica sin partirse por las sollicitaciones mecánicas.

c) Adecuada graduación térmica: para asegurar a la bujía un funcionamiento correcto, la temperatura de la parte situada en el interior del cilindro debe oscilar entre 500 y 600°C. La forma de la bujía dará el grado de enfriamiento que determinará la temperatura de funcionamiento. La bujía tiene dos funciones primarias a saber: quemar la mezcla aire/combustible y disipar la temperatura dentro de la cámara de combustión hacia el sistema de enfriamiento del motor (rango térmico).

Las bujías transmiten energía eléctrica que convierte al combustible en un sistema de energía. Una cantidad suficiente de voltaje se debe de proveer al sistema de ignición para que pueda generar la chispa a través de la calibración de la bujía. Este fenómeno es llamado desempeño eléctrico. La temperatura de la punta de encendido de la bujía debe de encontrarse lo suficientemente baja como para prevenir la pre-ignición, pero lo suficientemente alta como para prevenir la carbonización. Esto es llamado desempeño termal, y es determinado por el rango térmico seleccionado. Es importante recordar que las bujías no crean calor, sólo pueden remover temperatura. La bujía trabaja como un intercambiador de calor sacando energía térmica de la cámara de combustión y transfiriendo el calor fuera de la misma y dirigiéndolo hacia el sistema de enfriamiento del motor. Por otra parte, el rango térmico está definido como la habilidad de una bujía para disipar el calor. La tasa de transferencia de calor se determina por la profundidad del aislador, el volumen de gas alrededor y la construcción/materiales del electrodo central y el aislante de porcelana.

Dependiendo de su rango térmico, existen dos tipos de bujías: las frías y las calientes. Las bujías frías o de alto grado térmico conducen el calor con gran

rapidez por lo que permanecen a menor temperatura que las denominadas como calientes. Las bujías calientes, por su parte, llamadas también de bajo grado térmico, transmiten el calor lentamente por lo que se mantienen a mayor temperatura que sus contrapartes.

Hoy en día una bujía debe diseñarse según las características de cada motor y del uso al que va destinado, por lo tanto no es posible hallar una bujía que funcione sin problemas en cualquier tipo de motor. Debido a las grandes variaciones de temperaturas que existen en las cámaras de combustión de los diversos motores, se necesitan bujías con rangos térmicos diferentes. Dicho rango térmico se expresa con un número. Anteriormente, para las antiguas bujías de gama única, se utilizaban códigos de dos o tres cifras para indicar este rango térmico. El rango térmico indica la temperatura media que corresponde a la carga del motor, medida sobre los electrodos y el aislador. Sobre la punta del aislador la temperatura operativa debe oscilar entre los 400° y 850° C. Hay que intentar superar siempre los 400° C, ya que a temperaturas elevadas las acumulaciones carbonosas o de aceite se disuelven y la bujía se limpia automáticamente.

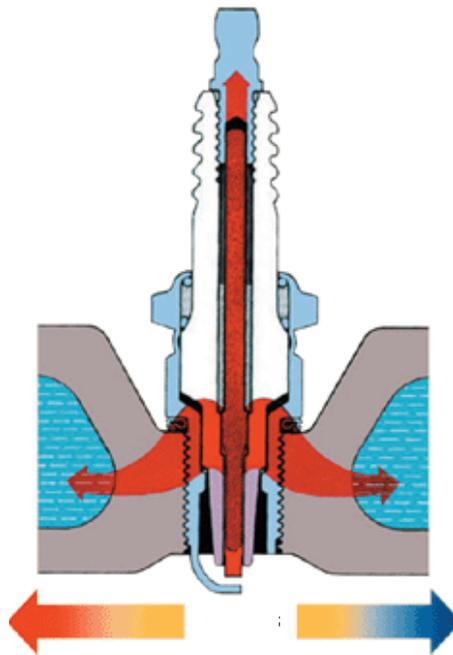


Figura 31. Esquema de diferencias entre bujías calientes y frías (rango térmico). La flecha roja a la izquierda indica bujías calientes y la azul, a la derecha, bujías frías.

Como se aprecia en la figura anterior, la bujía está conformada de varias partes, mismas que se detallan a continuación.

- a) Rebordes: ubicadas en el cuerpo de aislador, proveen protección adicional contra la chispa o brincos de corriente y mejora la conexión con los cables de corriente.
- b) Aislador cerámico: la cerámica de óxido de aluminio tiene una excelente fuerza dieléctrica, alta resistencia, alta conductividad del calor y resistencia a la corriente eléctrica. El aislador el moldeado en seco bajo extrema presión, para posteriormente ser introducido en un horno de cocción a mayor temperatura que la del punto de fusión del metal (1800 °C).
- c) Casquillo: ésta parte, de acero, es fabricada por un proceso de extrusión en frío, aunque algunos de ellos son producidos por torneado a partir de barras en máquinas CNC.
- d) *Gasket* (junta): ésta parte de latón facilita la instalación, crea un sello hermético entre el hexágono del casquillo y el motor, así como el retiro de las bujías cuando se recambian.
- e) Electrodo central: Está diseñado para resistir tanto la erosión causada por la chispa de ignición como la corrosión química causada por la temperatura de operación.
- f) Electrodo de tierra: es fabricado con níquel,

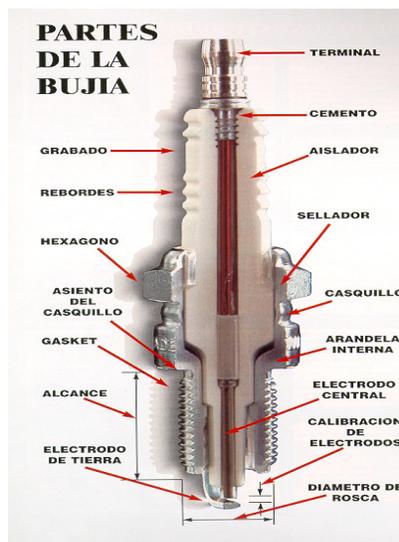


Figura 32. Esquema de un corte transversal sobre el cuerpo de una bujía para motores de combustión interna.

2.11.1 Proceso productivo

El proceso de producción de las bujías incluye desde la llegada a almacén de la materia prima, hasta el embarque del producto terminado y su embarque para todo el mundo. Este proceso está dividido en tres fases, la primera es la que corresponde a la elaboración del aislador cerámico, la segunda es la producción del casquillo metálico, electrodo lateral y electrodo central, y la tercera es el ensamble de todos los componentes anteriores. Para objeto del presente estudio es necesario delimitar el proceso a la planta de maquinados, por lo cual a continuación se ilustra en la figura 29 el mapa de riesgos de dicha planta.

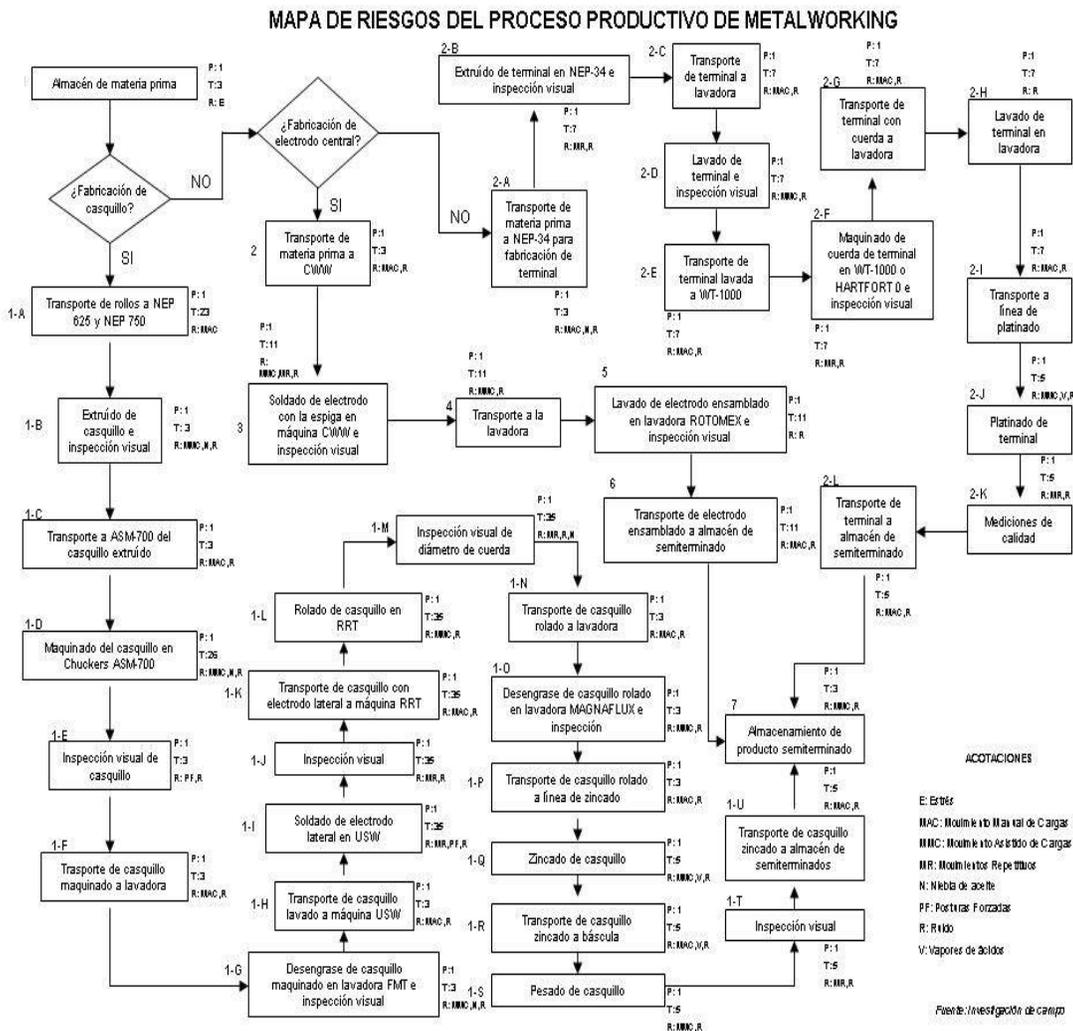


Figura 33. Mapa de riesgos del proceso productivo de maquinados.

Para el formado del casquillo de la bujía se trabaja el metal en dos etapas, la primera conocida como extrusión (o formado en frío) y la segunda por medio de un torno. A continuación se detallan las características de cada proceso:

2.11.2 Principios del formado en frío

Se trata de un proceso de forja de alta velocidad mediante el cuál el alambre en rollo a temperatura ambiente es cortado a una exacta longitud y luego transferido a través de una sucesión de buterolas o matrices para desplazar el metal ya sea en diámetro mayor/menor, en longitud más larga/más corta o para extraer pequeñas cantidades de metal mediante recortado o perforado.

De ésta manera, el metal es forzado más allá de su límite elástico y mantiene la forma alterada después de su extracción de la matriz. El metal no es forzado más allá de su resistencia a la tracción, en cuyo caso aparecerán fracturas, siendo la excepción cuando se recorta o se perfora.

Los beneficios del formado en frío se pueden resumir como sigue:

- Velocidad
- Forma acabada para eliminar o reducir operaciones secundarias
- Exactitud dimensional consistente
- Acabado superficial de calidad
- Ahorro de material y drástica eliminación de virutas
- Mejora en las propiedades mecánicas (mayor relación resistencia: peso y eliminación de roturas de fibras del metal).

El formado en frío de un material en una pieza es un proceso que depende de las propiedades estructurales del material. De ellas depende la manera en que se forman, a través de los siguientes métodos:

a) Extrusión adelante. Se utiliza para reducir el diámetro. En función del porcentaje de la reducción en área puede ser abierta o cerrada, para que el material fluya dentro de la cavidad de diámetro menor.

b) Extrusión atrás. Usado para crear agujeros; el material fluye hacia atrás alrededor de una aguja penetradora.

c) Recalcado. Método para formar cabezas; el material es recalcado en la cara de la matriz y puede ser abierta o cerrada en función de la forma.

El metal es forzado más allá de su límite elástico y mantiene la forma alterada después de su extracción de la matriz. El metal no es forzado más allá de su resistencia a la tracción, en cuyo caso aparecerán fracturas, siendo la excepción cuando se recorta o se perfora.

Históricamente, el formado en frío ha sido una metodología basada en la experiencia, pero esto está cambiando debido al constante desarrollo de estudios analíticos. Los beneficios del formado en frío se mencionan a continuación:

- Velocidad
- Forma terminada que reduce operaciones secundarias
- Exactitud dimensional consistente
- Acabado superficial de calidad
- Ahorro de material y drástica eliminación de virutas
- Mejora en las propiedades mecánicas: mayor delación resistencia-peso, sin rotura de fibras de metal.



Figura 34. Esquema del proceso de formado en frío (*Cold Forming*).

Las claras ventajas del formado en frío sobre otros métodos como el forjado en caliente, la fundición, el sintetizado, el mecanizado, la soldadura y estampación solo por mencionar algunos han hecho que éste los sustituya, además de que existe una gran variedad de materiales que pueden ser formados en frío como aceros al carbono, aceros inoxidable, aceros aleados, aluminio, latón, cobre, bronce, aleaciones de níquel, metales preciosos, plomo y aleaciones aeroespaciales.



Figura 35. Fotografía de la variedad de metales y formas que se les puede dar con el formado en frío.

El equipo utilizado para éste proceso es una prensa en frío horizontal alimentada de acero en rollo por medio de una terfiladora; dicha máquina corta el acero a una longitud apropiada que es transferida a través de una secuencia de buterolas y matrices que le darán al metal la forma deseada. Las máquinas se denominan NEP (National Extruder Press) y la organización cuenta en México con 11 equipos de éste tipo. Ésta máquinas cuentan con muchas variaciones según el tipo de piezas que deban ser producidas entre las que se encuentran las siguientes:

- Capacidad de diámetro de corte desde 2 a 48 mm
- Capacidad de longitud de alimentación de 2 a 300 mm
- Fuerza total desde 5 a 1600 Mtons
- Tipo de Transfer (Universal / tuercas, Boltmaker / Paralelo ó Prender Mover / Posicionar.

- Número de matrices / buterolas

En la figura # 33 se observa la estructura de una máquina NEP.

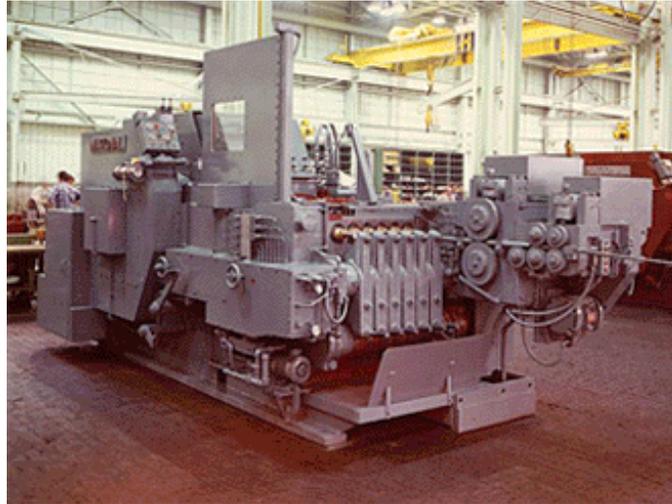


Figura 36. Fotografía de una máquina NEP.

