

Guía Técnica

para la Evaluación del
Trabajo Pesado



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE MEDICINA



Guía Técnica

para la Evaluación del
Trabajo Pesado

Publicación de la Superintendencia de Pensiones
Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Gobierno de Chile
Registro de Propiedad Intelectual Año 2010
Santiago - Chile

GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO PESADO

Publicación de:

Superintendencia de Pensiones

Ministerio del Trabajo y Previsión Social

Gobierno de Chile

Avda. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Piso 1, Local 8 , Santiago Centro

www.spensiones.cl

(56-2) 753 0100

Universidad de Chile

Facultad de Medicina

Laboratorio de Ergonomía

Avda. Independencia 1027, Independencia

www.med.uchile.cl

(56-2) 978 6513

Propiedad Intelectual de la Superintendencia de Pensiones.

Primera Edición, Diciembre de 2010

Impreso en Santiago de Chile

Diseño:

Squadra.

Impresión:

MACSA Impresiones S.A.

Prólogo	11
Presentación / Introducción	15
Módulo 1: Introducción al Estudio del Trabajo Pesado	23
Módulo 2: Factores Organizacionales	59
Módulo 3: Factores Mentales	107
Módulo 4: Factores Ambientales	161
Módulo 5: Factores Físicos	335
Módulo 6: Evaluación Integrada	401
Módulo 7: Principios de Prevención y Control	411

Superintendencia de Pensiones

Superintendente : Sra. Solange Berstein Jáuregui

Comisión Ergonómica Nacional

Presidente : Dr. Guillermo Solar Oyanedel
Secretario : Sr. Eduardo Torreblanca García
Integrantes : Dr. Ismael Poblete Alonso
: Sra. Victoria Ratinoff Ferrera
: Sr. José San Francisco Pizarro
: Sr. Oscar Soto Pinto
: Sr. Oscar Zavala Icarte

Comisión de Apelaciones

Presidente : Dra. Patricia Vaccia Izami
Secretario : Dr. Jaime Prenafreta Grisar
Integrante : Sra. María Elena Vergara Echeñique

Encargado General y Director de Módulo:

Víctor Córdova P. Ingeniero Civil Industrial. Máster en Ergonomía. Asociación Chilena de Seguridad.

Coordinador General y Director de Módulo:

Eduardo Cerda D. Kinesiólogo. PhD © y Máster en Ergonomía. Laboratorio Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.

Coordinador Técnico:

Carolina Rodríguez H. Kinesióloga. PhD © y Máster en Ergonomía. Laboratorio Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. VitaErgo Ltda.

Directores de Módulo:

Carlos Díaz C. Psicólogo. Doctor en Psicología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Chile.

Nella Marchetti P. Ingeniera Química. Escuela de Salud Pública. Universidad de Chile.

Claus Behn T. Médico. Doctor en Medicina. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.

Salvador Alonso P. Ingeniero Civil Industrial Mención Química. Gerencia de Prevención. Asociación Chilena de Seguridad.

Contraparte Técnica:

Mauricio Badal Z. Psicólogo. Máster en Ergonomía. Superintendencia de Pensiones.

El progreso técnico ha implicado un incremento de los requerimientos mentales en sustitución de los físicos en los puestos de trabajo, sin embargo, aún existen muchos en los que las exigencias físicas siguen siendo elevadas. Se trata entonces de puestos de trabajo que producen un desgaste físico, intelectual o psíquico en la mayor parte de las personas que lo realizan, causando un envejecimiento temprano y disminuyendo la expectativa de vida.

Frente a esta realidad, es muy importante que se tienda, en el marco de las buenas prácticas laborales, tanto a evitar este tipo de trabajos, como a realizar acciones que mejoren la calidad del puesto de trabajo una vez identificado como “pesado”, siendo deseable que cambie esa categoría.

La Ley N° 19.404 se hace cargo de una realidad del mercado laboral chileno, reconociendo que este tipo de trabajos existe y que, aun cuando se puedan impulsar acciones para que mejoren las condiciones de estos trabajadores, esto puede tomar mucho tiempo o simplemente no ser factible en el horizonte de vida laboral del trabajador. Siendo éste el caso, la Ley permite pensionarse en forma anticipada a quienes realizan este tipo de labores. Para ello se realizan cotizaciones adicionales que son depositadas en las cuentas de capitalización individual de los trabajadores.

Desde que se promulgó esta Ley, se han calificado más de 11.000 puestos de trabajo, siendo considerados como efectivamente pesados un 57,2% y la principal actividad económica que ha utilizado este beneficio, concentrando más del 60%, es la minería.

Esta Guía Técnica es un aporte al proceso de evaluación de trabajos pesados, conformándose como una herramienta que permite la aplicación de criterios objetivos y transparentes. Asimismo, permite hacer evaluaciones futuras tanto respecto a la herramienta como a la evaluación que se ha realizado de los distintos puestos de trabajo. Para la Superintendencia de Pensiones, que a partir de la Reforma Previsional del año 2008 supervisa administrativamente a la Comisión Ergonómica Nacional e imparte las normas operativas para calificar las labores como trabajo pesado, esta actualización reviste la mayor importancia.

Este trabajo está estructurado en módulos en torno a los distintos factores incumbentes: organizacionales, mentales, ambientales y físicos. Respecto de cada uno se presenta una completa descripción de su alcance y las metodologías existentes para su adecuada evaluación. Por su parte, el módulo 6 resume los distintos métodos de evaluación y provee una forma común de calificarlos en categorías de trabajo no pesado, trabajo semipesado y trabajo pesado.

El último módulo se refiere a un tema de fundamental importancia, ya que el objetivo último debe ser prevenir y modificar aquellas situaciones en las cuales se produzca trabajo pesado. En ese sentido, la tecnología y la dinámica del desarrollo económico debería ayudar a contar con labores de mejor calidad, por una parte, evitando la sobrecarga física para los trabajadores, pero también por otra, no perder de vista los factores humanos, teniéndolos muy en cuenta a la hora de diseñar los puestos de trabajo. Es decir, considerando siempre las características mentales y físicas del trabajador y sus condiciones de salud y seguridad.

Solange Berstein Jáuregui
Superintendente de Pensiones

Cuando vemos el concepto más global de Ergonomía, en la que se define como la “disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre las personas y otros elementos de un sistema, aplicando teoría, principios, datos y métodos para lograr una óptima transacción que permita el desarrollo sustentable de los sistemas involucrados”, tenemos una clara percepción del inmenso campo que abarca y de la gran cantidad de variables que la afectan, no pudiendo entonces generalizar una conclusión a partir de un puesto de trabajo, pues por las variables intercurrentes se configuran distintas realidades ergonómicas.

En lo que nos preocupa, la carga de trabajo se ve afectada por múltiples variables condicionantes que hacen que dos puestos, en apariencia idéntico uno a otro, sean sustancialmente distintos, pudiéndose configurar uno como trabajo pesado y el otro no. Ejemplos de estas variables son la temperatura, la altura, la calidad de las superficies de trabajo, la exigencia de las tareas, etc.

A lo antes señalado se suma la dinámica de cambios de las condiciones de trabajo, en los procesos, en los diseños de herramientas, la organización del trabajo, entre otros, producto de la permanente investigación en el campo de la Ergonomía, buscando el desarrollo más armónico entre el bienestar del trabajador y la productividad que la organización necesita para ser sustentable.

Para la Comisión Ergonómica Nacional, en sus principios fuertemente concebida para el trabajo extractivo y de la gran empresa, se la ha ido abriendo, cada vez en forma más importante, el área de los servicios con un mayor componente psicosociológico agregado al coste físico y ambiental, predominante en los primeros momentos. Ello nos ha llevado a desarrollar una nueva Guía Técnica que comprenda los más recientes y sólidos conocimientos de la Ergonomía, permitiendo así una mejor calificación de las cargas de trabajo al objetivar un mayor número de variables. No obstante, se deja abierta la puerta al permanente estudio y revisión de la misma guía, para cuantificar más y mejor el coste psicofísico del trabajo.

Con este análisis, se faculta a las organizaciones de trabajo a mejorar las condiciones ergonómicas de las labores, favoreciendo la salud y el bienestar de los trabajadores y la más óptima productividad de las mismas, haciendo realidad el concepto fundacional de lograr “una óptima transacción que permita el desarrollo sustentable de los sistemas involucrados”.

Esta Guía Técnica que presentamos hoy es el resultado de la concurrencia de los integrantes de la Comisión Ergonómica Nacional y destacadísimos profesionales y científicos expertos en las dimensiones del trabajo físico y mental, y en las dimensiones de la carga ambiental y organizacional, cuya labor, que reconocemos y agradecemos, permite una acción más asertiva en la gestión de evaluación de la carga psicofísica de trabajo, sin perder de vista la condición biopsicosocial del ser humano, en tanto integrante de una organización productiva que debe velar en la más perfecta armonía el desarrollo sustentable de la unidad Humano – Organización.

Guillermo Solar Oyanedel

Presidente

Comisión Ergonómica Nacional

En Chile, los procesos productivos caracterizados por alta carga física, tales como la industria primaria y el sector de la construcción, siguen siendo relevantes. Sin embargo, el desarrollo tecnológico y productivo ha derivado hacia un número creciente de puestos de trabajo ligados al rubro de servicios. Como consecuencia, muchas labores que demandan exigencias físicas han sido paulatinamente sustituidas por sistemas automatizados y supervigilados por seres humanos¹. En efecto, según estudios realizados por el Ministerio de Salud, los diagnósticos más frecuentes de enfermedades profesionales son las patologías osteomusculares, enfermedades de la piel y tejido conjuntivo. El 80% de estos diagnósticos se reportan en los sectores de servicios, industria, agricultura y comercio².

En la última década, la Ergonomía nacional ha tenido un importante desarrollo, tanto a nivel académico como práctico, con el consecuente aporte en la productividad y en la calidad de vida laboral. A esto se suma la reciente puesta en vigencia de normas nacionales relacionadas con algunos tópicos de la Ergonomía física y organizacional, tales como la Ley N° 20.001 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social sobre el límite máximo de carga humana y la validación en Chile de la metodología ISTAS 21, ocupada para evaluar factores de riesgo psicosocial, llevada a cabo por la Superintendencia de Seguridad Social.

En el contexto del trabajo pesado, en diciembre del año 2002 fue publicada la “Guía para la Evaluación de Trabajo Pesado, con especial referencia a sobrecarga física y ambiental”, cuya elaboración se encargó a la Unidad de Ergonomía de la Universidad de Concepción³. Desde entonces, este instrumento se ocupó como marco de referencia en las labores técnicas propias de la Ley N° 19.404.

Siguiendo el sentido de esta Ley, la Comisión Ergonómica Nacional (CEN) requirió la actualización y renovación de este instrumento, objetivo que colabora además con el mejoramiento continuo de la práctica de la disciplina de la Ergonomía a nivel nacional.

La Universidad de Chile, a través del Laboratorio de Ergonomía de la Escuela de Kinesiología de la Facultad de Medicina, fue la institución responsable de llevar a cabo este proyecto en conjunto con profesionales de instituciones nacionales vinculadas con los temas expuestos. Los académicos e investigadores que participaron, pertenecen a la Facultad de Medicina, a la Escuela de Kinesiología, a la Escuela de Salud Pública y a la Facultad de Ciencias Sociales. Asimismo, en este proyecto participó

¹ Como antecedente se puede señalar que en una muestra nacional de más de 1.600.000 trabajadores, cerca del 43% pertenece al rubro de Servicios, el Comercio abarca un 13,8% y los Servicios Financieros un 3,8% (ACHS 2007).

² MINSAL 2002. Los objetivos sanitarios para la década 2000-2010. Objetivo II: Enfrentar los desafíos derivados del envejecimiento y de los cambios de la sociedad. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud. Año 2002. Pág. 97-107.

³ Apud E, Gutiérrez M, Maureira F, Lagos S, Meyer F, Chiang MT. 2002. Guía para la Evaluación de Trabajos Pesados. Con especial referencia a sobrecarga física y ambiental. U de Concepción. Chile.

un equipo de profesionales de Ergonomía y Salud Ocupacional de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), además de colaboradores pertenecientes al Instituto de Seguridad Laboral (ISL).

Todo el proyecto fue supervisado por el equipo técnico de los profesionales de la Comisión Ergonómica Nacional.

Esta Guía integra conocimiento actualizado y experiencia en el desarrollo de aplicaciones concretas, e incorpora además una visión sistémica de la evaluación ergonómica integral, con un énfasis orientado hacia la evaluación objetiva de los puestos de trabajo.

Cecilia Sepúlveda

Decana
Facultad de Medicina
Universidad de Chile

INTRODUCCIÓN

1.- Estructura de la Guía Técnica

Considerando lo dispuesto en el Artículo 2º y Artículo 27º del Decreto Supremo N°71, el público objetivo de esta Guía Técnica son los profesionales vinculados a Comisión Ergonómica Nacional, a la Comisión de Apelaciones y los interconsultores de estas dependencias. Sin perjuicio de lo anterior, este material también está orientado a los profesionales de la Ergonomía y Salud Ocupacional del país. Asimismo, dada la amplitud de la aplicación de esta Ley, existe un sector de público objetivo que incluye a trabajadores y directivos de empresas.

Esta Guía Técnica ha sido estructurada en un módulo introductorio de naturaleza conceptual, cuatro módulos temáticos, un módulo de evaluación integrada y un módulo que entrega orientaciones para la prevención y control del trabajo pesado.

El Módulo 1 (Introducción al Estudio del Trabajo Pesado), entrega antecedentes que permiten situar al usuario de la Guía en el “problema del trabajo pesado” y sus consecuencias en los trabajadores expuestos a estas labores. Se entregan datos estadísticos, definiciones fundamentales, y se describen los modelos conceptuales ocupados para su estudio.

Luego se presentan cuatro módulos temáticos, que fueron ordenados en función de la secuencia sugerida para el estudio de un sistema de trabajo; esto es, desde una perspectiva general a una particular. La estructura general de cada uno de estos módulos incluye definiciones fundamentales, análisis de los efectos sobre las personas expuestas a factores de riesgo específicos y antecedentes de las metodologías de evaluación. Además, cada módulo incluye un glosario de términos relevantes y las referencias bibliográficas correspondientes que servirán para mejorar la comprensión de los conceptos expuestos y para profundizar en los contenidos.

En este esquema, el Módulo 2 (Factores Organizacionales) entrega antecedentes técnicos que permiten evaluar los principales factores de riesgo relacionados con la organización del trabajo e incluyendo los aspectos psicosociales. En el Módulo 3 (Factores Mentales), se exponen antecedentes que permitirán al usuario de la Guía evaluar los principales factores de riesgo de naturaleza cognitiva y emocional asociados al desempeño de una tarea. En el Módulo 4 (Factores Ambientales), se entregan antecedentes que permitirán evaluar los agentes físicos, químicos y biológicos. Los módulos temáticos finalizan con el Módulo 5 (Factores Físicos), donde se exponen los principios para la evaluación de los aspectos bioenergéticos y biomecánicos vinculados al trabajo humano.

El Módulo 6 (Evaluación Integrada) se ocupa para resumir los criterios de evaluación de la carga de trabajo expuestos en los distintos módulos temáticos.

Por último, en el Módulo 7 (Principios de Prevención y Control) se entregan antecedentes que permitirán al usuario de esta Guía Técnica conocer criterios básicos orientados a la corrección de los puestos de trabajo.

2.- Aplicación de la Guía Técnica

2.1.- Marco Conceptual

El marco conceptual para la evaluación del trabajo pesado, que se ocupa en esta Guía Técnica, está basado en el procedimiento de análisis que se aplica en la práctica de la prevención de riesgos ocupacionales. Este enfoque incluye tres etapas, a saber:

a) Identificar: Detectar las principales exigencias presentes en el trabajo, que podrían estar asociadas a trabajo pesado. Ver Módulo 1.

b) Evaluar: Estimar el nivel de riesgo que tiene una labor de generar efectos en las personas vinculados al trabajo pesado. Ver módulos temáticos y Módulo 6.

c) Controlar: Aunque la estrategia de control no se circunscribe a la Ley N° 19.404, en el Módulo 7 se especifican medidas que permitirían controlar los factores de riesgo que causan trabajo pesado.

2.2.- Aplicación

La aplicación de esta Guía Técnica se inicia con una observación preliminar de las características del puesto de trabajo que se analizará. Para este propósito, en el Módulo 1 se ha incorporado una lista de chequeo que permite detectar las variables relevantes, poner en perspectiva el problema y orientar el proceso de evaluación; concentrándose en los aspectos más relevantes. Esta visión general da paso a la evaluación específica de los factores de carga organizacional, mental, ambiental o física presentes en la labor. El Módulo de Evaluación Integrada permitirá obtener un perfil del puesto de trabajo que orientará su calificación final por parte de la Comisión Ergonómica Nacional. Los resultados de esta etapa, orientarán posteriormente la selección de medidas de control y prevención. La imagen siguiente entrega un diagrama de flujo que resume lo expuesto:

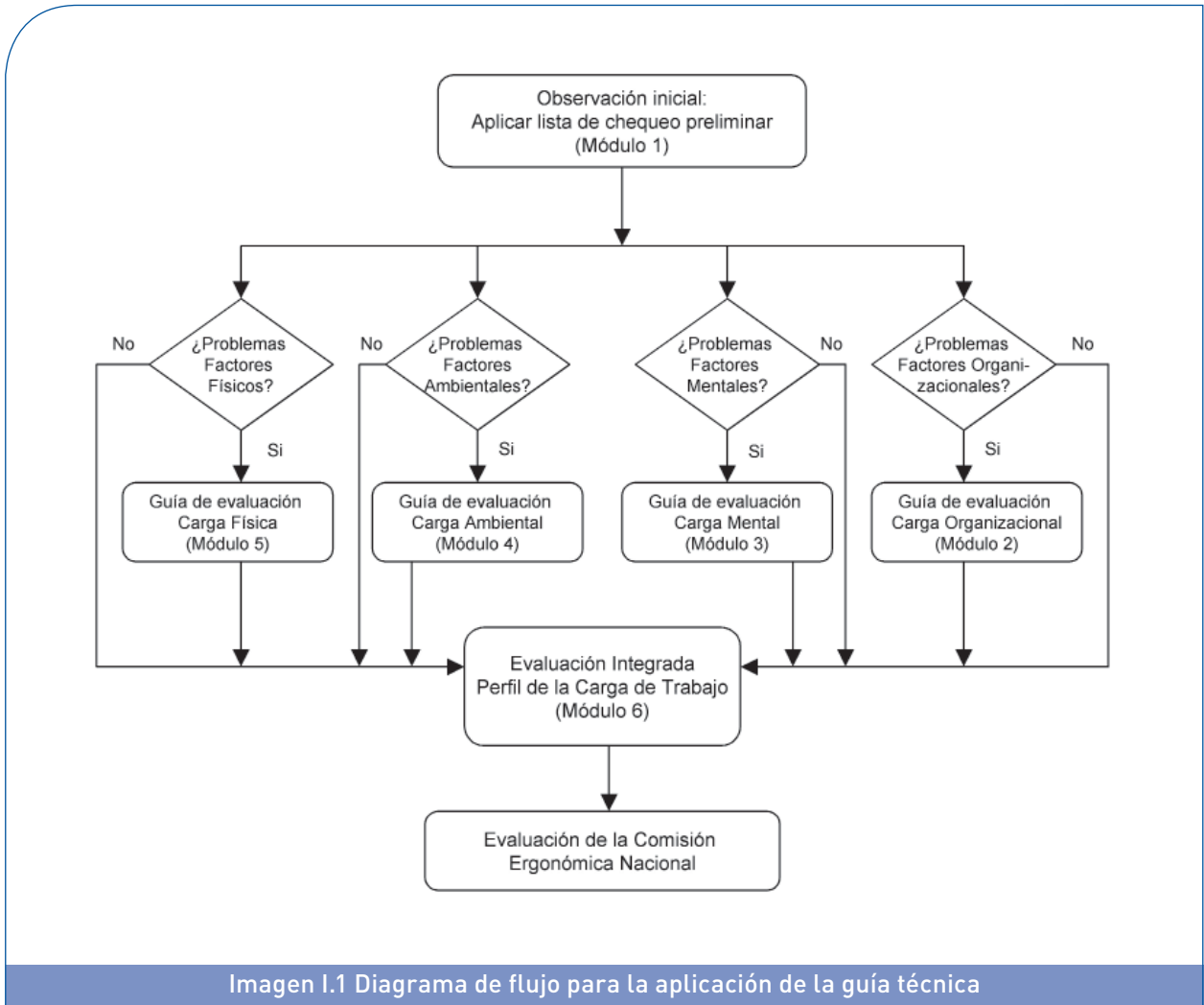


Imagen I.1 Diagrama de flujo para la aplicación de la guía técnica

3.- Nivel de Riesgo

En esta Guía Técnica se ocupa una escala de tres niveles de riesgo para valorar la carga de trabajo, asociada a las exigencias organizacionales, mentales, ambientales o físicas. Se incluye también el nivel de acción que da cuenta de la necesidad y prioridad de incorporar medidas de prevención y control. Asimismo, se definió un código de colores para identificar los distintos niveles, de tal modo que a mayor nivel de carga de trabajo mayor riesgo de trabajo pesado. La tabla siguiente indica lo planteado:

Tabla I.1 Escala para la evaluación de la carga de trabajo			
Nivel	Descripción	Calificación	Nivel de acción
1 (Bajo)	Sin riesgo de envejecimiento prematuro o alteraciones de la salud	Trabajo no pesado	No se requiere acciones correctivas, aunque se sugiere revisión si las condiciones de trabajo cambian significativamente
2 (Medio)	Riesgo moderado de envejecimiento prematuro o alteraciones de la salud	Trabajo semipesado	Nivel de alerta. Es recomendable examinar la labor cuidadosamente. Requiere acción correctiva
3 (Alto)	Riesgo elevado de envejecimiento prematuro o alteraciones de la salud	Trabajo Pesado	Requiere implementar acciones correctivas en el corto plazo

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL TRABAJO PESADO

Víctor Córdova P. Ingeniero Civil Industrial. Máster en Ergonomía. Asociación Chilena de Seguridad.

Eduardo Cerda D. Kinesiólogo. PhD © y Máster en Ergonomía. Laboratorio Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.

Carolina Rodríguez H. Kinesióloga. PhD © y Máster en Ergonomía. Laboratorio Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. VitaErgo Ltda.

Leonidas Cerda D. Kinesiólogo. PhD © y Máster en Ergonomía. Laboratorio Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.

Carlos Díaz C. Psicólogo. Doctor en Psicología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Chile.

Gabriela Moreno M. Médico Especialista en Salud Ocupacional. Asociación Chilena de Seguridad.

CAPÍTULO 1: Introducción	27
1.1 Antecedentes Legales y Estadísticos	
1.2 Normas Internacionales	
1.3 Convenios y Recomendaciones de la OIT	
CAPÍTULO 2: Ergonomía y Trabajo Pesado	36
2.1 Concepto de Carga de Trabajo	
2.2 Definición de Trabajo Pesado	
2.3 Naturaleza de las Exigencias Presentes en el Trabajo y su Impacto en las Personas	
CAPÍTULO 3: Envejecimiento y Trabajo	43
3.1 Envejecimiento y Capacidades Humanas	
3.2 Envejecimiento y Trabajo Pesado	
CAPÍTULO 4: Identificación Preliminar de las Variables Relevantes	48
4.1 Introducción	
4.2 Lista de Chequeo	
Glosario de Términos Seleccionados	52
Referencias Bibliográficas	54

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo es dar a conocer los antecedentes que permitan situar al usuario de esta Guía Técnica en el contexto del trabajo pesado. Se entregan datos estadísticos, definiciones fundamentales, se resume la evidencia publicada relacionada con las consecuencias sobre los trabajadores expuestos a estas labores, y se describen los modelos conceptuales ocupados para su estudio.

1.1.- Antecedentes Legales y Estadísticos

1.1.1.- Orígenes de las normas relacionadas con el trabajo pesado

En Chile, la Ley N° 10.383 (de 1952) fue el primer cuerpo legal en establecer normas relacionadas con el concepto de trabajo pesado y la posibilidad de optar a una pensión anticipada, en función de ejercer actividades consideradas como tales. En esta Ley se consignaron los criterios respectivos, incluyendo el derecho a un descuento en la edad de jubilación de un año por cada 5 en que se realizara ese tipo de labor, con un máximo de 5 años. Posteriormente, a través de la Ley N° 15.183 de 1963, se extiende este derecho a trabajadores de actividades mineras o de fundiciones, aunque bajo condiciones especificadas, y se amplía esta rebaja de edad a 2 años por cada 5 de labor, con un máximo de 10 años.

En este contexto, la calificación de trabajos pesados se realiza según lo dispuesto en el Artículo 30° de la Ley N° 10.383 del año 1952 y del Decreto Supremo N° 681 de 1963 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Estas normas especificaron que el Servicio Nacional de Salud sería el encargado de elaborar un informe técnico que consignaba las características del puesto de trabajo, ocupando la información necesaria entregada por el trabajador o la empresa; y efectuando además una observación en terreno. Con estos antecedentes, la calificación debía ser dictaminada por el Consejo del Servicio de Seguridad Social.

1.1.2.- Ley N° 19.404 y Decreto Supremo N° 71

El 21 de agosto de 1995 fue publicada en el Diario Oficial la Ley N° 19.404, que modifica el Decreto Ley N° 3.500 de 1980 sobre el Sistema de Pensiones basado en la capitalización individual, y que dicta normas relativas a pensiones de vejez, considerando el desempeño en trabajos pesados. El Decreto Supremo N° 71 que reglamenta su aplicación, fue publicado el 25 de marzo de 1996.

Esta Ley otorga un beneficio que consiste en la rebaja de la edad para pensionarse por vejez, asociada a la realización de trabajo pesado para todos los trabajadores afiliados al antiguo sistema administrado por el ex - Instituto de Normalización Previsional (INP)¹ y a los trabajadores incorporados al sistema de pensiones administrado por las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP).

¹ Actualmente Instituto de Previsión Social (IPS)

En su Artículo 1º esta Ley establece que “constituyen trabajos pesados aquellos cuya realización acelera el desgaste físico, intelectual o psíquico en la mayoría de quienes lo realizan provocando un envejecimiento precoz, aún cuando ellos no generen una enfermedad laboral”.

Se especifica además que será la Comisión Ergonómica Nacional (CEN) quien determinará las labores que, por su naturaleza y condiciones en que se desarrollan, revisten el carácter de trabajos pesados. El requerimiento de calificación de una labor como pesada puede ser efectuado por el trabajador, el empleador, el sindicato o el delegado del personal; presentado una solicitud ante la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) del Trabajo y Previsión Social correspondiente a cada región. Asimismo, la Comisión Ergonómica Nacional está facultada para actuar de oficio.

La Comisión Ergonómica Nacional, al calificar una labor como trabajo pesado, determina el porcentaje de la cotización adicional y aporte que corresponde enterar en la cuenta de capitalización individual del trabajador, lo que, a su vez, determina una rebaja de la edad legal para pensionarse por vejez, en las siguientes condiciones:

- a) Rebaja de 2 años por cada 5 años, con un máximo de 10 años, durante los cuales se haya realizado trabajo pesado y, por lo tanto, el empleador y el trabajador hubieren efectuado una sobrecotización de 2% cada uno en la cuenta obligatoria de capitalización individual del trabajador.
- b) Rebaja de 1 año por cada 5 años, con un máximo de 5 años, durante los cuales se haya realizado trabajo pesado y, por lo tanto, el empleador y el trabajador hubieren efectuado una sobrecotización de 1% cada uno en la cuenta obligatoria de capitalización individual del trabajador.

Según lo dispuesto en el Artículo 68 bis del D.L. N° 3.500, para acogerse a este beneficio, el trabajador debe tener un total de veinte años de cotizaciones o servicios computables en cualquiera de los sistemas previsionales y de acuerdo a las normas del régimen que corresponda.

Cabe señalar que la Ley N° 19.404 no tiene carácter retroactivo. Sin embargo, la Ley N° 19.177 de 1992, permite efectuar el pago anticipado del Bono de Reconocimiento a la data en que el trabajador cumpla la edad correspondiente por el desempeño de trabajos pesados (basados en lo descrito en la Ley N° 10.383) durante el tiempo que se mantuvo afecto a alguno de los regímenes que conforman el antiguo sistema previsional, es decir, las antiguas Cajas de Previsión y/o el Seguro Social, y que posteriormente se hayan mantenido en el ex - Instituto de Normalización Previsional (INP), hoy IPS, o bien se hubieren traspasado a las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP)^{2,3}.

² Para estos casos se utiliza lo especificado en el Decreto Supremo N° 681 de 1963. El Instituto de Previsión Social dictamina la calificación correspondiente, reemplazando al Consejo del Servicio de Seguridad Social.

³ El Ministerio de Salud desarrolló un Manual de Calificación de Trabajo Pesado en 1998, basado en los planteamientos del Decreto Supremo N° 681.

Es importante destacar que el sentido original de la Ley N° 19.404, así como de su Reglamento, apunta a que el trabajo pesado sea evitado, por lo que si una labor fuese calificada como tal y luego se realiza un proceso de intervención, cuyo resultado permite efectivamente controlar los factores de riesgo que causan esta situación, se puede presentar una re-evaluación de aquel puesto de trabajo ante la Comisión Ergonómica Nacional, con el propósito de revertir esa calificación (Historia de la Ley N° 19.404).

OBJETIVO FUNDAMENTAL DE LA LEY N° 19.404:

El sentido original de la Ley N° 19.404 así como de su Reglamento, apunta a que el trabajo pesado sea evitado. En esta perspectiva, esta Ley es un incentivo para identificar y evaluar la presencia de condiciones de trabajo que aceleran el desgaste físico, intelectual o psíquico de las personas, promoviendo la eliminación de los factores que lo causan.

1.1.3.- Estadísticas de la Comisión Ergonómica Nacional (CEN)

a) Puestos de trabajo ejecutoriados: Las estadísticas registradas por la CEN indican que desde la puesta en vigencia de la Ley N° 19.404, hasta mayo de 2009 se han ejecutoriado 11.049 solicitudes de calificación de puestos de trabajo, de los cuales el 57,2% han sido aprobados como trabajo pesado. El incremento más significativo ocurrió durante los años 2002 y 2003, cuando fueron calificados 1.104 y 1.282 puestos de trabajo que cumplían tal condición. Durante estos años, también se recibieron la mayor cantidad de apelaciones; equivalente a 386 solicitudes en el año 2002 y 594 en el año 2003. La Tabla 1.1 entrega antecedentes adicionales:

Tabla 1.1 Puestos de trabajo ejecutoriados, aceptados y rechazados como trabajo pesado, entre de 1998 y mayo de 2009 (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)⁴

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (mayo)	Total	%
Aprobados	128	145	595	320	1104	1282	788	484	342	569	327	235	6319	57,2%
Rechazados	2	12	68	58	470	2205	1415	198	124	115	50	13	4730	42,8%
Totales	130	157	663	378	1574	3487	2203	682	466	684	377	248	11049	100%
%	1,2%	1,4%	6,0%	3,4%	14,2%	31,6%	19,9%	6,2%	4,2%	6,2%	3,4%	2,2%	100%	

⁴ El año 1997 se realizaron calificaciones de carácter general, por lo que no se consideraron en este análisis estadístico.

b) Distribución por actividad económica: Los antecedentes estadísticos de los puestos de trabajo aprobados entre 1998 y mayo de 2009, indican que respecto al tipo de actividad económica donde se concentra la calificación de trabajo pesado, el primer lugar en frecuencia lo tiene el sector de “Minas, Petróleo y Canteras” con un 61% de los casos, le sigue “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones” con un 17,8%, “Industrias Manufactureras” con un 10,7% y “Servicios Estatales, Sociales, Personales e Internacionales” con un 9,1%. Las otras actividades en conjunto sólo alcanzan al 1,5% (Ver Tabla 1.2 y Gráfico 1.1):

Tabla 1.2 Puestos de trabajo aprobados como trabajo pesado entre 1998 y mayo de 2009, agrupados por actividad económica (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)		
Actividad Económica	Total	%
Minas, Petróleo y Canteras	3854	61%
Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	1123	17,8%
Industrias Manufactureras	674	10,7%
Servicios Estatales, Sociales, Personales e Internacionales	576	9,1%
Otros	92	1,5%
Total	6319	100%

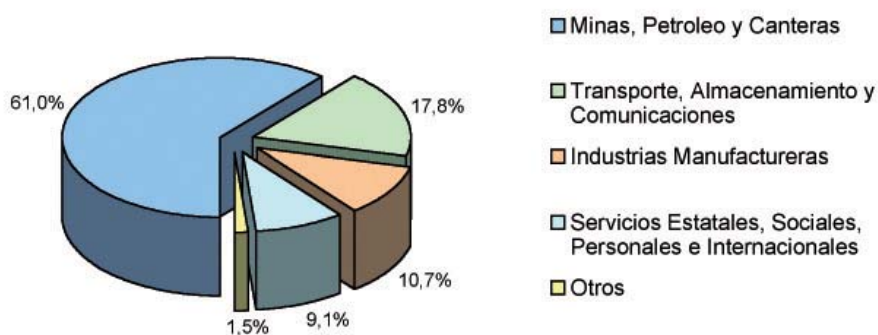


Gráfico 1.1 Puestos de trabajo aprobados como trabajo pesado entre 1998 y mayo de 2009, agrupados por actividad económica (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)

c) Distribución por regiones: En correspondencia con lo señalado en la sección precedente, la tendencia regional indica que la mayor proporción de solicitudes aprobadas provienen de la II Región (Antofagasta) con un 24,64% de los casos, seguida de la V Región (Valparaíso) con un 18,06% y la Región Metropolitana con un 14,45%. La Tabla 1.3 y el Gráfico 1.2 entregan antecedentes adicionales:

Tabla 1.3 Puestos de trabajo aprobados como trabajo pesado entre 1998 y mayo de 2009, agrupados por región (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)		
Región	Nº puestos aprobados	%
I	513	8,12
II	1557	24,64
III	697	1,03
IV	302	4,78
V	1141	18,06
VI	495	7,83
VII	68	1,08
VIII	420	6,65
IX	48	0,76
X	49	0,78
XI	15	0,24
XII	98	1,55
RM	913	14,45
XIV	0	0,00
XV	1	0,02
Nacional	2	0,03
Total	6319	100%

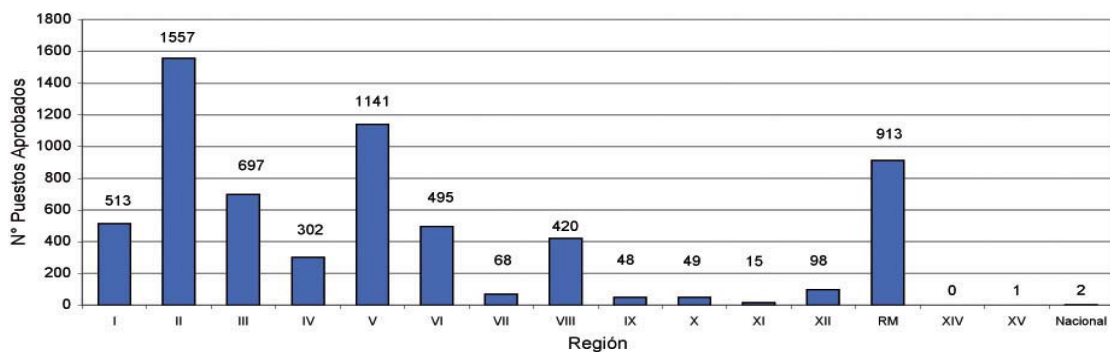


Gráfico 1.2 Puestos de trabajo aprobados como trabajo pesado entre 1998 y mayo de 2009, agrupados por región (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)

d) Distribución por sexo: La distribución por sexo y región de los cotizantes por trabajo pesado a diciembre de 2008, que implican cotización adicional en las cuentas personales de capitalización, indica que el 78,1% de los casos son de sexo masculino. La II Región (Antofagasta) y Metropolitana, son las que aportan el mayor número de casos. La Tabla 1.4 y el Gráfico 1.3 entregan más detalles de lo señalado:

Tabla 1.4 Distribución por sexo y región de los cotizantes por trabajo pesado a diciembre de 2008
 (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	XIV	XV	Total	%
Hombres	3258	12735	5193	3537	8167	4958	1271	7092	697	1786	287	1602	11835	221	1018	63657	78,1%
Mujeres	456	991	397	588	3065	615	925	993	517	462	166	1246	7036	126	224	17807	21,9%
Total	3714	13726	5590	4125	11232	5573	2196	8085	1214	2248	453	2848	18871	347	1242	81464	100%
%	4,6	16,8	6,9	5,1	13,8	6,8	2,7	9,9	1,5	2,8	0,6	3,5	23,2	0,4	1,5	100%	

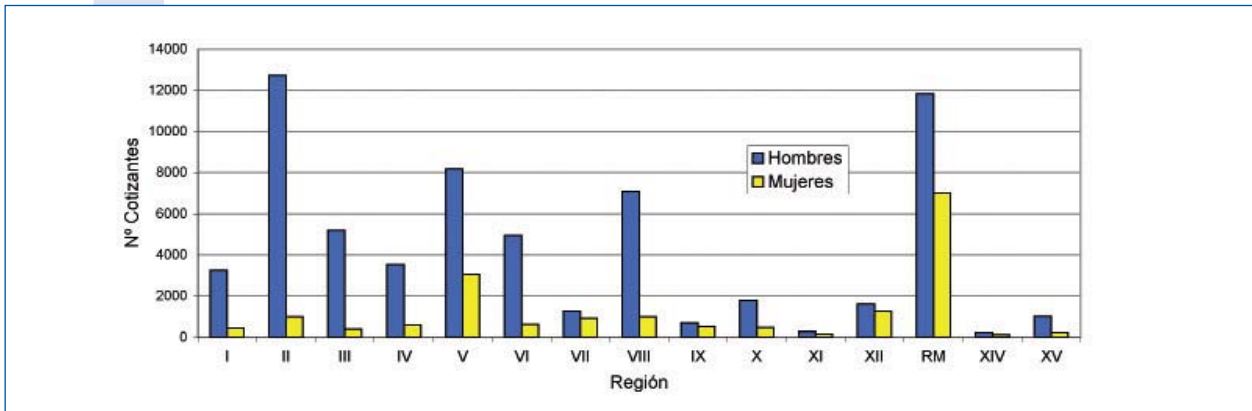


Gráfico 1.3 Distribución por sexo y región de los cotizantes por trabajo pesado a diciembre 2008
 (Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009)

Por otra parte, las regiones III (Atacama) y II (Antofagasta) son las que presentan la mayor proporción de cotizantes de sexo masculino, mientras que la mayor proporción de mujeres cotizantes se localiza en la región XII (Magallanes y de la Antártica Chilena), seguida por la IX (Araucanía) y la VII (Maule). La Tabla 1.5 y el Gráfico 1.4 entregan más detalles:

Tabla 1.5 Proporción regional del sexo de los cotizantes por trabajo pesado a diciembre de 2008
[Fuente: Superintendencia de Pensiones. 2009].

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	XIV	XV	Total
% Hombres	87,7	92,8	92,9	85,7	72,7	89,0	57,9	87,7	57,4	79,4	63,4	56,3	62,7	63,7	82,0	78,1
% Mujeres	12,3	7,2	7,1	14,3	27,3	11,0	42,1	12,3	42,6	20,6	36,6	43,8	37,3	36,3	18,0	21,9

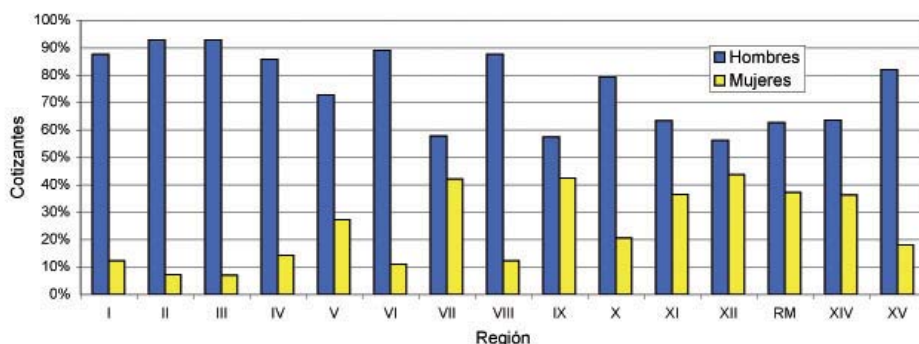


Gráfico 1.4 Proporción regional del sexo de los cotizantes por trabajo pesado a diciembre de 2008
[Fuente: Superintendencia de Pensiones 2009]

1.2.- Normas Internacionales

A nivel mundial existen diferencias políticas, financieras y administrativas en los esquemas de pensiones. De cualquier forma, es necesario tener un panorama general de las regulaciones vigentes en algunos países, que tiene relación con el trabajo pesado.

La mayoría de los estados miembros de la Unión Europea (UE) tiene esquemas de retiro anticipado en sus sistemas de seguridad social, salvo Francia, Irlanda, Holanda e Inglaterra. En algunos de ellos, se considera explícitamente la realización de trabajo pesado.