En la empresa en estudio se decidió aislar los equipos al colocarles cabinas sonoamortiguadas a cada uno para disminuir el ruido del proceso, como se aprecia en la siguiente imagen:



Figura 37. Fotografía de una máquina NEP dentro de las instalaciones de la empresa en estudio. Nótese la cabina sonoamortiguada en color beige y la ausencia de ductos de aspiración.

2.11.3 Los aceites minerales

Los aceites minerales se preparan a partir de los aceites crudos de petróleo. El aceite crudo se destila normalmente a presión atmosférica para, posteriormente, pasar a destilarlo a vacío; se obtienen así destilados a vacío y fracciones residuales que pueden ser refinadas posteriormente a aceite mineral base. La composición química del aceite mineral base que se produce depende tanto del crudo original como del proceso utilizado durante el refinado.

Los aceites lubricantes refinados del petróleo crudo son mezclas complejas de parafinas ramificadas y sin ramificar, naftalénicas (cicloparafinas) e hidrocarburos aromáticos con un número de carbonos igual o superior a quince y unos puntos de ebullición en un rango de 300 ° C a 600 ° C.

La generación potencial de nieblas de aceite ocurre en trabajos con metal, maquinaria textil, perforación de rocas, nieblas lubricantes, sprays utilizados en agricultura, moldeado, materiales que previenen la corrosión, tintas, extensores de las gomas, comida y preparados farmacéuticos (IARC, 1987).

2.11.4 Los fluidos de corte

Fluidos de corte es el término genérico que se da a una amplia variedad de fluidos que son usados como lubricantes y enfriadores durante el maquinado o tratamiento de componentes de metal.

Éstos pueden dividirse en aceites minerales netos y fluidos mezcla agua-aceite, y éstos últimos pueden subdividirse en aceites convencionales en emulsiones de agua (>60% de aceite mineral en su concentración), fluidos semi-sintéticos (emulsiones cuya concentración contiene 5-60% de aceite) y fluidos sintéticos (fluidos verdaderos o dispersiones con <5% de aceite en su concentración).

Generalmente todos ellos son mezclas relativamente complejas que contienen aditivos para mejorar su desempeño y estabilidad. Cada componente puede contribuir en los efectos a la salud. La *British Lubricants Federation* (BLF, por sus siglas en inglés) estima que el gasto anual de aceites netos en el Reino

Unido asciende a cerca de 20,000 toneladas y cerca de 12,000 toneladas de aceites en mezcla agua-aceite, los cuáles, en dilución, equivalen aproximadamente a 240,000 toneladas en el área de trabajo.

Durante el tiempo de vida de dichos lubricantes, es probable que su composición cambie, aumentando los niveles de bacterias, ocasionando posiblemente un incremento en el riesgo de sus efectos adversos (Stear, 2003).

Los fluidos de corte son un componente vital para el proceso de maquinado de metales. Han estado en uso desde hace un siglo y medio, y ha ido en aumento a la par de industrias como la aeronáutica y la automotriz. Los cambios en la composición del aceite se han generado debido a la necesidad de mejorar el desempeño a la vez de reducir sus riesgos asociados. Los aceites puros estuvieron disponibles en la primera mitad del siglo XIX, el uso de crudos sintéticos inició en 1883, los aceites solubles llegaron en 1915, los semisintéticos (aquellos que contenían una pequeña proporción de aceite) en 1947 y los sintéticos modernos (sin aceite) alrededor de 1950.

En el periodo entre 1950 y 1984 las mejoras en el proceso de refinamiento del aceite dio como resultado la disminución del contenido de hidrocarburos poliaromáticos. Ha habido muchos avances en la composición de los aceites desde entonces.

Un lubricante puede ser descrito como cualquier sustancia entre dos superficies en relativo movimiento con el propósito de reducir la fricción y/o el calor entre éstas (Anónimo, 2002).

Los fluidos de corte son productos líquidos de composición más o menos compleja, que se adicionan en el sistema pieza- herramienta-viruta de una operación de mecanizado, a fin de lubricar y eliminar el calor producido.

Los fluidos de corte deben reunir ciertas características, como son: buena capacidad de enfriamiento, buena capacidad lubricante, resistencia a la herrumbre, estabilidad, difícilmente degradable, no tóxico, transparente, viscosidad relativamente baja y que no sea flamable.

Los fluidos de corte son productos líquidos de composición más o menos compleja, que se adicionan en el sistema pieza- herramienta- viruta de una operación de mecanizado, a fin de lubricar y eliminar el calor producido por fricción (Anónimo, 2008).

En la bibliografía, estos productos reciben, con frecuencia, el nombre genérico de "aceites de corte" (*cutting oils*). Sin embargo, esta denominación no es del todo apropiada, si se tiene en cuenta que algunos de estos productos no contienen la más mínima cantidad de aceite mineral en su composición.

Por tanto, la designación de fluidos de corte (*cutting fluids*) o si se quiere fluidos de mecanizado (*metalworking fluids*, MWF por sus siglas en inglés) resulta más correcta (Laborda, 2008).

Atendiendo a su contenido en aceite mineral, los fluidos de corte pueden clasificarse del siguiente modo:

- a) Fluidos aceitosos o aceites de corte.
- b) Fluidos acuosos o taladrinas, que a su vez pueden ser:
 - Emulsiones
 - Sintéticas
 - Semisintéticas

Con frecuencia, los fluidos de corte contienen aditivos, con el fin de proporcionarles cualidades determinadas, acordes con el propósito al que se les destina. Entre los aceites de corte, los aditivos más usuales son los de extrema presión. Por lo que respecta a las taladrinas, además de éstos pueden contener emulsionantes, antioxidantes e inhibidores de corrosión, bactericidas y bacteriostáticos, perfumes, colorantes, quelantes, etcétera (Laborda, 2008).

Un lubricante se describe como cualquier sustancia que interviene entre dos superficies en relativo movimiento con el propósito de reducir la fricción entre ellas. Las funciones básicas de un lubricante son lubricar, proteger, enfriar y limpiar. El uso del lubricante apropiado es crítico para asegurar que la

maquinaria operará a su nivel óptimo por un largo periodo de tiempo (Martin, 2005).

Los aceites minerales se preparan a partir de los aceites crudos de petróleo. El aceite crudo se destila normalmente a presión atmosférica para, posteriormente, pasar a destilarlo a vacío; se obtienen así destilados a vacío y fracciones residuales que pueden ser refinadas posteriormente a aceite mineral base.

El aceite utilizado en la empresa para fines de lubricación y enfriamiento en la operación del proceso productivo que nos ocupa es un aceite con propiedades antiniebla desarrollado con alta tecnología para operaciones de corte moderadas en metales no ferrosos tales como aleaciones de cobre y aluminio.

Los productos del fabricante proveedor de aceites de la empresa en estudio son aceites de corte de alto rendimiento para usos múltiples. No contienen cloro, no manchan y no son corrosivos, además de estar diseñados para servicios livianos a moderados de operaciones de corte y además son apropiados para usarse como lubricantes de máquinas herramienta y en sistemas hidráulicos de servicio liviano. Están formulados con aceites base de alta calidad y aditivos selectos para proporcionar un efectivo desempeño en una amplia variedad de operaciones de maquinado tanto de metales ferrosos como no ferrosos. Los aceites son transparentes y de color claro de modo que la zona de trabajo puede ser vista claramente en todo momento, además de que están formulados para prevenir la formación de neblinas de aceite en las inmediaciones de la máquina herramienta.

Así también, son resistentes a la formación de espuma, aun con un exceso de salpicaduras de modo de proporcionar un desempeño superior en el sistema de lubricación de la máquina herramienta. Con puntos de fluidez relativamente bajos e índices de viscosidad altos, no son difíciles de surtir bajo condiciones frías y proporcionan una resistencia de película adecuada en los cojinetes bajo carga de las máquinas herramientas que funcionan calientes. Los beneficios del aceite son que, además de sus características de desempeño en operaciones de maquinado, éstos fluidos son de naturaleza multiuso, lo que ayuda a reducir

los problemas asociados con la contaminación cruzada, mejorando así la producción y reduciendo la proporción de rechazos.

Están formulados usando aditivos sin cloro que reducen el impacto medioambiental de su disposición y derramamiento. También controlan el borde acumulado y protegen las puntas de las herramientas contra el desgaste. Proporcionan un mejor acabado superficial que puede eliminar la necesidad de torneado o conformar el acabado antes del esmerilado (Anónimo, 2009).

Las características de estos aceites incluyen las que se muestran en la tabla 2, en la que se relacionan las características del aceite utilizado por el área de estudio:

Serie de aceites Mobilmet 420	423	426	427
cSt a 40° C (°C)	15	32	46
cSt a 100° C (°C)	3.5	5.7	6.9
Punto de fluidez (°C)	-15	-15	-12
Punto de inflamación (°C)	182	210	212
Gravedad específica a 15° C (kg/lit)	0.859	0.874	0.877
Corrosión de tira de cobre (3 horas a 100 ° C).	1B (máximo)	1B (máximo)	1B (máximo)

Tabla 4. Características físicoquímicas de 3 distintos tipos de aceite de la serie Mobilmet 420.

2.11.5 El trabajo de maquinado

En el trabajo de maquinado de metales, especialmente donde intervienen tornos automáticos, fresadoras, máquinas roscadoras, etcétera, el frotamiento y el corte de los metales originan elevadas temperaturas que es necesario evitar a fin de facilitar la operación.

Esto se consigue con el empleo de líquidos lubricantes especiales para el maquinado; estos líquidos se proyectan o aplican a la herramienta y al material en el punto de contacto durante la operación.

Los líquidos lubricantes facilitan el trabajo en distintas formas: en primer término, mantienen la herramienta y la pieza a una temperatura moderada, lo que reduce el desgaste de la herramienta.

Además, al evitar una dilatación excesiva, simplifican la tarea del terminado de la pieza con la medida exacta prevista. En segundo término, los lubricantes especiales para maquinado reducen el consumo de energía debido a sus propiedades lubricantes. En tercer lugar, impiden que la viruta de desalajo se suelde a la herramienta, cosa que puede ocurrir cuando se maquinan aceros tenaces. Tienen además estos lubricantes la propiedad de mejorar la terminación de las superficies, arrastrar las virutas y proteger contra la corrosión.

Antes de la aparición de estos productos en el mercado, era común en los talleres de maquinado de metales el empleo de agua jabonosa con pequeños agregados de querosén también soluciones acuosas de carbonato de sodio preparadas sin ningún contralor; pero estas soluciones no tienen un efecto lubricante apreciable y actúan virtualmente tan solo por medio de enfriamiento.

Los aceites para maquinado se clasifican en dos grupos principales que comprenden:

- a) Aceites emulsionables
- b) Aceites puros

Los primeros forman emulsiones con el agua y son aplicados en esta forma. Los aceites son compuestos de aceites minerales combinados con aceites de origen animal. Las propiedades que debe tener el aceite para maquinado de metales dependen de las operaciones a que se destina en particular. Pese a estas consideraciones de orden técnico, las mismas pueden ser modificadas en el campo de la práctica de acuerdo al tipo de metal que se trabaja y la clase de operación que se efectúa.

2.11.6 Definición de neblinas de aceite

Las neblinas de aceite son un aerosol. Son un Compuesto Orgánico Volátil (*Volatil Organic Compound*, VOC por sus siglas en inglés) o un vapor. Es una mezcla magra de aceite-aire en una relación 1:200000 que no soporta la combustión y no es explosiva. La apariencia de las neblinas de aceite recuerda el humo del cigarrillo (Nelik, 1993).

La neblina de aceite es incolora, y está dispersada en el aire en forma de aerosol, con un olor similar a aceite quemado. Sin embargo, es de notar que aunque NIOSH menciona el contacto con los ojos como una vía de exposición, a los ojos como órgano blanco y también la aparición de irritación ocular, no hace ninguna recomendación específica para protección de éstos. La distribución de las neblinas de aceite en el medio laboral tiene que ver con el proceso de producción que las genera, siendo la proporción dependiendo del proceso caracterizada como sigue según un estudio efectuado en 2007 en China: tornos (2.11 mg/m³) > formado en frío (1.58 mg/m³) > formado caliente (0.0801 mg/m³) (Chen, 2007).

Las nieblas de aceite tienen numerosas aplicaciones. Dentro de las más importantes asociadas con la generación potencial de nieblas de aceite son: trabajos con metal, maquinaria textil, perforación de rocas, nieblas lubricantes, sprays utilizados en agricultura, moldeado, materiales que previenen la corrosión, tintas, extensores de las gomas, comida y preparados farmacéuticos. Muchos de los aceites minerales utilizan aditivos para modificar las características físicas y químicas del aceite mineral base y así poder ser utilizados para gran variedad de aplicaciones.



Figura 38. Esquema del sistema herramienta de corte-lubricante-pieza que muestra la manera en que se generan las neblinas de aceite durante el proceso de maquinado.

Los efectos de dichos productos se deben contemplar desde dos perspectivas distintas: el medio ambiente y la salud del usuario. Los aceites cambian su composición mientras permanecen almacenados, ya que se generan nitrosaminas en aceites a base de agua; durante su uso, una de las preocupaciones comunes es la presencia de contaminantes que favorecen el crecimiento de bacterias y hongos en el aceite. Las bacterias pueden degradar la emulsión y cambiar las propiedades del fluido.

En ocasiones, se agregan biocidas para reducir el crecimiento bacteriano, sin embargo, las biocidas, por si mismas, tienen un potencial de riesgo importante. Además, el uso de trampas de aceite contribuye a éste desarrollo bacteriano. También, los fluidos están contaminados, después de su uso, con partículas de metal del producto maquinado, mismos que usualmente contienen acero pero también pueden contener níquel, cobalto y cromo.

Por otro lado, el aumento de temperatura generado en el fluido por la maquinaria ocasiona que se formen hidrocarburos polinucleares.

El término neblina proviene del latín *nebŭla* que significa nube muy baja que dificulta más o menos la visión según la concentración de las gotas que la

forman. Neblina, por su parte, quiere decir niebla poco espesa y baja (Diccionario de la Lengua Española, RAE, 2008).

Técnicamente, se conoce a la neblina también como aerosol, definido como una mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas.

El término aerosol se refiere tanto a las partículas como al gas en que éstas están suspendidas. El tamaño de las partículas varía de $0.002\ \mu\text{m}$ a más de $100\ \mu\text{m}$, esto es, desde unas pocas moléculas hasta el tamaño en que dichas partículas no pueden permanecer suspendidas en el gas al menos durante unas horas.