En Austria, por ejemplo, la legislación establece que las personas expuestas a trabajo nocturno, bajo condiciones de trabajo pesado, pueden acogerse a retiro anticipado dependiendo de los años de exposición. En Italia, por su parte, para aquellos trabajos clasificados como "arduos", que demanda un intenso y continuo esfuerzo físico o mental, ocasionados por factores que no pueden evitarse tomando las medidas adecuadas, se concede a los trabajadores el derecho a una reducción de la edad de jubilación en dos meses por cada año en que hayan realizado tales actividades, con un máximo de 60 meses. La Tabla 6 resume las características de los esquemas de retiro anticipado en algunos países de la UE, donde se hace mención específica a trabajo pesado (European Union MISSOC 2007):

Tabla 1.6 Características de los esquemas de retiro anticipado de países de la Unión Europea, con referencia explícita a trabajo pesado

País	Características
Austria	Retiro anticipado a los 60 años para trabajadores que realizan trabajo pesado, dependiendo del número de meses de exposición.
Finlandia	Retiro anticipado para los mayores de 62 años (60 si es nacido en 1944 o antes). El trabajo pesado es una condición.
Grecia	Pensión a los 60 años de edad en hombres y 55 en mujeres, si existe trabajo arduo y dañino para la salud, si se tienen 15 años de aseguramiento o 4.500 días de trabajo. Existen tablas de cálculo específicas.
Bulgaria	Pensión entregada por un fondo de pensiones ocupacional, otorga el derecho a jubilación anticipada por trabajo pesado.
Hungría	Retiro anticipado disponible en caso de alta carga de trabajo física o riesgosa para la salud. La pensión comienza 2 años antes para aquellos que han trabajado en tales actividades al menos 10 años (hombres) y 8 años (mujeres). La edad pensionable además es reducida en un año por cada período adicional de 5 años (hombres) o 4 años (mujeres).
Italia	Pensión anticipada a la edad de 57 años, con 35 años de cotizaciones o después de 37 años, dependiendo de la edad. Condiciones especiales para trabajadores que iniciaron temprano su vida laboral y personas expuestas a trabajo arduo, entre otras.
Polonia	Pensión anticipada para personas nacidas después de 1949: mujeres de 55 y más años (con 30 años de periodos calificados); personas que trabajan en condiciones riesgosas (existe lista oficial). De 5 a 15 años antes, dependiendo de la labor y del número de años de aseguramiento.
Portugal	Pensión anticipada a partir de los 55 años de edad en caso de trabajo pesado o riesgoso para la salud. Sólo para profesiones (actividades) legalmente previstas.
España	La edad de jubilación (65 años) puede ser reducida en aquellos grupos o actividades profesionales cuyos trabajos sean de naturaleza excepcionalmente penosa, tóxica, peligrosa o insalubre y acusen elevados índices de morbilidad o mortalidad.

Finalmente, en el contexto latinoamericano, cabe destacar que en Perú en el año 2001 se aprobó una Ley que establece el derecho a jubilación anticipada para trabajadores que realizan labores de riesgo para la vida o la salud, que se desempeñan en actividades mineras y de construcción civil, calificadas como trabajo pesado. En Argentina, por su parte, desde los orígenes de su sistema previsional, existe un régimen especial de jubilación en el cual se considera a las labores calificadas como insalubres, riesgosas o determinantes de vejez prematura.

1.3.- Convenios y Recomendaciones de la OIT

Desde el año 1919, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha establecido un sistema de Normas Internacionales en varias materias relacionadas con el trabajo.

Estas normas, adoptan la forma de Convenios o Recomendaciones. Los primeros son tratados internacionales sujetos a la ratificación por parte de los estados miembros de la organización. Las Recomendaciones son instrumentos no obligatorios que sirven de orientación en materias específicas, en los ámbitos político, legislativo y práctico.

En este marco, se inscriben los dos principales acuerdos vigentes relativos al derecho de jubilación, el Convenio 102 del año 1952, sobre normas mínimas de la seguridad social y el Convenio 128 del año 1969, relativo a las prestaciones de invalidez, vejez y sobrevivencia. En el Artículo 15º del Convenio 128, se indica que “si la edad prescrita fuera igual o superior a sesenta y cinco años, esa edad deberá ser reducida, en las condiciones prescritas, para las personas que hayan estado trabajando en labores consideradas por la legislación nacional como penosas o insalubres a los efectos de la prestación de vejez”.

Cabe destacar que en el Convenio 187, que entró en vigencia en febrero del año 2009, y en la Recomendación 197, se establece un marco de promoción para la salud y la seguridad en el trabajo que busca responder a los retos de la economía actual, globalizada y de ritmo acelerado. En este marco, la OIT señala que uno de los desafíos futuros es controlar la exposición a trabajos físicos pesados (OIT 2008).

ARTÍCULO 15º DEL CONVENIO 128 DE LA OIT:

Si la edad prescrita fuera igual o superior a sesenta y cinco años, esa edad deberá ser reducida, en las condiciones prescritas, para las personas que hayan estado trabajando en labores consideradas por la legislación nacional como penosas o insalubres a los efectos de la prestación de vejez.

CAPÍTULO 2: ERGONOMÍA Y TRABAJO PESADO

2.1.- Concepto de Carga de Trabajo

Un antecedente que sirve para poner en perspectiva la noción fundamental de “carga de trabajo” proviene de Monod y Lille (1976). Según estos científicos, la carga de trabajo resulta de las exigencias laborales, por lo que la definieron como “los efectos sobre el organismo del peso que el hombre porta sobre sus hombros, en sentido propio y figurado, con motivo de que el trabajo le permita vivir y tener su lugar en la sociedad, asumiendo todas sus responsabilidades, considerando lo que él es y el medio que lo rodea”.

Otras ideas afines que tradicionalmente se han ocupado para contextualizar esta definición se relacionan con la demanda impuesta por la tarea o bien con el esfuerzo físico o mental ejecutado por un trabajador. De hecho, algunos autores provenientes del campo de la psicología la definen como el costo en que incurre una persona para lograr un nivel particular de rendimiento (Kuhl 2000; Hart y Staveland 1988).

En Ergonomía, la noción de carga de trabajo (workload), se relaciona con la razón entre la cantidad de recursos disponibles de una persona y la cantidad de recursos demandados por una labor. Esta idea puede ser aplicada tanto al trabajo de naturaleza física como mental (Sanders y McCormick 1992).

En conclusión, puesto que el trabajo impone ciertas demandas o exigencias sobre la persona que lo ejecuta, entonces la carga de trabajo corresponde a los efectos que esas demandas originan en el trabajador. Como se observa, esta definición está centrada en la persona.

CARGA DE TRABAJO:

La ejecución de un trabajo impone demandas o exigencias específicas sobre la persona que lo realiza, la carga de trabajo corresponde a los efectos que esas demandas originan en el trabajador.

2.2.- Definición de Trabajo Pesado

2.2.1.- Respuesta humana a las exigencias laborales

Desde el punto de vista de la Ergonomía, todas las actividades humanas, incluido el trabajo, involucran al menos tres aspectos: físico, cognitivo y psíquico. Estas tres componentes están interrelacionadas y en forma individual o en combinación, pueden determinar una sobrecarga (Wisner 1988).

En la actividad laboral, los aspectos físicos son aquellos donde intervienen principalmente los sistemas musculoesquelético y cardiorrespiratorio. El ámbito cognitivo básicamente se refiere al procesamiento de información a partir de la percepción y del conocimiento. Por su parte, la componente psíquica se relaciona con los aspectos emocionales de las personas, determinados por su interacción con el medioambiente de trabajo.

Sin perjuicio de lo establecido en el Artículo 1º de la Ley N° 19.404, para los propósitos de esta Guía Técnica, “trabajo pesado” es aquel que supera algún límite establecido como aceptable en alguno de estos tres ámbitos. Este “límite aceptable”, se define en función del conocimiento científico actualmente disponible.

Dependiendo del tiempo de exposición y de otros factores (por ejemplo: sexo, estilos de vida personal, presencia de patologías previas), se acepta que las labores de esta naturaleza podrían generar al menos una de las siguientes consecuencias fundamentales sobre las personas:

a) Envejecimiento prematuro: Envejecer, efectivamente, se relaciona con los efectos de las condiciones y medio ambiente de trabajo de las personas. Puede haber procesos de envejecimiento “naturales” o también “prematuros” debido a esos efectos. Por lo tanto, el envejecimiento prematuro se refiere a una pérdida relativamente acelerada de las capacidades humanas (Laville 1993).

b) Alteraciones de la salud: Desgaste físico, intelectual o psíquico con o sin enfermedad laboral. En su concepción más amplia, las alteraciones de la salud podrían tener manifestaciones en los ámbitos biológico, mental o social. Asimismo, los efectos del trabajo pesado podrían variar desde la presencia de fatiga hasta la ocurrencia de lesiones.

TRABAJO PESADO:

En el contexto del estudio del trabajo pesado y para los propósitos de esta Guía Técnica “trabajo pesado” es aquel que supera algún límite establecido como aceptable en los ámbitos físico, cognitivo o psíquico. Este “límite aceptable” se define en función del conocimiento científico actualmente disponible.

2.2.2.- Conceptos relacionados

En la literatura técnica de Ergonomía se pueden encontrar distintos enfoques asociados al trabajo pesado, los principales son los siguientes:

a) Grandjean (1988) definió trabajo pesado (heavy work) como cualquier actividad que demanda gran esfuerzo físico y que es caracterizado por un alto consumo de energía y un severo efecto sobre el sistema cardiorrespiratorio. Desde esta perspectiva fisiológica, el consumo de energía y la capacidad cardiaca constituyen los límites para el desarrollo de este tipo de trabajo, por lo que esas dos variables son a menudo utilizadas para evaluar el grado de severidad de una tarea física. Por otra parte, algunos estudios de naturaleza biomecánica interpretan el trabajo pesado como aquel que impone altas fuerzas compresivas sobre el sistema musculoesquelético (Bernard 1997).

b) Otro concepto, que incluso se ha utilizado en algunos países de Europa como fundamento para definir en términos legales el trabajo pesado, es “trabajo altamente demandante” (high-demand jobs). Se ocupa esta expresión para referirse a aquellas labores que revisten exigencias específicas (físicas, mentales o psicosociales) que no son prevenibles a partir del estado actual del conocimiento en Ergonomía y que pueden exceder las capacidades humanas, comprometiendo la seguridad o la salud de los trabajadores. En este contexto, salud, seguridad y capacidad de los trabajadores, son componentes importantes de esta definición (Sluiter 2006).

c) Un concepto relacionado con la idea de trabajo pesado es el de fatiga. Desde un punto de vista biológico, se cree que la fatiga, que puede ser general o local, es un mecanismo de defensa que evita la sobre-exigencia del organismo. Christensen la definió en 1960 como un estado de homeostasis perturbada debido al trabajo y al medio ambiente laboral (Astrand y Rohahl 1992). Además de fisiológica, la fatiga puede ser sensorial o perceptual, y estar asociada con las interacciones sociales y organizacionales en el trabajo. Desde el punto de vista de los efectos sobre las personas, todos los tipos de fatiga podrían repercutir en la disminución del rendimiento, incluso la fatiga general puede ser un síntoma de enfermedad (Chengalur et al. 2004).

2.3.- Naturaleza de las Exigencias Presentes en el Trabajo y su Impacto en las Personas

Durante la ejecución de una actividad laboral, una persona está inserta en un sistema complejo, caracterizado por la interacción de distintos factores. Sólo con el propósito de estructurar el análisis, se acepta que tales factores pueden ser agrupados atendiendo a sus propiedades en común. A esto se debe agregar la variabilidad que se puede encontrar en las respuestas físicas (biológicas), cognitivas o psíquicas de distintas personas frente a determinadas condiciones de trabajo. A continuación se examinan estas ideas.

2.3.1.- Carácter multifactorial

Desde la perspectiva de la Ergonomía, las demandas o exigencias a las que podría estar expuesto un trabajador pueden ser agrupadas en cuatro conjuntos; a saber:

- Factores Físicos (carga física)
- Factores Ambientales (carga ambiental)
- Factores Mentales (carga mental)
- Factores Organizacionales (carga organizacional)

El Artículo 2º del Decreto Supremo N° 71, establece que, para efectos de calificar como trabajo pesado una labor y con independencia de las características individuales de quien la realiza, se debe considerar a lo menos los siguientes factores:

a) Factor físico: constituido por las exigencias del puesto de trabajo que demandan un esfuerzo adaptativo fisiológico, reflejado en mayor gasto energético y con modificaciones del metabolismo. En este ámbito, se incluyen también las exigencias biomecánicas, por ejemplo las asociadas al desarrollo de fuerza, postura sostenida y el trabajo repetitivo.

b) Factor ambiental: que corresponde a la presencia, en los puestos de trabajo, de agentes ambientales que pueden afectar negativamente la salud de los trabajadores, su bienestar y su equilibrio fisiológico. En este conjunto, se incluyen agentes físicos (exposición a ruido, vibraciones, calor, frío, etc.), agentes químicos (exposición a gases, vapores, humos, polvos, etc.) y agentes biológicos (exposición a virus, bacterias, hongos).

c) Factor mental: es la exigencia del puesto de trabajo que demanda esfuerzos adaptativos del sistema nervioso y de la estructura psicoafectiva del trabajador. Esto incluye, por ejemplo, manejo de la incertidumbre y de la complejidad, atención y vigilancia constante, entre otros.

d) Factor organizacional: son las exigencias del puesto de trabajo derivadas de la organización y diseño de la labor y su entorno psicosocial. Este ámbito incluye trabajo en turnos, sobrecarga cualitativa y cuantitativa, conflicto de roles, entre otros.

De acuerdo a lo expuesto, las exigencias presentes en el entorno laboral que podrían actuar sobre las personas son de naturaleza multifactorial. Adicionalmente, existe evidencia que demuestra que la combinación de distintos factores puede potenciar las consecuencias desfavorables sobre los trabajadores (El Batawi 1984; Koller 1996; Bernard 1997; Punnett et al. 2005; Menzel 2007).

El diagrama de causa y efecto de la Imagen 1.1 esquematiza lo planteado. Como se observa, se trata de una visión integral que identifica distintos componentes de la carga física, ambiental, mental y organizacional impuesta sobre un trabajador; aunque en este caso no se ha hecho una enumeración exhaustiva de causas. De este modo, en forma individual o en combinación estos factores podrían tener impactos específicos asociados a alteraciones en la salud o envejecimiento prematuro⁵⁻⁶.



Imagen 1.1 Naturaleza multifactorial de las exigencias presentes en el trabajo

⁵ En referencia a este modelo, la Norma ISO 6385 ocupa dos términos: presión (stress) y tensión (strain). La presión, corresponde a la suma de las demandas externas presentes en el entorno laboral, que producen un efecto en los trabajadores (tensión o reacción interna), cuya magnitud depende de la intensidad de las exigencias; además de las capacidades y características individuales de las personas.

⁶ En el módulo Organizacional se tratará el concepto de Estrés en extenso.

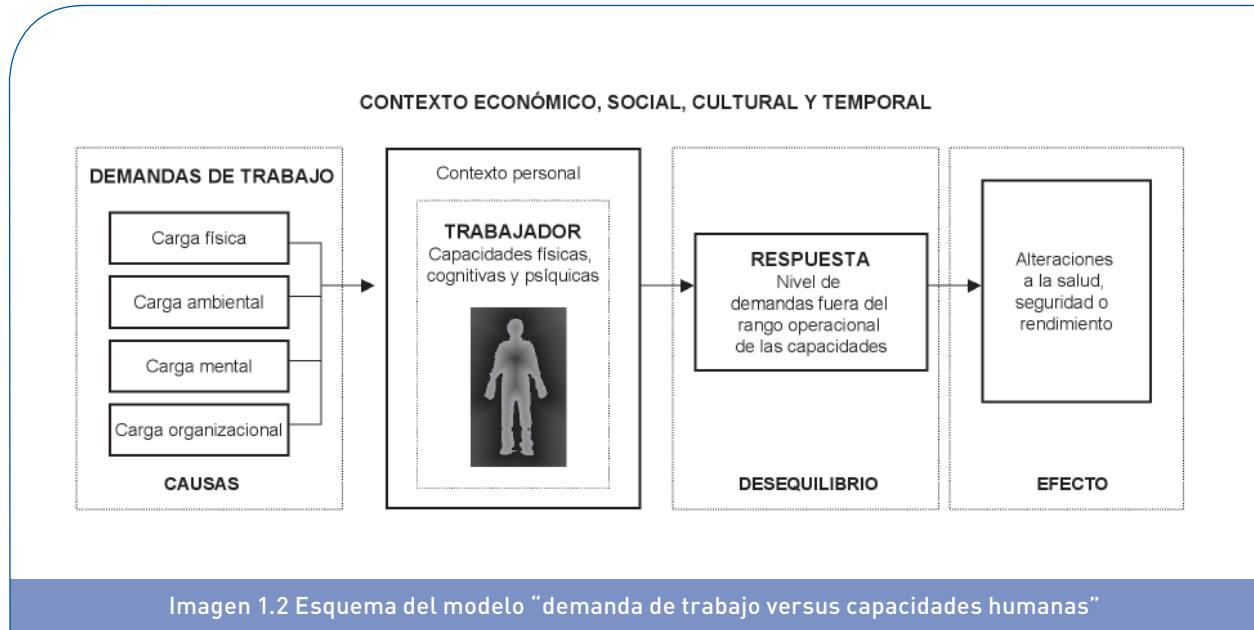
2.3.2.- Demanda de trabajo versus capacidades humanas

Las características individuales de las personas determinan las respuestas físicas, cognitivas y emocionales asociadas a su interacción con el trabajo. Algunas de ellas son el estado de salud actual, la edad, el sexo y la condición física, además del tipo de personalidad, la experiencia, los conocimientos, las habilidades, las motivaciones y las necesidades (Carayon y Smith 2000; ISO 6385).

En efecto, el modelo “Demanda de Trabajo v/s Capacidades Humanas” ha sido utilizado en Ergonomía y Salud Ocupacional para describir la interacción entre las exigencias laborales y los recursos o capacidades que exhiben los trabajadores para realizar la tarea (Chengalur et al. 2004; Van der Beek y Frings-Dresen 1998; Carayon y Smith 2000).

En este enfoque, tales exigencias pueden ser caracterizadas por las demandas físicas, ambientales, mentales y organizacionales. Bajo ciertas condiciones, se asume que el trabajador es capaz de hacerles frente. Sin embargo, cuando ocurre un desequilibrio, es decir, cuando las exigencias se desvían significativamente del rango operacional de las capacidades individuales, se puede producir una respuesta desfavorable sobre la salud, seguridad o rendimiento del trabajador. Este desequilibrio puede ser propiciado por una sobrecarga sostenida en el tiempo vinculada a trabajo pesado. Por ejemplo, desde un punto de vista fisiológico, una labor donde se realiza levantamiento repetitivo de carga ejecutada durante varias horas sin pausa, podría agotar los recursos de energía y producir fatiga muscular localizada. De forma similar, una labor manual repetitiva y con escaso control organizacional por parte del trabajador, podría provocar reacciones con consecuencias biológicas y también emocionales o de comportamiento. En ambos casos, si las condiciones se mantienen, podría producirse un efecto acumulativo de la carga de trabajo sobre las capacidades humanas.

Una idea adicional es que los recursos personales no son un conjunto fijo y estable de características individuales, sino que pueden variar en el tiempo. Por lo tanto, a nivel global, todos los elementos de este modelo están enmarcados por el contexto económico, social, cultural y temporal en el cual se lleva a cabo el proceso de trabajo. La Imagen 1.2 esquematiza este modelo conceptual.



Cabe destacar que en Ergonomía se ha estudiado la respuesta humana frente a determinados factores de riesgo específicos, con el propósito de establecer "límites aceptables" respecto a su efecto potencial en las personas; habitualmente en la forma de alteraciones en la salud, dolor, fatiga u otra variable. En la mayoría de los casos, estos límites han sido desarrollados ocupando estudios epidemiológicos, ensayos de laboratorio o pruebas de campo. Como resultado, se han publicado límites de esta naturaleza en distintos ámbitos de la Ergonomía. Por ejemplo, el criterio biomecánico actualmente aceptado para diseñar una tarea de levantamiento manual de carga es que no se excedan los 3.400N de compresión vertebral, pues existe evidencia que demuestra que sobre este valor, la incidencia de dolor lumbar aumenta un 40% respecto a labores menos exigentes ejecutadas por hombres adultos (Marras y Hamrick 2006).

En otro ámbito, se han podido establecer escalas para estimar el impacto sobre la salud y la vida social del trabajo en turnos, evaluando por ejemplo, el grado en que se incorporan recomendaciones de Ergonomía en su diseño (Schönfelder y Knauth 1993). De modo similar, en lo que se refiere a agentes ambientales físicos, químicos o biológicos, se han propuesto límites de exposición aceptados internacionalmente para prevenir enfermedades (ACGIH 2008), que en particular están consignados en normas nacionales publicadas por el Ministerio de Salud u otras autoridades sanitarias.

Ahora bien, tal como se indicó en la sección precedente, el Decreto Supremo N° 71 establece que el proceso de calificar como trabajo pesado una labor se debe realizar "con independencia de las características individuales de quien la ejecuta". Precisamente, el enfoque de esta Guía Técnica es dar a conocer los criterios, respecto a los límites aceptables de la respuesta humana frente a las exigencias laborales.

CAPÍTULO 3: ENVEJECIMIENTO Y TRABAJO

3.1.- Envejecimiento y Capacidades Humanas

La disminución de las capacidades humanas asociadas al envejecimiento, natural o prematuro, es un tema de interés en Ergonomía y Salud Ocupacional debido a sus implicancias sobre la salud, seguridad y rendimiento laboral.⁷

Las teorías biológicas actuales que buscan explicar el envejecimiento, están basadas en estudios de origen bioquímico y molecular. En esencia, en ellas se plantea que desde su nacimiento las células están expuestas a factores internos o externos (ambientales) que tienen la capacidad de dañar el ADN. Aunque cada célula posee mecanismos de auto-reparación, durante la vejez el aumento del deterioro supera la capacidad del sistema reparador. En otras palabras, con la edad ocurre una reducción progresiva, aunque lenta, del potencial celular de los tejidos para reproducirse y repararse (Santibáñez y Sánchez 2007).

Por otra parte, investigaciones recientes muestran que a nivel celular existen proteínas que se liberan en respuesta al estrés, que cumplen un importante rol en el proceso del envejecimiento. Así el deterioro del tejido celular estaría directamente relacionado con los niveles de fatiga física y/o mental (Sierra 2006).

Desde un punto de vista físico, el envejecimiento natural se asocia a una considerable variedad de cambios que pueden afectar distintos ámbitos humanos. Por ejemplo, las alteraciones de los sistemas sensoriales han sido ampliamente documentada. En efecto, la agudeza visual disminuye significativamente a partir de los 50 años de edad, como lo que ocurre con la capacidad de adaptación del ojo a distintos niveles de iluminación ambiental y con la capacidad de discriminación de colores. Por su parte, la pérdida auditiva es uno de los problemas de mayor prevalencia reportados por adultos mayores (Mintzer et al. 2006).

De igual forma, existe evidencia de un deterioro funcional y progresivo en el sistema termorregulador, inmunológico, endocrino, gastrointestinal, musculoesquelético y cardio-respiratorio (Sehl y Yates 2001). Esto último se refleja, por ejemplo, en la disminución de la capacidad aeróbica que se ocupa como una medida integrada de la capacidad física de los trabajadores (Astrand y Rodahl 1992).

⁷ La edad promedio de la población laboralmente activa está aumentando rápidamente en muchos países. La OIT ha estimado que para el año 2025 la proporción de personas sobre los 55 años de edad será del 32% en Europa, 30% en Norte América, 21% en Asia y 17% en América Latina (ILO 1992). La edad promedio de los trabajadores en Chile también ha aumentado. Según el último censo (año 2002), la población mayor de 60 años representa el 11% de la población total, es decir, 400.000 personas más que las registradas en el censo de 1992. Asimismo, la población menor de 5 años ha decrecido en el orden de 3,3% en 10 años (10,9% en 1992 versus 7,6% en el año 2002) [Mazzei 2003]. En este mismo sentido, la Encuesta Laboral ENCLA 2006 realizada por la Dirección del Trabajo mostró que los trabajadores jóvenes sólo alcanzan a un 14,1% si se considera a los menores de 26 años. En suma, la fuerza de trabajo en Chile también está envejeciendo. Las posibles consecuencias de esta tendencia son que, al menos en el largo plazo, menos jóvenes estarán disponibles para reemplazar a los jubilados. Estos son argumento adicionales que demuestran la importancia de mejorar las condiciones de trabajo para eliminar el trabajo pesado y en consecuencia, evitar el retiro anticipado por esta causa.

En el ámbito cognitivo, el envejecimiento está vinculado fundamentalmente con las capacidades y exigencias intelectuales a las que se someten las personas durante su vida, además de la naturaleza del trabajo que se realiza. En este contexto, se ha observado que con la edad disminuye la aptitud fisiológica y neurológica para resolver problemas nuevos, organizar la información e inferir nuevas estrategias de solución (inteligencia fluida). Sin embargo, no se ven afectadas de manera significativa las habilidades verbales y la amplitud y profundidad de conocimientos (inteligencia cristalizada). Otros aspectos relacionados son el tiempo de reacción y la memoria, aunque existe evidencia que señala que además de la edad, ésta última también se podría ver afectada por la complejidad de la tarea (Mintzer et al. 2006; Sluiter 2006).

En general, los cambios descritos se manifiestan en forma progresiva, aunque dependen de los estilos de vida individuales (hábito de consumo de tabaco y alcohol, dislipidemias, sedentarismo, obesidad). Los efectos deletéreos se manifiestan en la etapa geriátrica de la vida o antes si existe patología crónica (hipertensión arterial, resistencia a la insulina, diabetes mellitus, hiperuricemia, alteraciones renales, etc.).

La tabla siguiente resume algunos efectos del envejecimiento:

Tabla 1.7 Efectos del envejecimiento (Resumen y adaptación de: Shephard 2000; Kenny 2008)

Sistema/función	Efectos del envejecimiento
Visión	Disminución de la agudeza visual (pérdida de elasticidad del cristalino). Disminución de la adaptación a la oscuridad. Aumento de la sensibilidad al deslumbramiento. Alteración de la percepción de profundidad. Reducción en la habilidad de lubricar los ojos.
Audición	Disminución de la audición de alta frecuencia. Disminución de la habilidad de discriminar algunos sonidos.
Piel	Disminución de grasa y agua en la piel subcutánea debido a la baja velocidad de reproducción de las células epiteliales de las capas superficiales de la piel. Disminución de la elasticidad de la piel (menor síntesis de colágeno). Disminución de la capacidad para regular la temperatura corporal. Disminución de la velocidad de cicatrización (menor síntesis de colágeno y proteínas hepáticas que actúan como factores de coagulación).
Sistema cardio-respiratorio	Disminución de la capacidad aeróbica. Disminución del rendimiento cardíaco (máxima frecuencia cardíaca, volumen sanguíneo total). Disminución de la capacidad vital y eficiencia ventilatoria. Aumento de presión arterial en reposo (aumento de rigidez de las arterias por aumento de fibras conjuntivas en sus paredes).
Sistema cardiovascular	En los vasos sanguíneos disminuye la capacidad de distensibilidad especialmente en las arterias, lo que predispone a hipertensión arterial. En el corazón, hay mayor hipertrofia del ventrículo izquierdo que es un predictor de accidentes coronarios. Disminuye el número de células nodales y de fibras específicas del haz de His, además de que se acumula más grasa alrededor de éste, dando como resultado alteraciones de la conducción. En las válvulas hay más rigidez lo que hace que se disminuya la frecuencia cardíaca y haya menor captación del oxígeno como respuesta al ejercicio.

Sistema/función	Efectos del envejecimiento
Sistema musculoesquelético	Disminución de la masa muscular. Disminución de la fuerza y potencia muscular (disminución de fibras rápidas de los grandes músculos de las extremidades). Aumento del tiempo de respuesta muscular. Aumento del tiempo de recuperación muscular (fatiga). Disminución de la velocidad de conducción nerviosa. Reducción de la densidad mineral ósea (osteopenia).
Sistema digestivo	Disminución de las secreciones y hormonas digestivas. Disminución de la motilidad del tubo digestivo (movimiento espontáneo).
Sistema endocrino	Disminución de la producción de insulina. Disminución de la función de la tiroides. Disminución de la tolerancia al calor o frío.
Sistema inmunológico	Disminución de la respuesta inflamatoria. Aumento del riesgo de infecciones.
Sistema nervioso central	Disminución del número de neuronas. El cerebro y la médula espinal pierden peso. Disminución de las sinapsis por pérdida de las terminaciones dendríticas. Entecimiento de la transmisión de mensajes, reducción de los reflejos relacionados con el movimiento. Se acumulan productos de desecho formando placas. Mayor tendencia a los depósitos de amiloide y de lipofucsina. Tendencia a formar aneurismas en las arterias perforantes corticales, arteriolas, capilares y vénulas.
Sistema nervioso autónomo	Hay menor respuesta de los barorreceptores. Disminución de la sensibilidad de los receptores beta adrenérgicos cardíacos y por lo tanto mayor tendencia al ortostatismo.

En conclusión, desde el punto de vista de la Ergonomía, la evidencia científica indica que durante el envejecimiento disminuyen progresivamente las capacidades físicas y cognitivas humanas, aunque pueden existir notables diferencias entre distintos individuos. Estas diferencias están vinculadas a factores genéticos, estilos de vida, así como al ambiente donde se vive y trabaja. Indudablemente, todo esto puede afectar el rendimiento, la salud y seguridad de las personas (Silverstein 2008; Ilmarinen 2001; Schibye et al. 2001; Shephard 2000).

ENVEJECIMIENTO Y CAPACIDADES HUMANAS:

La evidencia científica indica que durante el envejecimiento disminuyen progresivamente las capacidades físicas y cognitivas humanas, aunque pueden existir notables diferencias entre distintos individuos. Estas diferencias están vinculadas a factores genéticos, estilos de vida, así como al ambiente donde se vive y trabaja. Indudablemente, todo esto puede afectar el rendimiento, la salud y seguridad de las personas.

3.2.- Envejecimiento y Trabajo Pesado

Aunque existen dificultades metodológicas, las investigaciones que demuestran la incidencia del trabajo pesado sobre la disminución de las capacidades físicas, cognitivas o psíquicas son de naturaleza longitudinal. Es decir, aquellos donde se ha realizado un seguimiento en el tiempo de las variables en estudio. En efecto, existen estudios longitudinales que han mostrado una declinación más importante de la capacidad física en aquellos trabajadores que realizan labores más demandantes, comparada con la que exhiben aquellos que durante su vida laboral han sido sometidos a una carga de trabajo relativamente más liviana. Esto sugiere un efecto acumulativo de la carga de trabajo sobre las capacidades humanas (Karpansalo 2006; Savinainen et al. 2004a; Savinainen et al. 2004b; Torgen et al. 1999; Nygard et al. 1994).

Del mismo modo, se ha observado que existe una interacción significativa entre edad y exposición a trabajo físico pesado con la frecuencia y localización de patologías que afectan al sistema musculoesquelético. En este contexto, el envejecimiento prematuro de estas estructuras sería el reflejo de factores presentes en el trabajo (Derriennic et al. 1997).

Otra manera en la que se puede mostrar el impacto del trabajo pesado, es investigar su asociación con la jubilación anticipada. Al respecto, existe evidencia que indica que el trabajo físico pesado aumenta el riesgo de jubilación por incapacidad (Karpansalo et al. 2002). Asimismo, existe asociación entre retiro anticipado y exposición a vibraciones de cuerpo entero (Bongers et al. 1988), deficientes condiciones del ambiente físico (Tuomi et al. 1991), insatisfacción laboral (Koivumaa-Honkanen et al. 2004), trabajo a trato (Szubert y Sobala 2005) y deficientes condiciones psicosociales en el trabajo (Siegrist et al. 2006).

ENVEJECIMIENTO Y TRABAJO PESADO:

Existe evidencia que demuestra que el trabajo pesado aumenta el riesgo de jubilación por incapacidad. Asimismo, existe asociación entre retiro anticipado y trabajo físico pesado y también con la presencia de deficientes condiciones psicosociales en el trabajo.

La Tabla 1.8 presenta un resumen de algunos estudios prospectivos adicionales recientemente publicados en la literatura técnica de Ergonomía y Salud Ocupacional en los cuales al menos un factor predictor que aumenta el riesgo de jubilación anticipada está vinculado a trabajo pesado.

Tabla 1.8 Estudios prospectivos en los cuales al menos un factor predictor que aumenta el riesgo de jubilación anticipada está vinculado a trabajo pesado			
Autor	Sujetos estudiados	Periodo de seguimiento	Factor predictor
Karpansalo 2006.	1.755 trabajadores (hombres).	16 años	Trabajo físico pesado y posturas forzadas.
Salonen et al. 2003.	126 trabajadores de industria de alimentos.	11 años	Trabajo físico pesado, entre otros.
Hagen et al. 2002.	34.753 trabajadores (hombres y mujeres).	7 años	Trabajo físicamente demandante, deficientes condiciones de salud general, hábito de consumo de tabaco y alto índice de masa corporal.
Lund et al. 2001	2.918 trabajadores municipales.	2,5 años	Trabajo físico pesado, entre otros.
Krause et al. 1997.	1.038 trabajadores (hombres).	4 años	Trabajo pesado, posturas forzadas, largas horas de trabajo, exposición a ruido, carga física y mental, insatisfacción laboral.
Manninen et al. 1997.	8.655 trabajadores agrícolas (4.118 hombres y 4537 mujeres).	10 años	Carga psicológica.
Toumi et al. 1991.	6.165 empleados municipales (hombres y mujeres).	4 años	Factores individuales (edad, estilos de vida, hábito de consumo de tabaco) y carga física de trabajo.

CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE LAS VARIABLES RELEVANTES

4.1.- Introducción

El estudio del trabajo pesado exige un conocimiento suficiente de la organización y de su entorno, de los procesos productivos, de las tareas realizadas y de sus procedimientos de ejecución, de los equipos y herramientas, de las características de los trabajadores, incluyendo edad, sexo, estado de salud, tiempo de exposición y de todos aquellos aspectos que caractericen la labor y las personas que la ejecutan.

Dada la complejidad de esta evaluación, es recomendable ocupar una herramienta básica y preliminar que permita detectar las variables relevantes. Esto entregará una visión que podrá poner en perspectiva el problema y orientar el proceso de evaluación posterior, concentrándose en sus aspectos más relevantes. En este sentido y a modo de referencia, a continuación se presenta una lista de chequeo estructurada en 4 tablas temáticas vinculadas con los principales aspectos que configuran los factores organizacionales, mentales, ambientales y físicos que podrían estar presentes en el trabajo.

4.2.- Lista de Chequeo

En esta lista de chequeo la respuesta afirmativa a un ítem, indica que ese factor está presente y que se debe realizar acciones específicas para evaluarlo ocupando las metodologías pertinentes. Para el análisis de la tarea, el evaluador debería obtener información histórica del proceso de trabajo, identificar en terreno la presencia de los aspectos individualizados en esta lista y estimar su nivel aparente de riesgo.

GUÍA DE ORIENTACIÓN PARA EL TRABAJO PESADO:

La identificación preliminar de variables relevantes también puede ser realizada ocupando el software “Guía de Orientación para el Trabajo Pesado” disponible en www.spensiones.cl

Identificación:

Empresa/institución

Puesto de trabajo

Nombre del trabajador Rut

Edad Sexo: M / F

Fecha de la evaluación

Nombre del evaluador

Descripción de la tarea y del puesto de trabajo:

EXIGENCIAS ORGANIZACIONALES	Si/No	Comentarios (Ej.: Cuándo; dónde; con qué frecuencia ocurre; el nivel aparente de riesgo es alto, medio o bajo).
¿Existe trabajo en condiciones de aislamiento?		
¿Es autónomo el trabajo?		
¿Existe conflicto y/o ambigüedad de roles?		
¿Existe sobrecarga laboral (cuantitativa/cualitativa)?		
¿Existe ambigüedad de futuro laboral?		
¿Existe trabajo monótono?		
¿Se realiza trabajo en turnos?		
¿Se realiza trabajo nocturno?		
Otras/Cuáles		

EXIGENCIAS MENTALES	Si/No	Comentarios (Ej.: Cuándo; dónde; con qué frecuencia ocurre; el nivel aparente de riesgo es alto, medio o bajo).
¿Existe presión temporal y/o de producción?		
¿Existe variedad de fuentes de información?		
¿Existe incertidumbre?		
¿La tarea reviste responsabilidad sobre bienes/ personas?		
¿La tarea reviste complejidad?		
¿La tarea reviste exigencia atencional?		
¿La tarea reviste exigencia de coordinación?		
¿Se observa precariedad del empleo?		
¿Influyen los factores personales (experiencia, competencia, etc.)?		
Otras/Cuáles		

EXIGENCIAS AMBIENTALES	Si/No	Comentarios (Ej.: Cuándo; dónde; con qué frecuencia ocurre; el nivel aparente de riesgo es alto, medio o bajo).
¿Existe exposición a calor?		
¿Existe exposición a frío?		
¿Existe exposición a vibraciones mecánicas?		
¿Se realiza trabajo en altura geográfica?		
¿Se realiza trabajo en hipobarie?		
¿Exposición a radiaciones ionizantes/no ionizantes?		
¿Existe exposición a agentes químicos?		
¿Existe exposición a agentes biológicos?		
Otras/Cuáles		

EXIGENCIAS FÍSICAS	Si/No	Comentarios (Ej.: Cuándo; dónde; con qué frecuencia ocurre; el nivel aparente de riesgo es alto, medio o bajo).
¿Existe manejo manual de carga?		
¿Existe manejo manual de personas u otros seres vivos?		
¿Existe trabajo repetitivo?		
¿Se trabaja en postura forzada y/o mantenida?		
¿Se realiza fuerza?		
¿Existe exigencia bioenergética (esfuerzo físico)?		
Otras/Cuáles		

GLOSARIO DE TÉRMINOS SELECCIONADOS

- **Actividad:** Acciones que ejecuta efectivamente el trabajador a partir de las tareas prescritas.
- **Carga de trabajo:** La ejecución de un trabajo impone demandas o exigencias específicas sobre la persona que lo realiza, la carga de trabajo corresponde a los efectos que esas demandas originan en el trabajador.
- **Desgaste prematuro:** Pérdida acelerada de las capacidades físicas o cognitivas asociadas a la exposición a factores de riesgos específicos.
- **Enfermedad profesional:** Según la Ley N° 16.744, se define como la causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte.
- **Envejecimiento precoz:** Pérdida relativamente acelerada de las capacidades humanas.
- **Ergonomía (ocupacional):** Estudio científico de las relaciones entre el ser humano y su ambiente de trabajo. En este sentido, el término ambiente no sólo incluye el entorno físico donde se trabaja, sino también sus herramientas y materiales, los métodos y la organización del trabajo, tanto a nivel individual como grupal. Todo esto está relacionado con la naturaleza del ser humano, con sus habilidades, capacidades y limitaciones.
- **Espacio de trabajo:** Volumen asignado a una o más personas en el sistema de trabajo para ejecutar satisfactoriamente la tarea.
- **Factor ambiental (carga ambiental):** Según el Decreto Supremo N° 71, corresponde a la presencia, en los puestos de trabajo, de agentes ambientales que pueden afectar negativamente la salud de los trabajadores, su bienestar y su equilibrio fisiológico.
- **Factor físico (carga física):** Según el Decreto Supremo N° 71, constituye las exigencias del puesto de trabajo que demandan un esfuerzo adaptativo fisiológico, reflejado en mayor gasto energético y con modificaciones del metabolismo.
- **Factor mental (carga mental):** Según el Decreto Supremo N° 71, es la exigencia del puesto de trabajo que demanda esfuerzos adaptativos del sistema nervioso y de la estructura psicoafectiva del trabajador.
- **Factor organizacional (carga organizacional):** Según el Decreto Supremo N° 71, son las exigencias del puesto de trabajo derivadas de la organización y diseño de la labor y su entorno psicosocial.
- **Fatiga (provocada por el trabajo):** Manifestación local o general, no patológica, de la carga de trabajo, completamente reversible con el descanso.

- **Jubilación:** Proviene de “júbilo o celebración” y se refiere, en seguridad social, a retirar a una persona del trabajo por haber cumplido la edad estipulada por ley o por enfermedad, asignándole una pensión vitalicia.
- **Medioambiente de trabajo:** Conjunto de factores físicos, químicos, biológicos, organizacionales, sociales y culturales que rodean e interactúan con una o más personas en su espacio de trabajo.
- **Pensión:** Proviene del latín pensio – onis, que significa pago, específicamente se refiere a la cantidad de dinero que recibe una persona periódicamente por cumplir con ciertos requisitos como jubilación, invalidez, orfandad, viudez o alimentación, entre otras.
- **Proceso de trabajo:** Secuencia en el tiempo y en el espacio de las interacciones entre personas, equipamiento, materiales, energía e información dentro de un sistema de trabajo.
- **Psicosociales (factores):** Corresponde a la interacción entre el medioambiente de trabajo, el contenido del trabajo, las condiciones organizacionales y las capacidades, necesidades, cultura y condiciones extra-laborales de los trabajadores, que a través de su percepción y experiencia, pueden influir en forma positiva, neutra o negativa sobre su salud, rendimiento y satisfacción laboral (ILO 1986).
- **Puesto de trabajo:** Combinación del equipo y el espacio necesario, en el medioambiente de trabajo, para la ejecución de un trabajo determinado. El puesto de trabajo está inscrito en un proceso de trabajo.
- **Sistema de trabajo:** Comprende una o más personas, incluyendo su equipamiento, actuando conjuntamente en el proceso de trabajo, para cumplir la tarea, en el espacio y en el medioambiente asignado, bajo las condiciones impuestas por aquella tarea.
- **Tarea:** Operación u operaciones requeridas para lograr un resultado previsto.
- **Trabajo pesado:** Trabajo que supera algún límite considerado como aceptable en los ámbitos físico, cognitivo o psíquico. Este “límite aceptable” se define en función del conocimiento científico actualmente disponible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 2008. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.

Astrand PO, Rohahl K. 1992. Fisiología del trabajo físico. 3era Edic. Edit. Panamericana.

Bernard BP. 1997. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Technical Report 97-141.

Bongers P, Boshuizen H, Hulshof CTJ, Koemeester A. 1988. Back disorders in crane operators exposed to whole-body vibration. International Archives of Occupational and Environmental Health. 60:129-137.

Carayon P, Smith MJ. 2000. Work organization and ergonomics. Applied Ergonomics. 31:649-662.

Chengalur SN, Rodgers SH, Bernard TE. 2004. Kodak's Ergonomics Design for People at Work. 2nd Edition. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-41863-3.

Congreso Nacional de la República de Chile. 1997. Historia de la Ley N°19.404. 1997. Biblioteca del Congreso Nacional. Compilación de textos oficiales del debate parlamentario.

Derriennic F, Cassou B, Monfort C, Touranchet A. 1997. Age, work and spinal pain. Revue Epidemiologie Sante Publique. 45(5):407-416.

El Batawi MA. Work-related diseases. 1984. A new program of the World Health Organization. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 10(6):341-346.

ENCLA 2006. Quinta Encuesta Laboral. División de Estudios de la Dirección del Trabajo. Gobierno de Chile.

European Union. MISSOC. 2007. Disponible en: <http://ec.europa.eu/>

Grandjean E. 1988. Fitting the task to the man. 4th Edition. Taylor & Francis.

Hagen K, Tambs K, Bjerkedal T. 2002. A prospective cohort study of risk factors for disability retirement because of back pain in the general working population. Spine. 27(16):1790-1796.

Hart SG, Staveland LE. 1988. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. En: Hancock PA, Meshkati N, editores. Human Mental Workload. Amsterdam: North Holland Press. p. 239-250.

Ilmarinen JE. 2001. Aging workers. Occupational and Environmental Medicine. 58(8):546-551.

International Labour Office (ILO) 1986. Psychosocial Factors at Work: Recognition and control. Geneva. Switzerland.

International Labour Office (ILO) 1992. The ILO and the Elderly. International Labor Organization. Geneva.

ISO 6385 – 1981. Ergonomic principles in the design of work systems.

Karpansalo M, Manninen P, Lakka TA, Kauhanen J, Rauramaa R, Salonen JT. 2002. Physical Workload and Risk of Early Retirement: Prospective Population-Based Study Among Middle-Aged Men. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 4(10):930-939.

Karpansalo M. 2006. Predictors of Early Retirement. A Population-Based Study in Men From Eastern Finland. Doctoral dissertation. Faculty of Medicine of the University of Kuopio. Finland.

Kenny GP, Yardley JE, Martineau L, Jay O. 2008. Physical work capacity in older adults: Implications for the aging workers. American Journal of Industrial medicine. 51:610-625.

Krause N, Lynch J, Kapran GA, Cohen RD, Goldberg DE, Salonen JT. 1997. Predictors of disability retirement. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 23:403-413.

Koivumaa-Honkanen H, Kaprio J, Honkanen R, Viinamaki H, Koskenvuo M. 2004. Life satisfaction and depression in 15-year follow-up of healthy adults. Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology. 39 :994-999.

Koller, M. 1996. Occupational health services for shift and night workers. Applied Ergonomics 27(1): 31-37.

Kuhl D. 2000. Mental workload and ARL workload modeling tools. Army Research Laboratory. ARL-TN-161.

Laville A. 1993. Envejecimiento y Trabajo. Trabajo y Sociedad - PIETTE/ CONICET - CEIL/CONICET - CREDAL/CNRS. ISBN 987- 99413 -06.

Lund T, Iversen L, Poulsen K. 2001. Work environment factors, health, lifestyle and marital status as predictors of job change and early retirement in physically heavy occupations. American Journal of Industrial Medicine. 40(2):161-169.

Manninen P, Heliovaara H, Riihimaki H, Makela P. 1997. Does psychological distress predict disability?. *International Journal of Epidemiology*. 26:1063-1070.

Marras WS, Hamrick C. 2006. The ACGIH TLV for Low Back Risk. En: *The Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. USA: Taylor & Francis. p. 50.1-50.15.

Mazzei M. 2003. Cifras de Hoy en Salud Pública. Envejecimiento poblacional en Chile y América Latina. *Revista Chilena de Salud. Pública*. 7(2):104-105.

Menzel NN. 2007. Psychosocial factors in musculoskeletal disorders. *Critical Care Nursing Clinics of North America*. 19(2):145-153.

Mintzer TL, Fisk AD, Rogers WA, Mayhorn CB. 2006. Ergonomics and Aging. In: *The Occupational Ergonomics Handbook*. 2th Edit. CRC. Taylor & Francis. ISBN 978-0-8493-1937-2.

Monod H, Lille F. 1976. L'évaluation de la charge de travail. XIII Journées Nationales de Médecine du Travail. *Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de Sécurité Sociale*. 37. No 1-2 :1-96.

NCh 2632. Of2002. Ergonomía – principios de ergonomía en el diseño de los sistemas de trabajo.

Nygaard C-H, Kilbom A, Hjelm EW, Winkel J. 1994. Life-time occupational exposure to heavy work and individual physical capacity. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 14:365-372.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). 2008. Trabajo, Revista de la OIT. N°63. Agosto. ISSN 1020-0037.

Punnett L, Pruss-Ustun A, Nelson D, Fingerhut M, Leigh J, Tak S, Phillips S. 2005. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *American Journal of Industrial Medicine*. 48:459-469.

Salonen P, Arola H, Nygaard C-H, Huhtala H, Koivisto AM. 2003. Factors associated with premature departure from working life among ageing food industry employees. *Occupational Medicine (Lond)*. 53(1):65-68.

Sanders MS, McCormick EJ. 1992. *Human Factors in Engineering and Design*. 7th Edit. McGraw Hill.

Santibañez I, Sánchez J. 2007. Jornada Laboral, Flexibilidad Humana en el Trabajo y Análisis del Trabajo Pesado. Ediciones Díaz de Santos. España.

Savinainen M, Nygard C, Ilmarinen J. 2004a. A 16-year follow-up study of physical capacity in relation to perceived workload among ageing employees. *Ergonomics*. 47(10):1087 – 1102.

- Savinainen M, Nygard C, Ilmarinen J. 2004b.** Workload and physical capacity among municipal employees - A 16-year follow-up study. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 47(10):1087 – 1102.
- Schibye B, Hansen AF, Sgaard K, Christensen H. 2001.** Aerobic power and muscle strength among young and elderly workers with and without physically demanding work tasks. *Applied Ergonomics* 32:425–431.
- Sehl ME, Yates FE. 2001.** Kinetics of human aging, I: rates of senescence between ages 30 and 70 years in healthy people. *J. Gerontol.* 56A, B198–B208.
- Shephard RJ. 2000.** Aging and productivity: some physiological issues. *International Journal of Industrial Ergonomics* 25:535-545.
- Siegrist J, Wahrendorf M, von dem Knesebeck O, Jurges H, Borsch-Supan A. 2006.** Quality of work, well-being, and intended early retirement of older employees—baseline results from the SHARE Study. *European Journal of Public Health*. 17(1):62–68.
- Sierra F. 2006.** Is (your cellular response to) stress killing you? *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 61(6):557-61.
- Schönfelder E, Knauth P. 1993.** A procedure to assess shift systems based on ergonomic criteria. *Ergonomics*. 36(1-3):65-76.
- Silverstein M. 2008.** Meeting the challenges of an aging workforce. *American Journal of Industrial Medicine*. 51:269-280.
- Sluiter JK. 2006.** High-demand jobs : Age-related diversity in work ability?. *Applied Ergonomics*. 37:429-440.
- Szubert Z, Sobala W. 2005.** Current determinants of early retirement among blue collar workers in Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 18(2): 177-184.
- Torgen M, Punnett L, Alfredsson L, Kilbom A. 1999.** Physical capacity in relation to present and past physical load at work: A study of 484 men and women aged 41 to 58 years. *American Journal of Industrial Medicine*. 36(3):388-400.
- Toumi K, Luostarinen T, Ilmarinen J, Klockars M. 1991.** Workload and individual factors affecting work disability among ageing municipal employees. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 17(1):94-98.
- Van der Beek AJ, Frings-Dresen MH. 1998.** Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occupational and Environmental Medicine*. 55:291-299.
- Wisner A. 1988.** *Ergonomía y condiciones de trabajo*. Edit. Humanitas. Buenos Aires. ISBN 950-582-247-3.

FACTORES ORGANIZACIONALES

Director del módulo:

Víctor Córdova P. Ingeniero Civil Industrial. Máster en Ergonomía.
Departamento de Ergonomía. Asociación Chilena de Seguridad

Asesores técnicos:

Alejandra Sallato E. Psicóloga Laboral. Magíster en Comportamiento
Organizacional. Centro Integral de Evaluación Laboral (CIEL).
Asociación Chilena de Seguridad

Vanessa A. Valbuena. Psicóloga Laboral. PhD Ergonomía Cognitiva.

CAPÍTULO 1: Introducción	62
1.1 Concepto de Organización del Trabajo 1.2 Concepto de Factores de Riesgo Psicosocial	
CAPÍTULO 2: Organización del Trabajo	68
2.1 Perspectiva Macroergonómica de un Sistema de Trabajo 2.2 Propiedades de los Componentes de un Sistema de Trabajo 2.3 Identificación de las Características Objetivas de la Organización del Trabajo	
CAPÍTULO 3: Factores de Riesgo Psicosocial	72
3.1 Categorías de Factores de Riesgo 3.2 Modelo de Evaluación de los Factores de Riesgo Psicosocial 3.3 Proceso de Evaluación 3.4 Evaluación de los Factores de Riesgo Psicosocial	
CAPÍTULO 4: Turnos y Horarios de Trabajo	85
4.1 Definiciones 4.2 Efecto en las Personas 4.3 Evaluación de Sistemas de Turnos	
CAPÍTULO 5: Evaluación de la Carga Organizacional	95
5.1 Introducción 5.2 Criterio de Evaluación	
Glosario de Términos Seleccionados	97
Referencias Bibliográficas	100

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo es dar a conocer antecedentes técnicos que permitan al usuario de esta Guía Técnica, identificar y evaluar (valorar) los principales factores de riesgo de naturaleza organizacional involucrados en el trabajo.

1.1.- Concepto de Organización del Trabajo

En el campo de la Ergonomía y la Salud Ocupacional, “organización del trabajo” se define como la forma en que el trabajo es estructurado, distribuido, procesado y supervisado. Se trata de características objetivas del medioambiente de trabajo, que dependen de muchos factores, entre ellos, tipo de producto o servicio, características de los trabajadores, ambiente físico, nivel y tipo de tecnología y condiciones del mercado (Sauter et al. 2002; Carayon y Lim 2006).

Ahora bien, desde el punto de vista formal de la Macroergonomía, un sistema de trabajo está formado por 5 subsistemas fundamentales: personas, tecnología, estructura organizacional, medioambiente interno y medioambiente externo. Desde esta perspectiva, los atributos que caracterizan a un “sistema de trabajo” específico, determinan la “organización del trabajo” (Hendrick 1991; Kleiner 2008). La Imagen 2.1 esquematiza el modelo conceptual básico de un sistema de trabajo.



Según este modelo, en un sistema de trabajo concreto, las “personas” son las encargadas de la ejecución de las tareas utilizando los recursos necesarios y disponibles para conseguir los objetivos operativos, tácticos y estratégicos de la organización. La “tecnología” se refiere a los equipos, máquinas, métodos y procedimientos de trabajo. La “estructura y contexto organizacional” se asocia a la forma en que se dividen, agrupan y coordinan formalmente las funciones, y por tanto, las tareas. El “medioambiente interno” incluye tanto aspectos físicos como psicosociales del trabajo, mientras que el “medioambiente externo” corresponde al entorno legal, económico, industrial, político y demográfico, que le otorga su naturaleza abierta al sistema total.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO:

Es la forma en que el trabajo es estructurado, distribuido, procesado y supervisado. Los atributos que caracterizan a un “sistema de trabajo” específico, determinan la “organización del trabajo”.

1.2.- Concepto de Factores de Riesgo Psicosocial

1.2.1.- Impacto de la organización del trabajo

El impacto de la organización del trabajo sobre las personas puede ser conceptualizado como el resultado de la exposición a factores de naturaleza física o psicosocial (Cox y Ferguson 1994). Por su parte, los factores psicosociales laborales se refieren a la interacción de un individuo con la organización del trabajo, que está determinada por la “conexión psicológica” que las personas establecen con su actividad laboral y su entorno.

Una definición ocupada en el campo de la Ergonomía Ocupacional, es la de Hagberg y colaboradores (1995), según la cual los factores psicosociales corresponden a las características “percibidas” del medioambiente laboral que tienen una connotación emocional para los trabajadores y directivos, y que podrían resultar en presión (stress) y tensión (strain). De acuerdo a este planteamiento, se trata de una dimensión “subjetiva” que se asocia a la percepción de atributos “objetivos” de la organización del trabajo. Por lo tanto, diferentes tipos de organización del trabajo determinarán diferentes alcances y magnitud de los factores psicosociales experimentados por los trabajadores.

Según la OIT, estos factores se refieren a la interacción entre el medioambiente de trabajo, el contenido del trabajo, las condiciones organizacionales y las capacidades, necesidades, cultura y condiciones extra-laborales de los trabajadores, que a través de su percepción y experiencia, pueden influir en forma positiva, neutra o negativa sobre su salud, rendimiento y satisfacción laboral (ILO 1986).

FACTORES DE RIESGO PSICOSOCIAL:

Características percibidas del medioambiente laboral y de la organización del trabajo que tienen una connotación emocional para los trabajadores con el potencial de causarles daño físico, psíquico o social, y en consecuencia, afectar también su desempeño.

1.2.2.- Factores psicosociales y estrés laboral

El origen del estudio de los factores psicosociales laborales está ligado a la concepción del estrés. De manera simplificada, la exposición a un estresor (factor psicosocial en este caso) por definición provocaría una respuesta y ésta, bajo ciertas circunstancias, tendría determinadas consecuencias sobre la salud, la seguridad o el rendimiento (Gimeno 2004).

Hans Selye en 1956 definió el estrés, en términos generales, como un síndrome que provoca una respuesta inespecífica (fisiológica) del organismo a un estímulo ambiental (LaDou 1993). Este científico también distinguió entre el estrés positivo (eustress) y el estrés negativo (distress). Selye notó que el estrés positivo proporciona desafíos que motivan a los individuos a trabajar arduamente y a alcanzar sus metas. De manera alternativa, el estrés negativo resulta de situaciones que se perciben como fuera de control personal, persisten en el tiempo y que pueden producir consecuencias negativas para la salud.

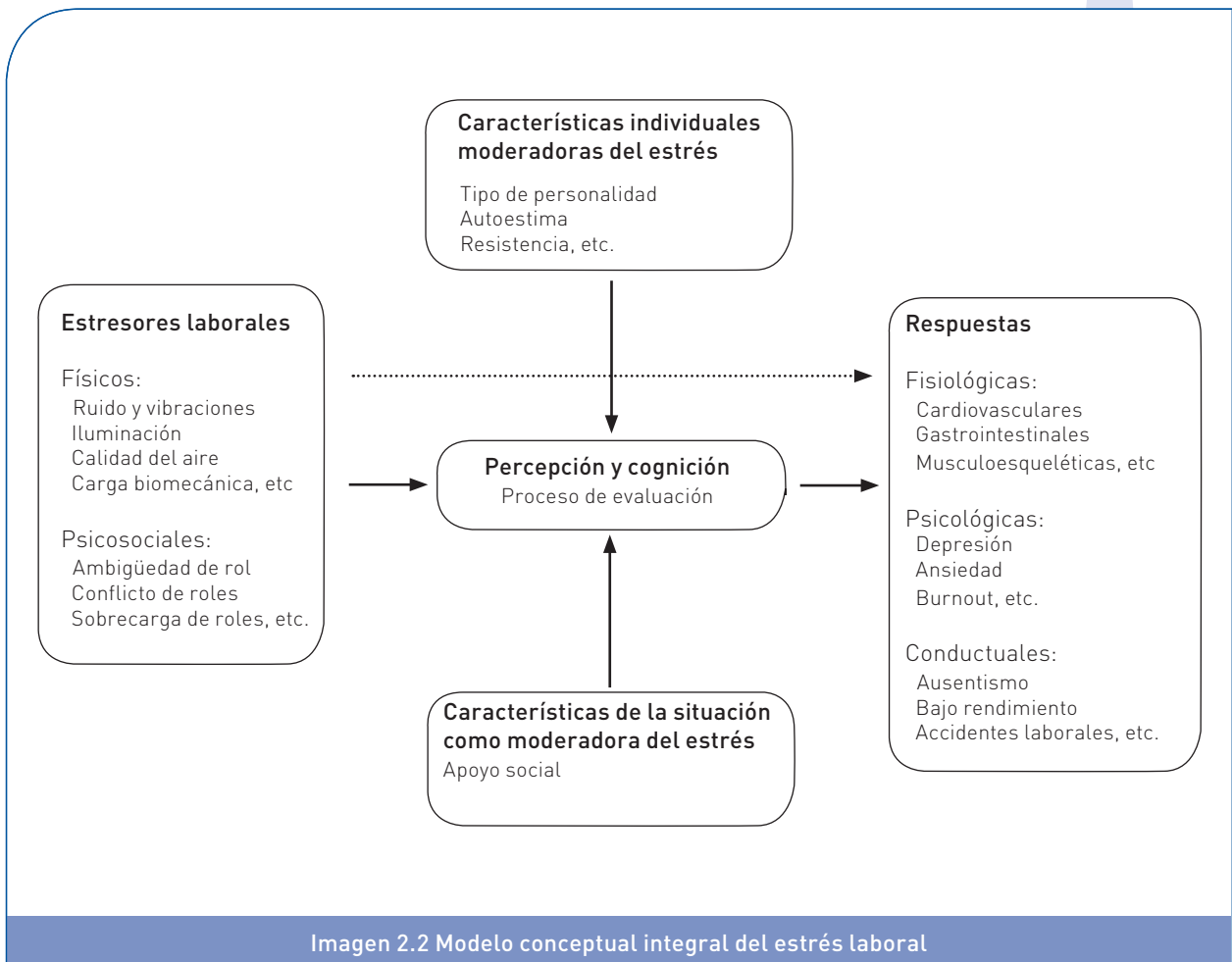
La revisión de la literatura revela que existen esencialmente tres enfoques diferentes, aunque superpuestos, acerca del estrés laboral; según se resume a continuación (Cox y Griffiths 2004; HSE 2001; Mackay et al. 2004):

a) Estrés como estímulo externo: Este enfoque conceptualiza al estrés laboral como una característica potencialmente nociva del medioambiente de trabajo. En este caso, el estrés es tratado como una variable independiente. Es la causa medioambiental del efecto adverso en la persona.

b) Estrés como efecto: En este caso, el estrés se define en términos de sus efectos fisiológicos o psicológicos. En este modelo, el estrés es una variable dependiente. Es una respuesta particular a un ambiente potencialmente nocivo.

c) Estrés como proceso: Aquí el estrés es conceptualizado en términos de una interacción dinámica entre una persona y su medioambiente de trabajo.

Desde el punto de vista de la Ergonomía y el Comportamiento Organizacional se han propuesto varios marcos teóricos para el estudio del estrés laboral (Smith y Saintfort 1989; Carayon et al. 1999; Robbins 2004). Un enfoque amplio y general, que se adapta a los propósitos de esta Guía Técnica¹, es el propuesto por Landy y Conte (2005). En este modelo, el proceso de estrés incluye estresores laborales (físicos y psicosociales), moderadores del proceso de estrés (diferencias individuales, apoyo social) y consecuencias negativas del estrés (por ejemplo, Burnout, trastornos cardiovasculares, etc.). Cabe destacar que algunos autores postulan que los factores de riesgo psicosocial pueden afectar la salud física o psicológica en forma directa o indirecta, sin que participe la experiencia del estrés. Sin embargo, se ha puesto más atención al efecto mediador del estrés en su efecto (Cox 1993; Kjellberg y Wadman 2007). La Imagen 2.2 esquematiza todo lo planteado:



¹ Aunque este modelo es presentado en el Módulo de Factores Organizacionales para explicar el estrés, está vinculado con los conceptos expuestos en el Módulo de Introducción al Estudio del Trabajo Pesado y es aplicable, como marco de referencia, en el resto de los módulos temáticos de esta Guía Técnica.

1.2.3.- Consecuencias del estrés

El estrés afecta de forma diferente a cada persona, y por otra parte, aunque existe evidencia de la asociación entre el estrés de origen laboral y ciertas consecuencias negativas en los trabajadores, ha resultado difícil demostrar el efecto de algún factor de riesgo específico sobre un problema particular de salud (Mackay et al. 2004; WHO 2003). Las consecuencias negativas del estrés crónico pueden dividirse en tres categorías: conductuales, psicológicas y fisiológicas. A continuación se analizan brevemente.

a) Consecuencias conductuales: Existen dos consecuencias particularmente importantes en este contexto. Por una parte, las asociadas a las alteraciones en el procesamiento de la información, que incluye efectos sobre la memoria, el tiempo de reacción, la precisión, la atención y la toma de decisiones bajo presión de tiempo. Por otra parte, están las alteraciones del desempeño laboral, aunque existen muchos factores que pueden influir en este ámbito, incluyendo la complejidad de la tarea y las características individuales. Asimismo, en términos generales, entre las consecuencias conductuales del estrés también se puede citar el ausentismo, los accidentes laborales y el abuso de alcohol y drogas (Landy y Conte 2005; Robbins 2004).

b) Consecuencias psicológicas: Entre las consecuencias psicológicas del estrés se puede señalar la ansiedad, la depresión, el Burnout² y la insatisfacción laboral y personal (Robbins 2004). La evidencia indica que cuando se imponen demandas numerosas y contradictorias o cuando falta claridad sobre los deberes, autoridad y responsabilidades del trabajo, aumentaría el estrés y la insatisfacción. Aunque se requiere más investigación concluyente, las labores de menor variedad, importancia, autonomía, retroalimentación e identidad, también podrían favorecer estas consecuencias (Robbins 2004).

² El Burnout es una consecuencia del estrés laboral particularmente importante y muy investigado. En síntesis, se trata de un estado extremo de tensión, que ocurre como resultado de una respuesta prolongada a estresores laborales crónicos que exceden los recursos de un individuo para afrontarlos. Maslach y Jackson (1981), lo definieron como un síndrome caracterizado por alto agotamiento emocional, alta despersonalización y baja realización personal en el trabajo. Este problema fue observado en las profesiones asociadas a los servicios sanitarios, trabajo social y educación. El agotamiento emocional se caracteriza por la pérdida progresiva de energía y percepción de fatiga. La despersonalización se caracteriza por el desarrollo de sentimientos negativos, de actitudes y conductas de cinismo hacia las personas destinatarias del trabajo, que son vistas de manera deshumanizada, lo que se manifiesta en irritabilidad y actitudes impersonales. Finalmente, la baja realización personal se caracteriza por sentimientos complejos de inadecuación personal y profesional, con deterioro progresivo de la capacidad laboral y pérdida de los sentimientos de gratificación con la misma. Esta menor sensación de competencia y logros afectarían negativamente la realización del trabajo y la relación con las personas atendidas (NTP 704; NTP 705).

c) Consecuencias fisiológicas: Los cambios fisiológicos vinculados a situaciones estresantes están asociados a mecanismos neuroendocrinos que se manifiestan en la forma de secreciones de hormonas, especialmente la adrenalina y noradrenalina, conocidas como “hormonas del rendimiento” o catecolaminas, pues disponen al organismo en una situación de alerta (Grandjean 1988). Los niveles elevados y de larga duración de hormonas del estrés contribuyen al deterioro en el funcionamiento del sistema cardiovascular, gastrointestinal e inmunológico (Mackay et al. 2004).

Cabe destacar que las consecuencias derivadas de la exposición a agentes estresantes podrían provocar alteraciones en el organismo que se vean reflejadas en el largo plazo, lo que colaboraría en un desgaste prematuro.

CAPÍTULO 2: ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

2.1.- Perspectiva Macroergonómica de un Sistema de Trabajo

De acuerdo al marco conceptual delineado en el capítulo anterior, los atributos y la interdependencia que caracteriza a los cinco contextos de un sistema de trabajo, determinan la “organización del trabajo”, es decir, la forma en que las labores son estructuradas, distribuidas, procesadas y supervisadas. Todos estos componentes interactúan para producir determinadas exigencias sobre las personas, como se describe a continuación.

2.1.1.- Características individuales (persona)

Las características individuales de las personas determinan las respuestas físicas, cognitivas y emocionales asociadas al diseño del sistema de trabajo. Algunas de ellas son el estado de salud, el sexo, la condición física, las características antropométricas, además del tipo de personalidad, la experiencia, los conocimientos, las habilidades, las motivaciones y las necesidades (Carayon y Smith 2000).

2.1.2.- Contexto tecnológico

La habilidad para llevar a cabo una tarea y el alcance de su carga fisiológica y mental a menudo son determinadas por la tecnología que está siendo utilizada por los trabajadores. La ausencia de competencias adecuadas para el uso de la tecnología disponible puede generar desmotivación, estrés, alteraciones del rendimiento y accidentes (Carayon y Smith 2000). Por otra parte, las características físicas de las herramientas y equipos o el diseño de los puestos de trabajo pueden generar efectos fisiológicos y biomecánicos sobre las personas (Grandjean 1988). Respecto a esto último, por ejemplo, el desarrollo de fuerza, la sobrecarga postural y la repetición son algunas de las principales causas de trastornos musculoesqueléticos (Bernard 1997).

2.1.3.- Contexto organizacional

El contexto organizacional y administrativo en el cual se lleva a cabo el trabajo también puede tener efectos sobre las personas. La evidencia señala que los niveles de desempeño y satisfacción de los trabajadores están determinados por la forma en que se dividen, agrupan y coordinan formalmente las funciones y las tareas, por las interacciones sociales que esto implica y el tipo de supervisión recibida; además de las características individuales de las personas (Robbins 2004). Asimismo, los atributos organizacionales podrían generar distintas consecuencias sobre la salud, seguridad y bienestar de los trabajadores. Por ejemplo, existe evidencia de la asociación entre altas tasas de lesiones y el uso de sistemas de remuneración basada en el rendimiento (Kaminski 2001), así como del efecto desfavorable del trabajo en turnos (Costa 1996; Knauth 2001), las jornadas de trabajo extendidas (Caruso et al. 2004) o la combinación de altas exigencias y un bajo control sobre el ritmo de trabajo (Landy y Conte 2005).

Por otro lado, en lo que se refiere a las llamadas “nuevas formas de organización del trabajo” (por ejemplo: re-ingeniería de procesos, mejoramiento continuo, manufactura celular, manufactura justo a tiempo, etc.), no existe evidencia suficiente que permita generalizar sus efectos sobre la salud y seguridad de las personas, puesto que habitualmente existen características específicas en sus procesos de implementación (Sauter et al. 2002). La tabla siguiente enuncia algunas propiedades que caracterizan el contexto organizacional.

Propiedad	Ejemplos/Descripción
Diseño del trabajo y sus nuevas formas de organización	Aplicación de manufactura celular, sistema de producción justo a tiempo, ensanchamiento y enriquecimiento del trabajo, teletrabajo, externalización, equipos laborales autónomos, Kanban, etc.
Interacción del trabajador con el supervisor/jefatura	Atributos de la comunicación y apoyo. También incluye la claridad y conflicto de los roles, responsabilidades y objetivos de la organización.
Interacción del trabajador con otros trabajadores de la misma organización (colegas)	Grado de integración social y laboral.
Interacción del trabajador con personas externas	Atención de clientes externos (público).
Reconocimiento asociado al desempeño	Atributos de los sistemas de apreciación y retroalimentación del desempeño, oportunidades de utilizar y adquirir competencias, sistema de promoción y ascensos, etc.
Sistema de remuneraciones	Remuneración variable/fija, comisiones por metas, incentivo económico individual por producción, incentivo económico colectivo.
Control sobre el ritmo de trabajo	Ritmo impuesto por la máquina o el proceso, ritmo auto-controlado, ritmo impuesto por la organización (dirección), aplicación de esquemas y prácticas de pausas formales/informales.
Rotación de puestos	Aplicación de esquemas de rotación de puestos de trabajo (atributos de su secuencia y frecuencia).
Horarios	Aplicación de trabajo en turnos, presencia de sobre-tiempo, jornadas de trabajo extendidas, horarios flexibles.

2.1.4.- Medioambiente interno (físico y psicosocial)

El componente físico del medioambiente interno, pueden influir sobre la salud, bienestar y rendimiento humano. Por ejemplo, el ruido es uno de los estresores ambientales más conocidos, que se asocia al incremento en la presión sanguínea, producción de adrenalina y efectos psicológicos negativos sobre el ánimo (Casali y Robinson 2006; Parsons 2000). El estrés térmico (exposición ocupacional a frío o calor) puede alterar la fisiología y el rendimiento humano (Hancock et al. 2007). Otros ejemplos de estos agentes son la iluminación, las vibraciones, la calidad del aire, la exposición a sustancias químicas o material biológico y la sobre carga biomecánica.

Aunque los factores de naturaleza psicosocial serán tratados más adelante, en este punto cabe destacar, por ejemplo, el efecto desfavorable sobre las personas de aspectos como el escaso contenido y bajo control sobre la tarea o la ambigüedad y conflicto de los roles en la organización (Landy y Conte 2005).

2.1.5.- Medioambiente externo

En términos generales, el contexto externo del sistema de trabajo incluye los atributos relacionados con el marco regulatorio legal, tanto interno como internacional, las prácticas de la competencia industrial o la posición económica de la empresa; que podrían tener un impacto en las personas sobre aspectos como la percepción de la carga de trabajo y la estabilidad laboral (Sauter et al. 2002). Este ámbito también debería incluir aquello relacionado con la interfase trabajo-familia, en lo que se refiere por ejemplo, al apoyo familiar o la magnitud de la carga de trabajo doméstica, así como la doble presencia (WHO 2003).

2.2.- Identificación de las Características Objetivas de la Organización del Trabajo

En Ergonomía y Salud Ocupacional se han propuesto algunas herramientas que buscan sistematizar el proceso de identificación y descripción de las características objetivas de la organización del trabajo. La tabla siguiente presenta una recopilación elaborada a partir de publicaciones recientes sobre este tema, que puede ser utilizada como guía para este propósito (Howard et al. 2009; Griffiths et al. 2006).

Tabla 2.2 Guía para la identificación y descripción de las características objetivas de la organización del trabajo

Contexto	Características
Características de los trabajadores (antecedentes socio-demográficos)	Sexo, edad, antigüedad en el puesto de trabajo y en la organización, nivel de educación, estado civil, número de hijos.
Tecnología	Nivel y características de la tecnología utilizada (Ej.: operación de máquinas/equipos/herramientas), grado de automatización del trabajo, disponibilidad de procedimientos de operación.
Organización y administración	<p>Atributos de los procesos y de las tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de sector industrial (Ej.: manufactura, servicios, etc.). • Área de trabajo (Ej.: producción, administración). • Cambios estacionales de los niveles de producción/trabajo (Ej.: incrementos y/o descensos diarios, semanales, mensuales, trimestrales, anuales). • Distribución del trabajo (Ej.: por producto, por proceso). • Metas asociadas al desempeño (Ej.: productos por unidad de tiempo, tiempo de ciclo, etc.). • Remuneración (Ej.: sueldo fijo/variable, incentivo individual/colectivo). • Nivel de competencias requerido (Ej.: manual, técnica, profesional). • Tipo de labor (Ej.: temporal, permanente). • Interacción laboral interna (Ej.: trabajo individual, trabajo en equipo). • Interacción laboral externa (Ej.: atención a público/clientes) • Nivel de tarea/actividad (Ej.: tarea y actividad única, tarea única/actividad múltiple, tareas múltiples). • Ritmo de trabajo (Ej.: ritmo controlado por el proceso/máquina, control colectivo, auto-control). • Nivel de supervisión (Ej.: máximo, moderado, mínimo, continuo). • Monitoreo del rendimiento (Ej.: control del número de clientes atendidos, órdenes de trabajo realizadas, número de fallas/errores, etc.). • Nivel de demanda física (Ej.: trabajo dinámico/estático). <p>Organización temporal del trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horario de la(s) jornada(s) laboral(es) • Trabajo en turnos • Sobre-tiempo • Horarios flexibles • Pausas formales/informales • Rotación de puestos de trabajo (Ej.: frecuencia, secuencia).
Medioambiente físico	Iluminación (cantidad y calidad), ruido, ambiente térmico, calidad de aire. Presencia de otros agentes físicos, químicos o biológicos.
Medioambiente externo	Marco regulatorio nacional (Ej.: Ley de Subcontratación), marco regulatorio internacional (Ej.: empresa transnacional), competencia económica (Ej.: participación de mercado).

CAPÍTULO 3: FACTORES DE RIESGO PSICOSOCIAL

3.1.- Categorías de Factores de Riesgo

Dado el amplio rango de condiciones de trabajo que podrían potencialmente convertirse en riesgo de naturaleza psicosocial, no es sorprendente observar que en la literatura se encuentre publicado un extenso conjunto de factores que han sido evaluados (Cox 1993; Cox y Griffiths 1996; HSE 2001). A modo de referencia, a continuación se comentan aspectos fundamentales de algunos ámbitos que actualmente se consideran relevantes en este contexto.

3.1.1.- Control sobre la tarea

Este es uno de los temas más importantes en torno al diseño y organización del trabajo. El control implica el grado en que el trabajador puede participar en las decisiones que afectan a su labor. Asimismo, se relaciona con la autonomía, es decir, con el grado en el que las personas pueden intervenir sobre cómo y cuándo realizar sus tareas. La evidencia señala que el aumento del control está asociado a mejoras en la autoestima y satisfacción laboral. Los bajos niveles de participación se relacionarían con efectos desfavorables en la salud física y con estrés, aunque estos efectos pueden ser mediados por otras variables relativas a la interacción de las personas con su entorno laboral (Cox 1993; Landy y Conte 2004).

3.1.2.- Demandas (exigencias) de trabajo

Tanto la subcarga como la sobrecarga de trabajo pueden representar problemas para las personas. En este contexto, la carga cuantitativa (cantidad de trabajo que se debe realizar) y la carga cualitativa (dificultad que reviste la labor), han sido asociadas con la experiencia de estrés (Cox 1993). Ambas dimensiones son independientes, en el sentido de que, por ejemplo, es posible tener un trabajo que involucre sobrecarga cuantitativa y subcarga cualitativa.

Por otra parte, la carga de trabajo no sólo es función de la calidad y la cantidad sino también del tiempo. En este sentido, el ritmo de trabajo, es decir, la rapidez con la cual debe ser completada una tarea, y la naturaleza del control que se ejerce sobre este ritmo, juegan un papel importante. Al respecto, existe evidencia suficiente que demuestra que el ritmo controlado por la máquina o por la organización, particularmente con altas exigencias de rapidez, puede causar efectos negativos en los ámbitos físico y psicológico de los trabajadores (Bernard 1997; Carayon et al. 1999).

3.1.3.- Factores asociados a los roles

La ambigüedad y los conflictos de rol se han estudiado extensamente, aunque algunos autores también incluyen en este ámbito la sobrecarga de roles y la responsabilidad sobre otras personas. Estos factores han sido asociados a efectos desfavorables sobre la salud, satisfacción y rendimiento laboral (Cox 1993).

En esencia, la ambigüedad de rol es una situación laboral que se produce cuando el trabajador no tiene suficientes puntos de referencia para desempeñar su labor, sea por incompletos, imprecisos o cambiantes. En definitiva, ocurre cuando los trabajadores no cuentan con un conocimiento claro del comportamiento que se espera en su puesto. Esta ambigüedad suele centrarse en el propósito u objetivos de su trabajo, su autoridad y sus responsabilidades, y su estilo de relación y comunicación con los demás.

Por su parte, el conflicto de rol es una situación laboral que se produce cuando hay demandas o exigencias en el trabajo que son incongruentes o incompatibles. Puede darse como conflicto intra-rol (demandas contradictorias en el propio rol), inter – rol (demandas contradictorias entre diversos roles desempeñados por la misma persona) o persona – rol (demandas contradictorias entre las motivaciones, valores y competencias de un rol y la persona que lo desempeña).

3.1.4.- Interacción social

Existe acuerdo en que las buenas relaciones entre los miembros de una organización son esenciales para la salud individual y organizacional. Al respecto, se pueden identificar cuatro conjuntos: interrelación con superiores, con subordinados, con personas del mismo nivel jerárquico y con clientes externos. El bajo soporte interpersonal en el trabajo ha sido asociado con efectos desfavorables en el ámbito emocional y de la satisfacción laboral. Se ha demostrado también que el soporte proveniente de jefaturas y colegas puede amortiguar el efecto adverso de las sobre-exigencias laborales (Landy y Conte 2004).

3.1.5.- Conflicto trabajo-familia

Este factor puede alterar el bienestar, salud y rendimiento cuando los trabajadores experimentan problemas para conciliar las responsabilidades que deben cumplir en el trabajo y en su vida personal. En este sentido, puesto que la tendencia es que las mujeres que trabajan continúen llevando la mayoría de las responsabilidades domésticas (doble presencia), es común que ellas estén más expuestas a los efectos negativos de esta situación (Landy y Conte 2004; Barros 2008). Por otra parte, algunas investigaciones realizadas en Chile han revelado que los trabajadores de jornada excepcional podrían tener un mayor nivel de conflictos familia-trabajo que los que realizan jornada ordinaria (Baez y Galdames 2005).

A modo de resumen, en la Tabla 2.3 se enuncian nueve categorías de factores psicosociales y se especifican algunos ámbitos de cada una. Esta lista no debe ser considerada como exhaustiva, aunque es representativa de los factores que se evalúan habitualmente.

Tabla 2.3 Factores psicosociales laborales y sus ámbitos de análisis (Adaptado de: Carayon y Lim 2006)

Categoría	Factores psicosociales específicos
1. Demandas (exigencias) de trabajo	Carga cuantitativa/cualitativa Demanda cognitiva Variaciones y previsibilidad de la carga de trabajo Presión temporal de trabajo (plazos) Repercusiones de la tarea (responsabilidad)
2. Contenido de la tarea	Repetitividad (monotonía, variedad, división del trabajo) Desafíos Utilización y desarrollo de competencias
3. Control de la tarea	Control instrumental de la tarea (monitoreo) Participación en la toma de decisiones Control sobre el ambiente físico Control de los recursos Control sobre el ritmo de trabajo (ritmo impuesto por la máquina o por la organización)
4. Interacción social	Soporte social de parte de supervisores, subordinados y colegas Monitoreo de quejas, reconocimientos y sugerencias Interacción con clientes externos (conflictos) Aislamiento Discriminación Participación
5. Factores asociados a los roles	Ambigüedad (claridad) de rol Conflicto de rol
6. Desarrollo de carrera	Ambigüedad de futuro laboral y fin de desarrollo de carrera
7. Aspectos tecnológicos	Tecnofobia y resistencia al cambio Problemas relacionados con la interacción persona-computador Monitoreo electrónico del rendimiento
8. Administración de personal	Estilos de liderazgo y prácticas directivas Clima laboral Remuneraciones Sistema de turnos y horarios de trabajo
9. Interfase trabajo-familia (doble presencia)	Carga doméstica Conflicto de demandas trabajo-familia Soporte familiar

3.2.- Modelo de Evaluación de los Factores de Riesgo Psicosocial

La evaluación de los factores de riesgo psicosocial tiene el mismo objetivo que otros ámbitos de la prevención de riesgos, esto es, identificar y evaluar factores de riesgo, y a partir de esto, establecer medidas que permitan prevenir daños. En otras palabras, se puede aplicar el mismo marco conceptual de referencia que tradicionalmente se ocupa en la administración de los riesgos de naturaleza física (HSE 2001; NTP 702).

Sin embargo, en el ámbito psicosocial puede resultar más complejo este análisis. Por una parte, es difícil establecer una relación causal directa entre el factor de riesgo y el daño, puesto que los efectos en la salud vinculados a una situación psicosocial tienen un origen multicausal y pueden ser específicos en cada trabajador (ILO 1986; Barondess 2001; Carayon y Lim 2006). Por otra parte, los factores psicosociales suponen un problema que puede afectar tanto a la salud individual como a la organización. Luego, para su estudio debería ocuparse un enfoque que integre sus distintos niveles: salud física, psíquica, social y organizacional.

Por lo tanto, al momento de proyectar una evaluación del riesgo psicosocial, se debería tener en consideración los diversos elementos presentes, incluyendo las condiciones de trabajo que pueden provocar daño, los factores moderadores y las consecuencias; ya sean sobre la persona o sobre la organización. Así, algunos de los aspectos a considerar son los siguientes.

3.2.1.- Sintomatología asociada

En el proceso de evaluación, es conveniente valorar la sintomatología asociada a situaciones de estrés que, como se expuso, es un mecanismo común a los factores psicosociales. Dado que en muchos casos es difícil contar con datos objetivos sobre este punto, pues esto implicaría realizar evaluaciones médicas, bioquímicas, etc., es recomendable la aplicación de cuestionarios de salud percibida. De esta manera, pueden relacionarse los antecedentes relativos a la realización de la tarea con los posibles efectos sobre la salud. La idea también es explorar grupos homogéneos, es decir, con características similares en cuanto a exigencias del trabajo (por ejemplo por categoría profesional, por sección o departamento, por turno, etc.), y evaluar estadísticamente si determinadas condiciones de trabajo se asocian con algún síntoma específico.