La notación PM (del inglés *particulate matter*, materia particulada) se utiliza para referirse a las partículas suspendidas que forman parte del aerosol. La notación PM_{10} se refiere a las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de $10\ \mu\text{m}$ con una eficiencia de corte del 50%, mientras que $\text{PM}_{2,5}$ representa partículas de menos de $2,5\ \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico (Wikipedia,2008).

En el ambiente ocupacional se define como gotas suspendidas, que se generan por la condensación gaseosa al pasar a líquido mediante desintegración mecánica como el caso de la pintura a pistola, la atomización o nebulización (Castillo, 2008).

En términos científicos, se define como aerosol como un sistema de partículas suspendidas en un medio gaseoso que generalmente es el aire. Los aerosoles existen en forma de polvos, sprays, neblinas y humos. En el ambiente ocupacional todas estas formas son de importancia ya que están relacionadas con problemas médicos como cáncer pulmonar.

Sin embargo, en la era moderna hay un interés creciente en otras enfermedades relacionadas con ellos, como cáncer, asma, alveolitis alérgica e

irritación así como una amplia variedad de enfermedades no respiratorias que ocurren a niveles mucho más bajos de exposición.

Para obtener un adecuado control del agente contaminante es necesario reconocerlo antes que nada, y esto requiere un claro entendimiento de la naturaleza, producción, origen, ubicación y trascendencia de dichos compuestos así como su relación con los efectos observados en la salud, lo que es esencial para establecer prioridades de acción y selección de controles adecuados.

De acuerdo con la definición proporcionada por la *International Standardization Organization* (ISO, por sus siglas en inglés), se define como polvo a aquellas partículas pequeñas y sólidas, convencionalmente con un diámetro menor a 75 μm que ceden a su propio peso pero que permanecen suspendidas por algún tiempo (ISO 4225 - ISO, 1994).

Sin embargo, la manera más apropiada de medir el diámetro de la partícula, aplicable a la mayoría de situaciones del ámbito de la higiene industrial es la medición del diámetro aerodinámico, definido como el diámetro de una esfera hipotética con densidad de 1 gr/cm^3 que tiene la misma velocidad de caída en viento en calma que la de la partícula en cuestión, independientemente de su forma geométrica, bordes y densidad.

2.11.7 Límites Máximos Permisibles de Exposición

El NIOSH recomienda que los niveles de exposición ocupacional a las neblinas de aceite estén limitadas a 0.4 mg/m^3 partículas torácicas (*Thoracic Particulate Mass*) en una concentración en tiempo ponderado promedio (*Time-Weighted Average*, TWA por sus siglas en inglés) superior a 10 horas/día durante una semana laboral de 40 horas medida de acuerdo al método 0500 de NIOSH. Las partículas torácicas son la porción de las neblinas de aceite que penetran más allá de la laringe.

Éste límite recomendado de exposición (*Recommended Exposure Limit*, REL, por sus siglas en inglés) intenta prevenir los problemas respiratorios asociados con la exposición laboral a neblinas de aceite.

Sin embargo, dichas concentraciones deben mantenerse por debajo del REL cuando sea posible debido a que algunos trabajadores han desarrollado asma, neumonitis hipersensible y otros efectos adversos respiratorios cuando se han expuesto a neblinas a menores concentraciones.

Además, se han asociado varios tipos de cánceres a éstas además de que la limitación de la exposición dérmica es crítica para prevenir desórdenes de la piel de tipo alérgico y/o irritante relacionadas con ésta exposición (NIOSH,1998).

2.11.8 Identificación del agente contaminante

Durante el reconocimiento del medio ambiente laboral se identificaron las propiedades físico-químicas de las neblinas de aceite, las cuáles se presentan en el cuadro # 1:

Propiedades	Valor
Temperatura de ebullición (°C)	360
Temperatura de inflamación (°C)	193
Densidad relativa	0.90
Estado físico, color y olor	Líquido aceitoso
Solubilidad en agua	Insoluble
Temperatura de autoignición (°C)	260

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de las neblinas de aceite. (Rodríguez, 2008).

3. MATERIALES Y METODOS

En éste capítulo se describen los pasos del estudio relacionados con los objetivos del mismo. La investigación se realizó en una industria metalmecánica localizada en el Distrito Federal. Con la finalidad de aproximar al lector con el método, a continuación se esquematizan en un flujograma, de manera general, dichas fases:

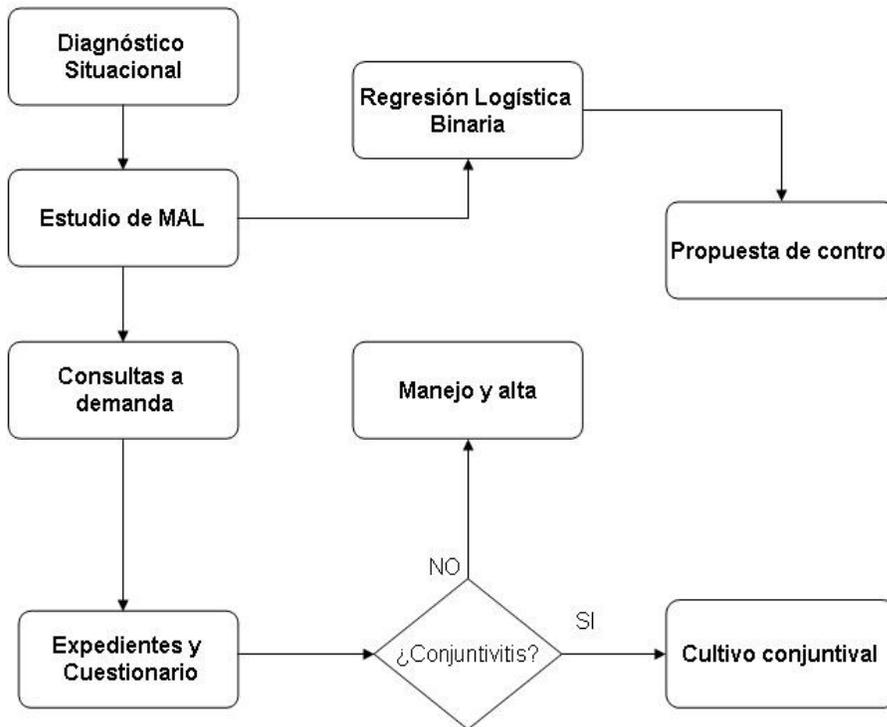


Figura 39. Flujograma del método de investigación.

3.1 Material

Se refiere a aquellos elementos que fueron utilizados para generar los datos con los cuáles se elaboró el estudio, desde material de papelería hasta equipos de monitoreo.

3.1.1 Recursos humanos (Universo de trabajo)

Se trata de personal que labora en el área de Maquinados, específicamente en la zona de máquinas extrusoras. La organización tiene un rol de 4 días de trabajo por 4 días de descanso, con turnos de 12 horas, por lo que para elaborar el estudio se consideró la totalidad de los trabajadores de dichas máquinas, siendo un total de 27 personas, los cuáles se desempeñan como operadores de máquina extrusora.

Se observaron las actividades realizadas por los trabajadores, poniendo especial énfasis en la carga de la bobina en los brazos de la restiradora, la soldadura y esmerilado de los cabos, la operación de los controles de la máquina al interior de la cabina sonoamortiguada y a la carga de charolas desde la tolva del transportador hacia los tornos *chuckers*.

3.1.1.1 Criterios de Inclusión

- Género indistinto.
- Edad entre 18 y 50 años.
- Puesto como Operador de Extrusora.
- Antigüedad en el puesto mínima de un año.

3.1.1.2 Criterios de Exclusión

- Antecedentes de tratamiento antibiótico por cualquier vía de administración al menos en los 15 días previos al inicio del estudio.
- Antecedentes de cirugía de corrección visual por láser.

3.1.2 Recursos materiales

Se incluyen en éste apartado todos los recursos que fueron proporcionados por la organización para el desarrollo de la investigación.

3.1.3 Instrumentos de Investigación

- Expedientes clínicos del personal bajo estudio.
- 24 formatos de Historia Clínica Laboral.
- 24 formatos del Cuestionario de Síntomas Oculares.
- Registro Diario de Consultas correspondientes al periodo entre febrero de 2008 y febrero de 2009.
- Resultados de los Estudios de Medio Ambiente Laboral para Neblinas de Aceite, realizados en marzo de 2008 y en febrero de 2009.

3.1.4 Recursos materiales y equipo

- Lámpara de reflejos marca Maglite ®
- Oftalmoscopio marca Welch-Allyn ® modelo 728
- 8 pilas tipo AA marca Duracell ®
- Cultivos conjuntivales elaborados por un proveedor externo ajeno a la organización.
- 24 medios de transporte EUROTUBO ® del fabricante Deltalab para muestras conjuntivales, esterilizados por irradiación.
- 1 cartilla de Snellen.
- 1 computadora marca DELL modelo DCNE
- 1 laptop marca DELL modelo 8220
- Software estadístico Minitab ® versión 15 .
- Espectrómetro de luminiscencia marca Perlin Elmer modelo LS-45
Número de Serie 56292.

3.2 Metodología

3.2.1 Tipo de Investigación

Debido a la estructura del estudio, éste se clasificó como sigue (De la Vega, 1994):

- 1) Investigación de campo: se efectuaron visitas al área de extrusión de la empresa.
- 2) Transversal: se efectuó durante un corte en la línea del tiempo comprendido entre febrero de 2008 y febrero de 2009.
- 3) Experimento Natural: debido a que la exposición de los trabajadores a los agentes contaminantes se da *per sé*.
- 4) Unicéntrico: se desarrolló exclusivamente en un solo lugar, en la planta ubicada en el Distrito Federal.

3.2.2 Monitoreo ambiental.

Para determinar la cantidad de neblina de aceite en el medio ambiente laboral al que están expuestos los trabajadores, se realizó un monitoreo de las neblinas de aceite en el área de estudio para conocer la magnitud de la exposición.

Para llevarla a cabo se utilizó el espectrómetro marca Perkin Elmer modelo LS-45 Número de Serie 56292, el cuál se colocó en 17 puntos de muestreo, 8 de los cuáles fueron de tipo personal (se monitoreo la exposición directa del trabajador al agente contaminante) y los restantes de tipo puntual (se colocó el aparato de medición en zonas de acceso común). Para determinar la concentración de neblinas en el ambiente se consideraron los siguientes factores:

- c) Método utilizado
- d) Sustancia química monitoreada
- e) Tiempo de monitoreo

- f) Fecha
- g) Flujo inicial o de calibración
- h) Flujo final o de muestreo
- i) Presión atmosférica al momento del estudio
- j) Temperatura ambiental
- k) Sustancia interferentes
- l) Tipo de muestreo (personal o puntual)
- m) Máquina

De acuerdo al procedimiento, se debe efectuar una memoria de cálculo para poder determinar la cantidad de neblinas de aceite a las que está expuesta el trabajador, para lo cuál se utilizó la siguiente fórmula:

$$VN \text{ en m}^3 = (V \times P \times 298) / (760 \times (T+273))$$

Donde :

V= Volumen de aire muestreado en m³

P= Presión barométrica en mmHg

Vn= Volumen de aire en condiciones normales en m³

T= Temperatura del aire muestreado en °C

Aplicando la fórmula anterior, se estuvo en condiciones de determinar la Concentración Medida en el Ambiente según la normatividad nacional vigente (STPS,1999).

3.2.3 Diagnóstico Situacional

Se aplicó la metodología sugerida por López para elaborar el Diagnóstico Situacional con la finalidad de obtener la presencia, origen, ubicación y trascendencia de la neblina de aceite con la finalidad de jerarquizar los hallazgos por prioridad e implementar medidas de control (López, 2007).

3.2.4 Aplicación de herramientas de evaluación.

a) Cuestionario. Se diseñó un cuestionario y por medio de la participación de los trabajadores se monitoreó su percepción sobre el agente contaminante y los efectos en su salud. Se entregaron 24 Cuestionarios de Síntomas Oculares, uno para cada trabajador investigado, los cuáles relacionan la actividad ocupacional con las molestias físicas propias de la exposición por medio de cinco preguntas, como se muestra en la tabla 6:

CUESTIONARIO DE SINTOMAS RESPIRATORIOS

No.	PREGUNTA	RESPUESTA		
		Siempre	Nunca	A veces
1	La neblina de aceite me causa irritación de ojos			
2	He padecido sequedad de ojos al final del turno			
3	He padecido ojos rojos al final de turno			
4	Mis ojos son sensibles a la luz			
5	Padezco lagrimeo intenso			

Tabla 6. Cuestionario de síntomas oculares aplicado a los trabajadores expuestos.

b) Historia Clínica Laboral. Para cada uno de los trabajadores expuestos al riesgo se realizó ésta actividad, que además de contener los apartados tradicionales, tuvo especial enfoque en recabar cuidadosamente los hallazgos de la exploración física dirigida, misma que constó de:

- Valoración del segmento ocular externo y palpebral.
- Estado clínico de la conjuntiva.
- Tamaño y reacción pupilar.

- Movimientos Oculares Externos (MOE).
 - Agudeza visual por cartilla de *Snellen*.
 - Funduscopía.
 - Campimetría por confrontación digital.
- c) Base de Riesgo. Se incluyó en la investigación el desarrollo de ésta herramienta , la cuál se utilizó para dimensionar las pérdidas económicas que representa actualmente el problema para la organización, además de crear una matriz que permite hacer una proyección de riesgo e impacto futuro del problema a las finanzas de la empresa.
- d) Diagnóstico de Certeza. A los trabajadores que durante la investigación presentaron el padecimiento clínica y claramente relacionado con la actividad laboral se les efectuaron cultivos conjuntivales para revisar si alguna bacteria estaba implicada en el desarrollo de la enfermedad.

3.2.5 Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos de las etapas antes mencionadas se les aplicó una prueba estadística de Regresión Logística Binaria, la cuál es de tipo inferencial y examina la relación entre una o más variables y una respuesta de tipo binario. Las respuestas de tipo binario tienen dos posibles salidas, como por ejemplo, la presencia o ausencia de conjuntivitis (Minitab Inc., 2006).

Para comprender mejor la función del programa se decidió exponer los valores comunes y su interpretación. Minitab proporciona tres funciones de vínculo, (*link function*) permitiendo que se introduzcan respuestas de tipo binario. Éstas son el inverso de la distribución logística acumulada ó logit, el inverso de la distribución normal estándar ó normit y el inverso de la distribución de Gompertz ó gormit. Una ventaja de usar el logit es que provee un estimado del *odds ratio* para cada predictor del modelo.

El programa también muestra, en inglés, la siguiente información desplegada en pantalla sobre la respuesta:

- a) *Variable*: es el nombre de la variable de respuesta. Para nuestro análisis dicho nombre es SANO/ENF.
- b) *Value*: son los dos niveles de la variable de respuesta. Para el análisis los valores son 1 (enfermo) y 0 (sano) como respuesta binaria.
- c) *Count*: es el número de observaciones para cada nivel de respuesta. En el análisis fue de 15 enfermos y 12 sanos.
- d) *Event*: es el evento de referencia. Para nosotros, la enfermedad (1) o conjuntivitis fue el evento de referencia.
- e) *Total*: es el número de observaciones realizadas.
- f) *P-value*: sirve para demostrar o no una relación estadísticamente significativa entre las variables. El valor de p en la parte inferior indica si existe o no una relación significativa entre al menos un predictor y la variable de respuesta. Éste valor de p se comparó con el valor de alfa elegido por nosotros, el cuál fue de 0.05 para éste estudio. Al haber obtenido un valor de p menor a alfa se concluyó que la relación es estadísticamente significativa ($p\text{-value}=0.02$).
- g) *Logistic model*: La ecuación logística puede ser usada para examinar cómo la probabilidad de que suceda un evento cambia conforme varía el predictor. El coeficiente positivo de 0.86 para la CMA implica que es más probable que un trabajador que se ha expuesto a neblinas de aceite enferme de conjuntivitis aguda que aquel que no lo ha hecho.
- h) *Odds ratio*: es la probabilidad de ocurrencia y se puede interpretar como que un trabajador que ha estado expuesto a neblinas de aceite tiene 2.38 veces más probabilidad de enfermar de conjuntivitis aguda que un sujeto que no ha estado expuesto al contaminante.
- i) *Pearson / Deviance test*: son dos tipos de residuales para modelos logísticos. Usualmente miden que tan adecuados son los datos para el modelo. Para la investigación, ambos valores de dichas pruebas fueron <0.05 indicando que hay suficiente evidencia para asegurar que los datos del modelo son adecuados.

3.2.6 Propuesta de Control

Uno de los objetivos de la investigación fue proponer medidas de control del problema. Considerando a la neblina de aceite como causa raíz se diseñó la propuesta utilizando la jerarquización de controles autorizada por la OSHA, que prioriza las acciones de mejora de la siguiente manera:

- 1) Control por diseño.
- 2) Medidas de ingeniería.
- 3) Señalización.
- 4) Capacitación.
- 5) Equipo de Protección Personal.

Así, se consideraron las medidas de ingeniería como las más viables en virtud de que cambiar el diseño de los equipos resultaba muy costoso, amén de que se requería realizar varios paros técnicos de la línea de producción para efectuar las mejoras, lo que en definitiva incrementaría aún más los costos del proyecto.

Se consideró también a la legislación nacional vigente, la cual por medio de la NOM-010-STPS-1999 considera en sus incisos f) y g) los siguientes pasos:

- Sustitución de las sustancias del medio ambiente laboral, por otras sustancias cuyos efectos sean menos nocivos.
- Modificación o sustitución de los procesos o equipos, por otros que generen menor concentración de contaminantes del medio ambiente laboral.
- Modificación de los procedimientos de trabajo, para minimizar la generación de contaminantes del medio ambiente laboral o la exposición del trabajador.
- Aislamiento de los procesos, equipos o áreas para evitar la dispersión de los contaminantes del medio ambiente laboral.

- Aislamiento del trabajador del medio ambiente laboral contaminado, a una atmósfera libre de contaminantes.
- Utilización de sistemas de ventilación por extracción localizada, para evitar la dispersión de los contaminantes al medio ambiente laboral.
- Utilización de sistemas de ventilación general.

Las máquinas tenían tomas de extracción localizada diseñadas por el fabricante así como una toma adicional en la charola de salida del producto. Se contaba con un control de emisiones realizado por precipitadores electrostáticos diseñados para un flujo aproximado de 1000 cfm a 3" CA (a nivel del mar). De acuerdo a la curva de operación del ventilador, los equipos no están diseñados para trabajar con gran caída de presión la cual, dicho sea de paso, era generada por las tomas con manguera rugosa, situación que ocasionaba el problema de falta de potencia. Debido a la propensión de las celdas ionizantes para bloquearse por efectos de la neblina de aceite, requerían un mantenimiento frecuente y riguroso; si se considera además que los equipos estaban ubicados lejos del alcance del personal, se comprende que había gran dificultad para el acceso a los mismos para su mantenimiento generando que las condiciones de operación y limpieza de los equipos instalados fueran deficientes.

De acuerdo con lo anterior, se optó por instalar entonces dos equipos de absorción de neblinas centralizados que incluyen filtros de dos etapas, con malla y polipropileno, así como filtros HEPA postcaptación, además del diseño de ductos y campanas, balanceo de la línea y hojas de cálculo, calibración de todos los sistemas del colector, capacitación a los operadores del equipo, puesta en marcha y manuales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se exponen los resultados obtenidos de la investigación.

4.1 Resultados del Monitoreo Ambiental

En la tabla # 7 se presentan los datos de la duración del muestreo en horas, los flujos, la presión atmosférica al momento del estudio así como el tipo de muestreo, mismos que se recopilaron en las hojas de campo.

No.	Tiempo (hrs)	Flujo inicial (mL)	Flujo final (mL)	Presión atmosférica (mmHg)	Tipo de Muestreo	Máquina / trabajador
1	07:02	2.500	2.498	585	PT	Lavadora # 2
2	07:01	2.551	2.524	585	PT	Lavadora # 1
3	07:02	2.536	2.515	585	PT	ASM700 # 3
4	07:01	2.524	2.521	585	PT	ACME # 3
5	07:01	2.558	2.542	585	PT	ASM700 # 6
6	07:01	2.525	2.5 2	585	PT	ESD # 2
7	07:01	2.497	2.501	585	PT	NEP625 # 1
8	07:01	2.511	2.507	585	PT	NEP750 # 1
9	07:02	2.523	2.530	585	PT	NEP750 # 5
10	07:02	2.512	2.509	585	PR	Operador 1
11	07:01	2.530	2.515	585	PR	Operador 2
12	07:01	2.528	2.536	585	PR	Operador 3
13	07:01	2.521	2.514	585	PR	Operador 4
14	07:02	2.511	2.499	585	PR	Operador 5
15	07:03	2.520	2.496	585	PR	Operador 6
16	07:02	2.513	2.499	585	PR	Operador 7
17	07:01	2.516	2.517	585	PR	Operador 8

Tabla 7. Datos del muestreo en el área laboral. (Rodríguez, 2008). PT: puntual. PR: personal.

Posteriormente, con dichos datos y aplicando la fórmula descrita anteriormente se conoció la Concentración Medida en el Ambiente para neblinas de aceite. como se puede observar en la tabla # 8:

No.	Tiempo (min)	Volumen (m ³)	Cantidad (mg)	Concentración (mg/m ³)
1	422	1.054528	0.5476	0.5193
2	421	1.0682217	0.9944	0.9308
3	422	1.065902	0.2045	0.1919
4	421	1.061762	0.7721	0.7270
5	421	1.073480	0.9310	0.8672
6	421	1.060218	3.2906	3.1035
7	421	1.052079	0.8695	0.8264
8	421	1.056289	2.3261	2.2021
9	422	1.066183	5.5267	5.1837
10	422	1.059431	1.4224	1.3426
11	421	1.062043	2.4735	2.3292
12	421	1.065972	1.6955	1.5905
13	421	1.059938	0.7883	0.7437
14	422	1.057110	1.6500	1.5609
15	423	1.060884	1.6714	1.5755
16	422	1.057532	6.9064	6.5307
17	421	1.059447	0.8886	0.8387

Tabla 8. Resultados del muestreo ambiental en la planta de maquinados para neblinas de aceite. Las mediciones se realizaron a una temperatura ambiental de 20 °C. Fuente: Rodríguez, J. Determinación de sustancias químicas en planta. Laboratorio Microanalítico de Control, S.A. de C.V. México, D.F., marzo de 2008.

4.2 Resultados del Diagnóstico Situacional

Una vez conocidas las concentraciones de neblinas de aceite en el área, se desarrolló el diagnóstico situacional basado en la metodología propuesta por López. El Diagnóstico Situacional proviene de la Evaluación de Riesgo, la cuál se define como una ponderación entre un hallazgo y una referencia apropiada acerca del impacto potencial adverso de un acontecimiento dado sobre un sitio, una persona o una población. Ya desde 1983, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos estableció los cuatro componentes básicos de ésta:

- a) Identificación o reconocimiento del riesgo
- b) Evaluación de la dosis-respuesta
- c) Evaluación de la exposición
- d) Caracterización del riesgo.

Éste procedimiento se aplicaba inicialmente a la Toxicología Industrial, siendo adaptado por López para su uso dentro del campo de la Higiene Industrial. Así pues, el Diagnóstico Situacional es el estudio de los riesgos presentes en una organización desde su detección, exposición y efectos, hasta su caracterización integral, con el propósito de prevenir o controlar sus potenciales efectos nocivos (López, 2007).

4.2.1 Reconocimiento del riesgo

Tiene por finalidad identificar los riesgos a través de la investigación y análisis del proceso productivo. La descripción del proceso proviene directamente del mapa de riesgos, y pretende correlacionar las etapas con los riesgos presentes en el proceso de producción. Se presentan en la tabla # 9 exclusivamente la descripción que corresponde al universo de trabajo, considerando el puesto de trabajo de operador de extrusoras.

ETAPA	NOMBRE DE LA ETAPA	PUESTO	TRABAJADORES	ACTIVIDAD REALIZADA POR PUESTO	RIESGO		
					TIPO	NATURALEZA	EFFECTO MÁS PROBABLE
1-A	Transporte de rollos a NEP	Operador de extrusora	27	Movilización asistida por montacargas de rollos para alimentación de NEP	ERGO	MAC	MSD
1-B	Extruído de casquillo en NEP-625 y NEP-750 e inspección visual			Operación de NEP, inspección de casquillo extruído, movilización de charolas con casquillo	ERGO, QUIM, FÍSICO	MMC, Nieblas de aceite, R	Hipoacusia

Tabla 9. Descripción del proceso de producción en la planta de Maquinados. NEP: máquina extrusora; ERGO: riesgos ergonómicos; QUIM: riesgos de naturaleza química; FÍSICO: riesgo de naturaleza física; MAC: movimiento asistido de cargas; MSD: desórdenes músculo esqueléticos; MMC: manejo manual de cargas; R: ruido. Fuente: investigación de campo.

Como se aprecia en la tabla anterior, el riesgo se localiza en dos etapas. Existen 27 trabajadores expuestos. La etapa 1-B está directamente relacionada con el riesgo, especialmente por que la operación de la extrusora (NEP) exige que el trabajador ingrese a la cabina de la misma, ya que el tablero de control se localiza junto al área de emisión del contaminante.

4.2.2 Evaluación de la exposición

El objetivo de ésta segunda fase es medir el contacto directo del contaminante con el trabajador, a través de la frecuencia, duración e intensidad del evento. A través de ésta metodología se pueden realizar dos tipos de muestreo: el muestreo activo y el muestreo pasivo.

La utilidad de éste procedimiento es permitir llegar a conclusiones válidas para la totalidad de un conjunto, partiendo de la investigación y análisis de alguna de sus partes. Así también, la cuantificación del contaminante en el área laboral solo se justifica si se correlaciona con la cuantificación de ese mismo contaminante que está pasando al interior del organismo del trabajador expuesto (López, 2007).

A continuación se presentan la tabla # 10 los resultados de la evaluación de la exposición:

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN* - METALWORKING

SUSTANCIA QUÍMICA	No. CAS	CMA (mg/m3)*	LMPE-PPT (mg/m3)	LMPE CORREGIDO	NIVEL DE ACCIÓN	JORNADA LABORAL DIARIA (HR)	DL50 (mg/kg) Rata VO	GRADO DE EFECTO A LA SALUD	GRADO DE EXPOSICIÓN POTENCIAL
Acido bórico	10043-35-3	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	2000	1	INOCUA
Acido clorhídrico	7647-01-0	0.0368	7	7.63	3.815	7.5	900	1	INOCUA
Acido nítrico	7697-37-2	N/D	5.2	5.668	2.834	7.5	430	2	MODERADO
Acido sulfúrico	7664-93-9	N/D	1	1.09	0.545	7.5	2140	1	BAJO
Aquachemic Al	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Anodos de zinc	7440-66-6	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Biochemic 78 ABH	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Chem Clean 1322	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Cloruro de amonio	12125-02-9	N/D	10	10.9	5.45	7.5	1440	1	BAJO
Cloruro de potasio granulado	7447-40-7	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	2600	1	BAJO
Cloruro de zinc	7646-85-7	0.0046	5	5.45	2.725	7.5	8437	0	INOCUA
Cromato amarillo (MCOR A)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Cromato amarillo (MCOR B)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Desengrase alcalino	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Desengrase electrolítico (Udyprep 270)	5989-27-5	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	4400	1	BAJO
Equisolv CT	8008-20-6	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Extrudoil 701	64742-52-5	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	5000	1	BAJO
Hidróxido de Sodio (sosa líquida)	1310-73-2	0.1194	2	2.18	1.09	7.5	40	3	BAJO
Hipoclorito de Calcio	7778-54-3	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	850	1	BAJO
Hipoclorito de Sodio	7681-52-9	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	5000	1	BAJO
Kenlever TC	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Metabisulfito de Sodio	7681-57-4	N/D	5	5.45	2.725	7.5	N/D	N/D	N/D
Mobilmet 426	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Orsa 25T	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Orsa soluble A20	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Peróxido de hidrógeno líquido	7722-84-1	N/D	1.4	1.526	0.763	7.5	N/D	N/D	N/D
Polímero Cationico ACS 403	7446-70-0	N/D	2	2.18	1.09	7.5	3450	1	BAJO
Polímero Cationico N TREAT 310	1327-41-9	N/D	2	2.18	1.09	7.5	12700	0	INOCUA
Resina acrílica (Tintac C)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Spartan EP 68	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
TMA	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D
Udyprep 157 solido y líquido	497-19-8	N/D	10	10.9	5.45	7.5	N/D	N/D	N/D
Udyprep 157	497-19-8	N/D	10	10.9	5.45	7.5	N/D	N/D	N/D
Udyprep F	6834-92-0	N/D	NE	N/D	N/D	7.5	1153	1	BAJO
Ultraséal	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.5	N/D	N/D	N/D

* Medición del 23 al 28 de enero de 2008.

CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO



	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	INOCUA
Acido bórico					
Acido clorhídrico					
Acido nítrico					
Acido sulfúrico					
Cloruro de amonio					
Cloruro de potasio granulado					
Cloruro de zinc					
Desengrase electrolítico (Udyprep 270)					
Extrudoil 701					
Hidróxido de Sodio (sosa líquida)					
Hipoclorito de Calcio					
Hipoclorito de Sodio					
Polímero Cationico ACS 403					
Polímero Cationico N TREAT 310					
Udyprep F					

Tabla 10. Evaluación de la exposición. (Fuente: investigación de campo).

Nótese que al momento del estudio, la jornada laboral para los trabajadores de la empresa era de 7.5 horas. Cabe aclarar que actualmente, a partir del 1º de Enero de 2009, dicha jornada se amplió a turnos de 12 horas laborando 4 días y descansando 4 días, como se mencionó con anterioridad. El agente contaminante que es de nuestro interés está denominado como Mobilmet 426, del cuál no fue posible obtener ninguno de los parámetros que valora la matriz de datos debido a que se trata de un compuesto cuya formulación es considerada por el fabricante como secreta y solo puede ser obtenida por la vía legal.