3.2.2.- Efectos organizacionales

En forma complementaria, se debería también considerar datos administrativos y del comportamiento de los procesos, por ejemplo, indicadores de producción, productos rechazados, atrasos, acumulación de permisos, rotación de personal, ausentismo, accidentes laborales, etc. Estos datos deben ser analizados desde una perspectiva agregada, con el propósito de explorar tendencias que ayuden a detectar posibles consecuencias de un entorno psicosocial desfavorable.

3.2.3.- Percepción personal

Del mismo modo, deben contemplarse algunas características individuales que pueden influir en la percepción de una situación como agresiva, neutra o positiva. En general, las variables que habitualmente se incluyen en este sentido son la edad, sexo, experiencia en el puesto, antigüedad en la empresa y nivel de educación. También puede ser necesario incluir indicadores sobre las actitudes, las motivaciones o los rasgos de personalidad. En este caso, es preciso contar con la asesoría de especialistas en el campo de la psicología laboral.

3.3.- Proceso de Evaluación de los Factores Psicosociales

La evaluación de los factores psicosociales laborales, es un proceso complejo que incluye un conjunto de etapas interrelacionadas. En general, se pueden distinguir las siguientes partes:

- Identificación de los factores de riesgo.
- Selección de la metodología y técnicas de investigación.
- Análisis de los resultados y conclusiones.

A continuación se analiza cada una de estas etapas.

3.3.1.- Identificación de los factores de riesgo

El propósito de esta etapa es determinar los objetivos del estudio, definiendo de forma precisa el problema que se investigará. Como en toda evaluación de riesgos, se debe tener presente que los diferentes aspectos del trabajo interactúan entre sí, que están interrelacionados y que es necesario enfrentar el estudio conociendo sus implicancias o relaciones con el resto de los posibles factores intervinientes. Este enfoque es fundamental para conocer las causas reales del problema planteado.

Es necesario destacar que, desde la perspectiva psicosocial, en muchas ocasiones es difícil y complejo definir una situación de trabajo como intrínsecamente nociva para los trabajadores cuando es considerada en forma aislada. Como se mencionó, esto también dependerá de la percepción que los trabajadores tienen de sus posibilidades para dar respuesta a sus múltiples exigencias. Por lo tanto, es necesario obtener toda la información necesaria que permita alcanzar el objetivo de esta etapa, incluyendo el conocimiento del contexto. Al respecto, se deben considerar datos objetivos de las características de los puestos de trabajo y de las tareas, e información sobre los factores que pueden moderar o influir en la situación psicosocial. En esta etapa, es conveniente aplicar cuestionarios generales de evaluación, así como también entrevistas semi-dirigidas, observación semi-estructurada, grupos de discusión, etc.

3.3.2.- Selección de la metodología y técnicas de investigación

La metodología a aplicar en un estudio de factores psicosociales depende fundamentalmente del problema que se evaluará. La técnica comúnmente utilizada para su estudio son los cuestionarios (Carayon y Lim 2006; Heaney y Fujishiro 2006). Sin embargo, en una misma evaluación podría ser necesario utilizar métodos cualitativos y cuantitativos. Por ejemplo, la realización de grupos de discusión o entrevistas (técnicas cualitativas) permitiría definir las dimensiones y las relaciones más significativas del problema que se evaluará y, por lo tanto, pueden ser muy útiles tanto en las fases iniciales del proceso como en las fases de interpretación de los resultados.

3.3.3.- Análisis de los resultados y conclusiones

El objetivo de esta etapa es hallar las causas “reales” del problema, además de valorar el riesgo. Como en el resto de las fases de la evaluación, aquí debería combinarse el examen de los antecedentes cuantitativos (resultados de cuestionarios, datos sobre la población expuesta, estadísticas de consecuencias sobre la producción o servicio, etc.) y cualitativos (expectativas y exigencias de los trabajadores).

También hay que destacar la importancia de que en la aplicación de las herramientas de recolección de datos y en el análisis de los resultados participen especialistas en el tema.

3.4.- Evaluación de los Factores de Riesgo Psicosocial

3.4.1.- Antecedentes

En una revisión de la literatura publicada por HSE (2001), se identificaron 26 metodologías que evalúan distintas dimensiones psicosociales. Una de las conclusiones de este análisis fue que la herramienta más común es el cuestionario de auto-reporte. Además, la mayoría de estos instrumentos fueron desarrollados con propósitos de investigación, más que para ser utilizados como herramientas organizacionales de campo.

Una clasificación general de estas metodologías es la siguiente:

a) Métodos globales de evaluación: Evalúan en forma general un conjunto amplio de factores psicosociales. Algunos de estos métodos han sido elaborados por organismos relacionados con la salud laboral. Entre ellos, los habitualmente aplicados en países de habla hispana son el Método FPSICO diseñado por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España) y la metodología ISTAS 21, adaptada y validada en España del original danés (CoPsoQ) por el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud de ese país. Asimismo, el método ISTAS 21 fue validado y estandarizado en población chilena a través de un proyecto de la Superintendencia de Seguridad Social del Gobierno de Chile. Esta versión recibe el nombre de Método SUSESO -ISTAS 21.

b) Métodos específicos: Analizan de manera concreta un factor o área relacionada con el ámbito psicosocial. Por ejemplo, NIOSH Generic Job Stress Questionnaire (evalúa 13 estresores laborales), Job Content Questionnaire (evalúa contenido del trabajo), Maslach Burnout Inventory (evalúa Burnout), Measures of Role Stressors (evalúa conflicto y ambigüedad de rol). Dentro de este grupo también se pueden incluir aquellas pruebas procedentes de la psicología, que pueden ser aplicadas por especialistas para lograr un conocimiento más profundo de una situación dada. Por ejemplo, cuestionarios de personalidad, pruebas de capacidades (atención, memoria, etc.).

La tabla siguiente presenta un resumen de algunas de las principales metodologías actualmente disponibles.

Tabla 2.4 Principales metodologías para el estudio de factores psicosociales laborales

Tipo de análisis	Metodología	Publicación / Fuente
Métodos globales de evaluación	Método SUSESO -ISTAS 21	Información disponible en: www.suseso.cl Superintendencia de Seguridad Social del Gobierno de Chile (SUSESO).
	Método de Evaluación de Factores Psicosociales del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo-España).	Información disponible: www.insht.es Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). Nota Técnica de Prevención 443.
	The Job Diagnostic Survey	Hackman JR, Oldman GR. 1975. Development of the Job Diagnostic Survey. <i>Journal of Applied Psychology</i> . 60(2):159-170.

Tipo de análisis	Metodología	Publicación / Fuente
Métodos específicos	NIOSH Generic Job Stress Questionnaire	Hurrell JJ, McLaney MA. 1988. Exposure to Job Stress: A new psychometric instrument. <i>Scandinavian Journal of Work, Environment and Health</i> . 14:27-28. Disponible en: www.cdc.gov/NIOSH/
	The Stress Profile	Setterlind S, Larson G. 1995. The Stress Profile – A psychosocial approach to measuring stress. <i>Stress Medicine</i> . 11(2):85-92.
	Job Content Questionnaire	Karasek R, Brisson C, Kawakami N, Houtman I, Bongers P, Amick B. 1998. The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. <i>Journal of Occupational Health Psychology</i> . 3(4):322-355. Información disponible en: www.insht.es . Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). Notas Técnicas de Prevención 603 y 604.
	Measures of Demand and Control	Jackson PR, Wall TD, Martin R, Davids K. 1993. New measures of job control, cognitive demand and production responsibility. <i>Journal of Applied Psychology</i> . 78(5):753-762.
	NHS Workforce Initiative	Heynes CE, Wall RD, Bolden RI, Stride C, Rick J. 1999. Measures of Perceived Work Characteristics for Health Services Research: Test of a Measurement Model and Normative Data. <i>British Journal of Health Psychology</i> . 4:257-275. House RJ, Rizzo R. 1972. Towards the measurement of organizational practices: Scale development and validation. <i>Journal of Applied Psychology</i> . 56(5):388-396.
	Measures of Role Stressors (Estresores de rol)	Información disponible en: www.insht.es Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). Nota Técnica de Prevención 388.
	Pressure Management Indicator	Williams A, Cooper CL. 1998. Measuring occupational stress: Development of the Pressure Management Indicator. <i>Journal of Occupational Health Psychology</i> . 3(4):306-321.
	Maslach Burnout Inventory (MBI)	Maslach C, Schaufeli WB, Leiter MP. 2001. Job Burnout. <i>Annual Review of Psychology</i> , 52:397-422. Información disponible en: www.insht.es Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). Nota Técnica de Prevención 732.

En esta Guía Técnica se ocupará la metodología SUSES0-ISTAS 21 como criterio técnico general para la evaluación de los factores de riesgo psicosocial. Las razones de esta decisión se relacionan con que este instrumento permite la evaluación de un conjunto amplio de factores psicosociales y además fue validado y estandarizado en población chilena a través de un proyecto de la Superintendencia de Seguridad Social del Gobierno de Chile.

3.4.2.- Metodología SUSES0-ISTAS 21

En esta sección se resume información contenida en el Manual de Uso del Cuestionario de Evaluación de Riesgos Psicosociales en el Trabajo SUSES0 – ISTAS 21 elaborado por la Superintendencia de Seguridad Social, que se encuentra disponible en www.suseso.cl.

a) Antecedentes: El modelo “demanda-control/apoyo social” (Karasek y Theorell 1990) ha sido el enfoque más influyente desde principios de los años 80 en la investigación sobre el entorno psicosocial laboral, el estrés y la enfermedad, así como el que presenta mayor evidencia científica a la hora de explicar efectos en la salud. Es el resultado de la integración de diversas teorías anteriores y contemporáneas.

De acuerdo al modelo inicial de “demanda-control”, para que las condiciones de la organización del trabajo representen riesgo para la salud, se tiene que dar una combinación de situaciones, donde la condición de mayor riesgo, o más negativa, está dada por altas exigencias psicológicas y un bajo control de la tarea (autonomía); situación denominada de “alta tensión”. La situación de alta tensión es generadora de estrés que, si es mantenido o si tiene una intensidad significativa, puede conducir a la aparición de enfermedad física o psíquica.

El segundo modelo se refiere a los niveles de apoyo social que el trabajador obtiene en su lugar de trabajo. Bajos niveles de apoyo social se asocian con peores índices de salud. Más adelante, Karasek integra esta dimensión en su modelo y plantea que altos niveles de apoyo social podrían ejercer una función amortiguadora sobre la alta tensión, con efectos beneficiosos para el trabajador. De esta forma se llega al modelo conocido como “demanda – control/ apoyo social” (Kristensen 1995).

Por otra parte, el modelo “esfuerzo-recompensa” (Siegrist 1996) señala que la interacción entre un esfuerzo elevado y un bajo nivel de recompensa a largo plazo representa la situación de mayor riesgo para la salud.

La integración de estos modelos (demanda-control/apoyo social y esfuerzo-recompensa) ha permitido identificar factores de riesgo psicosocial en el trabajo que se relacionan con el estado de salud de los trabajadores, y han servido de fundamento para el desarrollo de instrumentos que permiten diagnosticarlos y medirlos.

Uno de estos instrumentos es el Cuestionario Psicosocial de Copenhague (CoPsoQ) del año 2000, que tiene su origen en estos modelos.

b) Cuestionario ISTAS 21 – CoPsoQ: Esta metodología corresponde a la versión en lengua castellana del Cuestionario Psicosocial de Copenhague (CoPsoQ), que resultó de la adaptación del cuestionario original danés a la población española realizada en el año 2002.

Se trata de un instrumento de evaluación de riesgos psicosociales que permite identificar y medir aquellos factores derivados de la organización del trabajo que constituyen riesgo para la salud (www.istas.ccoo.es). Al igual que el instrumento original danés, se enmarca conceptualmente en la teoría general de estrés, el uso de cuestionarios estandarizados y el método epidemiológico. Integra las dimensiones de los modelos demanda-control/apoyo social de Karasek y Therorell, y esfuerzo-recompensa de Siegrist.

Los resultados del proceso de validación y estandarización en España mostraron que ISTAS 21 era un buen instrumento, tanto por sus indicadores de fiabilidad (consistencia interna y concordancia), como por la significativa asociación de la mayoría de sus dimensiones con la salud física y/o mental.

c) Cuestionario SUSESO-ISTAS 21: El Cuestionario SUSESO-ISTAS 21 es un instrumento originado sobre la base de la validación y estandarización del Método ISTAS 21, adaptada a la población chilena y aplicable a las distintas actividades económicas y productivas, que está orientado a identificar y medir el riesgo psicosocial presente en el ámbito laboral en Chile. Se desarrollaron 2 versiones, a saber:

- **Cuestionario SUSESO-ISTAS 21-Versión Completa:** Se trata de la versión íntegra del Cuestionario SUSESO-ISTAS 21, para ser aplicado como herramienta de investigación. Su acceso se encuentra restringido a aquellos individuos o entidades que lo soliciten directamente al Departamento Médico de la Superintendencia de Seguridad Social.
- **Cuestionario SUSESO-ISTAS 21-Versión Breve:** Es una versión acotada del Cuestionario SUSESO-ISTAS 21, que consta de 20 preguntas, para ser aplicado en cualquier empresa o institución, pública o privada, adscrita al sistema de seguridad social regido por la Ley N° 16.744. Se encuentra disponible en www.suseso.cl y su uso se encuentra sujeto a las condiciones establecidas en su respectivo Manual de Uso.

La tabla siguiente describe las 5 dimensiones y 20 sub-dimensiones incluidas en este instrumento:

Tabla 2.5 Dimensiones y sub-dimensiones incluidas en el cuestionario SUSES0-ISTAS 21- Versión breve

Dimensión psicosocial	Sub-dimensiones
1.- Exigencias psicológicas	<p>1.1.- Exigencias psicológicas cuantitativas: Se definen como la cantidad o volumen de trabajo y el tiempo disponible para realizarlo. Si el tiempo es insuficiente, las altas exigencias se presentan como un ritmo de trabajo rápido, imposibilidad de llevar el trabajo al día o acumulación de trabajo, y también puede tener relación con la distribución temporal irregular de las tareas. Puede ocurrir la situación contraria, con exigencias limitadas o escasas.</p>
	<p>1.2.- Exigencias psicológicas cognitivas: Tratan sobre la toma de decisiones, tener ideas nuevas, memorizar, manejar conocimientos y controlar muchas dimensiones a la vez.</p>
	<p>1.3.- Exigencias psicológicas emocionales: Incluyen aquellas que afectan los sentimientos, sobre todo cuando requieren capacidad para entender la situación de otras personas que también tienen emociones y sentimientos que pueden ser transferidos y ante quienes se puede mostrar comprensión y compasión.</p>
	<p>1.4.- Exigencias psicológicas de esconder emociones. Esta exigencia afecta tanto a los sentimientos negativos como a los positivos, pero en la práctica se trata de reacciones y opiniones negativas que el trabajador o trabajadores esconden al público.</p>
	<p>1.5.- Exigencias psicológicas sensoriales: Exigencias laborales en relación con los sentidos, que representan una parte importante de las exigencias impuestas por el trabajo. Se han relacionado con los síntomas somáticos de estrés, probablemente por su relación con variables ergonómicas.</p>
2.- Trabajo activo y posibilidades de desarrollo	<p>2.1.- Influencia: La influencia es tener margen de decisión, de autonomía respecto al contenido y las condiciones de trabajo (orden, métodos a utilizar, tareas a realizar, cantidad de trabajo, etc.).</p>
	<p>2.2.- Posibilidades de desarrollo en el trabajo: Se evalúa si el trabajo es fuente de oportunidades de desarrollo de las habilidades y conocimientos de cada persona.</p>
	<p>2.3.- Control sobre los tiempos de trabajo: Esta dimensión complementa la de influencia, con relación al control sobre los tiempos a disposición del trabajador.</p>
	<p>2.4.- Sentido del trabajo: El hecho de ver sentido al trabajo significa poder relacionarlo con otros valores o fines que los simplemente instrumentales (estar ocupado y obtener a cambio unos ingresos económicos).</p>
	<p>2.5.- Integración en la empresa: Estrechamente relacionada con la anterior, sin embargo, se concentra en la implicación de cada persona en la empresa y no en el contenido de su trabajo en sí.</p>

3.- Apoyo social en la empresa y calidad de liderazgo	3.1.- Claridad de rol: Esta definición tiene que ver con la definición del puesto de trabajo. Si el papel a desempeñar no está bien definido puede ser un factor muy estresante.
	3.2.- Conflicto de rol: Trata de las exigencias contradictorias que presentan en el trabajo y de los conflictos de carácter profesional o ético, cuando las exigencias de lo que hay que hacer entran en conflicto con las normas y valores personales.
	3.3.- Calidad de liderazgo: El papel de la dirección y la importancia de la calidad de dirección para asegurar el crecimiento personal, la motivación y el bienestar de los trabajadores. La calidad de la dirección exhibe una clara relación con la salud de los trabajadores, especialmente la salud mental.
	3.4.- Calidad de la relación con superiores: Se refiere al hecho de recibir de superiores información adecuada y suficiente, y ayuda necesaria y oportuna.
	3.5.- Calidad de la relación con los compañeros/as de trabajo: Se refiere al hecho de recibir ayuda necesaria y oportuna de los compañeros/as de trabajo, junto con el sentimiento de formar parte de un grupo social.
4.- Compensaciones	4.1.- Inseguridad respecto al contrato de trabajo: Existe evidencia de que la inseguridad en el empleo, la temporalidad y, en general, la precariedad laboral se relacionan con múltiples indicadores de salud, y se ha puesto especialmente de manifiesto su relación con la siniestralidad laboral. Esta dimensión incluye la inseguridad de las condiciones de trabajo: movilidad funcional y geográfica, cambios de la jornada y horario de trabajo, salario y forma de pago y carrera profesional. También incluye la estabilidad del contrato y de las remuneraciones y las posibilidades de ascenso en el trabajo.
	4.2.- Inseguridad respecto a las características del trabajo: Esta subdimensión se refiere específicamente a la estabilidad en ciertas características del puesto de trabajo, tales como el lugar, los horarios y las tareas que se realiza.
	4.3.- Estima: Componente de la dimensión de compensaciones del trabajo, integrante del modelo «esfuerzo—recompensa». Incluye el reconocimiento de los superiores y del esfuerzo realizado para desempeñar el trabajo, recibir el apoyo adecuado y un trato justo en el trabajo. Representa una compensación psicológica obtenida de manera suficiente o insuficiente a cambio del trabajo realizado.
5.- Doble presencia	5.1.- Carga de tareas domésticas: Se refiere a la cantidad de trabajos domésticos y/o familiar que depende del trabajador(a).
	5.2.- Preocupación por tareas domésticas: Corresponde a la preocupación que las tareas del trabajo doméstico y/o familiar producen en el trabajador(a).

d) Puntuación de SUSES0-ISTAS 21: La puntuación del cuestionario está dada por una escala de tipo Likert asociada a cada pregunta, con un máximo de 4 puntos por pregunta, donde una mayor puntuación indica mayor riesgo.

Como cada dimensión tiene un número diferente de subdimensiones y de preguntas, sus puntuaciones no son iguales. Por ejemplo, en la versión corta la dimensión exigencias psicológicas tiene 5 preguntas y un puntaje máximo de 20 puntos, pero la dimensión doble presencia tiene sólo dos preguntas y un máximo de 8 puntos.

Se estimó los puntajes de cada dimensión y subdimensión por terciles, con el propósito de establecer rangos “bajo”, “medio” y “alto” de exposición a los factores de riesgo psicosocial. La validez convergente de estos rangos fue evaluada tanto con el puntaje GHQ-12 como con el puntaje SF-36, cuyo resultado mostró una significativa correlación entre las tres escalas. Esto permitió establecer de modo confiable los tres rangos de exposición al riesgo para cada subdimensión, según se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2.6 Rangos de exposición a riesgo de SUSES0-ISTAS 21

	Puntuación de cada subdimensión					Nivel de riesgo
	EP	TA y PD	AS y CL	C	DP	
Puntuación SUSES0-ISTAS 21	De 0 a 8	De 0 a 5	De 0 a 3	De 0 a 2	De 0 a 1	Bajo
	De 9 a 11	De 6 a 8	De 4 a 6	De 3 a 5	De 2 a 3	Medio
	De 12 a 20	De 9 a 20	De 7 a 20	De 6 a 12	De 4 a 8	Alto

- Donde:
- EP = Exigencias psicológicas
 - TA y PD = Trabajo activo y posibilidades de desarrollo
 - AS y CL = Apoyo social en la empresa y calidad de liderazgo
 - C = Compensaciones
 - DP = Doble presencia

Según esta tabla, un puntaje “bajo” muestra el nivel de exposición al riesgo más favorable para los trabajadores, y “alto” es lo contrario. Para más detalles y acceder al cuestionario SUSES0-ISTAS 21 dirigirse a www.suseso.cl.

CAPÍTULO 4: TURNOS Y HORARIOS DE TRABAJO

4.1.- Antecedentes sobre el Trabajo en Turnos

Existen razones sociales, tecnológicas, organizacionales y económicas que justifican el trabajo en turnos. Sin embargo, en virtud de sus consecuencias desfavorables sobre las personas, éste es uno de los factores de la organización del trabajo de mayor relevancia en Ergonomía y Salud Ocupacional.

Según lo publicado en la literatura técnica nacional, en Chile cerca del 25% de la población laboral dependiente trabaja en algún sistema de turnos. Además, la aplicación de este esquema de organización del trabajo es creciente en distintos sectores industriales, incluyendo los servicios [Córdova 1999; Echeverría et al. 2004].

A nivel nacional, más del 30% de las empresas opera con sistemas de turnos. Esta forma de organización destaca en sectores de actividades económicas como hoteles y restaurantes, servicios sociales y de salud, suministro de electricidad, gas y agua e industrias manufactureras no metálicas. En otros sectores, como el comercio, transporte, almacenamiento y comunicaciones, pesca, minería, intermediación financiera y actividad inmobiliaria, el uso del trabajo en turnos también es frecuente (ENCLA 2006).

Para los propósitos de esta Guía Técnica, se define “trabajo en turnos” como aquel que se realiza en horarios alternados de la jornada (por ejemplo: cambios entre turno matutino, turno vespertino y turno nocturno) o bien en forma permanente en horarios inusuales del día (por ejemplo: turno permanente de noche, turno permanente vespertino).

Los trabajadores de turnos pueden realizar su actividad en la mañana, la tarde, la noche, con sobretiempo o en un esquema con días de jornada prolongada. Muchos trabajan de acuerdo a un sistema de turnos, lo que significa que cambian del día a la tarde, de la tarde a la noche, o según otra secuencia. Esto puede ocurrir en diversas ocasiones en la semana o en el mes.

TRABAJO EN TURNOS:

Se define “trabajo en turnos” como aquel que se realiza en horarios alternados de la jornada (por ejemplo: cambios entre turno matutino, turno vespertino y turno nocturno) o bien en forma permanente en horarios inusuales del día (por ejemplo: turno permanente de noche, turno permanente vespertino).

4.2.- Efecto en las Personas

4.2.1.- Contexto general de las consecuencias desfavorables del trabajo en turnos

Los seres humanos somos criaturas diurnas que poseemos ritmos biológicos generados por osciladores internos que forman parte de nuestro patrimonio genético. En este “reloj biológico”, el periodo de las oscilaciones es cercano a un día (25,5 horas aproximadamente). De ahí el término “circadiano”, que proviene del latín circa-dies, que significa “alrededor de un día”.

Existen algunas variables fisiológicas que exhiben un ritmo circadiano, entre otras, la temperatura corporal y la producción de ciertas hormonas (Monk y Folkard 1992)³. Bajo condiciones normales estos ritmos están alineados para determinar las fases de sueño durante la noche y vigilia durante el día. Trabajando juntos, estos ritmos tienen el efecto de hacer cesar algunos procesos para que la persona pueda tener una noche de sueño reparador y activar otros en la mañana de modo que pueda estar alerta y activa durante el día (Monk et al. 1996).

Estos patrones pueden ser “modulados” o “alterados” por factores exógenos como el ciclo luz-oscuridad, el entorno social, y por supuesto, los horarios de trabajo. Ocurre una “alteración de los ritmos circadianos” cuando entre ellos se presenta una desorganización o bien cuando ocurre una desincronización entre los ritmos generados por el reloj biológico y el ciclo ambiental de 24 horas. Asimismo, la evidencia científica indica que poseemos una “inercia” hacia una orientación diurna. Es posible adaptarse al trabajo nocturno, aunque lentamente, no obstante nuestro organismo está mejor preparado para mantenerse alerta y activo durante el día (Monk y Folkard 1992).

Otra fuente de problemas para los trabajadores de turnos es que la luz del día es una clave ambiental extremadamente poderosa. En consecuencia, el ajuste al trabajo nocturno nunca sería completo, pues se perdería durante los días libres.

En forma complementaria, vivimos en una “cultura diurna” donde se espera que la interacción social y familiar se lleve a cabo fundamentalmente durante el día, las tardes o los fines de semana. Esto origina que los trabajadores de turnos tengan más dificultades en mantener las relaciones usuales en su ambiente social.

³ Dentro de estas variables se encuentra la concentración sanguínea de cortisol, llamada hormona del despertar, que presenta un peak en la mañana. También está la melatonina, llamada hormona del sueño, cuya concentración presenta un peak en la noche. Por otra parte, la temperatura central, también presenta un registro característico durante las 24 horas con su punto más bajo en torno a las 5:00 horas y su nivel más alto alrededor de las 21:00 horas (Monk y Folkard 1992).

Por lo tanto, el trabajo en turnos, en particular el nocturno, puede provocar consecuencias desfavorables sobre los trabajadores a través de tres vías, a saber:

a) Alteración de los ritmos circadianos (desincronización o desorganización interna).

b) Alteraciones de los patrones socio-temporales (trastornos de la vida familiar y social).

c) Cambios desfavorables en los estilos de vida (por ejemplo aumento del consumo de tabaco, alimentación deficiente e irregular).

4.2.2.- Evidencia científica

El trabajo en turnos ha sido reconocido como un factor de riesgo ocupacional. La evidencia científica actual indica que esta forma de organización del trabajo, puede representar una condición de tensión biológica, mental y social que comprometería la salud, seguridad, rendimiento y bienestar de los trabajadores (Harrington 2001; Folkard y Tucker 2003; Costa 2003; Di et al. 2008).

Habitualmente, se ocupan tres categorías para clasificar su impacto en las personas: trastornos del sueño (Akerstend 1990; Mahan et al. 1990), alteraciones físicas y psicológicas (Bohle 1989), y trastornos sociales y familiares (Colligan y Rosa 1990). No obstante, la mayoría de estos problemas son de naturaleza multifactorial. A continuación se resumen algunos aspectos.

a) Efectos sobre el sueño: El sueño, tanto en calidad como cantidad, es una de las principales funciones que se alteran con el trabajo en turnos. Este efecto es particularmente importante en el trabajo nocturno. Generalmente, el sueño que se logra en el día es dos o tres horas más corto que el nocturno. Asimismo, es más ligero y vulnerable a los estímulos ambientales, como el ruido. Este problema se agudiza con los años, pues el sueño se hace cada vez más frágil y corto con la edad. Entre otros efectos, las alteraciones del sueño podrían causar fatiga física crónica y cambios en los patrones de comportamiento (Costa 1996; Morshead 2002; Akerstedt 2003.).

b) Impacto social y familiar: El tiempo destinado a la familia y las actividades sociales, depende del horario de trabajo y de la flexibilidad de esos eventos. En este ámbito, existe evidencia que algunos trabajadores que realizan turnos nocturnos presentan más dificultades en mantener las relaciones usuales en el ámbito social, familiar y marital (Costa 1996; Harrington 2001; Demerouti et al. 2004). En Chile, las encuestas señalan que las quejas más comunes de los trabajadores de turnos se relacionan con las alteraciones de la vida familiar y social (ACHS 1995).

c) Algunos efectos de largo plazo sobre la salud: En el largo plazo, existen probabilidades de que se produzcan efectos negativos en la salud, ocasionados directa o indirectamente por el trabajo en turnos. El estudio de este aspecto es difícil, considerando que un trabajador podría migrar a un empleo diurno si piensa que su salud está siendo afectada. Esto dificulta establecer la relación entre un factor laboral y el problema de salud específico. Por lo tanto, a pesar de la suposición generalizada de que la alteración del sistema circadiano puede tener efectos perjudiciales a largo plazo, no ha resultado fácil establecer una relación causa-efecto (Knauth 2001). A continuación se comentan dos ámbitos particulares:

- **Problemas digestivos:** Los problemas gastrointestinales son muy comunes en la población general. Sin embargo, son más comunes en trabajadores de turnos que en trabajadores que no se desempeñan bajo esta forma de organización del trabajo (Knutsson 2003). La causa de esto estaría asociada a que la ingesta y digestión de alimentos y la eliminación de desechos siguen un ritmo circadiano y además es probable que ocurran alteraciones de los hábitos y calidad de la alimentación en los trabajadores. A largo plazo los hábitos alimenticios irregulares pueden provocar molestias e incluso trastornos gastrointestinales (Knauth 2001).

- **Problemas cardiovasculares:** Los trastornos cardiovasculares pueden tener diferentes causas. La evidencia científica acumulada señala que las condiciones de trabajo pueden contribuir a la generación de estos problemas. Entre ellas está la exposición a agentes químicos, ruido y vibraciones. Adicionalmente, un conjunto de factores psicosociales, incluido el trabajo en turnos, están asociados con un aumento del riesgo cardiovascular (Knutsson 2003). La forma en que el trabajo en turnos afecta a este sistema aún no está claramente establecida. Sin embargo, es clara la importancia del efecto global que puede tener el nivel de estrés individual, las dietas inadecuadas, los antecedentes familiares y los hábitos de ingesta de alcohol, café y consumo de tabaco en la aparición de enfermedades cardiovasculares (Costa 1996; Knutsson 2003).

d) Rendimiento y seguridad: Los ritmos circadianos influyen en el nivel de alerta de las personas. Los estudios señalan que el rendimiento humano es más alto en el período de vigilia diurna, con un nadir a primera hora de la mañana y luego otra disminución menos acentuada al iniciar la tarde. Esto traería como consecuencia una mayor probabilidad de cometer errores en el turno nocturno (Monk et al. 1996; Akerstedt 2003).

Por su parte, los estudios de la accidentabilidad en trabajadores de turnos son controversiales. Algunas investigaciones han reportado más accidentes en los turnos nocturnos y otras en los turnos de día. Sin embargo, parece haber coincidencia en que los accidentes que ocurren en la noche revisten mayor gravedad (Duchon y Smith 1993; Monk et al. 1996; Folkard y Tucker 2003.). Estudios realizados en Chile confirman esto último, aunque también muestran que en virtud de la considerable cantidad de variables que pueden influir en la seguridad de las personas, no se debe generalizar conclusiones respecto al patrón temporal de la accidentabilidad que exhiben las empresas que realizan turnos (Córdova 2002).

4.3.- Evaluación de Sistemas de Turnos

4.3.1.- Antecedentes

El trabajo en turnos es un problema complejo, por lo que la evaluación de sus consecuencias sobre las personas requiere un enfoque interdisciplinario. En efecto, la evidencia científica disponible indica que el nivel de tolerancia y adaptación al trabajo en turnos y nocturno difiere de una persona a otra y depende de factores individuales (edad, características fisiológicas, personalidad, etc.), de condiciones laborales (carga de trabajo, horario de trabajo, condiciones ambientales, etc.) y condiciones sociales (carga de trabajo doméstica, características familiares, etc.) (Baker et al. 2004 ; Costa 2004).

En principio, el diseño de un sistema de turnos debería minimizar los efectos negativos sobre la salud, vida social, seguridad y rendimiento de los trabajadores a través de la incorporación de recomendaciones de Ergonomía. Por su puesto, también se espera que simultáneamente se cumplan las exigencias de la legislación laboral chilena vigente en esta materia y los requisitos operativos del sistema de producción.

Se han publicado metodologías de naturaleza subjetiva que permiten evaluar alteraciones del sueño, salud y vida social de los trabajadores expuestos al trabajo en turnos. Al respecto, algunos de los instrumentos de mayor difusión en estos ámbitos es la Escala de Hipersonomía de Epworth (Johns 1991) y Standard Shiftwork Index (Barton et al. 1995). Ambos cuestionarios han sido aplicados en Chile para evaluar percepción en trabajadores de turnos pertenecientes a distintos sectores laborales (Córdova 2004; Córdova et al. 2006).

Sin perjuicio de lo señalado, para los propósitos de esta Guía Técnica la evaluación de un sistema de turnos se asocia exclusivamente a determinar su calidad, que se puede medir en forma objetiva al valorar el grado en que las recomendaciones de Ergonomía están incorporadas en su diseño. En la literatura de Ergonomía, se han publicado algunos modelos que buscan cumplir con este objetivo (Kostreva et al 1991; Schönfelder y Knauth 1993; Nachreiner et al. 1993). En particular, la metodología propuesta por Schönfelder y Knauth (1993), denominada "BESIAK" por sus autores, ha sido recomendada como criterio de

evaluación (Konz 1998), y aplicada en Europa para evaluar o diseñar sistemas de turnos de diferentes industrias (Gissel y Knauth 1998a; Gissel y Knauth 1998b). Asimismo, se ha aplicado con éxito en Chile para evaluar o comparar sistemas de turnos ocupados en distintos sectores laborales (Córdova 2004; Córdova et al. 2006; Córdova et al. 2007).

Sobre la base de la evidencia disponible, en esta Guía Técnica se ocupará la metodología BESIAK como criterio técnico para la evaluación de un sistema de turnos.

4.3.2.- Metodología BESIAK

a) Definiciones: Según esta metodología, el impacto de un esquema horario en las personas se verifica en dos ámbitos principales: salud y vida social. En ambos se han definido recomendaciones o principios de diseño fundamentales, que se basan en los resultados de investigaciones. La tabla siguiente resume lo planteado:

Tabla 2.7 Impacto social y sobre la salud del trabajo en turnos y principios de diseño (recomendaciones), según Schönfelder y Knauth (1993)

Impacto en las personas	Principios de diseño (recomendaciones)
Trastornos en la salud	1. El número de noches consecutivas debería ser el menor posible. 2. Se debería evitar la acumulación de horas de trabajo. 3. Se debería evitar los periodos cortos de tiempo libre entre dos turnos. 4. Se debería preferir la rotación en secuencia hacia adelante. 5. El turno de mañana no deberían iniciarse demasiado temprano.
Alteraciones sociales	6. Se debería permitir dos días libres en fin de semana. 7. Se debería evitar los cambios de corto plazo en las rotaciones. 8. El sistema de turnos debería ser regular y el ciclo del turno debería ser lo más corto posible. 9. Se debería permitir al menos una tarde libre por semana.

Los principios de diseño de sistemas de turnos indicados en la columna de la derecha de la Tabla 2.7, han sido confirmados en publicaciones recientes de Ergonomía (Konz 1998; Knauth 2001; Knauth 2006). Ahora bien, la metodología BESIAK propone 14 indicadores para medir el grado en que un sistema de turnos incorpora tales recomendaciones. Cada indicador tiene una expresión matemática específica que permite calcular un puntaje respectivo utilizando como datos de entrada las variables estructurales del sistema de turnos que se analiza.

La tabla siguiente indica las expresiones de cálculo y las respectivas puntuaciones para estos 14 indicadores:

Tabla 2.8 Evaluación de un sistema de turnos basada en la metodología BESIAC

Indicador N°	Evaluación	Rango	Puntuación
1.- Noches consecutivas	k_1 = número de turnos nocturnos consecutivos Contar el número máximo de turnos nocturnos consecutivos	$k_1 \geq 7$	73,5
		$k_1 = 6$	66,15
		$k_1 = 5$	51,45
		$k_1 = 4$	44,1
		$k_1 = 3$	29,4
		$k_1 = 2$	22,05
		$k_1 = 1$	7,35
		$k_1 = 0$	0
2.- Dosis de turnos nocturnos	k_2 = razón de turnos nocturnos $k_2 = \frac{n_n}{n_t}$ Donde: n_n = número de turnos nocturnos n_t = total de días en el ciclo de turnos	$0,70 < k_2 \leq 1$	171,5
		$0,63 < k_2 \leq 0,7$	154,35
		$0,56 < k_2 \leq 0,63$	137,2
		$0,49 < k_2 \leq 0,56$	120,05
		$0,42 < k_2 \leq 0,49$	102,9
		$0,35 < k_2 \leq 0,42$	85,7
		$0,21 < k_2 \leq 0,35$	68,6
		$0,14 < k_2 \leq 0,21$	52,45
		$0,07 < k_2 \leq 0,14$	34,3
		$0 < k_2 \leq 0,07$	17,15
$k_2 = 0$	0		
3.- Días de trabajo consecutivos por turno	k_3 = número de días de trabajo consecutivos Contar el número máximo de días de trabajo consecutivos (turnos de mañana, turnos de tarde o turnos de noche)	$k_3 > 10$	87,5
		$k_3 = 10$	78,75
		$k_3 = 9$	70
		$k_3 = 8$	61,25
		$k_3 = 7$	52,5
		$k_3 = 6$	43,75
		$k_3 = 5$	35
		$k_3 = 4$	26,25
		$k_3 = 3$	17,5
		$k_3 = 2$	8,75
$k_3 = 1$	0		
4.- Horas de trabajo semanal	k_4 = razón de semanas con más de 45 horas de trabajo $k_4 = \frac{n_{w > 45}}{n_w}$ Donde: $n_{w > 45}$ = número de semanas que poseen más de 45 horas de trabajo n_w = número de semanas en el ciclo de turnos	$0,9 < k_4 \leq 1$	87,5
		$0,8 < k_4 \leq 0,9$	78,75
		$0,7 < k_4 \leq 0,8$	70
		$0,6 < k_4 \leq 0,7$	61,25
		$0,5 < k_4 \leq 0,6$	52,5
		$0,4 < k_4 \leq 0,5$	43,75
		$0,3 < k_4 \leq 0,4$	35
		$0,2 < k_4 \leq 0,3$	26,25
		$0,1 < k_4 \leq 0,2$	17,5
		$0 < k_4 \leq 0,1$	8,75
$k_4 = 0$	0		

Tabla 2.8 Evaluación de un sistema de turnos basada en la metodología BESIAC. (continuación)

Indicador N°	Evaluación	Rango	Puntuación
5.- Secuencias desfavorables	$K_5 = \frac{n_u}{n_w}$ Donde: n_u = número de secuencias prohibidas o desfavorables n_w = número de semanas en el ciclo de turnos Secuencias prohibidas: N/M; M/T; T/N; N/T; T/M; M/N Secuencias desfavorables: N/-/M; N/-/N (N = noche, M = mañana, T = tarde)	$2,5 < k_5 \leq 7$	210
		$2,0 < k_5 \leq 2,5$	189
		$1,5 < k_5 \leq 2,0$	168
		$1,0 < k_5 \leq 1,5$	147
		$0,5 < k_5 \leq 1,0$	126
		$0,4 < k_5 \leq 0,5$	105
		$0,3 < k_5 \leq 0,4$	84
		$0,2 < k_5 \leq 0,3$	63
		$0,1 < k_5 \leq 0,2$	42
		$0 < k_5 \leq 0,1$	21
		$k_5 = 0$	0
6.- Dirección de la rotación	$k_6 = \frac{D-A}{D+A}$ Donde: D = suma de las rotaciones hacia delante (M/T/N) A = suma de las rotaciones hacia atrás (N/T/M)	$k_6 = -1$	35
		$-1,0 < k_6 < -0,8$	31,5
		$-0,8 \leq k_6 < -0,6$	28
		$-0,6 \leq k_6 < -0,4$	24,5
		$-0,4 \leq k_6 < -0,2$	21
		$-0,2 \leq k_6 < 0,2$	17,5
		$0,2 \leq k_6 < 0,4$	14
		$0,4 \leq k_6 < 0,6$	10,5
		$0,6 \leq k_6 < 0,8$	7
		$0,8 \leq k_6 < 1,0$	3,5
		$k_6 = 1,0$	0
7.- Horario de inicio del turno matutino	$k_7 =$ horario de inicio del turno matutino Seleccionar el horario en que se inicia el turno matutino	Antes de las 05:01	35
		05:00 – 05:30	31,5
		05:31 – 06:00	28
		06:01 – 06:30	21
		06:31 – 07:00	21
		07:01 – 07:30	7
		07:31 – 08:00	3,5
		Después de las 08:00	0
8.- Tiempo libre en fines de semana	$k_8 = \frac{n_{sd} + 0,43 n_s}{n_w}$ Donde: n_{sd} = número de semanas sin sábados ni domingos libres n_s = número de semanas con sábados libres o domingos libres n_w = número de semanas en el ciclo de turnos	$0,9 < k_8 \leq 1$	126
		$0,8 < k_8 \leq 0,9$	113,4
		$0,7 < k_8 \leq 0,8$	100,8
		$0,6 < k_8 \leq 0,7$	88,2
		$0,5 < k_8 \leq 0,6$	75,6
		$0,4 < k_8 \leq 0,5$	63
		$0,3 < k_8 \leq 0,4$	50,4
		$0,2 < k_8 \leq 0,3$	37,8
		$0,1 < k_8 \leq 0,2$	25,2
		$0 < k_8 \leq 0,1$	12,6
		$k_8 = 0$	0

Tabla 2.8 Evaluación de un sistema de turnos basada en la metodología BESIAC. (continuación)			
Indicador N°	Evaluación	Rango	Puntuación
9.- Ajuste del horario de trabajo	$k_9 = \text{índice de ajuste del horario de trabajo}$ $k_9 = \frac{n_z + 0,25 n_f}{n_w}$ Donde: $n_z = \text{número de turnos adicionales más allá de los acordados}$ $n_f = \text{número de días libre pagados}$ $n_w = \text{número de semanas en el ciclo de turnos}$	$1,8 < k_9 \leq 7$	24
		$1,6 < k_9 \leq 1,8$	21,6
		$1,4 < k_9 \leq 1,6$	19,2
		$1,2 < k_9 \leq 1,4$	16,8
		$1,0 < k_9 \leq 1,2$	14,4
		$0,8 < k_9 \leq 1,0$	12
		$0,4 < k_9 \leq 0,8$	7,2
		$0,2 < k_9 \leq 0,4$	4,8
		$0 < k_9 \leq 0,2$	2,4
		$k_9 = 0$	0
10.- Semanas sin tiempo libre en la tarde	$k_{10} = \text{razón de semanas sin tiempo libre en la tarde}$ $k_{10} = \frac{n_{st}}{n_w}$ Donde: $n_{st} = \text{número de semanas sin tardes libres}$ $n_w = \text{número de semanas en el ciclo de turnos}$	$0,9 < k_{10} \leq 1$	126
		$0,8 < k_{10} \leq 0,9$	113,4
		$0,7 < k_{10} \leq 0,8$	100,8
		$0,6 < k_{10} \leq 0,7$	88,2
		$0,5 < k_{10} \leq 0,6$	75,6
		$0,4 < k_{10} \leq 0,5$	63
		$0,3 < k_{10} \leq 0,4$	50,4
		$0,2 < k_{10} \leq 0,3$	37,8
		$0,1 < k_{10} \leq 0,2$	25,2
		$0 < k_{10} \leq 0,1$	12,6
11.- Semanas en el sistema de turnos	$k_{11} = \text{número de semanas en el ciclo de turnos}$ Contar el número de semanas en el ciclo de turnos	$k_{11} > 10$	6
		$k_{11} = 10$	5,4
		$k_{11} = 9$	4,8
		$k_{11} = 8$	4,2
		$k_{11} = 7$	3,6
		$k_{11} = 6$	3
		$k_{11} = 5$	2,4
		$k_{11} = 4$	1,8
		$k_{11} = 3$	1,2
		$k_{11} = 2$	0,6
		$k_{11} = 1$	0
12.- Distribución de los días libres y de trabajo	$k_{12} = \text{Número de cambios (día de trabajo, día libre) en el sistema de turnos}$ Seleccionar el número de cambios (día de trabajo, día libre) en el sistema de turnos	$k_{12} \geq 6$	6
		$k_{12} = 5$	4,8
		$k_{12} = 4$	3,6
		$k_{12} = 3$	2,4
		$k_{12} = 2$	1,2
$k_{12} = 1$	0		

Tabla 2.8 Evaluación de un sistema de turnos basada en la metodología BESIAC. (continuación)			
Indicador N°	Evaluación	Rango	Puntuación
13.- Tipos de turnos	k_{13} = número de diferentes tipos de turnos Seleccionar el número de turnos	$k_{13} \geq 6$	6
		$k_{13} = 5$	4,8
		$k_{13} = 4$	3,6
		$k_{13} = 3$	2,4
		$k_{13} = 2$	1,2
		$k_{13} = 1$	0
14.- Secuencia	k_{14} = índice de secuencia L_b = largo de los bloques de turno para cada tipo de turno (máximo menos mínimo) I_b = intervalo entre los bloques de turno para cada tipo de turno (máximo menos mínimo) Determinar k_{14} ocupando la siguiente matriz	$4,6 < k_{14} \leq 5$	6
		$4,2 < k_{14} \leq 4,6$	5,4
		$3,8 < k_{14} \leq 4,2$	4,8
		$3,4 < k_{14} \leq 3,8$	4,2
		$3,0 < k_{14} \leq 3,4$	3,6
		$2,6 < k_{14} \leq 3,0$	3
		$2,2 < k_{14} \leq 2,6$	2,4
		$1,8 < k_{14} \leq 2,2$	1,8
		$1,4 < k_{14} \leq 1,8$	1,2
		$1,0 < k_{14} \leq 1,4$	0,6
		$k_{14} = 1$	0

		Lb				
		0	1	2	3	más de 4
lb	0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
	2	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
	3	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
	más de 4	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

b) Puntuación de la metodología BESIAC: La suma de la puntuación obtenida en cada uno de los 14 indicadores de BESIAC permite obtener un puntaje total, que se encuentra en un rango de 0 a 1000 puntos. Según Gissel y Knauth (1998a), puntajes totales BESIAC mayores que 309,24 (DE = 104,22) indicarían un “incumplimiento creciente” de recomendaciones de Ergonomía en el diseño del sistema de turnos. Es decir, cuando un sistema de turnos posee un puntaje sobre ese valor, podría significar la presencia de efectos de importancia creciente sobre la salud bienestar, vida social, adaptación y rendimiento de los trabajadores. Sobre la base de estos antecedentes, es posible construir una escala de riesgo como la indicada en la Tabla 2.9. Según esta tabla, un puntaje total BESIAC menor que 300 representa el nivel de exposición al riesgo más favorable para los trabajadores. La condición más desfavorable se obtendría para puntajes mayores que 600.

Tabla 2.9 Rangos de exposición a riesgo según BESIAC (adaptado de Gissel y Knauth (1998))	
Puntuación de referencia	Nivel de Riesgo
BESIAC total ≤ 300	Bajo
$300 < \text{BESIAC total} \leq 600$	Medio
BESIAC total > 600	Alto

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE LA CARGA ORGANIZACIONAL

5.1.- Introducción

La evaluación de la carga organizacional requiere un conocimiento suficiente del sistema de trabajo, lo que involucra el estudio de las características de las personas, la tecnología que se utiliza, la estructura organizacional y el medioambiente interno y externo. Para el levantamiento en terreno de estos datos, el evaluador puede ocupar como guía lo descrito en el Capítulo 2 de este módulo en lo que se refiere a la identificación y descripción de las características objetivas de la organización del trabajo. Estos datos servirán de fundamento para el proceso de evaluación y además complementarán la información que se obtenga a través de la aplicación de otras estrategias de recolección de información que se considere pertinente ocupar; por ejemplo entrevistas semi-dirigidas, observación semi-estructurada o grupos de discusión.

5.2.- Criterio de Evaluación

Para contextualizar la evaluación de la carga organizacional hay que hacer una distinción entre lo que se refiere a la “percepción” individual del trabajo, respecto de las características objetivas de la organización del trabajo, que potencialmente podrían causar el mismo impacto en todas las personas. Ahora bien, puesto que esta percepción a menudo se asocia con factores más accesibles y manejables a nivel individual, las herramientas publicadas en la literatura ocupan esta perspectiva para evaluar la organización del trabajo (Griffiths et al. 2006; Wynne-Jones et al. 2009). Por lo tanto, para los propósitos de esta Guía Técnica, la evaluación de la carga organizacional considera dos áreas fundamentales, a saber:

- a) La evaluación de los factores de riesgo psicosocial.
- b) La evaluación del impacto en las personas del trabajo en turnos.

Estas dos áreas pueden ser evaluadas en forma individual o simultánea. Además, el evaluador deberá valorar qué aspectos objetivos de la organización del trabajo podrían estar influyendo en los resultados obtenidos en la evaluación de los factores de riesgo psicosocial y/o en el impacto del trabajo en turnos.

Para la evaluación de la carga organizacional se ocupa la escala presentada en la Tabla 2.10. La Imagen 2.3 presenta el diagrama de decisiones correspondiente.

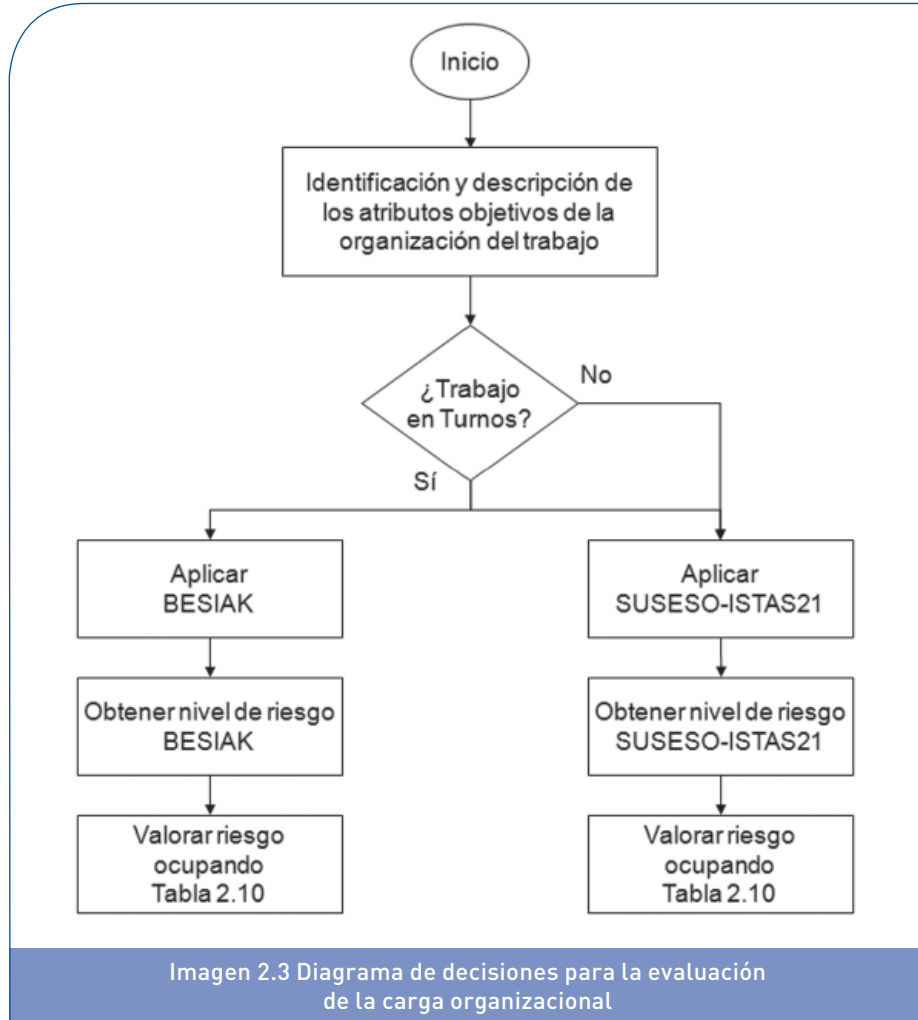


Tabla 2.10 Escala para la evaluación de la carga organizacional

Descripción	Nivel
Nivel de carga organizacional más favorable para los trabajadores	1
Nivel de carga organizacional moderado	2
Nivel de carga organizacional más desfavorable para los trabajadores	3

GLOSARIO DE TÉRMINOS SELECCIONADOS

- **Burnout:** Estado extremo de tensión psicológica que ocurre como resultado de una respuesta prolongada a estresores laborales crónicos que exceden los recursos propios y sociales de un individuo para afrontarlos. Estos estresores están principalmente ligados a situaciones de alta carga emocional.
- **Ciclo de turnos:** Es el periodo de tiempo que transcurre después del cual un sistema de turnos se repite, exactamente en el mismo día de la semana. Ver sistema de turnos.
- **Conflicto de rol:** Situación laboral que se produce cuando hay demandas o exigencias en el trabajo que son incongruentes o incompatibles. Puede darse como conflicto intra-rol (demandas contradictorias en el propio rol), inter – rol (demandas contradictorias entre diversos roles desempeñados por la misma persona) o persona – rol (demandas contradictorias entre las motivaciones, valores y competencias de un rol y la persona que lo desempeña).
- **Contenido del trabajo:** Conjunto completo de las actividades que constituye un trabajo individual. Incluye aquellos factores que determinan el grado en que las tareas y actividades que desempeña el trabajador activan sus capacidades y responden a sus necesidades y expectativas permitiendo su desarrollo personal. Dentro de estos factores está el diseño del trabajo (variedad, significado, división, etc.), entorno (interacción con colegas y jefaturas) y carga de trabajo (ritmos, presión de tiempo, etc.).
- **Dirección de rotación:** La dirección de rotación representa el orden del cambio de turno. De esta forma, una rotación hacia delante es aquella que ocurre en sentido horario, siguiendo la secuencia mañana-tarde-noche. Una rotación hacia atrás tiene dirección antihoraria, siguiendo la secuencia mañana-noche-tarde.
- **Estrés:** El estrés es el estado psicofisiológico que se deriva de la percepción de un desequilibrio entre las demandas (presiones) y la capacidad para hacer frente a esas demandas. El estrés no es una enfermedad, sino que es concebido como un sistema de alerta del ser humano.
- **Factor de riesgo:** Se refiere a todas aquellas condiciones de trabajo e individuales que, de acuerdo a la evidencia científica disponible, podrían producir una respuesta en el trabajador en la forma de incomodidad, enfermedad o trastorno a la salud, o bien que potencie el desgaste prematuro de un ámbito humano.

- **Hormonas del sueño:**

Cortisol: Dentro de las variables biológicas que presentan un comportamiento rítmico diario de 24 horas está la concentración sanguínea de cortisol, la llamada hormona del despertar, cuyo nivel desciende durante la noche y se incrementa en la mañana.

Melatonina: Dentro de las variables biológicas que presentan un comportamiento rítmico diario de 24 horas está la concentración sanguínea de melatonina, la llamada hormona del sueño. Esta hormona exhibe un comportamiento básicamente inverso al cortisol; su concentración sanguínea asciende durante la noche y baja en la mañana.

- **Nuevas formas de organización del trabajo:** Se usa esta expresión para referirse a todos aquellos métodos de estructurar, distribuir, procesar y supervisar el trabajo que se pusieron en práctica fundamentalmente a partir de los años 80 del siglo XX. Muchas de estas estrategias se basan en tecnología de producción desarrollada en empresas de Japón.

- **Organización del trabajo:** Es la forma en que el trabajo es estructurado, distribuido, procesado y supervisado. Los atributos que caracterizan a un sistema de trabajo específico, determinan la organización del trabajo.

- **Reloj biológico:** Mecanismo biológico ubicado a nivel cerebral, cuyo objetivo es controlar los ritmos biológicos a través de señales coordinadas de activación y desactivación de los órganos y sistemas del cuerpo. Ver Ritmo biológico y Ritmo circadiano.

- **Ritmo biológico:** Ciclos de cambio en los procesos fisiológicos o de comportamiento que se repiten a intervalos regulares de tiempo. Ver Ritmo circadiano.

- **Ritmo circadiano:** Ritmos biológicos generados internamente por osciladores que forman parte del patrimonio genético humano. El periodo de estas oscilaciones es cercano a un día (25.5 horas aproximadamente). De ahí el término ritmo "circadiano", que proviene del latín circa dies, que significa "alrededor de un día". Existen algunas variables biológicas que presentan un comportamiento rítmico diario de 24 horas, entre otras, está la temperatura corporal, la concentración sanguínea de cortisol y melatonina; llamadas hormonas del despertar y del sueño, respectivamente.

- **Sistema de turnos:** Se ocupa esta expresión para referirse a un esquema horario que posee cierta secuencia u orden en el tiempo de los turnos (mañana, tarde o noche). Por ejemplo: sistema 4x4, sistema 6x1 6x2 6x3, etc.

Turno fijo: Esquema donde en forma permanente se trabaja en un horario determinado, sin posibilidades de cambiar de turno.

Turno rotativo (sistema de rotación): Esquema horario donde los trabajadores pueden realizar su actividad en la mañana, la tarde o la noche, en una secuencia determinada.

• **Trabajo en turnos:** Aquel que se realiza en horarios alternados del día (por ejemplo: turno matutino, turno vespertino, turno nocturno) o bien en forma permanente en horarios inusuales del día:

Turno matutino: El turno matutino (también llamado turno de mañana o primer turno) usualmente es aquel que comienza entre las 5 y 8 a.m. y termina entre las 2 y 6 p.m.

Turno vespertino: El turno vespertino (también llamado turno de tarde o segundo turno) es aquel que usualmente se inicia entre las 2 y 6 p.m. y termina entre las 10 p.m. y 2 a.m.

Turno nocturno: El turno nocturno (también llamado turno de noche o tercer turno) es aquel que empieza usualmente entre las 10 p.m. y 2 a.m. y termina entre las 5 y 8 a.m.

• **Velocidad de rotación:** Número de días, tardes o noches de trabajo consecutivos, antes que ocurra el cambio de turno:

Rotación lenta: Corresponde a aquel sistema de rotación cuya rapidez es de semanas o meses.

Rotación rápida: Corresponde a aquel sistema de rotación cuya rapidez es de días (Ej. Dos a tres días por turno).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akerstedt T. 2003. Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occupational Medicine*. 53:89-94.

Akerstedt T. 1990. Psychological and physiological effects of shiftwork. *Scandinavian Journal of Work and Environment Health*. 16:67-73.

Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). 1995. Departamento de Ergonomía. Encuesta: Preferencias personales de sistemas de turnos. Evaluación estadística. Reporte interno.

Baez X, Galdames C. 2005. Conflicto de rol familia-trabajo desde la perspectiva de los tipos de jornada de trabajo. *Revista de Psicología de la Universidad de Chile*. 14(1):113-123.

Barondess J. 2001. Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low Back and Upper Extremities. Panel on Musculoskeletal Disorders and the Workplace, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council and Institute of Medicine. Washington DC: National Academy Press.

Barros E. 2008. El conflicto trabajo-familia afecta a la salud mental y física de las profesionales chilenas. *Vida y Salud. El Mercurio*. Jueves 28 de mayo.

Barton J., et al. 1995. The Standart Shiftwork Index : a battery of questionnaires for assessing shiftwork-related problems. *Work & Stress*. 9(1):4-30.

Baker A, Roach G, Ferguson S, Dawson D. 2004. Shiftwork experience and the value of time. *Ergonomics*. 47(3):307-317.

Bernard BP. 1997. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Technical Report 97-141.

Bohle P, Tilley AJ. 1989. The impact of night work on psychological well-being. *Ergonomics*. 32:1089-1099.

Carayon P, Lim SY. 2006. Psychosocial Work Factors. En: *The Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. USA: Taylor & Francis. p.26.1-26.9.

Carayon P, Smith M, Haims MC. 1999. Work organization, job stress, and work-related musculoskeletal disorders. *Human Factors*. 41(4):644-663.

Carayon P, Smith MJ. 2000. Work organization and ergonomics. *Applied Ergonomics*. 31:649-662.

Caruso C, Hitchcock E, Dick R, Russo J, Schmit J. 2004. Overtime and extended work shifts: Recent findings on illnesses, injuries, and health behaviors. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. DHHS (NIOSH) Publication No. 2004-143.

Casali JG, Robinson GS. 2006. Noise in Industry. En: *The Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. Taylor & Francis. p. 31.1-31.33.

Colligan MJ, Rosa RR. 1990. Shiftwork effects on social and family life. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 5(2):315-322.

Córdova V, Eyquem L, Sanhueza J, González J. 2007. Evaluación del sistema de turnos de una empresa minera de la III Región – Chile. *Ciencia y Trabajo*. 9(25):121-128.

Córdova V, Hevia JC, Figueroa A. 2006. Trabajo en turnos en el sector de la salud chileno: una comparación entre el sector público y privado. *Ciencia y Trabajo*. 8(21):147-150.

Córdova V. 1999. Turnos y horarios de trabajo. Asociación Chilena de Seguridad Ediciones.

Córdova V. 2002. Patrón de accidentabilidad en el trabajo en turnos de 7.707 empresas: experiencia ACHS. *Ciencia y Trabajo*. 6(13): 126-131.

Córdova V. 2004. Trabajo en Sistemas de Turnos en la Industria de la Salmonicultura Chilena. *Ciencia y Trabajo*. 6(13): 122– 125.

Costa G. 1996. The impact of shift and night work on health. *Applied Ergonomics*. 27(1):9-16.

Costa G. 2003. Shift work and occupational medicine: an overview. *Occupational Medicine*. 53:83-88.

Costa G. 2004. Multidimensional aspects related to shiftworkers' health and well-being. *Rev Saúde Pública*. 38(Supl):86-91.

Cox T. 1993. Stress research and stress management: putting theory to work. HSE Contract Research Report No.61. UK.

Cox T, Ferguson E. 1994. Measurement of the subjective work environment. *Work Stress*. 8 (2): 98-109.

Cox T, Griffiths AJ. 1996. The assesment of psychosocial hazards al work. En: Schabracq MJ, Winnubst JAM, Cooper CL (editors). *Handbook of Work and Health Psychology*. Chichester: Wiley & Sons. p.127-149.

Cox T, Griffiths AJ. 2004. The nature and measurement of work-related stress : theory and practice. En: Evaluation of Human Work. Third Edit. Taylor & Francis. p553-571.

Demerouti E, Geurts SAE, Bakker AB, Euwema M. 2004. The impact of Shiftwork on work-home conflict, job attitudes and health. Ergonomics. 47(9):987-1002.

Di L, Bohle P, Loudoun R, Pisarski A. 2008. Contemporary research findings in shiftwork. Applied Ergonomics. Editorial. 39:539-540.

Duchon J, Smith T. 1993. Extended workdays and safety. Ergonomics. 11:37-49.

Echeverría M, López D, Santibáñez I, Vega H. 2004. Flexibilidad laboral en Chile: Las empresas y las personas. Cuaderno de Investigación N°22. Departamento de Estudios. Dirección del Trabajo. Gobierno de Chile.

ENCLA 2006. Resultados de la Quinta Encuesta Laboral. Dirección de Estudios. Dirección del Trabajo. Gobierno de Chile.

Fidalgo M. 2006. NTP 704: Síndrome de estar quemado por el trabajo o "burnout" (I): definición y proceso de generación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). Disponible en Internet: www.insht.es

Fidalgo M. 2006. NTP 705: Síndrome de estar quemado por el trabajo o "burnout" (II): consecuencias, evaluación y prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). Disponible en Internet: www.insht.es

Folkard S, Tucker P. 2003. Shift work, safety and productivity. Occupational Medicine. 53:95-101.

Gimeno D. 2004. Los factores de riesgo laboral de naturaleza psicosocial y su prevención. Archivos de Prevención de Riesgos Laborales. 7(3):119-120.

Gissel A, Knauth P. 1998a. Assessment of shift in German industry and service sector: A computer application of the Besiak procedure. International Journal of Industrial Ergonomics. 21: 233-242.

Gisel A, Knauth P. 1998b. Knowledge-based support for the participatory design and implementation of shift systems. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 24 suppl3:88-95.

Grandjean E. 1988. Fitting the task to the man. 4th Edition. Taylor & Francis.

Griffiths A, Cox T, Karanika M, Khan S, Tomas J.M. 2006. Work design and management in the manufacturing sector: development and validation of the Work Organization Assessment Questionnaire. Occupational and Environmental Medicine. 63:669-675.

Hagberg M, Silverstein B, Wells R, Smith MJ, Hendrick HW, Carayon P, Perusse M. 1995. Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): A Reference Book for Prevention. London, Taylor & Francis.

Hancock PA, Ross JM, Szalma JL. 2007. A Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors. *Human Factors*. 49(5):851-877.

Harrington JM. 2001. Health effects of shiftwork and extended hours of work. *Occupational Environmental Medicine*. 58:68-78.

Heaney CA, Fujishiro K. 2006. Psychosocial Characteristics of Work as Targets for Change. En: *The Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. USA: Taylor & Francis. p. 25.1-25.14.

Health & Safety Executive (HSE). 2001. Rick J, Briner RB, Daniels K, Perryman S, Guppy A. A critical review of psychosocial hazard measures. UK. Contract Research Report 356/2001.

Hendrick HW. 1991. Ergonomics in organizational design and management. *Ergonomics*. 34(6):743-756.

Howard N, Spielholz P, Bao S, Silverstein B, Fan ZJ. 2009. Reliability of an observational tool to assess the organization of work. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 39:260-266.

International Labour Office (ILO). 1986. Psychosocial Factors at Work: Recognition and control. Geneva. Switzerland.

International Labour Office (ILO). 1992. The ILO and the Elderly. Geneva.

Johns MW. 1991. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*.14:540-545.

Kaminski M. 2001. Unintended consequences: Organizational practices and their impact on workplace safety and productivity. *Journal of Occupational Health Psychology*. 6(2):127-138.

Karasek R, Theorell T. 1990. Healthy Work, Stress, Productivity and the Reconstruction of Working Life. New York, Basic Book.

Kjellberg A, Wadman C. 2007. The role of the affective stress response as a mediator of the effect of psychosocial risk factors on musculoskeletal complaints - Part1: Assembly workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 37:367-374.

Kleiner BM. 2008. Macroergonomics: Work system analysis and design. *Human Factors*. 50(3):461-467.

Knauth P. 2001. En: *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. ILO. 3th Edit.Vol.1. Cap.43.

Knauth P. 2006. Workday length and shiftwork issues. En: The Occupational Ergonomics Handbook. 2nd Edition. USA: Taylor & Francis. p. 29.1-29.17.

Knutsson A. 2003. Health disorders of shift workers. Occupational Medicine. 53:103-108.

Kogi K. 1996. Improving shift workers' health and tolerance to shiftwork: recent advances. Applied Ergonomics. 27(1):5-8.

Konz S. 1998. Work/rest:Part II - The scientific basis (knowledge base) for the guide. International Journal of Industrial Ergonomics. 22:73-99.

Kostreva MM, Genevier P, Jennings. 1991. An algorithm for shift scheduling which considers circadians principles. International Journal of Industrial Ergonomics. 7:317-322.

Kristensen TS. 1995. The Demand - Control - Support Model: Methodological Challenges for Future Research. Stress Medicine. 11:17-26.

LaDou J. 1993. Estrés Profesional. En: Medicina Laboral. 1ª Edición. México: Editorial El Manual Moderno. p.623-640.

Landy FJ, Conte JM. 2005. Estrés y salud en el trabajo. En: Psicología Industrial. 1ª ed. México: McGraw Hill. p.552-565.

Mackay CJ, Cousins R, Kelly PJ, Lee S, McCaig RH. 2004. Management Standards and work-related stress in UK: Policy background and science. Work & Stress. 18(2):91-112.

Mahan RP, Carvalhais AB, Queen SE. 1990. Sleep reduction in night shift workers: is it sleep deprivation or a sleep disturbance disorder?. Perceptual and Motor Skills. 70:723-730.

Maslach C, Jackson SE. 1981. The measurement of experienced burnout. Journal of Occupational Behaviour. 2:99 113.

Monk TH, Folkard S. 1992. Making Shiftwork Tolerable. Taylor and Francis. London.

Monk TH, Folkard S, Wedderburn AI. 1996. Maintaining safety and high performance on Shiftwork. Applied Ergonomics. 27(1):17-23.

Morshead DM. 2002. Stress and Shiftwork. Occupational Health & Safety. 71(4):36-38.

Nachreiner F. 1995. Standards for ergonomics principles relating to the design of work systems and to mental workload. Applied Ergonomics. 26(4):259-263.

Nogareda C, Almodovar A. 2006. NTP 702: El proceso de evaluación de los factores psicosociales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en Internet: www.insht.es

Parsons KC. 2000. Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. *Applied Ergonomics*. 31:581-594.

Robbins SP. 2004. Comportamiento Organizacional. Décima edición. Prentice Hall.

Rosa RR, Colligan MJ. 1997. Plain Language About Shiftwork. U.S. Department of Health and Human Services. NIOSH. USA.

Sauter S, Brightwell S, Colligan M, Hurrell J, Katz T, LeGrande D, Lessin N, Lippin R, Lipscomb J, Murphy L, Peters R, Keita G, Robertson S, Stellman J, Swanson N, Tetrick L. 2002. The changing organization of work and the safety and health of working people. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. DHHS (NIOSH) Publication No. 2002-116.

Schönfelder E, Knauth P. 1993. A procedure to assess shift systems based on ergonomic criteria. *Ergonomics*. 36(1-3):65-76.

Siegrist J. 1996. Adverse Health Effects of High Effort – Low Reward Conditions. *Journal of Occupational Health Psychology*. 1:27- 41.

Smith MJ, Saintfort PC. 1989. A Balance Theory of Job Design for Stress Reduction. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 4:67-79.

Wynne-Jones G, Varnava A, Buck R, Karanika-Murray M, Griffiths A, Phillips C, Cox T, Kahn S, Main CJ. 2009. Examination of the work organization assessment questionnaire in public sector workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 51(5):586-593.

World Health Organization (WHO). 2003. Work organization and stress: systematic problem approaches for employers, managers and trade union representatives. Protecting workers' health series, N°3. Switzerland.

FACTORES MENTALES

Director del módulo:

Carlos Díaz C. Psicólogo. Doctor en Psicología.
Docente Departamento de Psicología. Facultad de Ciencias Sociales.
Universidad de Chile.

Coordinación técnica:

Christian Neira I. Psicólogo. Consultor Organizacional.

CAPÍTULO 1: Introducción	110
1.1 Consideraciones Previas	
1.2 Concepto de Carga Mental	
1.3 Teorías Precursoras	
1.4 Teorías Psicológicas	
1.5 Diferenciación Conceptual	
1.6 Efectos Generales en las Personas Expuestas a Carga Mental de Trabajo	
CAPÍTULO 2: Modelo de Evaluación	121
2.1 Análisis Sistémico y Carga Mental	
2.2 Identificación de Factores de Riesgo de Carga Mental	
CAPÍTULO 3: Metodologías de Evaluación	124
3.1 Métodos Objetivos	
3.2 Métodos Subjetivos	
3.3 Métodos Multidimensionales	
3.4 Normas Nacionales e Internacionales	
CAPÍTULO 4: Evaluación de Carga Mental	143
4.1 Introducción	
4.2 Análisis Organizacional e Identificación de las Funciones y Tareas a Evaluar	
4.3 Selección de Puestos Críticos y Funciones Claves	
4.4 Selección de la Muestra	
4.5 Aplicación de Pruebas	
4.6 Análisis de Resultados	
Glosario de Términos Seleccionados	153
Referencias Bibliográficas	155

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo apunta a establecer los contenidos, los alcances y límites del concepto de carga mental de trabajo, así como de los métodos que se han propuesto para su evaluación. Se define igualmente una metodología práctica orientada a establecer índices reconocibles de carga mental de trabajo derivados del ejercicio de trabajo.

Por lo tanto, en este módulo se revisarán las aristas más significativas del concepto de carga mental de trabajo, se expondrán los métodos que se encuentran hoy disponibles para su evaluación y se definirá un modelo y un procedimiento referencial de su evaluación con el objeto de aportar al proceso de calificación de los trabajos en el marco de la normativa relativa a trabajo pesado. El marco de la propuesta que aquí se desarrolla, también busca brindar parámetros de referencia que permitan distinguir condiciones circunstanciales de trabajo pesado en el ámbito de lo mental, respecto de aquellos factores que resultan intrínsecos a la actividad laboral desempeñada y que, ya sea por razones técnicas o simplemente por la propia naturaleza de la actividad, no sean susceptibles de arreglos que disminuyan o eliminen los efectos nocivos de la actividad laboral.

1.1.- Consideraciones Previas

La consideración de la carga mental de trabajo es una de las dimensiones que ha ido ganando terreno en la preocupación de aquellos que se interesan en las condiciones de trabajo y la efectividad del desempeño humano. Esto es, en parte, consecuencia del impacto de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en el contenido, la forma y las exigencias del trabajo.

En efecto, se ha ido creando conciencia del desgaste asociado a tareas cuyos componentes propiamente de carga física no constituyen factores relevantes, poniendo atención sobre aquellos elementos como la atención, la percepción, el procesamiento de información, la capacidad diagnóstica y de elaboración de soluciones, y la responsabilidad sobre procesos, recursos y personas. En ese sentido, si se considera que en la actualidad muchos de los procesos de producción se encuentran automatizados y que el trabajo es realizado a través de maquinarias que son manejadas vía remota, es indudable que la naturaleza de estos trabajos supone exigencias mayoritariamente mentales.

Junto con lo anterior, se ha visto en las últimas décadas la aparición de crecientes quejas y licencias médicas vinculadas con lo que indistintamente se ha calificado como estrés, depresión, burnout, etc., y que tienen como ingrediente común elevadas presiones laborales, pérdida de sentido vital y anomia. De igual manera, este mismo escenario suele ser referido para dar cuenta de eventos traumáticos ocurridos en el ejercicio de actividades laborales, tales como accidentes y los denominados "errores humanos".

Es, en este contexto, que el concepto de carga mental de trabajo surge como una categoría relevante a tener en consideración, más aún cuando se asume que la exposición prolongada a situaciones de elevada exigencia mental derivaría en significativos desgastes agudos y crónicos para las personas (Dejours 2000). No obstante, tal como ya lo constatará Gillet (1987) hace más de veinte años atrás, la definición y los alcances del concepto de carga mental resultan aun ser problemáticos.

1.2.- Concepto de Carga Mental

El concepto de Carga Mental de Trabajo surge como una componente del concepto de carga de trabajo, el que incluye la consideración de costos físicos y mentales derivados del desempeño laboral. Se entiende como la presión cognitiva y emocional resultante del enfrentamiento de las exigencias asociadas al ejercicio del trabajo. La historia de este concepto ha seguido caminos particulares, cruzando diversas fronteras disciplinarias.

CARGA MENTAL DE TRABAJO:

Es la presión cognitiva y emocional resultante del enfrentamiento de las exigencias asociadas al ejercicio del trabajo.

111

1.3.- Teorías Precursoras

En sus orígenes, el concepto de carga mental surge bajo la influencia de un conjunto de teorías sustentadas en el desarrollo de modelos matemáticos elaborados en las postrimerías de la Segunda Guerra Mundial, destinadas en su origen a describir el comportamiento de la información entre un sistema o herramienta técnica y el operador que procesa y maneja el sistema. Entre estas teorías, las siguientes se reconocen como las de mayor influencia:

a) Teoría de la información: Creada por Shannon en 1948 en los laboratorios Bell del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y posteriormente desarrollada por Shannon y Weaver (1949). Apuntó a fijar criterios que permitiesen determinar la capacidad de transmisión y recepción de información por parte del ser humano como parte de los sistemas de comunicación.

b) Teoría cibernética: Formalizada por Norbert Weiner (1948), concentró sus esfuerzos en determinar los mecanismos de control, recursividad e información que operan con base a retroalimentación, en los sistemas tecnológicos y en su interacción con el ser humano.

c) Teoría general de sistemas: Desarrollada en la misma época por Ludwig von Bertalanffy (1950), hizo de la retroalimentación de información o “feedback” una pieza clave del funcionamiento sistémico.

El conjunto de estas teorías sirvieron de base a los desarrollos de la psicología cognitiva moderna, siendo utilizadas como referencias metafóricas para la descripción, explicación y evaluación de las modalidades y capacidades de procesamiento de la información así como del comportamiento humano. Se les reconoce como las precursoras en la conceptualización de carga mental, influenciando las ciencias psicológicas en el desarrollo de particulares modelos teóricos, de los cuales los de mayor relevancia son las teorías del procesamiento de información, las teorías contextuales y las teorías de acoplamiento contingente.

1.4.- Teorías Psicológicas

1.4.1.- Teoría del procesamiento de información

George Miller (1956) es a quien consensualmente se le atribuye haber proporcionado los antecedentes empíricos sobre los que se funda el desarrollo del concepto de carga mental. Miller demostró que nuestra capacidad de memoria de corto plazo poseía límites más o menos definidos, y que se encontraba en condiciones de procesar sólo 7 ± 2 dígitos simultáneos por segundo.

Por encima de tal volumen no seríamos capaces de procesar sin generar una pérdida de información, a menos que, según lo establecido por Chase y Simon (1973), las personas recurriesen a integrar y organizar la información en categorías comprensivas de mayor nivel de abstracción. Tales categorías, denominadas “chunk” (trozos), constituirían suertes de esquemas básicos a partir de los cuales las personas, especialmente las más experimentadas, reducirían la complejidad de los problemas que se encontrarían abocados a resolver. Esto permitiría eventualmente una mayor capacidad de procesamiento de información, ya que, a través de los chunk, se liberan fracciones de la capacidad de procesamiento. Un ejemplo de esto es que para memorizar un número telefónico, en general los dígitos se agrupan en la memoria en grupos o “chunks” de 3 y 2 dígitos; así, el número 6784932, es más fácil recordarlo como 678-49-32.

Con el tiempo, el concepto normativo de capacidad limitada de procesamiento de información ha tendido a flexibilizarse. Esto es porque las personas tendrían la posibilidad de redefinir la organización de las unidades de información procesadas (chunking); además, la capacidad efectiva de procesamiento variaría según la naturaleza de la información procesada y por las competencias de las personas para hacer frente al procesamiento de información involucrado en la exigencia de la tarea (Kantowitz 1985).

Complementariamente, los trabajos de Broadbent (1958), centrados en los procesos de atención selectiva y memoria de corto plazo, derivaron en la formulación de las tesis denominadas de “Canal Único de Procesamiento de Información”, que apunta a indicar que el conjunto de la información recibida a través de nuestros distintos órganos sensoriales, serían en definitiva canalizados a través de una sola vía hacia el sistema nervioso central, donde sería procesada integradamente.

Dicha teoría permitía pensar que la saturación de la capacidad relativa de procesamiento de información que presentan las personas estaría, a su vez, definida por la variedad de fuentes de información simultáneas que demandarán su atención en el momento de procesar la información. No obstante, cuando la persona se encuentra en presencia de más de una fuente de información, si éstas son de carácter redundante, complementario o convergente, dicha variedad de fuentes jugaría un efecto favorable al reforzar el significado de la información recibida. Si se da este último escenario, las personas podrían estar en condiciones de seleccionar alguna de las fuentes de redundancia en relación a otras y/o integrar en categorías de procesamiento significativas (chunks), aquellas informaciones provenientes de estas diversas fuentes.

Desde esta perspectiva, el concepto de carga mental estuvo en sus orígenes fuertemente vinculado a la idea de capacidad limitada de la memoria de trabajo, unidad concebida como la instancia de almacenamiento y procesamiento transitorio de información, durante las actividades de resolución de problemas. Además, estuvo relacionada a la idea de la existencia de particulares modalidades de filtro y selección de información requeridas para el desarrollo de dichas operaciones. Como se puede constatar, estos primeros abordajes del concepto estuvieron significativamente marcados por la analogía de la actividad humana con máquinas procesadoras de información, especialmente los computadores. De este modo, se produce una paradoja que ha implicado un vasto impacto en la teoría psicológica: la metáfora que apuntaba a hacer equivalente el funcionamiento de los nuevos artefactos cibernéticos a los modos de funcionamiento humano, es revertida para explicar el funcionamiento humano a partir de los modelos informacionales y cibernéticos.

No cabe duda que, tal metáfora, aunque hoy resulta insuficiente para explicar la complejidad de los procesos involucrados en la configuración de la carga mental, permitió abrir un fecundo canal de colaboración entre la psicología, las ciencias de la educación y las ciencias de la ingeniería. Por ejemplo:

- En el plano de las aplicaciones pedagógicas, el desarrollo de la teoría de carga mental basada en el procesamiento de información, ha tenido particular relevancia para el desarrollo de herramientas y modalidades de enseñanza que facilitan el aprendizaje (Richard 1995).

- En el ámbito del trabajo y de las tecnologías, esta teoría ha dado pie para la realización de numerosos estudios y aplicaciones, siendo particularmente influyente en el desarrollo de la Ergonomía Cognitiva, propiciando tanto el estudio, evaluación y arreglo de condiciones de trabajo, como intervenciones de diseño y desarrollo de puestos y sistemas.

1.4.2.- Teorías contextuales

Es justamente desde la perspectiva de la Ergonomía, que emerge la inquietud por la incidencia de los factores contextuales sobre la carga mental, al constatarse la existencia de desviaciones perturbadoras entre lo obtenido en condiciones de laboratorio y aquellos comportamientos identificados en condición real al momento de realizar los análisis e intervenciones en terreno.