4.2.3 Evaluación de la dosis-respuesta

El objetivo de la evaluación de la dosis-respuesta es investigar los efectos de los riesgos detectados en el antes, ahora y después de una organización en estudio. Para acercarse a la realidad en ésta etapa es deseable realizar un estudio retrospectivo acerca del tipo y ubicación de los riesgos, naturaleza y frecuencia de sus efectos sobre el ser humano y medios de producción, incluyendo instalaciones así como las medidas de control aplicadas y el resultado de las mismas (López, 2007).

Se presentan a continuación únicamente los resultados de la evaluación de la dosis-respuesta para las neblinas de aceite.

RIESGO DETECTADO	EFECTOS PROVOCADOS*		EFECTOS ACTUALES		EFECTOS POTENCIALES	MEDIDAS DE CONTROL
	PERIODO	Antes del 25 de febrero de 2008.	PERIODO	Del 25 de febrero de 2008 al 25 de febrero de 2009		
NIEBLAS DE ACEITE					EPOC, enfermedades respiratorias no infecciosas de repetición, rinitis alérgica, conjuntivitis aguda.	1. Espirometrías periódicas al personal expuesto. 2. Capacitación continua sobre protección respiratoria. 3. Monitoreo de niveles ambientales de neblinas de aceite. 4. Propuesta de control con mejoras de ingeniería
	EFECTOS	No disponible	EFECTOS	89 casos de conjuntivitis aguda.		

Tabla 11. Resultados de la evaluación de la dosis respuesta en la planta de maquinados.
Fuente: investigación de campo.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, hasta el 25 de febrero de 2008 no existía información disponible sobre el efecto provocado por el agente contaminante en la empresa bajo estudio, específicamente para las conjuntivitis agudas, en virtud de que no se había medido tal efecto en los trabajadores.

En el periodo entre el 25 de febrero de 2008 y el 25 de febrero de 2009 se registraron 89 casos de conjuntivitis aguda en la empresa, siendo el 21.2% proveniente del área de estudio. Dentro de los efectos potenciales se incluye a la conjuntivitis entre aquellos de mayor gravedad o trascendencia, y en las medidas de control se incluyó la propuesta de control.

4.2.4 Caracterización del riesgo

Para elaborar la caracterización del riesgo se tomó como parámetro la CMA, y se le asignaron valores del 1 al 5 en una escala de Likert, donde 1 es menos grave, 3 moderadamente grave y 5 es muy grave. En la tabla # 12 se puede observar la caracterización para las neblinas de aceite, misma que para el puesto de trabajo en estudio (operador de extrusora) resultó de 26 puntos en total, siendo mayor que para los puestos de operador de ASM-700, operador de RRT/USW o para el Almacenista. Esta caracterización justifica a plenitud el enfoque en los operadores de extrusión que se le dio al estudio.

RIESGO: NEBLAS DE ACEITE			OP EXTRUSORA	OP ASM-700	OP RRT/USW	ALMACENISTA	
CRITERIO	PARÁMETROS		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	
CMA*	A mayor concentración mayor riesgo		$\geq 5 \text{ mg/m}^3$	5	5	5	5
			$< 5 \text{ mg/m}^3$	3	3	3	3
Condiciones particulares de exposición	Frecuencia	Cantidad de veces por jornada diaria	≤ 10 veces	3	3	3	3
			≥ 10 veces	5	5	5	5
	Duración	Tiempo que dura el contacto con el contaminante	≤ 8 horas	3	3	3	3
			≥ 8 horas	5	5	5	5
	Intensidad o []	Valor de la concentración medida	$\leq \text{LMPE}$	1	1	1	1
			$\geq \text{LMPE}$	5	5	5	5
Magnitud del personal expuesto	Grupo Homogéneo de Exposición	≤ 50 trabajadores	3	3	3	3	
		≥ 50 trabajadores	5	5	5	5	
Peligrosidad Intrínseca del Riesgo	Efectos nocivos potenciales	Efectos que no provocan IPT	1	1	1	1	
		Efectos que provocan IPT	3	3	3	3	
		Efectos que pueden causar la muerte	5	5	5	5	
TOTAL			26	23	23	23	

* CMA: Concentración Medida en el Ambiente

Tabla 12. Resultados de la caracterización del riesgo en la planta de maquinados. Fuente: investigación de campo.

4.2.5 Diagnóstico Situacional

Finalmente, después de realizar el vaciado de datos a los formatos y reunir los resultados de cada apartado del diagnóstico se creó una última matriz la cuál se denominó como Diagnóstico Situacional propiamente dicho. En ésta se resumen las actividades realizadas en secuencia lógica, pero más aún, lejos de ser solo un reporte aislado de las observaciones realizadas en la organización, éste documento se convirtió en el plan general de trabajo que

servió entonces de base para crear la Propuesta de Control. Los resultados del Diagnóstico Situacional se resumen a continuación:

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL - METALWORKING

TIPO DE RIESGO	NATURALEZA	MAYOR EFECTO NOCIVO	DL50 (mg/Kg RATA VO)	CONDICIONES PARTICULARES DE EXPOSICIÓN			GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSICIÓN	UBICACIÓN POR ETAPA	JERARQUIZACION
				FRECUENCIA	DURACION	INTENSIDAD			
PSICOSOCIAL	ESTRÉS	Enfermedades crónico-degenerativas	N/A	> 10 veces	Crónica		3	1	44
ERGONÓMICO	MOVIMIENTO ASISTIDO DE CARGAS	Síndrome Doloroso Lumbar.	N/A	> 10 veces	Crónica	Hasta 30 kilogramos	93	1C, 1F,1H,1K,1N,1P,1R,1U,2,2 C,2E,2G,2I,2L,6.	3
		Aplastamiento por caída de la carga o rack. Síndrome doloroso lumbar por posturas forzadas.	N/A	> 10 veces	Crónica	De 200 a 1500 kilogramos	26	1A,2A.	5
	MOVIMIENTO MANUAL DE CARGAS	Síndrome Doloroso Lumbar, HDIV, lesiones musculoesqueléticas.	N/A	> 10 veces	Crónica	30 kilogramos	118	1B,1D,1G,1L,1O,1Q,1S,2D, 2J,3,4,7	2
	POSTURAS FORZADAS	Lesiones musculoesqueléticas.	N/A	> 10 veces	Crónica	N/D	61	1E,1I	6
	MOVIMIENTOS REPETITIVOS	Lesiones musculoesqueléticas	N/A	> 10 veces	Crónica	N/D	58	11,1J,1M,1T,2B,2F,2K,3.	7
FÍSICO	RUIDO	Hipoacusia por ruido. Trauma acústico.	N/A	> 10 veces	Crónica	93.1 dB	127	1B,1D,1G,1I,1M,2A, 1J,1K,1L,1M,1N,1O,1P,1Q,1 R,1S,1T,1U,2,2A,2B,2C,2D, 2E,2F,2G,2H,2I,2J,2K,2L,3, 4,5,6,7.	1
QUÍMICO	NEBLINAS DE ACEITE	EPOC, conjuntivitis aguda tóxica y/o bacteriana	N/D	> 10 veces	Crónica	5.2 mg/m3	87	1B,1D,1G,1M,2A.	4
	VAPORES ÁCIDOS	EPOC, intoxicación	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	24
	ÁCIDO BÓRICO	N/D	2000	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	43
	ÁCIDO CLORHÍDRICO	Quemaduras en superficies de contacto y mucosas.	900	> 10 veces	Crónica	0.0368	10	1Q,1R,2J.	25
	ÁCIDO NÍTRICO	Quemaduras en superficies de contacto y mucosas.	430	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	26
	ÁCIDO SULFÚRICO	Edema de la vía aérea, bronquitis crónica	2140	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	12
	AQUACHEMIC AL	Dolor abdominal, náuseas, quemaduras en superficies de contacto y mucosas	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	27
	ÁNODOS DE ZINC	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	42
	BIOCHEMIC 78 ABH	Dolor abdominal, náuseas, quemaduras en superficies de contacto y mucosas	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	28
	CHEM CLEAN 1322	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	41
	CLORURO DE AMONIO	Edema de la vía aérea, náuseas, vómitos, quemadura de córnea y piel	1440	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	11
	CLORURO DE POTASIO GRANULADO	Irritación del tracto respiratorio y digestivo, debilidad, disturbios en el sistema circulatorio	2600	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	13
	CLORURO DE ZINC	N/D	8437	> 10 veces	Crónica	0.0046	10	1Q,1R,2J.	40
	CROMATO AMARILLO (MCOB A)	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	39
	CROMATO AMARILLO (MCOB B)	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	38
	DESENGRASE ALCALINO	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	37
	DESENGRASE ELECTROLÍTICO (UDRYPREP 270)	N/D	4400	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	36
	EQUISOLV CT	Náusea. Irritación de vías aéreas.	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	19
	EXTRUDOIL 701	Dermatitis de contacto	5000	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	29
	HIDRÓXIDO DE SODIO (SOSA LÍQUIDA)	Destrucción corrosiva de tejido y mucosas	40	> 10 veces	Crónica	0.1194	10	1Q,1R,2J.	8
	HIPOCLORITO DE CALCIO	Lesión corrosiva de piel y mucosas, náusea, diarrea y dolor abdominal.	850	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	18
	HIPOCLORITO DE SODIO	Quemaduras de piel, irritación de ojos y de vías aéreas.	5000	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	14
	KENLEVER TC	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	35
	METABISULFITO DE SODIO	Irritación y quemaduras de ojos y piel	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	20
	MOBILMET 426	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	34
	ORSA 25T	Irritación de piel y mucosas, diarrea	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	21
	ORSA SOLUBLE A20	Irritación de piel y mucosas, diarrea	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	22
	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO LÍQUIDO	Quemaduras al tracto GI y ojos, daño corneal, quemadura de piel y vías aéreas.	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	15
	POLÍMERO CATIONICO ACS 403	Irritación de ojos y piel, celatalea.	3450	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	23
	POLIMETO CATIONICO N TERAT 310	Corrosivo por ingestión, irritación de piel y ojos.	12700	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	16
	RESINA ACRÍLICA (TINTA C)	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	33
	SPARTAN EP 68	Irritación ocular y dermatitis	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	17
TMA	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	32	
UDIPREP 168 SÓLIDO Y LÍQUIDO	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	31	
UDYPREP 157	Quemaduras de ojos, ceguera, quemaduras de piel, irritación del tracto respiratorio	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	9	
UDYPREP F	Corrosivo, quemaduras de vías aéreas	1153	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	10	
ULTRASEAL	N/D	N/D	> 10 veces	Crónica	N/D	10	1Q,1R,2J.	30	

Tabla 13. Diagnóstico Situacional. Fuente: investigación de campo.

Las conclusiones del Diagnóstico Situacional mostrado con anterioridad han permitido que se realice la siguiente lista, la cuál enumera las acciones que deben ser consideradas para el control del problema, y además, son la base del plan general de trabajo que derivó en la propuesta de control:

1. Control de la emisión de neblinas de aceite en el punto de operación.
2. Instalar bocas y campanas de sustracción efectiva de las neblinas generadas en los puntos de operación de las máquinas extrusoras.
3. Instalar campanas en las tolvas de salida del casquillo extraído para aspirar el humo generado por los mismos.
4. Aislamiento de las neblinas dentro de las cabinas sonoamortiguadoras de las extrusoras.
5. Colocar avisos prohibitivos para impedir que el operador mantenga abiertas las cabinas y/o que permanezca dentro de éstas sin motivo alguno.
6. Relocalización del panel de control fuera de la cabina para evitar el acceso del operador, protegiéndolo de la exposición a neblinas de aceite y a ruido.
7. Reparación del sistema de ventilación recirculante para mejorar la circulación aérea.
8. Instalación de sistemas colectores específicos para neblinas de aceite.
9. Cambio del modelo de los lentes de seguridad por otros que protejan específicamente contra neblinas de aceite.
10. Monitoreo ambiental de neblinas en área de extrusoras cada 3 meses durante el primer año luego de la implementación de mejoras; posteriormente cada año y a partir del tercer año, bianual.
11. Rotación de operadores multifuncionales a otras áreas con ausencia de neblinas de aceite cada 2 meses.

12. Cambio de lubricante por un compuesto base-agua que genere menos neblina, sea menos agresivo para la mucosa conjuntival y sea menos inflamable.
13. Capacitar y entrenar a los trabajadores del área de Maquinados sobre los riesgos a los que están expuestos para garantizar su comprensión y participación activa en los programas de salud.
14. Monitoreo anual de volúmenes y capacidades pulmonares.
15. Instalación de avisos alusivos a la prevención de riesgos respiratorios, oculares y dérmicos por el contacto con neblinas de aceite, así como sobre la obligatoriedad del uso de goggles especiales.

4.3 Resultados de la aplicación de herramientas de evaluación

Los resultados del cuestionario de sintomatología ocular aplicado a los trabajadores evidenciaron la percepción de éstos hacia los efectos que ejerce la neblina de aceite sobre su organismo. El resumen de dichos resultados se presenta en la tabla # 14:

Pregunta	Siempre (%)	Nunca (%)	A veces (%)
La neblina de aceite me causa irritación de ojos	54.1	8.3	37.5
He padecido sequedad de ojos al final del turno	25	37.5	37.5
He padecido ojos rojos al final del turno	29.1	16.6	54.3
Mis ojos son sensibles a la luz	33.3	50	16.6
Padezco lagrimeo intenso	20.8	37.5	41.6

Tabla 14. Resultados del Cuestionario de Síntomas Oculares. Fuente: investigación de campo.

Como se aprecia en la tabla anterior, el mayor porcentaje de síntomas oculares referido por los operadores fue de 54.1% para la afirmación “La neblina de aceite me causa irritación de ojos” con la respuesta “siempre” seguida por el mismo porcentaje para el cuestionamiento “¿Ha padecido ojos rojos al final del turno?” con la respuesta “a veces”, siendo las dos más significativas. Esto demuestra que los operadores ciertamente creen relacionar la irritación ocular y el ojo rojo que padecen al final de cada turno con la exposición a las neblinas de aceite.

4.4 Resultados de la Historia Clínica Laboral

Se aplicó una Historia Clínica Laboral completa a 27 operadores de extrusora. A 18 de ellos, les fue aplicada durante el periodo de la investigación, conforme se acercaron al Servicio Médico con la finalidad de solicitar atención médica por conjuntivitis aguda. A los 11 restantes se les aplicó una vez terminado el periodo de investigación y a pesar de no haber requerido atención médica por ésta causa. Cada historia constó de lo siguiente:

- a) Ficha de identificación.
- b) Antecedentes heredo familiares.
- c) Antecedentes personales patológicos.
- d) Antecedentes laborales.
- e) Interrogatorio por aparatos y sistemas.
- f) Padecimiento actual.
- g) Exploración física.
- h) Exámenes de laboratorio y gabinete.
- i) Diagnóstico médico.