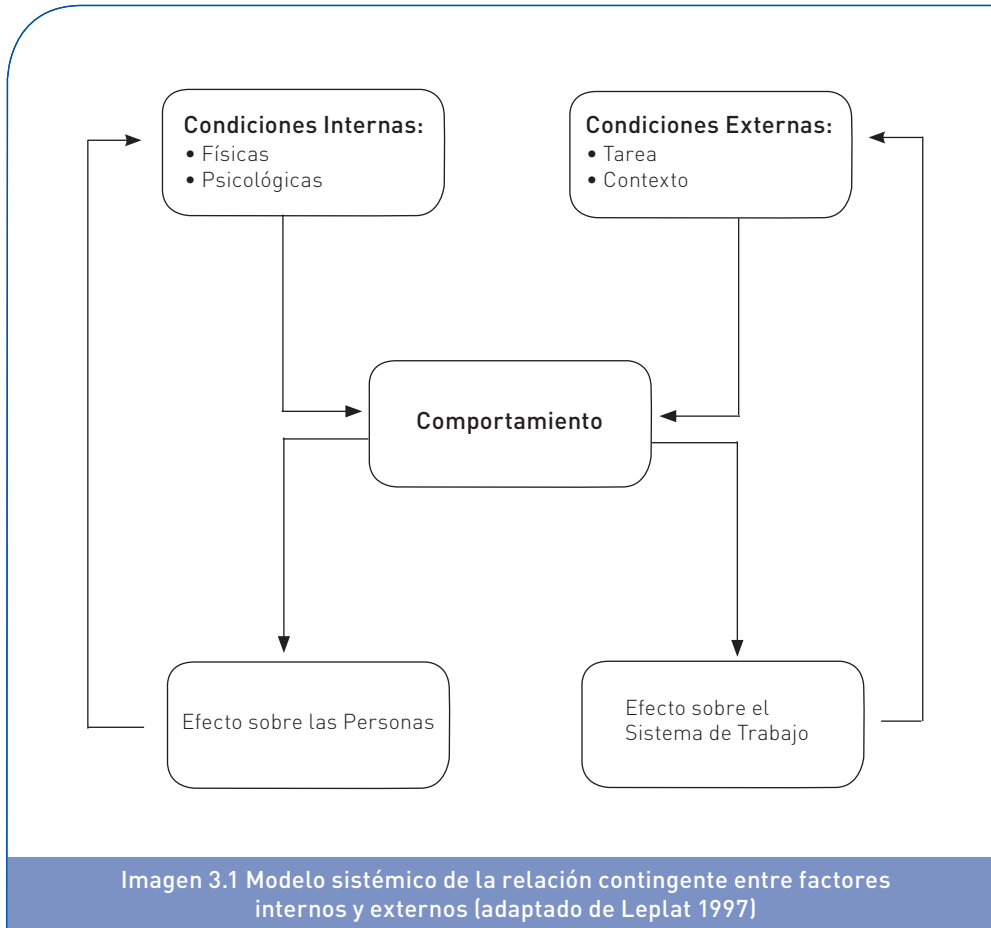
Esta preocupación por los factores contextuales ha tendido a enfatizar una perspectiva en que se observan tanto las condiciones ambientales del trabajo (temperatura, ruido, vibraciones, etc.), como aquellos asociados a las variables socio-organizacionales (comunicaciones, clima organizacional, etc.), entendidas como eventuales fuentes de carga mental. Esto dado que, asociados a las exigencias propias de la realización de la tarea, estos factores configurarían un contexto laboral determinado para los individuos, cuyas características serían irreductibles a variables manipulables en condiciones artificiales. Dichos contextos y sus componentes asumirían valores diferenciales, pues los factores de exigencia del trabajo poseerían un valor establecido, definidos en gran medida por la historia y por la cultura del sistema de trabajo en cuestión.

1.4.3.- Teorías de acoplamiento contingente

Cercanas a las teorías contextuales, otras teorías hacen énfasis en el carácter contingente de la relación que se establece tanto entre los distintos factores que definen la exigencia de trabajo, así como entre éstas y las características y recursos de las personas que enfrentan dichas exigencias. Esta perspectiva afirma que de la calidad del acoplamiento que se produzca entre las exigencias así configuradas y las características y recursos puestos en juego en la situación de trabajo por las personas, la carga de trabajo adquiriría mayor o menor intensidad.

Entre estos autores, se encuentra Jacques Leplat (1997), quien hace una distinción entre tarea y actividad. Tarea y actividad no serían asimilables, pues la tarea respondería al objetivo prescrito por la organización y a las condiciones definidas por ésta para su realización, mientras que la actividad sería aquello que los operadores humanos realizarían efectivamente para llevar a cabo la tarea, lidiando con exigencias internas (propias al sujeto) y externas (propias a la tarea y al contexto)¹.

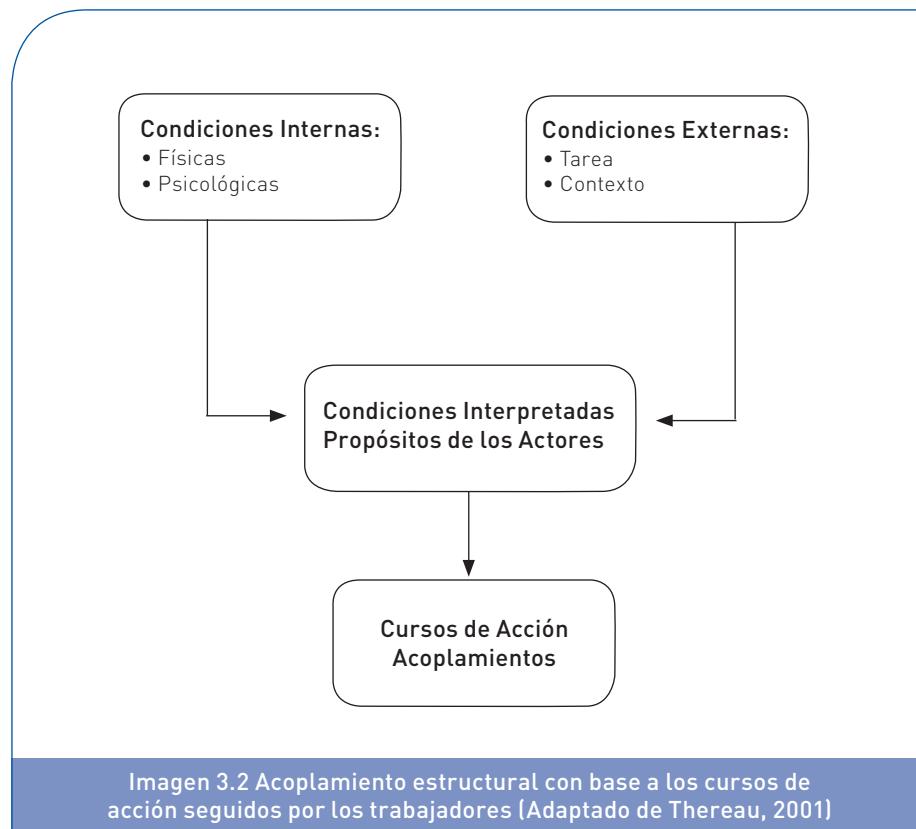
¹ Si bien esta diferenciación es de naturaleza conceptual, se trata acá debido a la injerencia directa del contenido de este Módulo.



Si la actividad efectiva de las personas tendiera a distanciarse de lo prescrito, el mandato de la tarea continuaría ejerciendo un rol referencial ineludible y determinante en el modo como dicha actividad se articule y desarrolle. Así, la relación entre ambas dimensiones del trabajo, lo prescrito y lo efectivo, estaría al centro de un análisis comprensivo del trabajo humano. Ante ello, se debería considerar en la evaluación de la carga mental, el peso de las exigencias de la tarea, como sucede con la responsabilidad vinculada al ejercicio de un rol, puesto que no sólo se requeriría apreciar las definiciones formales de la tarea (de carácter externo), sino que aspectos internos vinculados al significado atribuido por las personas (Ver Imagen 3.1).

Postulando una propuesta más radical, pero en la misma línea conceptual, Thereau (2001) desecha el concepto de carga mental como proceso de saturación de los recursos cognitivos y sensoriales de los operadores humanos. Al concepto de carga de trabajo contrapone la idea de "cursos de acción", que el autor asimila al paradigma de sistemas vivientes desarrollado por Maturana y Varela. Desde esta óptica, señala la existencia de un acoplamiento estructural entre un actor y su entorno, el cual se caracterizaría por el desarrollo de interacciones asimétricas en las que el actor se relacionaría con su entorno a partir de su organización dinámica interna (su dominio cognitivo, su identidad).

Esta condición le otorgaría autonomía al actor con respecto al entorno en que se mueve, permitiendo el desarrollo de dinámicas en las que las personas, a partir de sus propias interpretaciones del entorno, propiciarían nuevos acoplamientos estructurales con éste. En consecuencia, la prescripción de la tarea jugaría en definitiva un rol marginal en la determinación de la actividad, pues, en este proceso, las exigencias adquirirían su materialización y significado al interior de las situaciones concretas de trabajo (Ver Imagen 3.2).



En contraposición a lo planteado por Thereau, Yves Clot (1999) hace énfasis en el hecho que las prescripciones no serían referenciales arbitrarias y externas a la actividad de las personas, pues ellas serían el resultado de los acuerdos y también contradicciones sociales realizado por los individuos de la organización que definen el trabajo y las actividades. Estas contradicciones se producirían cuando existen variados y distintos criterios, respecto a lo económico, técnico, organizacional y legal.

Desde esta perspectiva, Clot discute posturas que tienden a relegar la prescripción de la tarea a un rol marginal, centrándose exclusivamente en la deriva de la actividad real, como puede desprenderse de la propuesta de Thereau. También discute el aserto planteado por Leplat, en cuanto a que la tarea constituiría un referente que determinaría arbitrariamente la organización de la actividad, señalando que la prescripción de la tarea ya ofrecería diversas aristas interpretativas para el operador que la realiza. La tarea prescrita sería entonces, ya una expresión de los acuerdos sociales derivados de la propia actividad (Clot 1999).

1.5. Diferenciación Conceptual

En este punto es necesario hacer una mención a las diferencias conceptuales que existen entre algunos términos que se utilizan indistintamente, pero que tienen complejidades y focalizaciones distintas.

a) Carga de trabajo mental y carga mental de trabajo: Una primera ambigüedad conceptual que importa despejar para efectos de la mayor claridad de lo que se considerará en el procedimiento de evaluación es la distinción entre carga de trabajo mental y carga mental de trabajo:

- **Carga de trabajo mental:** Alude a la carga de trabajo resultante del ejercicio de actividades cuyas componentes principales interpelen la ejecución de procesos mentales y emocionales, tales como detectar, interpretar y codificar señales, relacionar elementos, diagnosticar y tomar decisiones, etc. Tal conceptualización ha tendido a focalizar las evaluaciones a tareas llamadas “intelectuales” y de control de procesos.
- **Carga mental de trabajo:** Apunta, de un modo más amplio, a verificar la carga mental resultante del enfrentamiento a las distintas exigencias asociadas al ejercicio de un trabajo dado, sea este con énfasis físico o mental. Esta exigencia no sólo incluye las características de la tarea y sus objetivos, sino que también, cómo el individuo asume su exigencia, se apropia de ella y elabora sus propios métodos de enfrentamiento en base a sus recursos.

b) Exigencia del trabajo y carga mental de trabajo: Es importante destacar que una de las características fundamentales del concepto de carga de trabajo es su naturaleza relativa, por lo que se podría decir que la carga de trabajo resultante del enfrentamiento de una particular exigencia de trabajo (por ejemplo, elevada variedad y complejidad de la información a integrar en plazos breves), no sería la misma para una persona joven, capacitada, en buena salud, experimentada, motivada e inscrita en una trama socio-organizacional consolidada, que para una persona de edad avanzada, poco capacitada, que presente problemas de salud, con escasa experiencia frente a una tarea determinada, desmotivada y aislada social y organizacionalmente. Dicho de otro modo, la carga de trabajo resultante del desempeño de una tarea, sería función de los recursos que cada persona dispondría para su enfrentamiento. No obstante de haber consenso en cuanto a considerar la carga mental como un fenómeno de naturaleza contingente, que se produciría por efectos del tipo de acoplamiento en una situación de trabajo, entre las exigencias asociadas a éste y los recursos personales que las personas cuentan para enfrentar y resolver dicha situación (Gillet 1987; Leplat, 1997; Leplat 2004; Sperandio 1984; O'Donnell y Eggemeier 1986), la definición operacional de los conceptos comprometidos en tal contingencia tiende a menudo a volverse esquivada.

La carga de trabajo resultante del desempeño de una tarea, sería función de los recursos que cada persona dispondría para su enfrentamiento.

En general, se asume de modo amplio la distinción entre las exigencias propias de la tarea y sus consecuencias sobre las personas. En el caso de una **exigencia mental**, como el requerimiento de establecer un diagnóstico de falla en un sistema automatizado altamente sensible, no implicará la misma **carga mental** para un operador experimentado que para un operador novato. Frente a la misma exigencia, la carga resentida por el primero será inferior a la resentida por el segundo.

Tal como se señaló anteriormente, la literatura referida a la carga de trabajo tiende a hacer hincapié sobre el carácter externo de la exigencia de la tarea (características y condiciones en que se realiza), mientras que la carga resentida poseería un carácter interno. No obstante, tal distinción no implicaría una relación mecánica entre condiciones objetivas de trabajo y carga mental, pues existirían significativas brechas entre la tarea prescrita, con sus objetivos, reglas y herramientas, con respecto a la tarea efectivamente asumida por las personas en el transcurso de su actividad. Tales brechas responderían, tal como lo acota Thereau (2001), a que las personas tenderían a redefinir la tarea con base a las situaciones concretas de desempeño y sus propias características y objetivos personales.

Siguiendo las argumentaciones arriba expuestas, es posible concluir provisoriamente que la relación entre exigencias del trabajo y carga de trabajo no sería de naturaleza unívoca en la que la carga de trabajo resultaría de la simple presión ejercida por las exigencias formalmente reconocibles del trabajo sobre las personas (por ejemplo, volumen, dispersión, ritmo, etc. de la información a procesar). Dicho de modo sintético, la carga mental de trabajo derivaría fundamentalmente de una interacción dinámica que se produciría entre determinadas características de las personas, los atributos sustantivos de la exigencia y el significado que las personas le atribuyen a dichos atributos en el transcurso de su trabajo. Tal dinámica determinaría en gran medida, el modo de realización de la actividad efectiva de las personas, siendo este proceso, en el cual las personas juegan un rol protagónico, donde se configuraría la carga de trabajo resultante.

c) Fatiga mental y carga mental de trabajo: Otro aspecto relevante a considerar en la definición de la carga de trabajo es el de las relaciones que se establecen entre este concepto y el de fatiga mental. Sperandio (1984) señala que existiría una cierta tendencia a confundir estos conceptos asociados a los efectos resultantes de la realización del trabajo, precisando que la fatiga no podría ser asimilada a una simple extensión de la carga de trabajo resentida durante la tarea.

Por el contrario, la carga de trabajo sería un fenómeno que sólo acaecería durante el desempeño del trabajo como resultado del grado de movilización de los recursos y capacidades de las personas que la tarea exija, mientras que la fatiga respondería de modo imbricado al enfrentamiento de las exigencias físicas y sensoriales asociadas al ejercicio de la tarea, y trascendería la actividad laboral, creando consecuencia en la disponibilidad de los recursos y capacidades requeridas para el desempeño de ésta, afectando además en términos generales la calidad de vida de las personas. Concordando con ello, González, Moreno y Garrosa (2005) señalan que la exposición a situaciones que pueden generar sobrecarga o infracarga mental pueden efectivamente tener efectos acumulativos sobre el individuo, dando lugar a estados de fatiga. Según lo muestran investigaciones en Chile, tales efectos acumulativos pueden llegar a expresarse dramáticamente en distintos indicadores de comportamiento organizacional, como por ejemplo el incremento de licencias médicas de diversa naturaleza al interior de los sistemas de trabajo (Díaz 2002; Descouvières y Díaz 1989).

1.6. Efectos Generales en las Personas Expuestas a Carga Mental de Trabajo

Es en el encadenamiento de los procesos descritos anteriormente en lo referido a fatiga mental, que la exposición prolongada en el tiempo a condiciones de elevada carga mental, constituye un factor que contribuye ciertamente al desgaste precoz y envejecimiento prematuro de las personas.

En términos generales, los efectos en las personas expuestas a carga mental de trabajo se pueden clasificar como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 3.1 Efectos generales en las personas expuestas a carga mental de trabajo

Tipos de efectos	Efectos	Ejemplos
Efectos directos por sobrecarga	Efectos sobre el desempeño	Errores de diagnóstico de situaciones, de procedimiento y ejecución por efectos de la presión temporal y/o de la amplitud de fuentes de información y/o situaciones que atender.
	Efectos emocionales	Sentimientos de presión laboral. Merma de sentimientos de autoeficacia por las dificultades encontradas para enfrentar positivamente las exigencias de las tareas. Irritabilidad.
	Efectos sobre la carga física de trabajo	Tensión muscular, adopción de posturas inadecuadas, reducción y/o degradación de los periodos de descanso.
	Efectos sobre los factores sociales del trabajo	Degradación de los procesos de colaboración, merma en la calidad de la comunicación, distensión de las redes sociales del trabajo.
Efectos directos por subcarga	Efectos sobre el desempeño	Degradación de la vigilia y de la atención conducentes a eventuales errores por no respuesta o respuestas tardías.
	Efectos emocionales	Merma del sentimiento de autoeficacia y valía por pérdida del control sobre sí mismo y la temporalidad de la actividad.
	Efectos sobre la carga física de trabajo	Merma en la capacidad general de respuesta ante eventuales situaciones emergentes.
	Efectos sobre los factores sociales del trabajo	Aislamiento

CAPÍTULO 2: MODELO DE EVALUACIÓN

El objetivo central de la calificación es la identificación de trabajos que, por su naturaleza inmodificable, genera niveles de carga mental susceptible de derivar en efectos acumulativos negativos para aquellos que los realizan.

En este contexto, se considera trabajo pesado aquel que por sus condiciones intrínsecas, además de conducir a deterioro de las capacidades, calidad y expectativas de vida de los trabajadores, no es susceptible de arreglos organizacionales y/o ergonómicos. Entiéndase como arreglos organizacionales todos aquellos que no involucren afectar la posibilidad de acceso a dichos puestos de trabajo de personas que poseen características normales, vale decir, que cuenten con capacidades habilitantes para el desempeño de la vida corriente, sin distinción de género o edad al interior del rango admitido para ser parte de la fuerza laboral. Tales arreglos pueden referirse, por ejemplo, a la organización de flujos, tiempos y sistemas de trabajo, desarrollo de políticas y medios de capacitación, supervisión, diseño de puestos y herramientas, etc.

2.1 Análisis Sistémico y Carga Mental

La Tabla 3.2 propone una guía abreviada que permite levantar información básica y antecedentes clave en la evaluación de la Carga Mental:

Tabla 3.2 Antecedentes para el análisis sistémico	
Factores de Contexto Organizacional, de la Tarea y de los Trabajadores	
Descripción	Sugerencia
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos, funciones y exigencias para el ejercicio del cargo • Variables socio-organizacionales • Naturaleza, características específicas del trabajo y su contexto • Organización, de la tarea • Variaciones relevantes en la exigencia del trabajo • Características sociodemográficas de la población de trabajadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar documentación ya existente en la empresa (organigramas, manuales de procedimientos, esquemas de procesos y descripciones de cargo, registros de datos del personal). • Realizar entrevistas a la jefatura en relación a los objetivos, funciones y tareas que debe realizar los operadores
Actividad Efectiva	
Descripción	Sugerencia
<p>Un foco clave de este análisis es la identificación de eventuales brechas entre la tarea prescrita por la organización y lo que realiza efectivamente el operador en su actividad laboral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar lógicas procedurales típicas de ejecución de las tarea • Identificar fases e hitos críticos <p>Para ello se sugiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas a operadores y supervisión • Observaciones en terreno atendiendo a estructuras de turnos, procesos e implantación física

Resultados de la Actividad	
Descripción	Sugerencia
Se aconseja recoger antecedentes relacionados con el impacto de la actividad laboral sobre los operadores y el propio sistema de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes e incidentes • Licencias médicas • Quejas • Rotación

Todos estos factores actúan interrelacionados y finalmente inciden en la carga mental. Un punto importante a considerar en este análisis preliminar es la identificación del grado de modificabilidad de los factores presentes. Ello resulta crítico para su calificación: A menor grado de modificabilidad de los factores concurrentes en la generación de carga mental de trabajo por medio de arreglos organizacionales y ergonómicos, mayor es el peso de estos factores en la calificación. La idea del modelo que se pretende en la Imagen 3.3 es proporcionar una mirada de los factores más importantes que inciden en la carga mental y que el evaluador debe considerar.

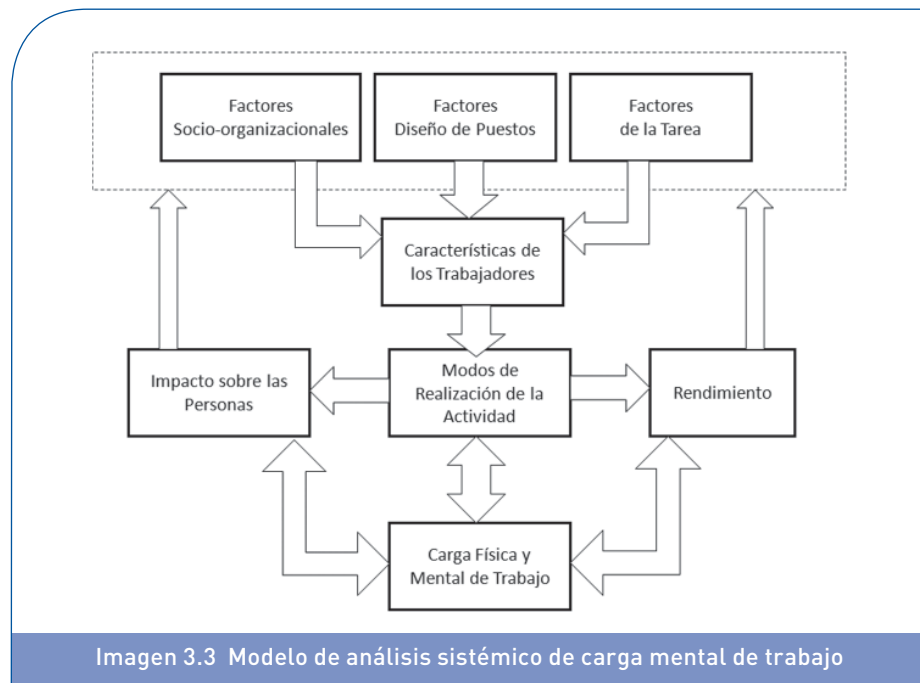


Imagen 3.3 Modelo de análisis sistémico de carga mental de trabajo

Existen diferencias fundamentales de considerar. Por ejemplo, identificar si el trabajo a analizar es en cadena, en el cual los tiempos y el ritmo de trabajo dependen de un proceso, la responsabilidad del operador es en una parte del proceso, la posibilidad de gestión de sus descansos puede ser baja y la repetitividad de la tarea podría ser alta. En cambio, en un trabajo de oficina, por ejemplo, un contador que realiza el pago de liquidaciones, no tiene las limitaciones impuestas por el diseño del puesto y sus tareas, pero sus dificultades y complejidades podrían ir de la mano de otros factores organizacionales, como sucede si tuviera instrumentos poco adecuados para los cálculos que debe realizar.

Un evaluador debiera ser capaz de ponderar estos factores a través del conocimiento del trabajo a indagar y su contexto. Es recomendable realizar todos los estudios pertinentes antes de evaluar el puesto.

2.2.- Identificación de Factores de Riesgo de Carga Mental

En general, los distintos métodos de evaluación de carga mental apuntan a una serie de factores a medir. Algunos métodos se focalizan y priorizan más unos que otros, pero si se hiciera un resumen de los factores que inciden en la carga mental sería el que se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 3.3 Identificación de factores de riesgo de carga mental	
Factores	Cualidades
Factores individuales (personas)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cualificación para la tarea • Inexperiencia • Deficiente asimilación o interpretación de datos u órdenes • Bajos estados de vigilia y atencionales • Baja confianza en sí mismo • Desajuste de expectativas personales con la tarea realizada • Estado de salud inadecuado para la tarea
Factores de la tarea	<ul style="list-style-type: none"> • Monotonía o repetitividad de la tarea • Tarea extraordinaria / inhabitual para el operario • Atención sostenida durante periodos prolongados de tiempo • Contenido de la tarea complejo y diverso • Simultaneidad de actividades por el mismo operario • Apremio de tiempo / ritmo de trabajo elevado • Aislamiento • Elevados requerimientos de coordinación o de trabajo con otros • Procesos o métodos de trabajo engorrosos o inciertos • Instrucciones confusas, contradictorias o insuficientes
Factores instrumentales	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuación de herramientas • Inadecuación de soportes informacionales • Inadecuación de interfaces • Diversidad tecnológica • Heterocronismo funcional (diversas tecnologías necesitan de tiempos distintos y esto impide cumplir adecuadamente las tareas) • Inadecuación de espacios de trabajo
Factores organizacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiencias en sistema de comunicación vertical y horizontal • Sistema inadecuado de asignación de tareas • Horarios y sistemas de turno exigentes • Cultura y clima organizacional • Relaciones interpersonales conflictivas
Factores físicos y ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Ruido • Temperatura • Iluminación • Olores • Hacinamiento • Exigencias físicas asociadas a las tareas (sensoriales, musculares y posturales)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

El desarrollo de la evaluación de la Carga Mental surge en paralelo al desarrollo de la Ergonomía, como una forma de validar la efectividad de los diseños ergonómicos propuestos. La evaluación permite medir y testear el mérito técnico, la efectividad operacional y el ajuste de cualquier interfase entre un sistema y el ser humano, en una actividad operativa específica. En ese sentido, los métodos de evaluación en Carga Mental se correlacionan directamente con el modelo conceptual desde el cual están sustentados, encontrándose distintas metodologías que se enfocan en diferentes variables.

Diversas comparaciones han sido realizadas entre diferentes métodos de evaluación de carga mental (Llaneza 2007; Rubio et al. 2001; Tsang y Velásquez 1996; Hill et al. 1992), las que en general coinciden en rescatar el carácter poco intrusivo de este tipo de herramientas, atributo que facilitaría su aceptación por parte de las personas evaluadas. Estos estudios tienden igualmente a señalar que existirían buenos niveles de correlación entre ellos, no obstante señalan ciertas diferencias en cuanto a la dificultad de respuesta que cada uno representa para las personas, así como en su correspondencia con el rendimiento obtenido en las tareas evaluadas. Tales variaciones respecto a los grados de correlación que cada instrumento presenta en relación al desempeño, podrían estar insinuando que los distintos instrumentos de evaluación de la carga mental, si bien parecen en general converger en torno a un mismo fenómeno, podrían sin embargo estar midiendo aspectos algo distintos de éste.

A pesar de la cantidad de métodos surgidos, la medición de los factores asociados a la carga mental sigue siendo un asunto complejo. Se puede encontrar una diversidad de métodos posibles, sin que exista una metodología de evaluación que sea destacable por sobre las demás. Si bien para lo relacionado con la carga física de trabajo, la objetivación y parametrización ha resultado ser de un relativo fácil acceso, tal no ha sido el caso cuando se ha tratado de determinar los referentes que reflejen la carga mental resultante de la actividad laboral. A continuación se señalan los métodos, según como han sido clasificados generalmente en la literatura:

3.1.- Métodos Objetivos

Los métodos llamados "objetivos" son aquellos en los que un analista externo evalúa principalmente el rendimiento del operador. Estos métodos se enfocan principalmente en las exigencias de la tarea y en los resultados visibles en el rendimiento del sujeto que realiza la tarea. Se basan principalmente en considerar al sujeto como un procesador de información que está sujeto a sus propias limitaciones, a las exigencias de la tarea y al contexto organizacional en el que se encuentra. Estos métodos no consideran la percepción del operador acerca de su trabajo. Algunos de ellos se indican a continuación:

3.1.1.- Método de la tarea agregada: carga mental como saturación de la capacidad de procesamiento

Entre los más clásicos se cuenta el método denominado de la Tarea Agregada, el cual deriva de la idea de una capacidad limitada de procesamiento humano de la información. El método consiste en saturar la capacidad total de trabajo agregándole una segunda tarea a la tarea principal del trabajador. El deterioro de esta tarea secundaria indicaría los momentos y circunstancias en las cuales la tarea principal ocupa una mayor porción de la capacidad de trabajo, lo cual constituiría el indicador de un aumento de la carga mental de trabajo (Díaz 2002).

3.1.2.- Método L.E.S.T

Este método fue desarrollado a fines de la década de los '70 por el Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo (L.E.S.T.) asociado al Centre Nationale de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.) de Francia. Es uno de los primeros métodos de análisis de las condiciones de trabajo desarrollado con el objeto de contar con una herramienta que permitiese obtener una evaluación global y objetiva de las condiciones de trabajo (Pérez 1986).

De algún modo, este método interpela al desarrollo del rol de experto, capaz de cualificar las distintas condiciones al interior de las cuales se desarrolla el trabajo, estableciendo su grado de correspondencia con ciertos criterios normativos. La lógica que se utiliza es de una naturaleza *etic*, que se refiere a una evaluación normativa externa y que supone el uso de instrumental específico para la medición de las condiciones ambientales (para medir ambiente térmico, ruido, iluminación y vibraciones), recurriendo a criterios estándares de adecuación de las condiciones de trabajo. En principio, este método se gestó para valorar las condiciones laborales de puestos de trabajo fijos del sector industrial, en los que el grado de cualificación necesario para su desempeño es bajo.

El método LEST evalúa 16 factores que consideran aspectos ambientales, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo, en una escala del 1 al 10. De su valoración se obtiene un puntaje que posteriormente se compara con baremos o escalas estandarizadas. El sistema o escala de puntuación se puede observar en la siguiente tabla, donde se indica la descripción de los puntos asignados a cada aspecto:

Tabla 3.4 Tabla de puntuación del método LEST	
Puntuación	Nivel de riesgo
0, 1, 2	Situación Satisfactoria
3, 4 5	Débiles molestias, algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador
6, 7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga
8,9	Molestias fuertes, Fatiga
10	Nocividad

Con respecto a la carga mental, se incluyen aspectos específicos relacionados con presión temporal, atención, minuciosidad y complejidad. En cuanto a aspectos psicosociales asociados, incluye la posibilidad de tomar iniciativa, el estatus social del cargo desempeñado, la comunicación, el trabajo en equipo, las relaciones con el mando y la identificación con el producto. Ver la Tabla 3.5 a continuación:

Tabla 3.5 Tabla de factores del método LEST		
Dimensión	Variable	Datos
Carga Mental	Presión de tiempos	Tiempo en alcanzar el ritmo normal de trabajo Modo de remuneración del trabajador Si el trabajador puede realizar pausas Si el trabajo es en cadena Si deben recuperarse los retrasos Si en caso de incidente puede el trabajador parar la máquina o la cadena Si el trabajador tiene posibilidad de ausentarse momentáneamente de su puesto de trabajo fuera de las pausas previstas Si tiene necesidad de hacerse reemplazar por otro trabajador Las consecuencias de las ausencias del trabajador
	Atención	El nivel de atención requerido por la tarea El tiempo que debe mantenerse el nivel de atención referido La importancia de los riesgos que puede acarrear la falta de atención La frecuencia con que el trabajador sufre dichos riesgos La posibilidad técnica de hablar en el puesto El tiempo que puede el trabajador apartar la vista del trabajo por cada hora dado el nivel de atención El número de máquinas a las que debe atender el trabajador El número medio de señales por máquina y hora Intervenciones diferentes que el trabajador debe realizar Duración total del conjunto de las intervenciones por hora
	Complejidad	Duración media de cada operación repetida Duración media de cada ciclo

Aspectos Psicosociales	Iniciativa	<p>Si el trabajador puede modificar el orden de las operaciones que realiza</p> <p>Si el trabajador puede controlar el ritmo de las operaciones que realiza</p> <p>Si puede adelantarse</p> <p>Si el trabajador controla las piezas que realiza</p> <p>Si el trabajador realiza retoques eventuales</p> <p>La norma de calidad del producto fabricado</p> <p>Si existe influencia positiva del trabajador en la calidad del producto</p> <p>La posibilidad de cometer errores</p> <p>En caso de producirse un incidente quién debe intervenir</p> <p>Quién realiza la regulación de la máquina</p>
	Comunicación con los demás trabajadores	<p>El número de personas visibles por el trabajador en un radio de 6 metros</p> <p>Si el trabajador puede ausentarse de su trabajo</p> <p>Qué estipula el reglamento sobre el derecho a hablar</p> <p>La posibilidad técnica de hablar en el puesto</p> <p>La necesidad de hablar en el puesto</p> <p>Si existe expresión obrera organizada</p>
	Relación con el mando	<p>La frecuencia de las consignas recibidas del mando en la jornada</p> <p>La amplitud de encuadramiento en primera línea</p> <p>La intensidad del control jerárquico</p> <p>La dependencia de puestos de categoría superior no jerárquica</p>
	Estatus social	<p>La duración del aprendizaje del trabajador para el puesto</p> <p>La formación general del trabajador requerida</p>
Tiempos de trabajo	Cantidad y organización del tiempo de trabajo	<p>Duración semanal en horas del tiempo de trabajo</p> <p>Tipo de horario del trabajador</p> <p>Norma respecto a horas extraordinarias</p> <p>Si son tolerados los retrasos horarios</p> <p>Si el trabajador puede fijar las pausas</p> <p>Si puede fijar el final de su jornada</p> <p>Los tiempos de descanso</p>

3.1.3.- Método Renault: perfil de puesto

Este método, elaborado por la Régie Nationale des Usines Renault (RNUR), se aplica a puestos de trabajo repetitivos, cuyo origen fue para mejorar la seguridad, disminuir la carga de trabajo física y mental, reducir molestias de trabajo repetitivo o en cadena, y crear puestos que generen valor agregado [Chavarría 1986].

A grandes rasgos, se puede decir que este método busca optimizar el puesto, permite comparar diversas soluciones y elegir una de ellas, y permite mejorar los puestos priorizando sus aspectos más inadecuados. Los factores que se miden con este método, pueden ser clasificados en la siguiente tabla:

Tabla 3.6 Tabla factores y criterios de evaluación RNUR

Factor	Criterio	Criterio N°
Concepción del Puesto	Altura. Alejamiento	1
	Alimentación. Evaluación	2
	Aglomeración. Accesibilidad	3
	Mandos – Señales	4
Seguridad	Seguridad	5
Entorno físico	Ambiente Térmico	6
	Ambiente sonoro	7
	Iluminación artificial	8
	Vibraciones	9
	Higiene Ambiental	10
	Aspecto del puesto	11
Carga física	Postura principal	12
	Postular más desfavorable	13
	Esfuerzo del trabajo	14
	Postura de trabajo	15
	Esfuerzo de manutención	16
	Postura de manutención	17
Carga Mental	Operaciones mentales	18
	Nivel de atención	19
Autonomía	Autonomía Individual	20
	Autonomía del grupo	21
Relaciones	Relaciones independientes del trabajo	22
	Relaciones dependientes del trabajo	23
Repetitividad	Repetitividad del Ciclo	24
Condiciones del trabajo	Potencial	25
	Responsabilidad	26
	Interés en el trabajo	27

128

El nivel de satisfacción en cada uno de los 27 criterios del cuestionario RNUR se determina ocupando lo indicado en la Tabla 3.7:

Tabla 3.7 Nivel de puntuación método perfil de puesto RNUR

Valoración	Categorización
5	Muy penoso o muy peligroso. A mejorar con prioridad
4	Penoso o peligroso a largo plazo. A mejorar.
3	Aceptable. A mejorar si es posible
2	Satisfactorio
1	Muy satisfactorio

Estos niveles presentan una graduación levemente distinta según el aspecto que se encuentran midiendo. En la tabla siguiente se muestra las distintas progresiones, según factor de medición:

Tabla 3.8 Tabla de progresiones integrando distintos factores del método RNUR								
Factores	A Niveles	B Entorno Físico	C Carga Física	D Carga Mental	E Autonomía	F Relaciones	G Repetitividad	H Contenido de trabajo
1	Muy bien	Muy bien	Muy Ligero	Muy Ligero	Más de 30 min.	Trabajo en grupo, relaciones fáciles con otros grupos	Más de 10 min.	Muy elevado
2	Bien	Bien	Ligero	Ligero	Entre 30-16 min	Trabajo en grupo, relaciones dentro del grupo	Más de 10 min.	Muy elevado
3	Aceptable	Aceptable	Moderado	Moderado	Entre 15-5 min	Trabajo individual relaciones fáciles con otros puestos	Entre 15-5 min	Medio
4	Peligroso	Penoso	Pesado	Pesado	Entre 4-1 min	Trabajo individual relaciones difíciles con otros puestos	Entre 2-1 min	Bajo
5	Muy Peligroso	Muy Penoso	Pesado	Muy Pesado	Menos de 1 min.	Trabajo individual aislado	Menos de 1 min.	Nulo.

3.1.4.- Métodos enfocados en el rendimiento como expresión de la carga mental

Estos métodos se enfocan en los resultados o el rendimiento del operador en la realización de la tarea. El rendimiento es considerado, por lo general, en función de los objetivos que el operador debe cumplir: plazos, cantidad de productos, calidad de los productos o respuestas, nivel de desechos y desperdicios (uso de recursos), etc. El análisis de estos parámetros, tanto en niveles globales como comparativos, es un indicador apreciable de los niveles de carga a los que los operadores deben responder, no obstante la medición del rendimiento lleva nuevamente a la compleja relación entre exigencia, carga mental y rendimiento.

La utilización de este parámetro requiere operar con análisis “hacia arriba”² para establecer con mayor certeza el origen de la carga mental y sus modos de influencia sobre el rendimiento.

Una de las técnicas de evaluación de la carga mental basada en el seguimiento de la evolución de la capacidad de rendimiento, es la de registro de los Tiempos de Reacción durante la jornada laboral. Habitualmente, se utilizan dos indicadores complementarios, a saber:

a) Tiempos de reacción simple: Permiten la evaluación de la capacidad de reacción básica sobre la base de la asociación de una respuesta unívoca frente a un solo tipo de estímulo (por ejemplo, pulsar un botón cada vez que se enciende una luz).

b) Tiempos de reacción compuesto: Permiten evaluar la capacidad de discriminación entre estímulos distintos y de generación de respuestas compatibles con ellos (por ejemplo, pulsar botones de distinto color cada vez que se enciende una luz con el color correspondiente).

Un ejemplo de ello se presenta a continuación, dado por las curvas de tiempos de reacción obtenidas con conductores de camiones de extracción en la gran minería chilena (ver Imagen 3.4), evaluados cada dos horas en sus respectivos turnos (Descouvieres y Díaz 1989):

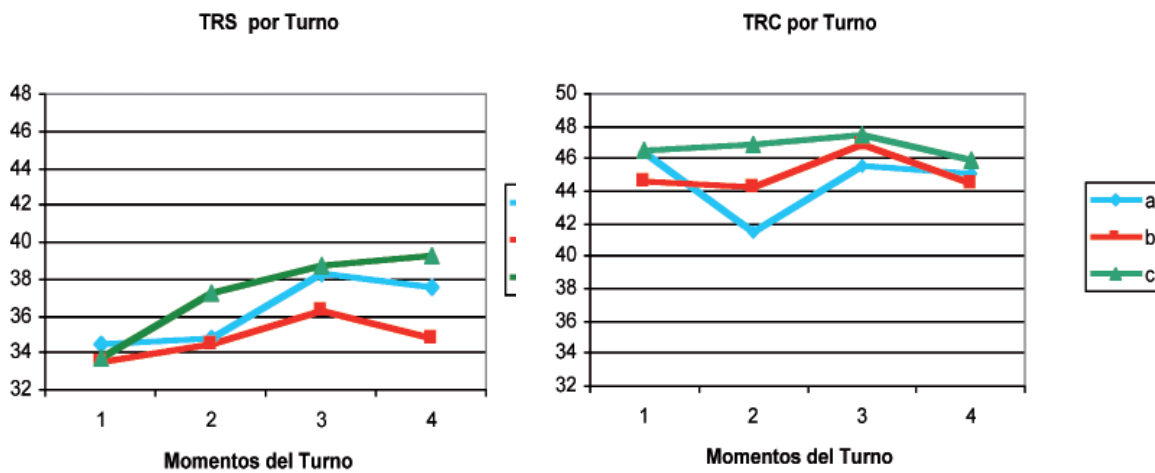


Imagen 3.4 Tiempos de reacción simple (TRS) y compuesto (TRC) durante la jornada laboral de choferes de camiones de extracción de la gran minería en Chile (Turno a: 5 a 13 hrs.; Turno b: 13 a a 21 hrs.; Turno c: 21 a 5 hrs.)

² “Hacia arriba” identificando la fuente de carga mental y no “hacia abajo” que implicaría enfocarse en sus consecuencias.

3.1.5.- Mediciones psicofisiológicas: La carga mental en su expresión fisiológica

Numerosos trabajos han dado evidencia de la relación intrincada que existe entre carga mental de trabajo y actividad fisiológica. Este enfoque no permite indagar en las variables cognitivas o mentales del operador, pero es de utilidad en la evaluación de tareas cuyas variables de exigencia son de relativo fácil acceso y seguimiento. Estas mediciones pueden evaluar si la persona está mentalmente activa o con somnolencia. Todos los cambios a nivel psicofisiológicos, tanto en el Sistema Nervioso Central (por ejemplo, determinar los niveles de atención de la persona, por ejemplo, a través de su actividad cerebral) como Sistema Nervioso Periférico (cambios en la temperatura de la piel, actividad ocular) son reflejo de la actividad mental de ese momento.

El desarrollo tecnológico ha puesto a disposición de los requerimientos de evaluación de la carga de trabajo, equipos de medición de alta confiabilidad y gran facilidad de uso, para distintos tipos de mediciones psicofisiológicas. Uno de ellos se basa en mediciones que evalúan la carga mental de trabajo con base a la frecuencia de fusión subjetiva del centelleo luminoso. Para estos efectos se utiliza una fuente luminosa que emite un flash luminoso con frecuencia regulable. Las personas en estado reposado y alerta tienen la impresión de una luz continua a un determinado nivel de frecuencia de aparición de los flashes. Cuando las personas se encuentran cansadas o su nivel de activación baja por causa de la monotonía, la frecuencia de centelleo que permite esta impresión de continuidad tiende a ser menor.

3.1.6.- Medición a través de la frecuencia cardíaca

Otra técnica que ha sido fértilmente utilizada para evaluar la carga física y mental de trabajo, es el registro de la frecuencia y variación de la actividad cardíaca. Este índice permite evaluar tanto el incremento de la carga de trabajo, que se expresa por un aumento de la frecuencia cardíaca que identifica la presencia del cansancio, así como la baja del nivel de activación general que se desprende del trabajo monótono, que se expresa por una disminución de la frecuencia cardíaca y un aumento de su variabilidad.