No se encontró en ninguno de los antecedentes algún hallazgo de importancia para la investigación. Sin embargo, en 18 de ellos se encontró sintomatología compatible con un cuadro clínico de conjuntivitis aguda durante la exploración física. Solo 7 de ellos aceptaron realizarse el cultivo conjuntival durante la consulta.

4.5 Resultados de la Base de riesgo

Los resultados de la base de riesgo y su proyección fueron determinantes para obtener el apoyo económico de la organización. Ésta herramienta relaciona como proyección las pérdidas económicas de la empresa por el concepto de exposición a neblinas de aceite. Como se aprecia en el anexo 6, de una estimación del riesgo de 72 puntos se llevó a la empresa a una mejora hacia los 12 puntos. Se consideró en el inventario de riesgos a la temperatura, el estado físico, la cantidad, la densidad relativa y el método de almacenamiento del aceite lubricante para la operación de extrusión de casquillo metálico.

4.6 Resultados del Diagnóstico de Certeza

Para llegar a un diagnóstico médico de certeza fue necesario el apoyo de un laboratorio de referencia que nos diera la oportunidad de confirmar o descartar la presencia de bacterias en el ojo de cada paciente. Dicho laboratorio cultivó 7 muestras tomadas en el consultorio de la empresa para tal finalidad, encontrando que en ningún caso hubo desarrollo bacteriano, descartando así a éstos microorganismos como etiología de la conjuntivitis aguda asociada a la exposición a neblinas de aceite.

4.7 Análisis estadístico de los resultados

Ésta herramienta permitió elaborar el análisis de los datos y entender la relación que existe entre la exposición a neblinas de aceite y la conjuntivitis aguda, evidenciada por un valor de $p < 0.05$ ($p = 0.02$), por lo que se puede concluir que a una mayor concentración de neblinas de aceite en el ambiente hay una mayor probabilidad de que la conjuntivitis aguda se presente.

El odds ratio obtenido fue de 2.38, lo que significa que hay 2.38 veces más de probabilidad de que un trabajador expuesto a neblinas de aceite enferme de

conjuntivitis aguda que aquel que no está expuesto. Para realizar éste análisis se utilizó el programa Minitab ® versión 15, bajo licencia de Lead Technologies, Inc., adquirida legalmente por la empresa para su utilización. La salida del paquete estadístico se presenta a continuación:

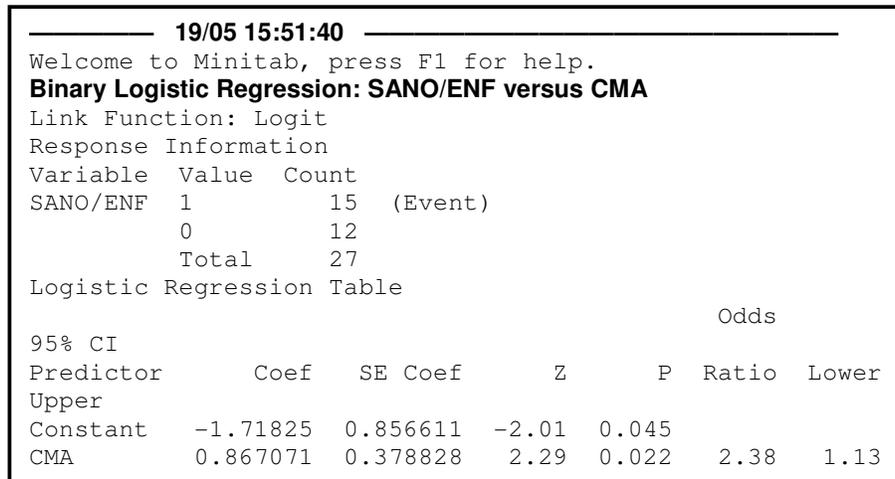


Figura 40. Salida del programa Minitab ® para la regresión Logística Binaria. Fuente: investigación de campo.

El programa permite además graficar los resultados obtenidos en el análisis para crear una imagen representativa y fácil de entender de la situación, en donde el eje de las X representa la CMA en mg/m^3 y el eje de las Y agrupa la “probabilidad del evento” (*event probability*, EPRO, por sus siglas en inglés) la cual multiplicada por un factor de base 10 arroja el porcentaje.

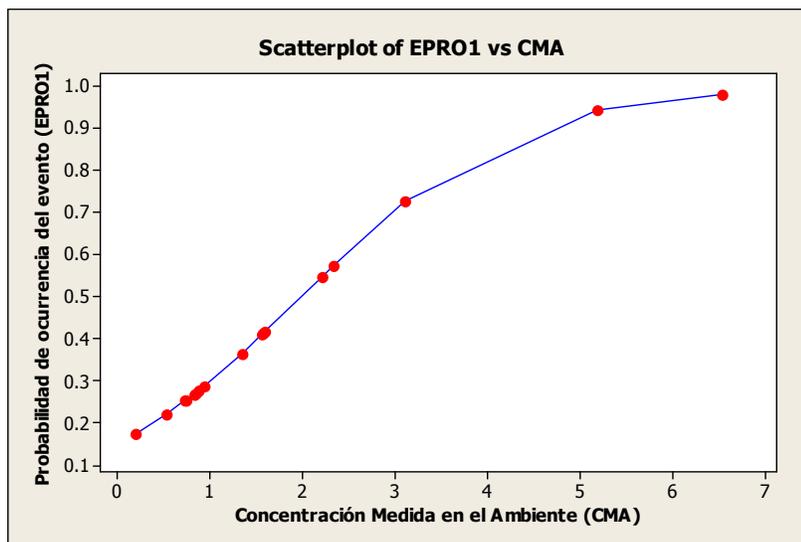


Figura 41. Gráfica de probabilidad del evento. Fuente: investigación de campo.

DISCUSIÓN

El análisis estadístico demuestra que sí existe relación entre la exposición a neblinas de aceite y la conjuntivitis aguda presentada por los trabajadores. Desde éste punto de vista es muy importante analizar que quizá para el establecimiento del LMPE en la normatividad nacional vigente, la conjuntivitis aguda no fue considerada, y es comprensible dado que su impacto en la salud por sí misma no es el más importante. Sin embargo, cabe destacar que lejos de la fisiopatología propia de la conjuntivitis y de su historia natural que tiende a la recuperación sin secuelas, es necesario ponderar los efectos negativos que dicho padecimiento conlleva por añadidura para los trabajadores y las organizaciones. Por ejemplo, un síntoma crucial de la conjuntivitis es el lagrimeo y epifora, ambos muy molestos y que tienden a disminuir tanto la concentración como la capacidad visual del operador en su área de trabajo, pudiendo condicionar accidentes laborales potencialmente graves.

La normatividad debería ser revisada para hacerla específica por actividad y/o giro de la empresa donde se exponen los trabajadores y corregir entonces el LMPE para cada rama industrial y para cada puesto de trabajo. De ésta manera se podría proteger a aquellos trabajadores que en su ámbito laboral no se excede un límite establecido pero que, sin embargo, presentan sintomatología clínica de algún padecimiento relacionado con dicha exposición. El efecto identificado como más probable por medio del Diagnóstico Situacional fue la hipoacusia, especialmente debido a que los niveles de ruido en ésta zona exceden el LMPE estipulado por la normatividad vigente. Sin embargo, y a pesar de que las neblinas de aceite dentro de las cabinas de las máquinas extrusoras no sobrepasan siquiera el nivel de acción, los empleados se quejan de molestias que ellos relacionan con dicho contaminante y, más aún, la conjuntivitis se presentó más frecuentemente en trabajadores de dicha área.

Así mismo, en el alcance de la evaluación de la dosis-respuesta sugerido por López es importante ampliar tal definición al concepto de Medio Ambiente, ya que los impactos ambientales que puedan generar dichos riesgos son de suma importancia para empresas multinacionales. El medio ambiente es el entorno

en el cuál una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. Los impactos ambientales son cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización y éstos últimos se entienden como aquel o aquellos elementos de las actividades, productos o servicios de una organización que puede o pueden interactuar con el medio ambiente (IMNC, 2004).

Es necesario también cambiar los lentes de seguridad que se utilizan en la empresa (y en la industria metalmecánica en general) para la exposición a neblinas de aceite ya que actualmente no existe uno especial para ésta aplicación, debiendo utilizarse lentes que han sido diseñados para otras actividades u otros riesgos, como polvos , haciéndolos incómodos y poco duraderos.

Ahora bien, se trató de aislar un probable agente etiológico común para las conjuntivitis, lo que evidenciaría la presencia de alguna bacteria que se desarrolla en la conjuntiva del trabajador explicando la enfermedad, según la literatura consultada. Sin embargo se encontró que no hubo desarrollo bacteriano en ninguno de los cultivos efectuados, por lo que se necesita ampliar el espectro del medio de cultivo hacia otros microorganismos así como, de ser posible, determinar la presencia de virus.

Por último, si bien la conjuntivitis no representa por sí misma un problema de salud general de la población trabajadora en la industria metalmecánica, no se han realizado proyecciones económicas que muestren la gravedad real del problema porque las organizaciones generalmente miden con indicadores reactivos y no proactivos. El estudio de la conjuntivitis relacionada a la exposición a neblinas de aceite ha sido poco debido quizá a que el impacto de la enfermedad está infravalorado. Por ello, es necesario proyectar la pérdida económica para éste problema con la finalidad de dimensionar su trascendencia real para la industria metalmecánica. En México, ésta industria, integrada por la fabricación de productos metálicos, constituyen el sector más

importante de la industria manufacturera del país al contribuir con el 31% del PIB. En 16 años (de 1980 a 1996), ésta industria creció un 3.3% anual. De las 13 ramas que conforman la industria, el ramo automotriz y de autopartes contribuye con más de la cuarta parte del PIB metalmeccánico. (Anónimo, 1997).

Por ello ésta investigación incluyó la base de riesgo, misma que se desarrolló para soportar la justificación de la inversión realizada por la Alta Dirección y tuvo la finalidad primera de proyectar las pérdidas económicas pero, definitivamente fue de suma utilidad al añadirla al Diagnóstico Situacional, ya que lo complementó al relacionar a la Higiene Industrial (tradicionalmente ligada a áreas como Psicología, Toxicología, Medicina, Ingeniería, etcétera) con el área de Finanzas, considerando los costos de todo evento real o potencial y sus consecuencias, persiguiendo el mismo fin ambas herramientas y teniendo entonces un objetivo alineado con los del negocio.

La inversión total para implementar la propuesta de control fue de \$ 1´435,500 pesos. Como se mencionó, considerando que el gasto por trabajador fue de \$29,575 pesos y que se atendió a 18 trabajadores en un año por ésta causa (el 21.2 % del total de consultas por conjuntivitis en el área de Maquinados), la pérdida proyectada a 5 años fue de \$2´794,810 pesos, por lo que la Alta Dirección, basándose en el costo-beneficio, no dudó en apoyar la instalación de los equipos.

Es prioritario generar la cultura en la cuál el especialista considere en cualquier observación el impacto económico a la organización con una amplia visión que lo lleve a proyectar el riesgo a gran escala. Solo así se podrán justificar nuevos proyectos ante una Alta Dirección reticente a liberar recursos, especialmente en un ambiente financiero global por demás adverso. Es necesario considerar éste problema en el presupuesto de Seguridad Industrial de las empresas metalmeccánicas para paliar sus efectos, relacionarlo directamente con la productividad y las pérdidas potenciales, así como también revisar la normatividad nacional vigente para hacerla específica por ramo industrial.

CONCLUSIONES

El resultado de ésta investigación parece apoyar la hipótesis de que sí existe relación entre la exposición ocupacional a neblinas de aceite y la conjuntivitis aguda en los trabajadores de la empresa, ya que se obtuvo confirmación por medio del análisis estadístico de esto, por lo que a continuación se resumen las conclusiones obtenidas:

1. Sí existe relación entre exposición ocupacional a neblinas de aceite y conjuntivitis aguda.
2. Los cultivos conjuntivales no mostraron crecimiento bacteriano por lo que se descarta a las bacterias como agente causal de la conjuntivitis.
3. A mayor CMA (Concentración Medida en el Ambiente) existe mayor probabilidad de que se presente conjuntivitis aguda en los trabajadores expuestos.
4. La conjuntivitis aguda relacionada a neblinas de aceite se presentó dentro de un amplio rango de CMA para el agente contaminante, que va de 0.1919 a 6.5307 mg/m³.
5. Se justificó la inversión de capital para la adquisición de equipos de extracción de neblinas logrando proteger la salud de los trabajadores de dicha área.
6. Seis meses después de haber implementado la propuesta de control disminuyó el número de consultas así como sus consecuencias económicas debido a conjuntivitis aguda proveniente del área de extrusión.

RECOMENDACIONES

Los problemas pendientes que se enuncian a continuación se mencionan para abrir nuevas líneas de trabajo ya que se consideran viables dados los recursos e intereses de la organización (De la Vega, 1994):

- a) Proyecto de revisión a la NOM-010-STPS-1999 para incluir diversos límites de acuerdo a cada rama industrial y puesto de trabajo en la industria metalmecánica.
- b) Diseño de un lente de protección ocular específico para ambientes con neblinas de aceite, que integren protección, confort y ergonomía.
- c) Realización de un estudio prospectivo sobre la posible contaminación por microorganismos (virus, bacterias y hongos) del aceite en los depósitos de almacenamiento, para emitir recomendaciones sobre su manejo, almacenamiento y condiciones de recepción involucrando a la cadena de suministro.
- d) Diseñar un indicador proactivo usando bases de riesgo que permitan plasmar la importancia y viabilidad de cada proyecto ante la Alta Dirección de las empresas y además que sea susceptible de medirse a lo largo del tiempo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

a) Impresas

- Agüero, G. (2009). Hoja de seguridad de materiales, MOBILMET 426. USA: ExxonMobil Biomedical Sciences Inc.
- Anónimo (1980) Straight Talk About: A Technical and Engineering Guide. Toledo: Federal Mogul Corporation Research and Development Headquarters.
- Calixto, RE. (2008). Módulo II: Lean Manufacturing. Manual del Diplomado en Certificación Internacional Lean-Six Sigma Black Belt. México, D.F.: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Carrasco, SH. (1990). Accidentabilidad Laboral: Accidentes Oculares. Valencia: Universitat de Valencia, Facultat de Medicina.
- Chen, M. (2007). Particle Size Distributions of Oil Mists in Workplace Atmospheres and Their Exposure Concentrations to Workers in a Fastener Manufacturing Industry. *Journal of Hazardous Materials* 146 (1-2): 393-398.
- Ciprowski, M., Kozajda, A. (2006) Harmful Impact of Biological Agents Released at Metalworking. *Med Pr*, 57 (2): 139-147.
- De la Vega, C. Un paso hacia el método científico. I.P.N., México, D.F., 1994.
- Estados Unidos de Norteamérica. (1998). Occupational Standard to Metalworking Fluids. USA:NIOSH
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (1999). NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centro de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. México, D.F.: STPS.
- Estados Unidos Mexicanos. (2004). Sistemas de gestión ambiental-requisitos con orientación para su uso. Norma ISO 14001:2004. México, D.F.: IMNC
- Ewald, AG (Ed). (1998) El Manual Washington (9ª ed). Barcelona: Masson – Little Brown.
- García, RC. (2005). Evaluación Clínica de la Capa Lipídica Lagrimal en Jóvenes Universitarios. *Rev Esp Contact*, 1 (12):37-41
- Gillard, P. (2003). Cambridge Advanced Learner's Dictionary. London: Cambridge University Press.

- González, TJ (2007). La genialidad de un trastorno refractivo: Amedeo Modigliani y el astigmatismo. *Rev Mex Oftamol* 81(3): 158-163.
- Meyer, JJ (1999) Les Systèmes Sensoriels. Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail, (2): 563. Paris : ILO
- Millán, GS. (2006). Procedimientos de Mecanizado (1ª ed). Madrid: Editorial Paraninfo.
- Mirer, F. (2003). Updated Epidemiology of Workers Exposed to Metalworking Fluids Provides Sufficient Evidence for Carcinogenicity. *Appl Occup Environ Hyg.*, 18(11):902-12.
- Nelik, Lev. (1993). Bearing Life Extension and Reliability Features of Modern ANSI Pumps. Second International Conference on Improving Pump Reliability in Petroleum Refineries and Chemical and Natural Gas Plants. Houston: Información docta.
- Park, D; Choi, B. (2005) Exposure Assessment to Suggest the Cause of Sinusitis Developed in Grinding Operations Utilizing Soluble Metalworking Fluids, *J Occup Health*, 47 (1): 319-326.
- Rodríguez, JA. (2008) Sustancias químicas en planta. (Reporte 399-5) México, D.F. Laboratorio Microanalítico de Control.
- Simpson, AT; Stear, M. (2003). Occupational Exposure to Metalworking Fluid Mist and Sump Fluid Contaminants, *Ann Occup Hyg*, 47 (1): 17-30
- Stear, M. (2005) Metalworking Fluids. Clearing Away the Mist? *Ann Occup Hyg*, 49 (4): 279-281
- Steinsvag, K. (2006). Exposure to Oil Mist and Oil Vapour During Offshore Drilling in Norway, 1979–2004 *Ann. Occup. Hyg.*, 50 (2), 109–122.
- Surós, BA. (1997). Semiología Médica y Técnica Exploratoria. (7ª ed). México, D.F., Ed. Masson.
- Veillete, M; Thourne, P. (2004) Six Month Tracking of Microbial Growth in a Metalworking Fluid After System Cleaning and Recharging. *Ann Occup Hyg*, 48 (6): 541-546.
- Webster, A. (2005). Rapid Assessment of Microbial Hazards in Metalworking Fluids. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2 (4): 213-218.

b) No impresas

Alañón, FJ [n.d.] Anatomía y fisiología del aparato ocular. Obtenida el 4 de noviembre de 2008, de:

http://www.esteve.es/EsteveArchivos/1_8/Ar_1_8_44_APR_18.pdf

Anónimo [n.d.] National Machinery: principios del formado en frío. Obtenida el 15 de mayo de 2009 de:

<http://www.nationalmachinery.com/EspanolHTML/coldFormingPrinciples.html>

Última actualización: 2002.

Anónimo [n.d.] Lubricantes para metales. Obtenida el 2 de febrero de 2009 de:

<http://www.revolucionesindustriales.com/limpiezaindustrial/lubricantes/metales.html>

Anónimo [n.d.] Diccionario de la Real Academia Española. Obtenida el 10 de mayo de 2009 de: <http://buscon.rae.es/drae/>

Anónimo [n.d.] Mobilmet 426: descripción del producto. Obtenida el 12 de junio de 2009 de:

http://www.mobil.com/MexicoSpanish/Lubes/PDS/GLXXS2INDMOMobilmet_420.asp

Anónimo [n.d.] LASIK. Obtenida el 13 de marzo de 2009 de:

<http://www.epilasikinfor.com/wpcontent/uploads/2008/12/corneawithbowmans.gif>

Anónimo [1987]. Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del aceite mineral. Obtenida el 16 de septiembre de 2009 de: International Association for Research Cancer.

www.mtas.es/insht/practice/dlep02.htm 252-254

Anónimo [1997]. Sector Metalmecánico Nacional. Obtenida el 3 de enero de 2010 de:

<http://www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/Documentos/Capitulos/SLP01C1.DOC>

Anónimo [2004]. Lubricant considerations. Obtenida el 10 de octubre de 2009 de:

<http://www.oilmistinstitute.com/Lubricantconsiderationscontenido.php?h=1&s=81>

Anónimo [2005]. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Obtenida el 2 de septiembre de 2009 de: National Institute of Occupational Health and Safety.

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0472.html>

Anónimo [2002]. Anatomía del ojo. Obtenida el 21 de septiembre de 2009 de: Universidad de Chile.
<https://www.ucursos.cl/medicina/2008/0/MMORFOC1/.../19877>.

Anónimo. [2009]. Ojo seco. Obtenida el 23 de octubre de 2009 de:
<http://www.hvil.sld.cu/instrumentalquirurgico/biblioteca/Kanski5taEd2004/Cp.%203%20Ojo%20seco.pdf>

Castillo, J [n.d.] Definición de Higiene Industrial. Obtenida el 31 de octubre de 2008, de <http://www.monografias.com/trabajos15/higiene-industrial/higieneindustrial.shtml>

Fernández, E [2009] Conjuntivitis bacteriana. Obtenida el 10 de octubre de 2009, de: <http://www.smo.org.mx/conjuntivisbacteriana.html>

García FJ [2009]. Fisiología del ojo. Obtenida el 2 de noviembre de 2009 de:
http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/fisiolog.html

Jaymes, C. [2007]. Adverse Health Effects Of Oil Mist In Machine Tool Industries. Obtenida el 15 de septiembre de 2009 de:
<http://www.simplysearch4it.com/author-articles/11170/1.html>

Jaymes, C. [2007] Benefits Of Using Oil Mist Eliminators In The Metalworking Industry. Obtenida el 15 de septiembre de 2009 de:
<http://searchwarp.com/swa126258.htm>

Pita FS [2009]. Medidas de frecuencia de enfermedad. Obtenida el 15 de mayo de 2009 de:
http://www.fisterra.com/mbe/investiga/medidas_frecuencia/med_frec.asp#incidncia.

Thomas JM [n.d.] Controlling Exposure to Metalworking Fluids. Obtenida el 9 de abril de 2009 de:
http://www.occupationalhazards.com/Issue/Article/37618/Controlling_Exposure_to_Metalworking_Fluids.aspx.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de sustancias químicas obtenidas por muestreo ambiental.
Mayo de 2008.

Sustancia Química	Planta	Muestreo	CMA corregido	LMPE (mg/m3)	FC DÍA	LMPE corregido	R
Níquel	Maquinados	Personal	0	1	0.59085	0.59085	0
Níquel	Maquinados	Personal	0	1	0.59085	0.59085	0
Zinc	Maquinados	Personal	0.0094	5	0.59085	2.95425	0.00318186
Zinc	Maquinados	Celda 27	0.0046	5	0.59085	2.95425	0.00155708
Ácido Clorhídrico	Maquinados	Celda 26	0.297	7	0.59085	4.13595	0.07180938
Ácido Clorhídrico	Maquinados	Celda 27	0.0368	7	0.59085	4.13595	0.00889759
Ácido Clorhídrico	Maquinados	Celda 28	0.0148	7	0.59085	4.13595	0.00357838
Ácido Clorhídrico	Maquinados	Celda 29	0	7	0.59085	4.13595	0
Hidróxido de Sodio	Maquinados	Celda 3	0	2	0.59085	1.1817	0
Hidróxido de Sodio	Maquinados	Lavadora de casquillo	0.01	2	0.59085	1.1817	0.00846238
Hidróxido de Sodio	Maquinados	Celda 2	0	2	0.59085	1.1817	0
Hidróxido de Sodio	Maquinados	Celda 4	0.0094	2	0.59085	1.1817	0.00795464
Hidróxido de Sodio	Maquinados	Celda 5	0	2	0.59085	1.1817	0
Hidróxido de Sodio	Maquinados	Celda 1	0	2	0.59085	1.1817	0
Neblinas de aceite	Maquinados	Lavadora de casquillo 2	0.5193	5	0.59085	2.95425	0.17578065
Neblinas de aceite	Maquinados	Lavadora de casquillo 1	0.9308	5	0.59085	2.95425	0.31507151
Neblinas de aceite	Maquinados	ASM 700 # 12	0.1919	5	0.59085	2.95425	0.06495726
Neblinas de aceite	Maquinados	ACME # 3	0.727	5	0.59085	2.95425	0.24608615
Neblinas de aceite	Maquinados	ASM-700 #6	0.8672	5	0.59085	2.95425	0.2935432
Neblinas de aceite	Maquinados	ESD # 2	3.1035	5	0.59085	2.95425	1.05052044
Neblinas de aceite	Maquinados	NEP 625 #1	0.8264	5	0.59085	2.95425	0.27973259
Neblinas de aceite	Maquinados	NEP 750 #1	2.2021	5	0.59085	2.95425	0.74540069
Neblinas de aceite	Maquinados	NEP 750 #5	5.1837	5	0.59085	2.95425	1.75465854
Neblinas de aceite	Maquinados	Enrique Cordero	1.3426	5	0.59085	2.95425	0.45446391
Neblinas de aceite	Maquinados	Oscar Flores García	2.3292	5	0.59085	2.95425	0.78842346
Neblinas de aceite	Maquinados	Alvaro Perez	1.5905	5	0.59085	2.95425	0.53837691
Neblinas de aceite	Maquinados	Miguel Cruz	0.7437	5	0.59085	2.95425	0.25173902
Neblinas de aceite	Maquinados	Mario Ojeda	1.5609	5	0.59085	2.95425	0.52835745
Neblinas de aceite	Maquinados	Jose Luis Cruz	1.5755	5	0.59085	2.95425	0.53329948
Neblinas de aceite	Maquinados	Jonathan Solis	6.5307	5	0.59085	2.95425	2.21061183
Neblinas de aceite	Maquinados	Raúl Rojas	0.8387	5	0.59085	2.95425	0.28389608
Cromo metálico	Maquinados	Celda 15	0	0.5	0.59085	0.295425	0
Cromo metálico	Maquinados	Celda 16	0	0.5	0.59085	0.295425	0
Cromo metálico	Maquinados	Celda 14	0	0.5	0.59085	0.295425	0
Cromo metálico	Maquinados	Celda 13	0	0.5	0.59085	0.295425	0
Humos de soldadura como Fe++	Maquinados	Soldadura 8	0.0149	5	0.59085	2.95425	0.00504358
Humos de soldadura como Fe++	Maquinados	Soldadura 6	0.0213	5	0.59085	2.95425	0.00720995

Anexo 2. Tabla de sustancias químicas obtenidas por muestreo ambiental.
Marzo de 2009.

Sustancia Química	Planta	Muestreo	CMA corregido	LMPE (mg/m3)	FC DÍA	LMPE corregido	R
Neblinas de aceite	Maquinados	ESD # 2	0.1884	5	0.59085	2.95425	0.06377253
Neblinas de aceite	Maquinados	NEP 750 #1	0.0169	5	0.59085	2.95425	0.00572057
Neblinas de aceite	Maquinados	Jonathan Solis	0.0011	5	0.59085	2.95425	0.00037234

Anexo 3. Hoja de Datos de Seguridad del aceite lubricante de corte.

SGASS 7H.1: HOJA DE SEGURIDAD DE
SUBSTANCIAS AUTORIZADAS

MATERIAL: MOBILMET 426

Fecha de Emisión: 16-Sep-02

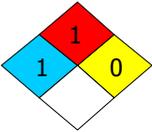
Revisión No.: 1

Fórmula:

SECCIÓN I: Identificación.

Nombre del fabricante: Mexicana de lubricantes S.A de C.V	Teléfono para emergencias: Referirse a hoja de emergencia anexa Ext. 8863, 8936 y 4006 SETIQ 01 800 00 214 00
Dirección completa: Av. 8 de julio 2270 Z.I Guadalajara Jalisco México. C.P 44940	
Nombre del producto y sinónimos: Mexlub corte XFM 32	
Familia Química:	

SECCIÓN II: Componentes riesgosos.

Componentes Regulados	No. De Cas	Referencia	%	TLV	
Clasificación NFPA	SALUD (azul)	FUEGO(rojo)	REACTIVIDAD(am)	INCOMPATIBILIDAD	Equipo de Protección Personal
	1	1	0	NO es compatible con los oxidantes	E
Referencia NFPA 704-M para interpretación: RIESGO: 4=severo; 3=grave; 2=medio; 1=bajo; 0=sin riesgo REACTIVIDAD CON: W =agua; OXY=oxidantes; ACID=ácidos					

SECCIÓN III: Propiedades Físicas.

Punto de ebullición:	316	Gravedad Específica:		Inf. Complementaria:
Presión de vapor:	< 0.1	% de volatilidad por volumen:		
Densidad de vapor a 20°C:	0.870 g/m3	Estado físico normal:	Líquido	
Solubilidad en agua:	Despreciable	Color:	Ámbar oscuro	
Reacción de evaporación:		Olor:	Característico	

SECCIÓN IV: Peligros de fuego o explosión.

Punto de ignición:	210°C	Temperatura de Autoignición:	
Medio de extinción:		Precauciones Especiales: Utilizar SCBA, equipo de respiración autónoma. El agua o espuma, puede producir espumación excesiva. Deben mantenerse fríos los recipientes expuestos al fuego. Evitar que los medios utilizados para apagar el fuego, entren en vías de agua, red de alcantarillado, agua potable. se produce Monóxido de Carbono y óxidos metálicos como resultado de la combustión.	
Niebla de agua:	XXXXXXXXXXXXXX		
Espuma:	XXXXXXXXXXXXXX		
Halón 1211:			
CO ₂ :	XXXXXXXXXXXXXX		
PQS ABC:	XXXXXXXXXXXXXX		
Otro:			

SECCIÓN V: Peligros para la salud.

Consideraciones especiales:

ACCIONES DE PRIMEROS AUXILIOS:

Ingestión:	Contacto con la piel:	Maniobras especiales (solo para el uso de personal entrenado):
Contacto con los ojos:	Penetración por la piel:	
Inhalación:	Síntomas de intoxicación:	

SECCIÓN VI: Datos de reactividad.

Considerado: Estable <input type="checkbox"/> Inestable <input type="checkbox"/>	Referencia:	Polimerización Peligrosa: NO puede ocurrir	Información de Reactividad: Se debe evitar el calor extremo
Incompatibilidad: Ácidos fuertes, bases fuertes y agentes fuertemente oxidantes			
Descomposición Peligrosa: óxido de carbono, azufre y nitrógeno			
Condiciones de Almacenamiento: NO almacenar en recipientes abiertos o sin identificación. Almacenarlo lejos de agentes oxidantes fuertes o de material combustible.			