A modo de ejemplo, a continuación se presenta un gráfico de la evolución de la frecuencia cardíaca obtenida en una muestra de once conductores de una empresa chilena, en la que se evidencian tanto los efectos de la monotonía de la tarea y de las pausas sobre el nivel de activación general:

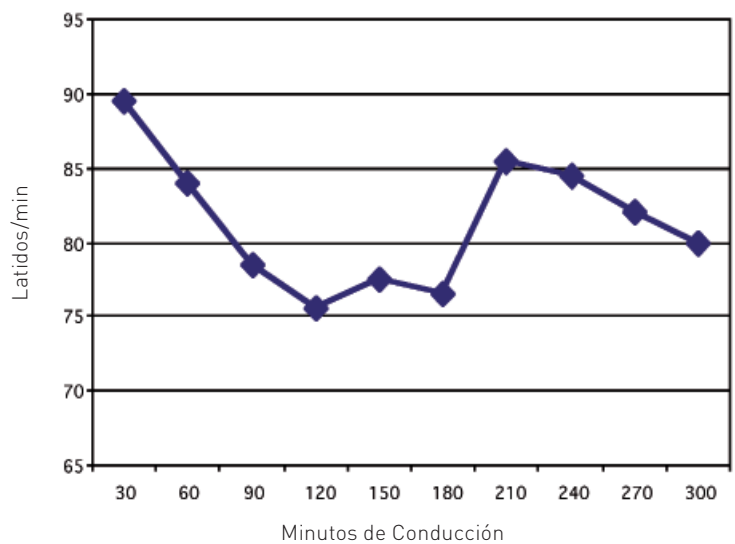


Imagen 3.5 Variación de la frecuencia cardiaca a lo largo de la tarea de conducción

Como se puede apreciar, el efecto de un prolongado tiempo continuo de conducción (labor con un bajo nivel de activación) se ve reflejado en una baja de la frecuencia cardiaca, tendencia que se ve interrumpida por efectos de pausas de descanso (a los 180 minutos), seguida de un nuevo proceso de degradación de la activación asociada a nuevos períodos de conducción.

Cabe destacar que, si bien la evolución presentada en la Imagen representa un patrón relativamente generalizado del comportamiento cardiaco de los conductores en el transcurso de su trabajo, se constatan ciertas variaciones asociadas a las condiciones específicas de desempeño y a las características socio demográficas de los conductores.

En suma, como se puede desprender de esta revisión de métodos, la evaluación de la carga mental de trabajo constituye una operación compleja, de la cual no se puede dar cuenta a través de una simple aplicación instrumental, pues no sólo los factores e índices que la configuran y expresan son variados, sino que también éstos se encuentran sujetos a variadas forma de relación en función de las situaciones de trabajo específicas que se consideren.

3.2.- Métodos Subjetivos

Éstos están relacionados con comprender la Carga Mental como la percepción del costo relativo de las tareas por parte de los afectados, por lo que este enfoque apunta a objetivar y jerarquizar las variables percibidas del trabajo y de su entorno, respecto al grado de importancia o impacto percibido por las personas en la determinación de su carga mental de trabajo.

Los instrumentos desarrollados con este propósito evalúan la carga mental, ya sea considerando una o varias dimensiones, y utilizan diversas modalidades de ordenamiento y contrastación de las componentes del trabajo, tales como el uso de escalas bipolares, árboles de decisión, comparaciones por pares, etc. Un número importante de instrumentos de estas características fueron desarrollados a partir de la década de los '60 del siglo XX, muchos de ellos originados en el ámbito de la aviación. Los más conocidos se resumen a continuación:

3.2.1.- Método A.N.A.C.T.

Fue elaborado en 1984 por la Agence Nationale pour L'amélioration des Conditions de Travail de Francia (Piotet y Mabile 1984). Es un método subjetivo que intenta descubrir situaciones críticas al analizar las condiciones de trabajo, no sólo en un puesto determinado, sino que incluye las interrelaciones entre tareas, individuos y grupos, que determinan una situación de trabajo. Este método de análisis permite reunir en etapas sucesivas la información necesaria para el diagnóstico. Incluye las siguientes etapas.

a) Etapa de análisis (de las condiciones organizacionales): El primer análisis debe dar una visión global (y todavía superficial) del estado de las condiciones de trabajo en los distintos sectores de la empresa. Los objetivos de esta etapa son las siguientes:

- Comprender la estructura interna de la organización.
- Descubrir los problemas relacionados con esa estructura.
- Identificar los signos que evidencian esos problemas.

La dimensión y estructura de las empresas es muy variable, pero siempre existen unidades funcionales denominadas sectores (y que según cada caso serán talleres, secciones, servicios, departamentos, etc.), cada uno de los cuales tendrá unas características funcionales y organizativas. En esta etapa se trata de reunir información que permita tener una visión general del estado de las condiciones de trabajo en las diferentes secciones, permitiendo detectar en cuáles es necesario profundizar en el estudio.

b) Etapa de análisis global de la situación: El objetivo fundamental de esta segunda etapa, es la localización de las condiciones de trabajo más desfavorables al interior del sistema de trabajo. La siguiente tabla apunta a ordenar los criterios que se usan para evaluar las eventuales situaciones problema:

Tabla 3.9 Tabla de factores de análisis global método ANACT		
Criterios	Situaciones Problema	Efectos o Molestias
De origen técnico	<ul style="list-style-type: none"> • Defectos de concepción • Productos peligrosos • Ambiente ruidoso • Trabajos peligrosos • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión nerviosa • Enfermedad Profesional • Accidentes • Fatiga • Falta de confort • Etc.
De origen organizativo	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en cadena • Carga de trabajo con fuertes variaciones • Automatización mal adaptada • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fatiga • Ansiedad • Aburrimiento • Monotonía • Etc.
De origen ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Intemperie • Evolución tecnológica rápida • Alta competencia • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de confort • Inseguridad • Etc.

c) Etapa de análisis en profundidad: En esta etapa se profundiza en los problemas detectados en la etapa anterior, a través de encuestas en terreno, que consisten en observar hechos y escuchar las respuestas a las preguntas formuladas, además de considerar las respuestas espontáneas. Para la realización de la encuesta se emplea un cuestionario adaptado a este mismo método y basado en 9 áreas a evaluar. A saber:

- Contenido del trabajo.
- Puesto de trabajo.
- Entorno del puesto.
- Distribución del trabajo.
- Ejecución de tareas.
- Evaluación y promoción del personal.
- Relaciones sociales.
- Individuos y grupos.
- Estilos de liderazgo.

Cada uno de los apartados anteriores tiene una serie de indicadores, compuestos de dos o tres aspectos a considerar. Estos irán dirigidos a los mandos directos de las secciones y a los operarios que trabajan en cada una de ellas. Una vez obtenidas las respuestas sobre cada uno de los indicadores planteados, es necesario sacar conclusiones. Para ello, se asigna un nivel de puntuación a cada criterio en función de las respuestas obtenidas, como se indica a continuación:

Puntajes	Significado
0	Nada importante
1	Poco importante
2	Bastante importante
3	Muy importante

d) Ajustes y Mejoras: En esta fase se buscan las causas de los problemas detectados con la finalidad de articular las soluciones. Es conveniente elaborar una ficha donde se refleje cual es la naturaleza del problema no resuelto (técnica, de organización o psicológica), así como las causas del mismo (técnicas, de la organización, psicológicas y/o financieras).

Una vez detectadas las causas y sus posibles soluciones, es importante analizar cuál de ellas es la más adecuada con respecto a las circunstancias actuales. Es relevante llegar a un acuerdo en la planificación de las acciones a ejecutar en el tiempo, con la finalidad de poder detectar posibles dificultades en la ejecución del plan.

3.2.2.- Método SWAT

El método Subjective Workload Assessment Technique (SWAT), desarrollado por Reid & Nygred (1988), utiliza la técnica de valoración subjetiva de la carga de trabajo. Es un método que minimiza el tiempo requerido para dar respuestas en la fase de puntuación y reduce el número de descriptores, pero no es muy sensible a las cargas de trabajo mental bajas. Se explica básicamente por tres factores:

a) Carga de trabajo por aspectos temporales (Time Load): Tiempo disponible y márgenes de tiempo.

b) Carga por esfuerzo mental (Mental Effort Load): Toma de decisiones, estimaciones y cálculos, atender fuentes de información, memoria inmediata y a largo plazo, etc.

c) Carga por presión psicológica (Psychological Stress Load): Cualquier factor que contribuya a la ansiedad del trabajador, motivación, formación o entrenamiento, fatiga, salud, estado mental, miedo a fallar, miedo de daño físico, desconocimiento del trabajo, desorientación y estresores físicos.

El método se desarrolla en dos etapas:

- **Fase de construcción de escala:** Las personas se familiarizan con los descriptores y se pide que ordenen diferentes actividades según su percepción de carga de trabajo y según las tres dimensiones (tiempo, esfuerzo y presión psicológica).

- **Fase de puntuación:** Cada una de las actividades se analiza en base a las tres dimensiones, asignándole un nivel, en el cual 1 es el de mayor impacto e intensidad y 3 es el de menor impacto o intensidad respecto a la carga de trabajo en esa dimensión.

3.2.3.- Escala de Cooper-Harper

Es uno de los primeros instrumentos elaborados en este ámbito. Fue creado para medir la carga mental asociada a la dificultad de las diferentes tareas presentes en la operación de un avión mediante evaluaciones subjetivas. Este instrumento fue posteriormente adaptado por Weirwille y Cavali (1983).

3.2.4.- Escala de Bedford

Con similar propósito al de la escala de Cooper-Harper, a fines de los '80 se propuso esta metodología que presenta, en términos generales, una escala de 10 puntos con formato y carácter unidimensional, pero en lugar de solicitar a los sujetos atribuir grados diferenciados de dificultades a cada actividad realizada (como lo propone la anterior), solicita a los pilotos ponderar la capacidad residual relativa estimada que cada actividad genera (Harper y Cooper 1986).

3.2.5.- Otras escalas y métodos

Otras escalas han sido igualmente elaboradas desde la década de los '80, tales como las de la Universidad de Estocolmo desarrolladas por Dornic y Andersson (1980), las que conjugan una escala de dificultad percibida con una de esfuerzo percibido, o bien la Escala de Carga Global (Overall Workload), propuesta por Vidulich y Tsang (1987), que presenta un formato bipolar de 0 a 100, donde 0 representa una carga mental muy baja y 100 una carga mental muy elevada.

Una modalidad de evaluación igualmente utilizada es la de las comparaciones binarias, método que, en lo esencial, consiste en comparar dos a dos la carga mental asociada a las tareas que conforman una determinada actividad, de manera tal que, en una matriz de doble entrada, para cada tarea se puede calcular el índice de carga resultante de la media de las veces que las personas le atribuyen un mayor valor con respecto a las otras tareas consideradas.

3.3.- Métodos Multidimensionales

Los métodos multidimensionales utilizan tanto la evaluación desde el evaluador externo como la percepción del evaluado. A continuación se resumen los más conocidos.

3.3.1.- Método EWA

El Método EWA (Ergonomics Workplace Analysis) fue desarrollado en 1989 por el Instituto Finlandés de Salud Ocupacional (Dalmau y Nogareda 1998). Su contenido y estructura lo hacen más apropiado para puestos industriales y de manipulación de materiales, pero el análisis también puede utilizarse para otros tipos de tareas o puestos de trabajo más o menos independientes, que no son en cadena, por ejemplo, un puesto de control del proceso, un puesto en un torno, etc. Además, la aplicación de este método puede ser útil en las siguientes ocasiones:

- Hacer un seguimiento de las mejoras implantadas en un centro de trabajo.
- Hacer una comparación de distintos puestos de trabajo.
- Para el mantenimiento formal de los datos de las condiciones del puesto de trabajo.
- Transferir información ergonómica de un usuario al diseñador.
- Para la recolección de fuentes materiales básicas.
- Ubicación de personal, etc.

En estos casos debería evaluarse cuidadosamente la importancia de cada uno de los ítems y cuáles pueden ser irrelevantes para la tarea. Si el analista decide que la mayoría de los ítems no son relevantes para la tarea que va a analizar, se deberían utilizar otros métodos más específicos.

Se definen los siguientes 14 criterios de evaluación, donde se destacan los factores relacionados con carga mental que mide el método EWA:

Tabla 3.11 Criterios de evaluación método EWA			
1	Lugar de trabajo	8	Comunicación del trabajador y contactos personales
2	Actividad física general		
3	Levantamiento de cargas	9	Toma de decisiones
4	Postura de trabajo y movimientos	10	Repetitividad de la tarea
5	Riesgo inherente de accidentes	11	Atención exigida de la tarea
6	Contenido de la tarea en sí misma	12	Iluminación en el puesto
7	Restricciones impuestas por la propia tarea (Autonomía)	13	Ambiente térmico
		14	Ruido

En las siguientes tablas se ilustra la escala de evaluación de EWA para algunos de los factores mencionados:

a) Contenido de la tarea: Está determinado por el número y calidad de las operaciones individuales incluidas en el trabajo. Se evalúa el contenido del trabajo si incluye planificación, preparación, inspección y corrección del producto. Ojalá usar la descripción del trabajo con su asignación de tiempo individual (Ver Tabla 3.12).

Tabla 3.12 Tabla de evaluación método EWA

Contenido de la Tarea	
1	El trabajador ejecuta la tarea en su proceso completo: planifica, ejecuta, inspecciona y corrige los productos o resultados. También realiza tareas relativas a reparación y gestión de materiales.
2	El trabajador ejecuta tareas en su proceso completo pero con menor incidencia en la planificación.
3	El trabajador ejecuta solo una parte del contenido del trabajo entre algunas tareas, que implica el proceso completo.
4	El trabajador sólo es responsable de una tarea u operación simple pero sin intervención apenas en la planificación, preparación o gestión.
5	El trabajador es responsable de una tarea u operación simple, que ejecuta sin intervención en los otros procesos.
Autonomía	
1	Las tareas o el método no se ve restringido por las exigencias de una máquina, un proceso o un método de producción.
2	La tarea o el método contienen de forma ocasional, elementos restrictivos y exigen concentración en la tarea.
3	La tarea o el método contienen de forma habitual, elementos restrictivos y exigen concentración en la tarea.
4	La tarea o el método de trabajo quedan mayoritariamente restringidos por una máquina, un proceso o un grupo de trabajo.
5	La tarea o el método de trabajo quedan completamente restringidos por una máquina, un proceso o un grupo de trabajo.
Comunicaciones	
1	Se presta atención especial a posibilitar las comunicaciones y contactos entre el trabajador y otras personas: la comunicación es fluida y espontánea.
2	Se puede comunicar sin dificultades pero los mensajes largos o complejos se perciben con mayor dificultad.
3	Son posibles las comunicaciones y contactos durante la jornada, pero quedan limitadas y dificultadas por la situación de lugar de trabajo: ejemplo, presencia de ruido, necesidad de concentración, etc.
4	Las comunicaciones y contactos durante la jornada se ven restringidas de manera ocasional y sólo para información relevante y crítica.
5	Las comunicaciones y contactos se ven imposibilitadas durante la jornada, por ejemplo, el operario trabaja aislado, o distanciado, etc.
Toma de decisiones	
1	El trabajo tiene instrucciones e información claras.
2	El trabajo se compone de tareas que incluyen información que permite la comparación de alternativas y la elección de modelo de actividad fácil.
3	El trabajo se compone de tareas complicadas con varias soluciones alternativas sin posibilidad de comparación. Es preciso que el trabajador compruebe los resultados.
4	El trabajador debe realizar numerosas elecciones sin disponer de información suficiente en que basarse. Una decisión equivocada origina la necesidad de corregir la actividad y el producto o crea riesgos personales serios.
5	El trabajo contiene varios conjuntos de instrucciones, indicadores o máquinas y la información puede contener errores. Una decisión equivocada puede producir riesgo de accidentes, paradas o daños.

b) Repetitividad: Está determinada por la duración media de un ciclo de trabajo repetido. Ésta se utiliza en trabajos donde la repetitividad es un factor frecuente en un número de tareas que se repiten en ciclos (Ver Tabla 3.13).

Tabla 3.13 Evaluación de repetitividad en el método EWA	
1	Menos de 30 min
2	Entre 10 y 30 min.
3	Entre 5 y 10 min,
4	Entre 30 seg y 5 min,
5	Menos de 30 seg.

c) Grado de atención: Se evalúa a partir de la duración que el operador debe observar y el grado de atención requerida (Ver Tabla 3.14).

Tabla 3.14 Evaluación de grado de atención en el método EWA			
% de observación en duración del ciclo		Atención requerida	
1	Menos 30%	1	Superficial / Mantenición
2	30 – 50%	2	Ligera (control de maquinaria sencilla)
3	50 – 70%	3	Media (escritura)
4	70 – 90%	4	Grande (montaje de piezas)
5	Menos de 30 seg.	5	Muy grande (dibujo, ajustes, precisión)

3.3.2.- Método NASA - TLX (Task Load Index)

El NASA-TLX fue desarrollado por el Aerospace Human Factors Research Division de la NASA, en su centro de investigación de Ames (Hart y Stavenland, 1988). Su finalidad es la de permitir evaluar la carga de trabajo cognitiva subjetiva resentida por personas que realizan varias tareas. Es un procedimiento de valoración multidimensional que entrega una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las seis subescalas. El concepto de carga mental es el producto de una combinación de factores donde cobra especial importancia la apreciación subjetiva.

Posteriormente en este módulo se discutirá con mayor detalle este método.

3.3.3.- Método perfil de carga (Workload Profile)

Se presenta como una matriz en la que se cruzan tareas y recursos cognitivos y sensoriales, de modo tal que las personas asignan para cada tarea los recursos que ellas requieren para su realización. Así, el nivel de carga mental relativo para cada tarea resultaría de la extensión de la gama de recursos requerida respecto a las otras tareas involucradas en una actividad determinada (Hancock y Szalma 2008).

3.3.4.- Métodos que consideran la carga de trabajo en tanto que el operador es rearticulador de los recursos cognitivos y de acción

El análisis de las modificaciones del comportamiento operatorio (las operaciones que se ejecutan para conseguir los objetivos del puesto de trabajo) es uno de los métodos más fértiles entre aquellos que vinculan la carga mental de trabajo al carácter procesual y dinámico de la actividad.

Este método plantea que, ante el incremento de la exigencia, no se produciría un incremento lineal de la saturación de los recursos cognitivos de las personas, pues ellas no sólo serían capaces de modificar el estatus y relación entre las variables e informaciones consideradas para la realización de la tarea, sino que también darían lugar a modificaciones en el modo de operar. Tales modificaciones del comportamiento operatorio serían entonces observables cuando se producen cambios en la intensidad o en el estado de los parámetros de la tarea. Igualmente se observan estas modificaciones del comportamiento operatorio cuando la capacidad de trabajo se deteriora (cansancio, baja del nivel de atención, etc.). Este método permite identificar las consecuencias sobre el modo operatorio de las variaciones de la carga de trabajo. Del mismo modo, sería posible identificar las variables que inciden sobre el aumento de la carga de trabajo y los puntos críticos de éstas.

Una aplicación de este método para efectos de intervenir las características del diseño de un puesto de trabajo, son ciertamente los estudios realizados en relación al puesto de controlador aéreo del aeropuerto de Orly en Francia (Sperandio 1984; Díaz, Bouju, Le Guillou y Sperandio 1981). A través de variadas técnicas de registro (verbalizaciones, imágenes, movimientos oculares), han puesto ampliamente en evidencia los correlatos entre las exigencias asociadas a determinadas situaciones de regulación del tráfico aéreo (en especial, el nivel del espacio regulado y número de aviones regulados simultáneamente) y el grado de experiencia de los controladores, con respecto a la variación de los modos operatorios y la carga de trabajo resultante. Así, los operadores más experimentados (más competentes) frente al incremento de las exigencias del trabajo tienden a realizar cambios en sus estrategias de trabajo, focalizándose de modo más eficiente en los objetivos principales de su tarea y degradando el cumplimiento de los objetivos secundarios. Los operadores menos experimentados (menos competentes), al no reconocer los indicadores y procedimientos que distinguen los distintos objetivos de la tarea, tienden a tener mayores dificultades para realizar cambios eficientes de estrategia operatoria. Ello repercute tanto en los resultados de la tarea como en el nivel de carga resentido por unos y por otros.

3.4.- Normas Nacionales e Internacionales

Existen normas internacionales que regulan una serie de factores relacionados con la carga mental, en el marco de la prevención de riesgos. Dentro de este marco se hace de mayor importancia los métodos de evaluación de carga mental. Entre estas se encuentra la norma internacional ISO 10075, que es una extensión de los capítulos 3.7 y 3.9 de la Norma ISO 6385: 1981 "Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo" (AENOR 2009). En esta norma se señalan las consecuencias de la tensión mental (strain), que son los efectos inmediatos de la presión mental de un individuo, que incluye efectos facilitadores (como la activación y estado de calentamiento) o efectos perjudiciales (fatiga mental, estados similares a al fatiga, monotonía, vigilancia reducida, saturación mental).

Posteriormente, la norma entrega principios ergonómicos que deben ser considerados en el diseño de sistemas de trabajo; entre ellos, se debe tener en cuenta la tarea y/o el puesto de trabajo, el equipo técnico, el entorno y la organización. Además, se debe incluir la organización temporal del trabajo, los requisitos para las tareas y las capacidades de los integrantes. Asimismo, entre los elementos a contemplar en el diseño se encuentran:

- Intensidad de la carga de trabajo mental (operaciones mentales como percepción, cognición, juicio, decisión, y el tratamiento de esa información)
- Ambigüedad del objetivo de la tarea; complejidad de los requisitos de la tarea
- Estrategia de servicio; adecuación de la información
- Ambigüedad de la información;
- Grado de diferenciación de la señal; tareas simultaneas
- Redundancia
- Modelos mentales
- Carga de memoria
- Consecuencias de errores
- Entre otros

La norma ISO 10075 también hace mención al diseño del espacio, evitar el aislamiento del trabajador, aspectos relacionados con la monotonía de las tareas y también situaciones relativas con el descanso. Más adelante, la norma describe las consideraciones que se deben hacer respecto a los métodos de evaluación de carga mental. En este punto, recalca que se requiere de métodos validados y con confiabilidad estadística para poder ser aplicados, por lo que se recomienda utilizar instrumentos ya experimentados y, en el caso de la construcción de un instrumento, éste debe ser validado y probado experimentalmente.

Otra fuente de información relacionada con carga mental de trabajo son las Notas Técnicas de Prevención, que son elaboradas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT). La tabla siguiente resume las relacionadas con carga mental:

Tabla 3.15 Notas técnicas de prevención relacionadas con carga mental	
Referidos como Carga Mental	Referidos en relación a la Carga Mental
NTP 179: La carga mental del trabajo: definición y evaluación	NTP 212: Evaluación de la satisfacción laboral: métodos directos e indirectos
NTP 275: Carga mental en el trabajo hospitalario: Guía para su valoración	NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad
NTP 445: Carga mental de trabajo: fatiga	NTP 241: Mandos y señales: ergonomía de percepción
NTP 534: Carga mental de trabajo: factores	NTP 252: Pantallas de Visualización de Datos: condiciones de iluminación
NTP 544: Estimación de la carga mental de trabajo: el método NASA TLX	NTP 318: El estrés: proceso de generación en el ámbito laboral
NTP 575: Carga mental de trabajo: indicadores	NTP 349: Prevención del estrés: intervención sobre el individuo
NTP 659: Carga mental de trabajo: diseño de tareas	NTP 360: Fiabilidad humana: conceptos básicos
	NTP 366: Envejecimiento y trabajo: audición y motricidad
	NTP 377: Fiabilidad humana: métodos
	NTP 401: Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos
	NTP 569: Prevención e inteligencia emocional (I): enseñanza de la prevención y recuerdo emocional
	NTP 730: Tecnoestrés: concepto, medida e intervención psicosocial

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE CARGA MENTAL

4.1.- Introducción

Para una adecuada evaluación de la carga mental se debe tener previamente un apropiado conocimiento de la organización del trabajo y de la tarea desarrollada. Una vez que el evaluador haya obtenido suficiente información respecto a las tareas y procesos específicos que evaluará, debe considerar los siguientes aspectos importantes:

a) La muestra a la que aplicará la evaluación: Seleccionar una muestra heterogénea, considerando personas de distintas edades, capacidades y experiencia. De esta forma se podrá conocer las diferencias y determinar con mayor precisión si se trata de un trabajo con carga mental intrínseca alta. Si fuese posible, además debe considerar un número adecuado de personas para entrevistar, de modo que su medición sea confiable (se sugiere realizar mínimo 20 entrevistas). En el caso que el puesto de trabajo sea ocupado por una o por un número escaso de personas, se recomienda complementar el análisis con observaciones que permitan rescatar las invariantes del trabajo, es decir, aquellos factores que sean independientes de las particulares características de sus ocupantes circunstanciales.

b) El método a utilizar: Se propone utilizar el método NASA-TLX, puesto que se enfoca con mayor énfasis en la carga mental, cuenta con una aplicación amplia para distintos puestos de trabajo y se han realizado variados estudios de fiabilidad y validez, por lo que es un método previamente probado y efectivo. Al ser integrativas, las demás metodologías descritas evalúan también otros aspectos relacionados con carga física y organizacional.

Un método alternativo a utilizar es el EWA, descrito anteriormente en este capítulo. Tanto el NASA-TLX y el EWA son métodos validados internacionalmente y han sido utilizados en diferentes tipos de trabajo y en distintos rubros, aun cuando el segundo es frecuentemente utilizado en puestos industriales y tareas que se insertan en procesos en cadena.

c) El momento a realizar la evaluación: Existen diversos momentos en los cuales se puede realizar la evaluación. Se sugiere realizarla en condiciones normales de trabajo, evitando los momentos de presión temporal o de mayor producción, ya que esto puede afectar la evaluación.

d) Secuencia de la evaluación: Desde la perspectiva de esta Guía Técnica la evaluación de la carga mental se inicia con la identificación de los factores de riesgo que serán evaluados siguiendo el criterio descrito en la Imagen siguiente:

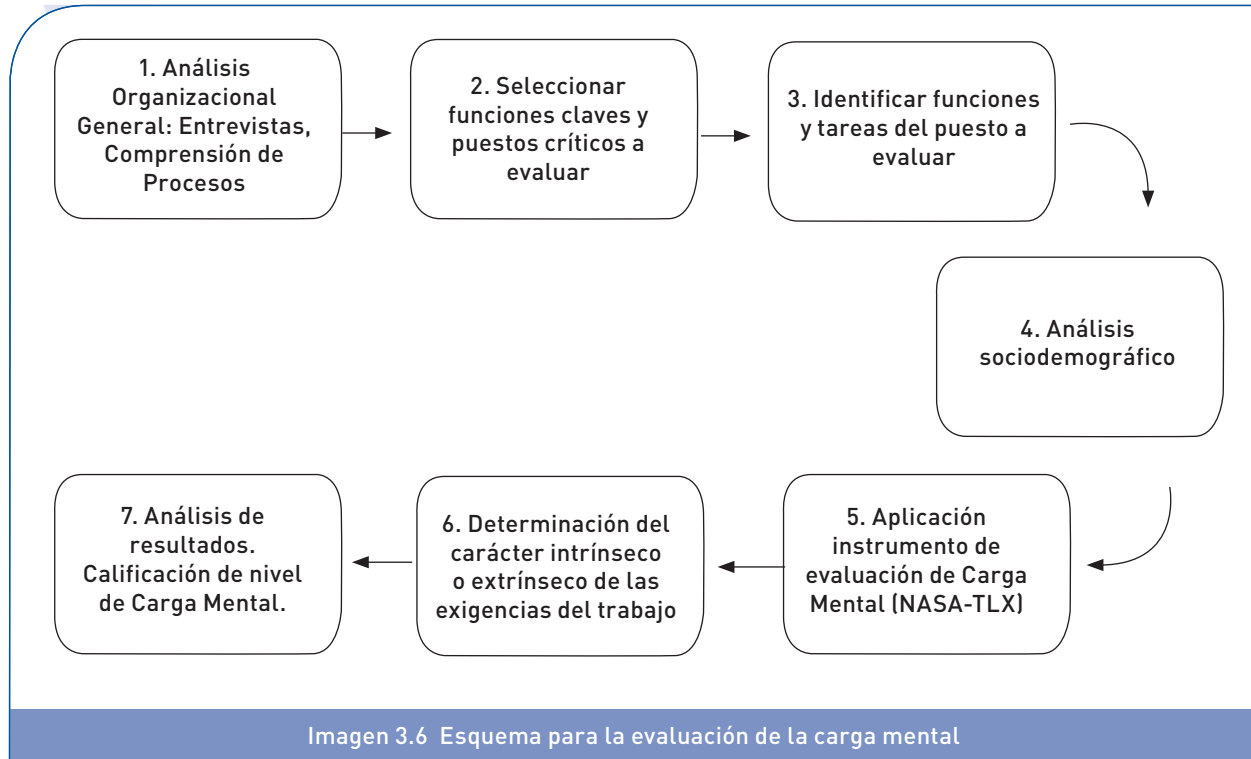


Imagen 3.6 Esquema para la evaluación de la carga mental

El experto debe considerar que una elevada carga mental puede deberse a características organizacionales o a características individuales, por lo que una vez evaluado el puesto de trabajo, es importante comparar los resultados con los obtenidos por el método de evaluación SUSESO-ISTAS 21 y BESIAC (Ver Módulo de Carga Organizacional), con el fin de evaluar si la carga mental es alta debido elementos organizacionales involucrados.

Un aspecto importante en materia de diagnóstico y evaluación de trabajo pesado, es sin lugar a dudas la distinción que es necesario realizar entre los diferentes aspectos a observar al interior de la situación de trabajo. Tal distinción debe soportarse sobre un criterio de pertinencia, es decir, que las áreas organizacionales, procesos, funciones y tareas a considerar en el análisis hacen relación con situaciones presumibles de carga mental inapropiada.

4.2.- Análisis Organizacional e Identificación de las Funciones y Tareas a Evaluar

El evaluador debe compenetrarse en la realidad de la organización, estudiar sus procesos, perfiles de cargo, estructuras y procedimientos. Asimismo, debe realizar una lista de las tareas y/o funciones a evaluar y discriminar si se trata de tareas críticas y principales del cargo, que ocupen la mayor parte del tiempo de actividad laboral, o si son tareas secundarias. Se recomienda que el analista realice algunas entrevistas a los operadores y jefaturas, para conocer la organización, y además realice un análisis de documentos relevantes para conocer el cargo (manual de procedimientos, descripciones de cargos, flujogramas, etc.).

4.3.- Selección de Puestos Críticos y Funciones Claves

Una vez realizado el estudio de las funciones y de la estructura de la organización, se deben estudiar los cargos críticos que se han seleccionado. El evaluador debe contar con información organizacional acerca del puesto a evaluar, antecedentes sobre su relación con los demás puestos, objetivos, metas, factores facilitadores y obstaculizadores; además de datos acerca de cambios y otras referencias relevantes de la organización.

4.4.- Selección de la Muestra

El especialista debe conocer los requisitos necesarios para desempeñar el cargo que evaluará, contando con un listado de las personas que lo ocupan y, de esa forma, disponer de un análisis sociodemográfico que considere: edad, experiencia y nivel de desempeño en el cargo. Con esos datos, al elegir la muestra, podrá determinar cuál es el promedio de experiencia del trabajador y analizar también los requisitos de esos cargos, de modo de minimizar el efecto producido por factores individuales, es decir, personas que se encuentren fuera de los requisitos laborales, con estados de salud alejados de lo óptimo, etc.

4.5.- Aplicación de Pruebas

Para los propósitos de esta Guía Técnica el procedimiento propuesto para evaluar carga mental es el Método NASA-TLX³. Su aplicación contempla la medición de seis dimensiones de carga, que se describen en la siguiente tabla:

³ Si se requiere mayor información acerca del NASA TLX, visitar página <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/>, donde se describe con mayor detalle el método.

Tabla 3.16 Dimensiones consideradas en el método NASA TLX

Dimensión	Definición	Extremos	Operativización
Exigencia Mental (M)	Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea	Baja / Alta	¿Cuánta actividad mental y perceptiva fue necesaria? (pensar, decidir, calcular, etc.). ¿Se trata de una tarea difícil o fácil, simple o compleja, pesada o ligera?
Exigencia Física (F)	Cantidad de actividad física que requiere la tarea	Baja / Alta	¿Cuánta actividad física fue necesaria? ¿Se trata de una tarea difícil o fácil, lenta o rápida, relajada o cansada?
Exigencia Temporal (T)	Nivel de presión temporal percibida	Baja / Alta	¿Cuánta presión de tiempo sintió debido al ritmo al cual se sucedían las tareas o elementos de las tareas? ¿Era el ritmo lento y pausado, o rápido y frenético?
Rendimiento (R)	Grado de insatisfacción con el propio nivel de rendimiento	Bueno / Malo	¿Hasta qué punto cree que ha tenido éxito en los objetivos establecidos por el investigador (o por Ud. mismo)? ¿Cuál es su grado de satisfacción con el nivel de ejecución?
Esfuerzo (E)	Grado de esfuerzo mental y físico necesario que la persona debe realizar para obtener su nivel de rendimiento	Bajo / Alto	¿En qué medida ha tenido que trabajar (física o mentalmente) para alcanzar su nivel de resultados?
Nivel de Frustración (Fr)	Grado de inseguridad, estrés, irritación, descontento, etc., resentido durante la realización de la tarea	Bajo / Alto	Durante la tarea, ¿en qué medida se ha sentido inseguro, desalentado, irritado, tenso o preocupado o por el contrario, se ha sentido seguro, contento, relajado y satisfecho?

El modelo NASA-TLX se basa en la idea de que la percepción de carga mental es subjetiva y está relacionada en cómo el operador se enfrenta a características relacionadas con la tarea, con el entorno y con su propia capacidad. La Imagen siguiente esquematiza el modelo conceptual en el que se basa:

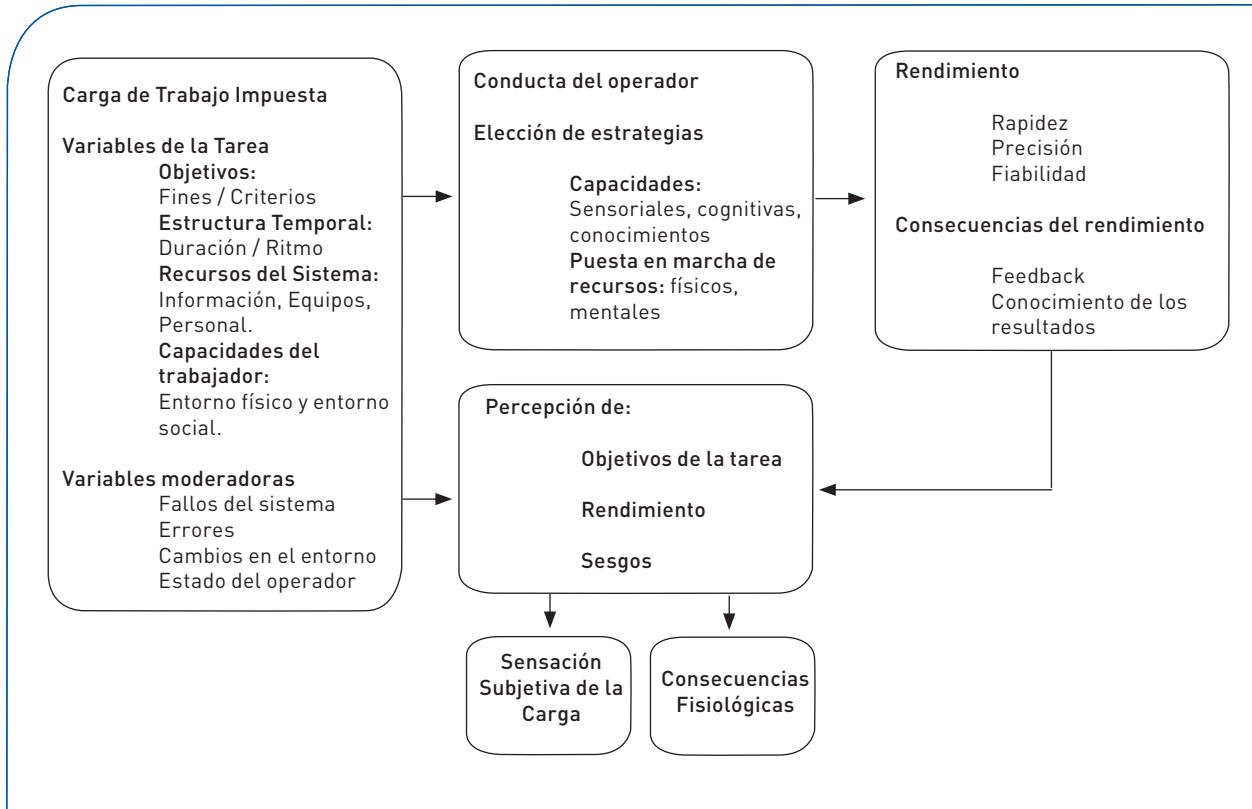


Imagen 3.7 Esquema del modelo NASA-TLX

En el Método NASA-TLX las exigencias de la tarea (objetivos, duración, estructura y recursos) conforman la carga de trabajo impuesta, la que puede verse modificada por una serie de variables incidentales y contextuales, como por ejemplo, cambios en el entorno. Además, la respuesta del operador no sólo está sujeta a esas exigencias impuestas, sino también a las propias percepciones y expectativas sobre su conducta. El feedback sobre los resultados obtenidos permite adoptar diferentes estrategias o realizar el esfuerzo necesario para corregir los propios errores.

Al igual que en el método SWAT, la aplicación de este instrumento requiere dos fases: una de obtención de la importancia inicial que tiene cada dimensión de carga mental para cada individuo y otra de evaluación propiamente tal:

a) Ponderación de la importancia inicial de cada dimensión de carga mental: En la primera fase se realiza una ponderación de las distintas dimensiones por parte de la persona que realiza el trabajo, lo que determina dos cosas:

- La variabilidad de percepción acerca de la carga de diferentes evaluadores
- Las diferencias de carga entre diferentes tareas.

Al comparar las 6 dimensiones evaluadas se dan 15 pares posibles (Ver Tabla 3.16). Cada uno de esos pares es presentado en una tarjeta, como lo indica el esquema siguiente:

M – F	F – T	T – E
M – T	F – R	T – Fr
M – R	F – E	R – E
M – E	F – Fr	R – Fr
M – Fr	T – R	E – Fr

Los sujetos deben marcar con un círculo, cuál aspecto contribuye más a la carga de la tarea. El número de veces en que el factor es seleccionado indica su importancia o peso. Los 6 factores que considera el instrumento son luego ordenados jerárquicamente, siendo el menos relevante calificado con un peso de 0 y 5 el más importante.

Este procedimiento se debe realizar para cada una de las tareas a analizar, y además, se puede utilizar para diferentes condiciones de la misma tarea; por ejemplo, con presión de tiempo o en circunstancias de mayor exigencia.

b) Puntuación: En la segunda fase de puntuación, las personas valoran la tarea o subtarea en cada una de las dimensiones, marcando un punto en la escala que se les presenta. Cada factor presenta una línea dividida en 20 intervalos iguales (puntuación que es reconvertida a una escala sobre 100). El esquema siguiente, grafica lo señalado:



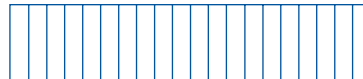


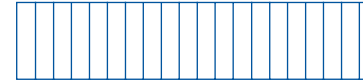
<p>Exigencia Mental. ¿Qué tan demandante mentalmente es la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>	<p>Exigencia Física. ¿Qué tan demandante físicamente es la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>
<p>Exigencia Temporal. ¿Qué tan fuerte o rápido es el ritmo impuesto para hacer la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>	<p>Rendimiento. ¿Qué tan exitoso ha sido para lograr lo que ha requerido?</p>  <p>Baja Alta</p>
<p>Esfuerzo. ¿Qué tan duro tiene que trabajar para lograr un adecuado nivel de rendimiento?</p>  <p>Baja Alta</p>	<p>Nivel de Frustración. ¿Qué tan inseguro, irritado o estresado y molesto está por la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>

Imagen 3.8 Evaluación de las dimensiones de NASA-TLX

c) Conversión: En esta etapa, el puntaje obtenido en el paso anterior se opera algebraicamente de la siguiente manera:

- 1º Se multiplica por 5, lo que da la puntuación convertida.
- 2º La puntuación convertida es multiplicada por el peso. El peso es obtenido en la primera etapa de ponderación.
- 3º Finalmente, el peso multiplicado por la puntuación convertida da la puntuación ponderada.

Para entenderlo explicado anteriormente, a continuación se presenta un ejemplo de tabla de evaluación después de aplicación método NASA-TLX:

Tabla 3.17 Ejemplo de tabla de evaluación después de aplicación método NASA-TLX

Variable	(a) Peso	(b) Puntuación	(c) Puntuación convertida (b x 5)	(d) Puntuación ponderada (c x a)
Exigencias Mentales	3	6	30	90
Exigencias Físicas	0	3	15	0
Exigencias Temporales	5	6	30	150
Rendimiento	1	8	40	40
Esfuerzo	3	8	40	120
Frustración	3	6	30	90
TOTAL	15			490

d) Análisis de resultados: Para facilitar la visión de cada uno de los factores, es recomendable asignarle porcentaje según su peso en el total. A continuación se observa el ejemplo con los porcentajes asignados, de esta forma se puede ver más fácilmente la incidencia de cada factor en el peso total:

Tabla 3.18 Ejemplo de tabla de evaluación después de aplicación método NASA TLX

Variable	Peso	Puntuación	Puntuación convertida	Puntuación ponderada	Porcentaje del total
Exigencias Mentales	3	6	30	90	18%
Exigencias Físicas	0	3	15	0	0%
Exigencias Temporales	5	6	30	150	31%
Rendimiento	1	8	40	40	8%
Esfuerzo	3	8	40	120	25%
Frustración	3	6	30	90	18%
TOTAL	15			490	100%

A partir de esta tabla se observa cual es el factor que tiene mayor puntaje. En el ejemplo, se advierte que Exigencias Temporales (31%) y Esfuerzo (25%) son los factores que tienen mayor porcentaje del total. Esto permite concluir que la carga mental preponderante en el trabajo que se está evaluando deriva fundamentalmente de la exigencia temporal a la que están sometidas las personas y al esfuerzo que las personas resienten en su realización.