SECCIÓN VII: Procedimientos para fugas o derrames.

En caso de fuga o derrame: Seguir punto 11 "Derrame de materiales peligrosos" del PSGASS 852. Utilizar KIT para derrames color AZUL	Equipo de protección personal para control: Codificación de Equipo de Protección Personal "E"
Procedimiento de manejo del material una vez recuperado:	

SECCIÓN VIII: Protección Personal.

Tipo de protección recomendada para manejo del material:			
Respiratoria: N/A	Ocular: Lentes de protección	Manos: n/a	Piel: Camisola manga larga
Derrame:	Derrame:	Derrame:	Derrame:

SECCIÓN IX: Información de transporte.

El producto está reportado como peligroso para su transporte: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Grado de riesgo: N/A	Marca de transporte: N/A	No. UN (ONU): N/A	Etiqueta requerida: N/A

SECCIÓN X: Información Ecológica.

Evitar que los derrames entren en los sumideros y drenajes de la red de alcantarillado y contaminen el suelo

SECCIÓN XI: Precauciones especiales.

--

SECCIÓN XII: Información adicional.

--

Anexo 4. Formato de Historia Clínica Laboral

SALUD OCUPACIONAL Historia Clínica Laboral

Fecha: _____ Gerencia: _____
 Planta: _____ Puesto: _____
 Examen: INGRESO PERIÓDICO ESPECIAL :

1. FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: M F
 Dirección: _____ Tel.: _____
 Lugar y fecha de nacimiento: _____
 Escolaridad: NINGUNA PRIM SEC PREP TEC UNIV ESP MTRIA DOC
 Religión: _____ Estado civil: SOLT CAS VDO DIV U. LIBRE
 No. I.M.S.S. _____ U.M.F.: _____

2. ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES

Enf/parentesco	DM-II	HTA	CA	C.I.	EVC	OTRO
Abuelos						
Padre						
Madre						
Tíos						
Hermanos						
Hijos						

3. ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS

HABITACION	ALIMENTAC.	HIGIENE	TABAQUISMO	ALCOHOLISMO	ADICCIONES	EJERCICIO
B	B	B				
R	R	R				
M	M	M				
Inmunizaciones						

4. ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS

Alergias	SI	NO	Enf. Infancia	SAR	PAR	HEP	ESC	RUB	VAR	OTRA
Hernias	SI	NO	CRÓNICAS	DM	HTA	CA	EVC	C.I.	EPIL	OTRA
Musculo-esq.	SI	NO	QUIRÚRGICOS	APEN	COLEC	LAPE	OTB	OPC	FX	OTRA
GI	SI	NO	OTROS (especificar):							
Respiratorias	SI	NO								
GU	SI	NO								
Psiquiátricos	SI	NO								
Transf./tatuajes	SI	NO								

Toma algún medicamento: _____ ¿Cuál? _____
 Frecuencia: _____

5. ANTECEDENTES GINECO-OBSTÉTRICOS

Menarca				Ritmo	
IVSA			FUR		
Obstétricos	G		P	A	C
MPF					
Menopausia				THR	

6. ANTECEDENTES LABORALES

Inicio de vida laboral: _____ años. Puesto: _____ Duración: _____
 Actividad realizada _____

Ultimo empleo (o de mayor duración)											
Giro									Duración		
Puesto											
Jornada	8 horas		6 horas		4 horas		Otra (especificar):				
Turnos	1°	2°	3°	Mixto		Otro (especificar):					
Días de la semana	L	M	M	J	V	S	D	Otro:			
Alimentación	Comedor			Calle		Área Laboral		Otra:			
Tiempo											
Inhalaciones	SI		NO		TIPO						
Examen Médico de Ingreso	SI		NO		FECHA DEL ÚLTIMO						
Exposiciones	BIOLÓGICOS		FÍSICOS		QUÍMICOS		ERGONÓMICOS		PSICOSOCIALES		
EPP	CALZADO		CASCO		GOGLES		GUANTES		FAJA	OTRO	
Especificar:											
Accidentes de Trabajo											
Enfermedades Profesionales	RESP		CARDIO		GI		DERMICAS		OTRAS		
<i>ÚLTIMA INCAPACIDAD I.M.S.S.</i>											
FECHA	MOTIVO										

FECHA		PUESTO DE TRABAJO
ALTA	BAJA	Materiales, producto, situación, etc.

7. INTERROGATORIO POR APARATOS Y SISTEMAS

APARATO DIGESTIVO	
APARATO RESPIRATORIO	
APARATO GENITO-URINARIO	
APARATO OSTEOMUSCULAR	
SISTEMA CARDIOVASCULAR	
SISTEMA NERVIOSO	
SISTEMA ENDÓCRINO	
SISTEMA INMUNOLÓGICO	
SISTEMA LINFÁTICO	
ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS	

8. PADECIMIENTO ACTUAL

9. EXPLORACIÓN FÍSICA

SOMATOMETRÍA							
T / A		F.C.		F.R.		SATO ₂	
TEMP.		PESO		TALLA		I.M.C	

INSPECCIÓN GENERAL	

CRANEO

	SI	NO	Observaciones				
Normocéfalo							
PIRRL							
Narinas permeables							
Faringe hiperémica							
Amígdalas			Enclaustradas	IV	Hipertróficas	Eutróficas	Crípticas
CAE derecho permeable			MT íntegra	SI		NO	
CAE izquierdo permeable			MT íntegra	SI		NO	

CUELLO

	SI	NO	Observaciones		
Cilíndrico					
Tráquea central					
Tráquea móvil					
Adenomegalias					
IY					
Arcos de movilidad			Normales	Restringidos	Dolorosos

TÓRAX

<i>Pulmones</i>	SI	NO	Observaciones			
Amplexión						
Amplexación						
CsPs limpios, bien ventilados						
Agregados			Crepitantes	Subcrepitantes	Sibilancias	Rudeza
Localización			Basales	Apicales	Difusos	
Síndrome pleuropulmonar						

<i>Corazón</i>	SI	NO	Observaciones					
RsCs rítmicos								
Intensidad y tono normal								
Localización del choque de la punta								
Fenómenos auscultatorios agregados								
EKG 12 derivaciones	RITMO	FC	Onda P	Intervalo PR	QRS	Segmento ST	Onda T	°AQRS
Idx :								

--	--

ABDÓMEN:

	SI	NO	Observaciones
Blando			
Depresible			
No doloroso			
Reflejos Cutáneomucosos presentes y normales			
Peristalsis normal			
Puntos ureterales			
Mc Burney y sucedáneos			
Murphy			

REGION RENAL

	SI	NO	Observaciones
Tumor / edema			
Giordano			

COLUMNA VERTEBRAL

	Normal	Anormal	Observaciones
Hiperflexión			
Hiperextensión			
Flexión lateral derecha			
Flexión lateral izquierda			
Puntos de Valleix	SI	NO	
Dolor radicular	SI	NO	

GENITALES Y RECTO

	Normal	Anormal	Observaciones
Genitales externos			
Cervix			
Próstata			
Fondos de saco			

MIEMBROS SUPERIORES

	SI	NO	Observaciones				
Eutróficos							
Fuerza muscular			1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
ROTs			1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
Sensibilidad normal							
Onicomiosis							
Tatuajes							

MIEMBROS INFERIORES

	SI	NO	Observaciones				
Eutróficos							
Fuerza muscular			1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
ROTs			1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
Sensibilidad normal							
Onicomycosis							
Tatuajes							

AGUDEZA VISUAL

	NORMAL	ANORMAL	Observaciones					
Conjuntivas								
Fotomotor								
Consensual								
Acomodación								
Campimetría digital por confrontación								
Daltonismo	SI	NO						
Hemeralopía	SI	NO						
AV OD Snellen	20/15	20/20	20/25	20/30	20/40	20/50	20/70	20/100
AV OI Snellen	20/15	20/20	20/25	20/30	20/40	20/50	20/70	20/100
Observaciones:								

AGUDEZA AUDITIVA

	NORMAL	ANORMAL	Observaciones					
Oído derecho								
Oído izquierdo								
Audiometría								

10. EXÁMENES DE LABORATORIO Y GABINETE

11. DIAGNÓSTICOS

12. TRATAMIENTO

13. BIOMARCADORES INDISPENSABLES PARA EL PUESTO ACTUAL

AL INGRESO					A LOS 3-6-9-12 MESES POSTERIORES AL INGRESO				
BHC					BHC				
QS	3	6	12	24	QS	3	6	12	24
EGO					EGO				
Tele de tórax					Tele tórax				
AP y LAT de columna lumbosacra					Ap LAT columna LS				
Espirometría					Espirometría				
Audiometría					Audiometría				
Otros (especificar):					Otros (especificar):				

14. VALIDACIÓN

APTO: SI NO

Firma del Médico

Anexo 5. Cuestionario de Síntomas Oculares

CUESTIONARIO DE SINTOMAS OCULARES

No.	PREGUNTA	RESPUESTA		
		Siempre	Nunca	A veces
1	La neblina de aceite me causa irritación de ojos			
2	He padecido sequedad de ojos al final del turno			
3	He padecido ojos rojos al final de turno			
4	Mis ojos son sensibles a la luz			
5	Padezco lagrimeo intenso			

Anexo 6. Base de Riesgo para neblinas de aceite.

Riesgo
Neblinas de aceite

Área:

Folio

Fecha de identificación:

Elaboró:

Severidad de la lesión		Frecuencia de exposición	Probabilidad de ocurrencia	Estimación del riesgo inicial	Inventario	
ESTIMADO	3	4	6	72	1	Temperatura
					2	Estado físico
					3	Cantidad en el ambiente (CMA)
					4	Uso principal
					5	Densidad relativa
					6	Almacenamiento
PROYECTADO	3	1	4	12	1	Temperatura
					2	Estado físico
					3	Cantidad en el ambiente (CMA)
					4	Uso principal
					5	Densidad relativa
					6	Almacenamiento
CONSECUENCIAS						
PERSONAL		MEDIO AMBIENTE		PRODUCCIÓN O EQUIPOS		
1	1.1 Lesión térmica	1	Incapacidad	1	Tiempos muertos, pérdida de producción por paros de línea, aumento de prima de riesgo.	
	1.1.1 Quemaduras de piel		1.1.1 Incapacidad temporal			
	1.1.2 Quemaduras de conjuntiva		1.1.2 Incapacidad permanente parcial			
2	2.1 Infección corneal	2	Incapacidad	2	Tiempos muertos, pérdida de producción por paros de línea, aumento de prima de riesgo, pago de pensión.	
	2.1.2 Queratitis		2.1.2 Incapacidad temporal			
	2.1.3 Debilidad visual		2.1.3 Incapacidad permanente parcial			
	2.1.4 Amaurosis		2.1.4 Incapacidad Permanente Total			
3	3.1 Blefaritis	3	Incapacidad	3	Tiempos muertos, pérdida de producción por paros de línea, aumento de prima de riesgo, pago de pensión.	
	3.1.1 Blefarconjuntivitis		3.1.1 Incapacidad temporal			
	3.1.2 Disminución de agudeza visual		3.1.2 Incapacidad permanente parcial			
	3.1.3 Accidente por falta de visibilidad		3.1.3 Incapacidad temporal			
4	4.1 Caídas por piso resbaloso	4	Incapacidad	4	Tiempos muertos, pérdida de producción por paros de línea, aumento de prima de riesgo, pago de pensión.	
	4.1.1 Contusiones		4.1.1 Incapacidad temporal			
	4.1.2 Fracturas		4.1.2 Incapacidad temporal			
5	5.1 Conjuntivitis aguda	5	Incapacidad temporal	5	Tiempos muertos, pérdida de producción por paros de línea, aumento de prima de riesgo, pago de pensión.	
	5.1.1 Cronicidad		5.1.1 Incapacidad temporal de repetición			
	5.1.2 Superinfección secundaria		5.1.2 Incapacidad prolongada			
	5.2 Neumonitis química		5.2 Incapacidad temporal prolongada			
	5.2.1 EPOC		5.2.1 Incapacidad permanente parcial			
	5.2.2 Cáncer pulmonar		5.2.2 Incapacidad permanente total			
6	6.1 Aplastamiento de extremidades	6	Incapacidad	6	Tiempos muertos, pérdida de producción por paros de línea, aumento de prima de riesgo, pago de pensión.	
	6.1 Fracturas		6.1 Incapacidad temporal			
	6.1.2 Síndrome compartimental		6.1.2 Incapacidad temporal prolongada			
	6.1.3 Isquemia de miembros		6.1.3 Incapacidad parcial permanente			
	6.1.4 Amputación quirúrgica		6.1.4 Incapacidad permanente total			

MEDIDAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS					
PERSONAL		MEDIO AMBIENTE		PRODUCCIÓN O EQUIPOS	
1	Uso de goggles de diseño especial contra neblinas de aceite.	1	Instalación de un sistema de extracción de neblinas de aceite.	1	Aislamiento del operador por retiro de tableros de control, llevándolos fuera de las cabinas.
2	Uso de goggles de diseño especial contra neblinas de	2	Instalación de un sistema de extracción de neblinas	2	Proyecto de cambio a lubricante base-agua
3	Uso de respiradores de silicón media cara con cartuchos 3M contra vapores orgánicos.	3	No aplica	3	Instalación de boquillas de extracción cercanas a la fuente de emisión.
4	Uso de calzado suela polimerizada antiderrapante.	4	Uso de desengrasante eficaz para tallado de piso	4	No aplica
	Uso de goggles de diseño especial contra neblinas de aceite.		Rutinas de limpieza de piso		
			Activación cotidiana del sistema de ventilación general		
5	Uso de guantes de camaza para movilizar los contenedores	5	Limpieza del tambo antes de moverlo.	5	Instalar un sistema de red que surta aceite a cada equipo evitando el uso de tambos y totes.
6	Uso de técnica apropiada de levantamiento de cargas	6	Prohibición de movilización de totes por personal no autorizado.		

RIESGO GLOBAL ESTIMADO

SEVERIDAD	PROBABILIDAD					RIESGO
	1	2	3	4	5	
5	5	10	15	20	25	RIESGO ALTO
4	4	8	12	16	20	RIESGO MEDIO
3	3	6	9	12	15	RIESGO BAJO
2	2	4	6	8	10	RIESGO BAJO
1	1	2	3	4	5	RIESGO BAJO

RIESGO GLOBAL PROYECTADO

SEVERIDAD	PROBABILIDAD					RIESGO
	1	2	3	4	5	
5	5	10	15	20	25	RIESGO ALTO
4	4	8	12	16	20	RIESGO MEDIO
3	3	6	9	12	15	RIESGO BAJO
2	2	4	6	8	10	RIESGO BAJO
1	1	2	3	4	5	RIESGO BAJO

GRÁFICA DE COSTOS ESTIMADOS VS. PROYECTADOS



Anexo 7. Plano general de la planta de Maquinados.