Atendiendo a que el puntaje máximo total posible de obtener son 1500 puntos, y el puntaje más alto que es posible de obtener en cada factor es 500, como se observa en la tabla que se presenta a continuación, en el ejemplo arriba expuesto se puede concluir que la carga mental de trabajo es baja, pues alcanza un total 490 puntos convertidos de los 1500 que constituye el máximo, es decir se ubica en el primer tercio de la escala.

Tabla 3.19 Ejemplo de tabla de evaluación después de NASA con puntajes máximos

Variable	Peso	Puntuación (máximo posible)	Puntuación convertida (máximo posible)	Puntuación ponderada
Exigencias Mentales	3	20	100	300
Exigencias Físicas	0	20	100	0
Exigencias Temporales	5	20	100	500
Rendimiento	1	20	100	100
Esfuerzo	3	20	100	300
Frustración	3	20	100	300
TOTAL	15			1.500

Se puede concluir después de este análisis que la puntuación ponderada sigue siendo bajo en comparación con los máximos posibles de obtener.

4.6.- Análisis Final de Resultados

4.6.1.- Carga mental intrínseca

Para efectos de la evaluación se debe considerar si la carga mental resultante constituye un factor intrínseco a la tarea o bien responde a factores de diseño de los puestos de trabajo o al nivel de conocimientos y experiencia requerido.

Tanto los aspectos de diseño de puestos (organizacionales, materiales, ambientales y tecnológicos) como los asociados a las competencias de los trabajadores constituirán la base para indicaciones de arreglos del trabajo y de desarrollo de las competencias de las personas que ocupen dichos puestos.

A modo de pauta referencial el evaluador puede considerar la siguiente tabla para estimar el grado en que las exigencias son de naturaleza intrínseca a los puestos o bien responden a factores extrínsecos susceptible de arreglos organizacionales, técnicos o de desarrollo de competencias.

Tabla 3.20 Tabla referencial para la definición de la naturaleza intrínseca o extrínseca de la exigencia		
Variable	Intrínseco	Extrínseco
Exigencias Mentales	<p>Implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de indicadores, señales o variables de carácter, ya sea cambiante, aleatorio o esporádico, altamente críticos para la realización de la tarea. • Análisis y relaciones complejas. • Tomas de decisión en contextos inciertos y de elevado impacto. • Simultaneidad de acciones y toma de decisiones complejas. • Responsabilidad sobre personas y/o equipamientos en condiciones de riesgo. • Todas las acciones que no cuentan con alternativas de soporte o sustitución (automatización, por ejemplo) técnico u organizacional, que permita subsanar las exigencias. 	<p>El diseño del puesto, de los flujos, supervisión, controles, etc., con los que cuenta la organización, se encuentran a la base de las exigencias del puesto.</p> <p>Las herramientas, soportes materiales y factores ambientales se encuentran a la base de las exigencias del puesto.</p>
Exigencias Físicas	La realización de la tarea implica elevada carga física y/o condiciones ambientales exigentes.	La percepción de las exigencias del puesto derivan de carencias en las competencias de los ocupantes del puesto
Exigencias Temporales	Implica operar con plazos de respuesta breves, no predecibles o trabajar por períodos prolongados, eventualmente sin o con escasas pausas. Tiene escaso control de sus tiempos de descanso y/o de término de su jornada de trabajo.	Es técnicamente posible subsanar las exigencias del puesto de trabajo por medio de arreglos organizacionales, tecnológicos o con programas de desarrollo de competencias.
Rendimiento	Elevadas exigencias de rendimiento. Debe cumplir metas elevadas en volumen y/o calidad para cumplir con los estándares de su puesto.	
Esfuerzo	Requiere poner permanentemente en juego todos sus recursos intelectuales, físicos y emocionales para asegurar los estándares de su puesto.	
Frustración	Los resultados de su actividad no están asegurados por el hecho de realizar las tareas conforme a lo estipulado y poniendo de sí todos los esfuerzos y recursos que dispone para ello	

4.6.2.- Criterios de evaluación:

Para determinar si un puesto de trabajo representa riesgo de trabajo pesado se deberán comprender los siguientes niveles:

- Nivel 1: El cargo posee una baja o moderada carga mental. El trabajador posee capacidad y experiencia para el cargo, y la organización provee de herramientas y técnicas adecuadas que facilitan su trabajo.
- Nivel 2: El cargo posee carga mental moderada o alta, en la mayoría de sus tareas. Los factores asociados a esos problemas son más bien de tipo organizacional, y modificables a partir de arreglos o soluciones ergonómicas.
- Nivel 3: El cargo representa riesgo medio para el trabajador si es que no se realiza una modificación al diseño del puesto, en un mediano plazo. El cargo tiene una gran carga mental asociada, y no es fácilmente modificable a través de arreglos o soluciones ergonómicas. Estos cargos requieren de mayor descanso, o de otros arreglos organizacionales.
El cargo es riesgoso del punto de vista de la fatiga mental que pudiese ocasionar y, en consecuencia, un desgaste precoz.

Esquemáticamente para determinar el nivel de carga según el NASA-TLX se puede usar la siguiente tabla:

Tabla 3.21 Tabla nivel carga mental y resultados NASA-TLX	
NASA-TLX	Nivel
500 puntos o menos	1
<ul style="list-style-type: none"> • Sobre los 500 puntos y por debajo los 1000 puntos • O bien, sobrepasando los 1000 puntos, cuando los factores preponderantes derivan de aspectos de diseño de puestos y/o están asociados a las competencias de los trabajadores y la suma de sus factores intrínsecos no sobrepasa los 750 puntos. 	2
Evaluación global sobre 1000 puntos y cuyos factores predominantes posean un carácter intrínseco (independientemente que la suma de los factores intrínsecos no alcance los 1000 puntos).	3

Para realizar el protocolo en forma exitosa es fundamental que los trabajadores se familiaricen con el procedimiento, describiéndoles de qué tratará el estudio e incluyendo a las jefaturas. Es muy importante enfatizar que la evaluación se realice en forma honesta y transparente, remarcando que no es una evaluación de desempeño y que deben centrarse en las condiciones de las tareas principalmente.

GLOSARIO DE TERMINOS SELECCIONADOS

- **Atención Selectiva:** Proceso natural en la percepción humana durante el proceso de atención, en que se produce la selección de algunos estímulos en desmedro de otros.
- **Carga Mental de Trabajo:** Se entiende como el resultado de la interacción de las características de la tarea y del puesto, las características del individuo y las características organizacionales (clima organizacional, turnos, etc.), que dan como consecuencia una demanda mental sobre el individuo que puede transformarse en fatiga y afectar tanto el desempeño como la salud del individuo.
- **Carga de Trabajo Mental:** Relacionada con la exigencia de la tarea en términos de cantidad de operaciones mentales necesarias para la resolución de la tarea. Estas operaciones pueden ser análisis de problemas, cálculos, decodificación de señales, asociación de elementos, etc. (ver procesos cognitivos).
- **Chunks:** (del inglés: fragmento) Fragmento de información contenido en una especie de grupos que abordan varios elementos. La memoria trabaja agrupando los elementos de información en chunks, de modo de ayudar el proceso de almacenamiento.
- **Clima Organizacional:** Se refiere a los aspectos concernientes con relaciones interpersonales, con jefaturas y otros que afecten en la motivación de los empleados.
- **Ergonomía Cognitiva:** Es el estudio de los procesos relativos al trabajo y relacionados con los procesos mentales principalmente, o de procesamiento de información.
- **Exigencia de Trabajo:** Se refiere a los factores propios a la situación de trabajo que un operador humano debe considerar para la realización de su tarea (por ejemplo: cumplimiento de objetivos y procedimientos, requerimiento de atención continua, requerimientos de precisión, condiciones ambientales desagradables, etc.).
- **Fatiga Mental (ocasionada por el trabajo):** Se produce básicamente en las personas que tienen un exceso de trabajo de procesos cognitivos, donde se exige un gran esfuerzo mental de forma continuada. A la vez, va acompañada de unas condiciones de trabajo muy sedentarias, aparentemente cómodas, con ausencia de ejercicio físico.
- **Lógica Procedural:** Se refiere al mecanismo lógico que se esconde detrás de cómo un trabajador realiza una operación en su trabajo. Es la base de por qué realiza su trabajo de esa forma, obedeciendo a su propio modelo y perspectiva de la organización.
- **Memoria de Corto Plazo (MCP):** La Memoria Operativa es el sistema donde el individuo maneja la información en el momento que está interactuando con el ambiente.

- **Naturaleza Unívoca:** Quiere decir que una situación obedece a una relación causa y efecto, y que está principalmente implicada con una variable.
- **Procesamiento de Información:** Concepto que surgió de la Psicología Cognitiva, que señala cómo la mente procesa la información percibida y recibida desde alguna fuente emisora.
- **Procesos Cognitivos:** Se refiere a los procesos de tipo intelectual relacionados con el pensamiento, la memoria, la atención, la comprensión, los razonamientos, la solución de problemas, etc.
- **Psicofisiología:** Es la expresión de procesos cognitivos o mentales, a través de señales fisiológicas como piloerección, frecuencia cardíaca, ph de la piel, etc.
- **Retroalimentación:** La Cibernética es una teoría de procesos que incorpora la retroalimentación o feedback como elemento importante. Consiste en que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se redirige de nuevo a la entrada del mismo, de manera de controlar el comportamiento dinámico del sistema.
- **Sobrecarga Mental:** Se refiere a cuando la carga mental es elevada y afecta el desempeño y la salud del individuo, pudiendo provocar fatiga.
- **Subcarga o Infracarga Mental:** Quiere decir que la exigencia de la tarea está muy por debajo de la capacidad del individuo y también se puede producir fatiga, principalmente en actividades monótonas o repetitivas.
- **Tarea:**
 - Prescrita:** Son los objetivos, funciones y procedimientos descritos en la organización para la realización de las tareas. Esto se vincula mayormente con el concepto de Tarea.
 - Efectiva:** Las tareas realizadas por el operador que muchas veces pueden diferir de lo señalado exactamente en la descripción de cargos o en los procedimientos establecidos. Esto sucede, porque continuamente los trabajadores deben hacer otra cosa debido a factores del ambiente. Esto se vincula mayormente con el concepto de Actividad.
- **Variables Socio-Organizacionales:** Se refieren a las relaciones laborales en la empresa, al diseño del trabajo y de las tareas, a las comunicaciones en la empresa, y todos los aspectos vinculados con el entorno.
- **Vigilancia:** Se refiere al estado de atención y concentración esperado durante la vigilia normal. En situaciones anormales, como somnolencia, esta vigilancia se ve reducida.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2009. Ergonomía y Psicosociología. En CD ROM. Madrid.

Arquer de I.1999. NTP 534: Carga Mental de trabajo: Factores. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Arquer de I, Nogareda C. 2001. NTP 575: Carga de mental de trabajo: Indicadores. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales, España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Bedny G, Karwowski W. 2006. The self-regulation concept of motivation at work. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 7(4): 413–436.

Bertalanffy LV. 1950. An outline of general system theory. *British Journal for phylosophy of science*. 139-164.

Bourdieu P. 1996. *Raisons pratiques: Sur la théorie de l'action*. París: Senil

Broadbent D. 1958. *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.

Bruner J. 1986. *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Chapanis A. 1975. *Ethnic variables in human factors engineering*. Baltimore: John Hopkins University Press.

Charlton S, O'Brien T. 2002. *Handbook of Human Factors Testing and Evaluation*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Chase WG, Simon HA. 1973. The mind's eye in chess. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press.

Clot Y. 1999. *La fonction psychologique du travail*. París: PUF, Le Travail Humain

Cole M, Engeström Y. 1993. A cultural-historical approach to distibuted cognition en Salomon, G. (Ed.), *Distributed cognitions: psychological and educational considerations*, Cambridge: Cambridge University Press.

Chavarría R. 1986. NTP 176: Evaluación de las condiciones de trabajo: Método de los perfiles de puestos. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Dalmau I, Nogareda C. 1998. NTP 451: Evaluación de las condiciones de trabajo: métodos generales. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Damos DL. 1991. Dual-task methodology: some common problems in Damos, D.L. (Ed.), Multiple task performance. London: Taylor & Francis

Dejours C. 2000. Travail, Usure Mentale. Nouvelle edition augmenté. Paris Bayard.

Descouvieres C, Díaz C. 1989. Los tiempos de reacción como indicador de fatiga y atención durante el desempeño laboral: un caso de aplicación. Resúmenes XXII Congreso Interamericano de Psicología. Buenos Aires.

Díaz C, Boujou P, Le Guillou F, Sperandio JC. 1981. Etude de la prise d'information et resolution de problèmes des controleurs radar du Centre de Contrôle Regionale de la navigation aerienne nord. Rapport de recherche C.E..N.A. - I.N.R.I.A., Paris.

Díaz C. 2002. Enfoque sistémico en análisis del trabajo: Algunos elementos teóricos y una ilustración empírica. *Psykhé*. 11(2):43-53.

Díaz C. 2005. Transferring Technologies to Developing Countries: a Cognitive and Cultural Approach in Intelligence & Technology, Robert J. Sternberg & David Preiss C. (Ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates

Donald M. 1993. Origins of the modern mind: three stages in the evolution of culture and cognition. Cambridge: Harvard University Press

Donald M. 2001. A mind so rare: the evolution of human consciousness. New York: Norton.

Dornic S, Andersson O. 1980. Difficulty and effort: A perceptual approach (Report no. 566). Estocolmo, Suecia: Universidad de Estocolmo, Dpto. de Psicología.

Espeso JA. 2006. Manual para la formación de técnicos de prevención y riesgos laborales. Editorial Lex Nova. Séptima Edición.

Gillet B. 1987. La psychologie en ergonomie: Traité de psychologie ergonomique. Issy-les-Moulineaux: EAP.

González JL, Moreno B, Garrosa E. 2005. Carga mental y fatiga laboral. Madrid: Piramide.

Hancock PA, Meshkati N. (Eds.) 1988. Human Mental Workload. Elsevier Science Publishers B. V. North Holland.

Hancock PA, Szalma JL. 2008. Performance under stress. Burlington, VT: Ashgate

Harper RP, Cooper GE. 1986. "Handling qualities and pilot evaluation " Journal of Guidance, Control, and Dynamics, vol. 9, pp. 515-529.

Hart SG, Stavenland LE. 1988. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In Hancock, P. A. y Meshkati, N. (Ed.), Human Mental Workload, pp. 139-183. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

Hill S. et al. 1992. Comparison of four subjective workload rating scales. Human Factors. 34(4): 429 - 439 . Special issue: measurement in human factors

Kantowitz BH. 1985. Stages and channels in human information processing: A limited review and analysis of theory and methodology. Journal of Mathematical Psychology. issue 29.

Kuutti K. 2001. Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research in Nardi, B. (Ed.), Context and consciousness. Cambridge: MIT Press

Leplat J. 1992. Les représentations fonctionnelles dans le travail in Leplat, J. (coord.) L'analyse du travail en psychologie ergonomique: recueil de textes. Toulouse: Octares

Leplat J. 1997. Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique. Paris: PUF-Le travail Humain.

Leplat J, Hoc JM. 1992. Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations in Leplat, J. (coord.) L'analyse du travail en psychologie ergonomique: recueil de textes. Toulouse: Octares.

Leplat J. 2004. L'analyse psychologique du travail. Revue Européene de psychologie appliquée, 54, p.101-108.

Llaneza FJ. 2007. Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista. Valladolid: Nova Lex.

Miller G. 1956. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological Review. 63:81-97

Nogareda C. 1986. NTP 179: La carga mental de trabajo: definición y evaluación. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Nachreiner F. 1999. International Standard on mental work load. The ISO 10075 Series. Industrial Health.

Ochanine DA. 1978. Le rôle des images operatives dans la régulation des activités de travail. *Psychologie et Education*. 2 :63-67.

Ochanine DA. 1992. The operative image of controlled object in Leplat, J. (coord.) *L'analyse du travail en psychologie ergonomique: recueil de textes*. Toulouse: Octares.

O'Donnell RD, Eggemeier FT. 1986. Workload assessment methodology In Boff, K., Kaufman, L., y Thomas, J. (Eds.) *Handbook of perception and human performance*, Vol. II. New York: Wiley Interscience.

Perez F. 1986. NTP 175: Evaluación de las condiciones de trabajo: el método L.E.S.T. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España. Disponible en internet: www.insht.es

Piotet F, Mabile J. 1984. "Conditions de travail, mode d'emploi", col. *Outils et méthodes*". A.N.A.C.T. Montrouge.

Rabardel P. 1995. Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin.

Richard JF. 1995. Les activités mentales. París: Armand Colin.

Rizzolatti G. et al. 2002. Motor and cognitive functions of the ventral premotor cortex. *Curr. Opin. Neurobiol.* 12:149 – 154.

Reid G, Nygren T. 1988. The Subjective Workload Assessment Technique: A scaling procedure for measuring mental workload., In: *Human Mental Workload*, (Eds. P. A. Hancock and N. Meshkati), Elsevier Science Publishers, North-Holland, 185-218

Rubio S, Díaz EM, Martín J. 2001. Aspectos metodológicos de la evaluación subjetiva de la carga mental de trabajo. *Arch Prev Riesgos Labor.* 4(4):160-168.

Schraagen JM, Chipman SF, Chalin VL. 2000. *Cognitive Task Analysis*. Psychology Press. Taylor & Francis Group.

Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal.* 27: 379-423, 623-656

Shannon CE, Weaver W. 1949. *A Mathematical Model of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.

Sperandio JC. 1980. *La psychologie en ergonomie*. París: PUF.

Sperandio JC. 1984. *L'ergonomie du travail mentale*. París: Masson.

Sperandio JC. 1996. *L'ergonomie face aux changements techniques et organisationnels du travail humain*. Selection du XXX Congrès de la SELF, Toulouse: Octares.

Sweller J, Van Merriënboer J, Paas F. 1998. Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review* 10:251-29.

Theureau J. 2001. La notion de charge mentale est-elle soluble dans l'analyse du travail et la conception ergonomiques, Conférence introductive aux Journées ct'ing/Ergonomia, Cassis.

Tsang PS, Velázquez VL. 1996. Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. *Ergonomics*. 39: 358-381.

Vidulich MA, Tsang PS. 1987. Absolute magnitude estimation and relative judgement approaches to subjective workload assessment. En *Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting*, 1057-1061, Santa Monica, CA: Human Factors Society

Weill-Fassina A, Rabardel P, Dubois D. 1993. Représentations pour l'action. Toulouse: Octares.

Weirwille W, Cavali J. 1983. A validated rating scale for global mental workload measurement applications. *Proceedings of 27th Annual Meeting of the Human Factors Society*, 129-133, Santa Monica, CA: Human Factors Society.

Weiner N. 1948. *Cybernetics; or control and communication in the animal and the machine.* New York: Wiley.

Wisner A, Pavard B, Benckroun TH, Geslin P. 1997. *Anthropotechnologie: vers un monde industriel pluricentrique.* Toulouse: Octares.

FACTORES AMBIENTALES

Directora del módulo:

Nella Marchetti P. Ingeniero Químico. Licenciada en Salud Ocupacional. Escuela de Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.

Dirección técnica, revisión y coordinación:

Salvador Alonso P. Ingeniero Civil Industrial Mención Química. Licenciado en Salud Ocupacional. Subgerente Técnico. Gerencia de Prevención. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Ruido:

Juan Chávez M. Ingeniero Acústico. Asociación Chilena de Seguridad.

Manuel Moreno J. Licenciado en Física. Asociación Chilena de Seguridad.

José Urnía M. Ingeniero Civil en Sonido y Acústica. Asociación Chilena de Seguridad.

Ana María Salazar B. Ingeniera Prevención de Riesgos y Medio Ambiente. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Vibración:

Alonso Carrillo M. Ingeniero Acústico. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Iluminación:

Luis Fuentealba M. Ingeniero Civil Industrial. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Calor y Exposición a Frío:

Rómulo Zúñiga R. Ingeniero Civil Químico. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Radiaciones No-Ionizantes:

René Prado L. Ingeniero Civil Mecánico. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Radiaciones Ionizantes:

Ana María Salazar B. Ingeniera Prevención de Riesgos y Medio Ambiente. Asociación Chilena de Seguridad.

René Prado L. Ingeniero Civil Mecánico. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Agentes Químicos:

Juan Carlos Lizama V. Ingeniero Civil Químico. Asociación Chilena de Seguridad.

Exposición a Agentes Biológicos:

Esteban Villarroel C. Ingeniero Civil Bioquímico. Asociación Chilena de Seguridad.

CAPÍTULO 1: Introducción

165

- 1.1. Agentes Ambientales
- 1.2. Exposición
- 1.3. Vigilancia Epidemiológica
- 1.4. Historia Ocupacional
- 1.5. Presentación de los Capítulos

CAPÍTULO 2: Exposición a ruido

167

- 2.1 Definiciones y Conceptos
- 2.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Ruido
- 2.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 2.4 Evaluación de la Exposición a Ruido
- 2.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Ruido y Trabajo Pesado
- 2.6 Referencias Bibliográficas

CAPÍTULO 3: Exposición a Vibración

179

- 3.1 Definiciones y Conceptos
- 3.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Vibración
- 3.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 3.4 Evaluación de la Exposición a Vibración
- 3.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Vibración y Trabajo Pesado
- 3.6 Referencias Bibliográficas

CAPÍTULO 4: Exposición a Iluminación

194

- 4.1 Definiciones y Conceptos
- 4.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Iluminación
- 4.3 Límites o Rangos Permisibles y Referenciales
- 4.4 Evaluación de la Exposición a Iluminación
- 4.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Iluminación y Trabajo Pesado
- 4.6 Referencias Bibliográficas

CAPÍTULO 5: Exposición a Calor

213

- 5.1 Definiciones y Conceptos
- 5.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Calor
- 5.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 5.4 Evaluación de la Exposición a Calor
- 5.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Calor y Trabajo Pesado
- 5.6 Referencias Bibliográficas

224

CAPÍTULO 6: Exposición a Frío

- 6.1 Definiciones y Conceptos
- 6.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Frío
- 6.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 6.4 Evaluación de la Exposición a Frío
- 6.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Frío y Trabajo Pesado
- 6.6 Referencias Bibliográficas

236

CAPÍTULO 7: Exposición a Radiaciones No-Ionizantes

- 7.1 Definiciones y Conceptos
- 7.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Radiaciones No- Ionizantes
- 7.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 7.4 Evaluación de la Exposición a Radiaciones No-Ionizantes
- 7.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Radiaciones No-Ionizantes y Trabajo Pesado
- 7.6 Referencias Bibliográficas

270

CAPÍTULO 8: Exposición a Radiaciones Ionizantes

- 8.1 Definiciones y Conceptos
- 8.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Radiaciones Ionizantes
- 8.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 8.4 Evaluación de la Exposición a Radiaciones Ionizantes
- 8.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Radiaciones Ionizantes y Trabajo Pesado
- 8.6 Referencias Bibliográficas

285

CAPÍTULO 9: Exposición a Agentes Químicos

- 9.1 Definiciones y Conceptos
- 9.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Agentes Químicos
- 9.3 Límites Máximos Permisibles y Referenciales
- 9.4 Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos
- 9.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Agentes Químicos y Trabajo Pesado
- 9.6 Referencias Bibliográficas

292

CAPÍTULO 10: Exposición a Agentes Biológicos

- 10.1 Definiciones y Conceptos
- 10.2 Riesgos para la Salud por Exposición a Agentes Biológicos
- 10.3 Límites Permisibles y Referenciales
- 10.4 Evaluación de la Exposición a Agentes Biológicos
- 10.5 Evaluación del Riesgo por Exposición a Agentes Biológicos y Trabajo Pesado
- 10.6 Referencias Bibliográficas
- 10.7 Anexo

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo es entregar antecedentes que permitan identificar y evaluar los agentes ambientales que podrían estar presentes en el puesto de trabajo y los niveles de exposición que representan riesgo para la salud y, de esta forma, definir si contribuyen para la calificación de trabajo pesado.

1.1.- Agentes Ambientales

Dependiendo de la actividad productiva específica, del proceso y tecnología empleada, en el ambiente de trabajo pueden existir múltiples agentes nocivos para la salud, de naturaleza química, física y biológica, que se presentan solos o combinados, y que en el caso de los químicos pueden encontrarse en estado líquido, sólido o gaseoso, e ingresar al organismo por vía inhalatoria, dérmica o digestiva, pudiendo también hacerlo los biológicos; en el caso de los físicos, cada uno tiene su manera de actuar sobre las personas. En consecuencia, para evaluar efectos producidos es necesario conocer los agentes que intervienen y todas las variables que pueden intervenir según el caso en estudio. Sin embargo, es preciso señalar que la sola presencia de un compuesto o agente no significa necesariamente la existencia de riesgo para la salud, sino que depende del nivel, tiempo, frecuencia de la exposición y otros.

La normativa nacional para el ámbito laboral contenida en el Decreto Supremo N° 594 de 1999 del Ministerio de Salud¹ "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo"², establece valores límites aceptables para una serie de compuestos químicos en el ambiente, así como para agentes físicos, además de los respectivos métodos de referencia para su medición. Estos límites han sido establecidos internacionalmente en base a estudios epidemiológicos, clínicos y experimentales que han demostrado que la mayoría de los trabajadores sanos no presentan alteraciones en su salud, si están expuestos durante ocho horas diarias de trabajo y 48 horas semanales en su vida laboral. Sin embargo, es de considerar que esta norma está orientada a la prevención de la enfermedad profesional, pero no considera la susceptibilidad individual.

1.2.- Exposición Ocupacional

Para los fines propuestos, se entenderá por exposición ocupacional al acto de estar en contacto por razones del trabajo, durante un tiempo determinado, con un agente ambiental de naturaleza química (gases, partículas, humos contaminantes del aire), física (ruido, vibraciones, calor, frío, iluminación, radiaciones) o biológica (bacterias, virus). El estudio de la exposición se orienta a conocer y explicar la relación entre un agente nocivo y la aparición de síntomas y signos en los trabajadores. Esto implica identificar al agente y la fuente generadora, además de determinar las condiciones en que se asocian como factor

¹ Elaborado por el Instituto de Salud Pública.

² Para el desarrollo de este módulo se consideró el Decreto Supremo [D.S.] N° 594, del Ministerio de Salud del año 1999. Las actualizaciones que reciba esta norma serán contempladas en futuras versiones de esta Guía Técnica.

de riesgo, tales como las propiedades inherentes del compuesto, la concentración, el tiempo de permanencia en el ambiente y la vía de ingreso al organismo.

En ese sentido, se distinguen dos tipos de exposición:

a) Aguda: El contacto se produce a grandes concentraciones y por un corto período de tiempo.

b) Crónica: La exposición es a bajas concentraciones y en períodos de tiempo prolongados.

Por otra parte, el efecto en el individuo estará asociado a las características de susceptibilidad individual, dimensiones corporales, fuerza, rangos de movimientos, intelecto, educación, expectativas, dentro de otras características físicas y mentales.

1.3.- Vigilancia Epidemiológica

Como se ha mencionado, el efecto nocivo de un agente ambiental depende del tiempo de la exposición y del nivel en el ambiente. Por lo tanto, para probar la relación entre la carga ambiental y la respuesta en el individuo, es necesario conocer estos dos factores determinantes que constituyen parte de la historia ocupacional del individuo y representan el efecto acumulativo producto de la exposición a uno o más agentes ambientales.

La vigilancia epidemiológica es la herramienta más adecuada para generar evidencia de los factores del trabajo que impactan en la salud de un individuo a lo largo de su vida ocupacional. Corresponde a la actividad sistemática de recolección, análisis e interpretación de datos para generar información sobre factores de riesgo en el ambiente laboral y su respuesta o efecto sobre la salud. Este proceso involucra lo siguiente:

- La medición periódica y el seguimiento del agente en el ambiente, y el monitoreo personal de los individuos expuestos.
- La evaluación biológica de los individuos para la pesquisa de la respuesta del organismo o del daño precoz.

1.4.- Historia Ocupacional

La historia ocupacional del trabajador representa el registro de las exposiciones a los diferentes agentes, en cada puesto de trabajo, durante su vida laboral, lo que permite visualizar la carga ambiental en el tiempo. Es importante destacar que los resultados de la evaluación ambiental del último puesto de trabajo no siempre representan las condiciones de exposiciones pasadas.

1.5.- Presentación de los Capítulos

En los capítulos siguientes se exponen antecedentes técnicos específicos de una selección de los agentes ambientales más relevantes, donde se indican las definiciones de los términos más representativos, los efectos que pueden ocasionar en la salud, los límites permisibles de exposición y metodología de evaluación de la exposición y riesgo asociado, a fin de evidenciar la relación causa-efecto en forma objetiva sobre las personas.

CAPÍTULO 2: EXPOSICIÓN A RUIDO

2.1.- Definiciones y Conceptos

a) Ruido: Desde el punto de vista físico, el ruido está conformado por la superposición de ondas sonoras de distintas frecuencias y amplitudes. Es una forma de energía mecánica generada por cuerpos que vibran (equipos, máquinas, herramientas, etc.), que se transmite por un medio elástico y al ingresar al sistema auditivo del ser humano puede causar daño o alteraciones a la salud.

b) Onda sonora: Es una perturbación que se propaga a través de cualquier medio elástico, siendo su característica principal el transporte de energía sonora. El medio de propagación más común es el aire.

c) Amplitud de una onda sonora: Representa el desplazamiento máximo longitudinal de las moléculas del medio por el cual se propaga; se asocia físicamente a las variaciones de presión en el medio de propagación.

d) Frecuencia de una onda sonora: Es el número de oscilaciones que una onda efectúa en un determinado intervalo de tiempo. La unidad con la cual se mide la frecuencia es el Hertz (Hz), que representa el número de ciclos por segundo.

e) Presión sonora: Variaciones de presión producidas por una onda sonora y que se superponen a la presión atmosférica, su unidad es el Pascal (Pa).

f) Nivel de presión sonora (NPS): 20 veces el logaritmo (de base 10) de la razón entre una presión sonora y la presión sonora de referencia. Se expresa en decibeles (dB). La presión sonora de referencia es de 20 μ Pa:

$$\text{NPS} = 20 \log (P_s / P_{\text{ref}}) \text{ [dB]}$$

Donde:

P_s = Presión Sonora en μ Pa.

P_{ref} = 20 μ Pa (umbral de audición).

g) Tasa de intercambio de igual energía: Expresa cuánto tendría que aumentar o disminuir el Nivel de Presión Sonora para mantener constante la energía sonora equivalente cuando se duplica o se reduce a la mitad el tiempo de exposición. En Chile la legislación vigente considera una Tasa de Intercambio igual a 3 dB.

h) Respuesta auditiva: El ser humano es capaz de detectar sonidos que se encuentran en un determinado rango de amplitudes y frecuencias. Respecto de las frecuencias el campo auditivo va de los 20 Hz a 20 000 Hz, y respecto de las amplitudes desde 20 μ Pa (0 dB) a 20Pa (120 dB).

i) Espectro sonoro: Es la distribución del nivel de presión sonora en función de la frecuencia. Se puede representar en forma gráfica o tabular a través de un análisis de frecuencia.

j) Análisis de frecuencia de banda de octava: El espectro audible se divide en 11 bandas de frecuencia, cada una de ellas se identifica por una frecuencia central, cuyos valores son: 16 Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz y 16 000 Hz.

k) Curva de ponderación "A": Es una curva de ponderación que simula la respuesta auditiva en frecuencia del oído humano. Al aplicar la ponderación A en una medición de ruido se obtiene el Nivel de Presión Sonora en dB(A).

l) Nivel de presión sonora ponderado A (NPS dB(A)): Es el nivel de presión sonora obtenido utilizando la curva de Ponderación A, su unidad es el dB(A). Es una medición que no aporta información sobre cómo se distribuye la energía acústica en el espectro audible (20 Hz a 20 000 Hz), sino que indica el nivel de ruido total o en banda ancha, que es percibido por una persona.

m) Nivel de presión sonora continuo equivalente (NPSeq): Es un nivel de presión sonora constante, que en un mismo intervalo de tiempo de medición, contiene la misma energía total que el ruido medido (estable o fluctuante). Este parámetro se puede utilizar para medir el ruido en forma total (dB(A)), como también, en cada una de las bandas de un análisis de frecuencia (dB).

n) Nivel de presión sonora máximo (NPS_{max}): Corresponde al mayor nivel de presión sonora registrado durante el período de medición. Este parámetro se puede utilizar para medir el ruido en forma total (dB(A)), como también, en cada una de las bandas de un análisis de frecuencia (dB).

o) Nivel de exposición normalizado a 8 h (NPSeq_{8h} dB(A)): Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (con ponderación A) correspondiente a una exposición sonora durante un período de tiempo normalizado de 8 h, que es la misma que la exposición sonora durante el período de tiempo efectivo de exposición.

p) Ruido estable: Aquel que presenta fluctuaciones temporales del nivel de presión sonora menores a 5 dB(A), medidos en 1 minuto.

q) Ruido fluctuante: Aquel que presenta fluctuaciones temporales del nivel de presión sonora mayores a 5 dB(A), medidos en 1 minuto.

r) Límite máximo permisible (LMP): Nivel de Exposición a Ruido bajo el cual se cree que la salud de casi todos los trabajadores que puedan estar expuestos repetidamente, día tras día, no tiene efectos adversos para su salud (probabilidad baja). Para una exposición normalizada de 8 h el LMP es igual a 85 dB(A).

s) Nivel de acción: Nivel de exposición a ruido que considera la susceptibilidad individual, por lo cual, la probabilidad de efectos adversos para la salud de los trabajadores es aún mas baja que para el LMP. Para una exposición normalizada de 8 h el Nivel de Acción es igual a 82 dB(A).

t) Exposición ocupacional a ruido sobre el límite máximo permisible: Es aquella en que el Nivel de Exposición Normalizado a 8 h ($NPSeq_{8h}$ dB(A)) es mayor al LMP de 85 dB(A).

u) Exposición ocupacional a ruido bajo el límite máximo permisible: Es aquella en que el Nivel de Exposición Normalizado a 8 h ($NPSeq_{8h}$ dB(A)) es inferior o igual al LMP de 85 dB(A).

v) Ruido de fondo en el puesto o lugar de trabajo: es el nivel de ruido que prevalece en el puesto o lugar de trabajo sin las actividades intrínsecas que en él se realizan.

w) Confort acústico: Conjunto de condiciones acústicas que permiten realizar las actividades laborales de forma adecuada y con normalidad. El confort acústico se valora en base a la aplicación de curvas de criterio de ruido que relacionan la actividad con el ruido de fondo que se recomienda para el puesto o lugar de trabajo.

x) Curvas de criterio de ruido: Corresponden a curvas de ruido de referencia en bandas de octava, que permiten valorar ambientes sonoros (ruido de fondo) en relación al confort acústico, según el grado de exigencia del puesto o lugar de trabajo respecto a comunicación, concentración, trabajo intelectual, salud de las personas, etc.

y) Curvas de criterio de ruido NCB (Balanced Noise Criterion Curves): Las Curvas NCB fueron creadas por Leo Beranek en 1989, y establecen niveles de presión sonora referenciales en frecuencias de banda de octava, que permiten valorar el ruido de fondo del puesto o lugar de trabajo en relación a la actividad laboral correspondiente. Éstas están diseñadas para favorecer, principalmente, la comunicación, la concentración y el descanso de las personas.

2.2.- Riesgos para la Salud por Exposición a Ruido

La exposición al ruido genera diversos efectos en el ser humano, siendo el más conocido la pérdida de audición inducida por ruido o sordera. Sin embargo, existen otros efectos que genera el ruido en las personas, considerados no dañinos para la audición, tales como: malestares o molestia, trastornos en la salud (stress, laringopatías y otros efectos fisiológicos), alteración en la eficiencia laboral, en las comunicaciones y la seguridad.

2.2.1.- Sordera profesional

La Hipoacusia inducida por el ruido o Sordera Profesional, se define como la disminución de la capacidad auditiva del tipo sensorineural (afecta al oído interno), que se caracteriza por ser generalmente bilateral, simétrica, permanente, de instalación lenta y progresiva a lo largo de muchos años, como resultado de una exposición ocupacional a ruido en el puesto de trabajo.

Los principales factores que influyen en la sordera profesional son los relativos a las características de la exposición a ruido, determinados por el nivel, la frecuencia, el tiempo de exposición y la naturaleza y tipo de ruido entre otros.

En el trabajador con daño auditivo por ruido, el período inicial se caracteriza por la presencia de tinnitus (acúfenos) sobre todo al final de la jornada laboral, fatiga física y psíquica, junto a malestar general. La duración de este periodo es variable. Al principio el déficit auditivo no afecta las frecuencias conversacionales, por lo que, la persona no se da cuenta de la disminución de su audición, ya que al abandonar el ambiente ruidoso, cesan los síntomas descritos. En esta etapa se podrían adoptar medidas de control para estabilizar la lesión.

2.2.2.- Efectos no auditivos sobre la salud

Además de los efectos auditivos, la exposición a ruido puede generar en las personas efectos no auditivos que la alteran o perturban.

a) Estrés: Se está estudiando la relación entre ruido y estrés, y aún no es clara su interrelación. Estudios experimentales han demostrado que se produce un incremento de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) y una elevación de los niveles de corticoide; efectos sobre el sistema de circulación que incluyen constricción de vasos sanguíneos e hipertensión; efectos sobre el sistema nervioso central tales como la dilatación de las pupilas, taquicardia y aumento de la conductancia de la piel. Todos esos efectos son respuestas fisiológicas normales. No obstante, se requieren más estudios para determinar hasta qué punto y a qué niveles, estos efectos temporales del estrés, después de una exposición habitual a largo plazo, pueden llevar o contribuir a cambios permanentes en la salud, tales como aumento de la presión sanguínea e hipertensión. (NCh 2572-2001).

b) Efectos de malestar o molestia: Es el efecto más común del ruido sobre las personas y la causa inmediata de la mayor parte de las quejas. La sensación de malestar no sólo se origina por la interferencia con la actividad en curso o con el reposo, sino también con otras sensaciones, menos definidas pero a veces muy intensas, como incomodidad. Las personas afectadas hablan de intranquilidad, inquietud, desasosiego, depresión, ansiedad o rabia. Todo ello contrasta con la definición de “salud” dada por la Organización Mundial de la Salud: “Un estado de completo bienestar físico, mental y social, no la mera ausencia de enfermedad”.

El nivel de malestar no varía solamente en función del nivel de ruido y de otras características físicas del mismo que son menos objetivables (ruidos “chirriantes”, “estridentes”, etc.), sino también de factores tales como miedo asociados a la fuente de ruido o el grado de legitimación que el afectado atribuya a la misma. Si el ruido es intermitente influye también el nivel de presión sonora máximo de cada episodio y el número de éstos (Parsons 2000).

c) Efectos sobre la eficiencia laboral: Los efectos del ruido sobre la eficiencia laboral no sólo dependen de las características del ruido, sino también de otras variables tales como la tarea y el individuo. Es claro que cuando una tarea depende de una señal de advertencia, enmascarar esas señales con ruido interferirá con el desarrollo de la tarea. Se requiere un nivel adicional de la señal auditiva para suplir esta disminución de la audición. Una evaluación de la eficiencia laboral se debe basar en la experiencia individual y en estudios de ambientes particulares.

El ruido puede actuar como un estímulo distractor, el cual puede afectar el estado psico-fisiológico del individuo. Los ruidos imprevistos pueden producir sobresaltos, lo que puede influir en el normal desarrollo de una actividad o tarea. El ruido puede cambiar la atención de un individuo y aumentar o disminuir la eficiencia. En el caso de tareas monótonas, el ruido no siempre las afecta negativamente (música ambiental). Actividades mentales que involucran vigilancia, acumulación de información y procesos analíticos pueden ser particularmente sensibles al ruido. El efecto específico depende del tipo de ruido, su duración y la tarea a realizar (NCh 2572-2001).

d) Efectos sobre la comunicación y la seguridad: El ruido puede enmascarar tanto la comunicación hablada, como las señales de alarma. Diferentes investigaciones han demostrado que en ambientes con niveles de ruido superiores a 80 dB(A) es preciso alzar la voz, y que por sobre los 85 dB(A) es necesario gritar para hacerse entender. En ambientes cercanos a los 95 dB(A) es necesario acercarse al interlocutor para poder comunicarse. En aquellos casos en que los trabajadores necesitan comunicarse en ambientes con los niveles anteriormente citados, y no disponen de sistemas de comunicación diferentes a los del habla, pueden

desarrollar diferentes afecciones a la voz, como son afonías y otras anomalías en las cuerdas vocales.

Por otra parte niveles elevados de ruido pueden comprometer la seguridad de los trabajadores, debido a la dificultad para escuchar alarmas, advertencias y avisos. En este sentido se puede afirmar que el ruido es un factor de riesgo de accidentes.

Finalmente, para que una señal sonora (palabra o señal de advertencia) sea perfectamente inteligible es necesario que su nivel de emisión supere en alrededor de 15 dB al ruido de fondo (Jones 2009).

2.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

En Chile, la exposición ocupacional a ruido está regulada por el Decreto Supremo N° 594, el cual tiene por finalidad prevenir la sordera profesional. Por otra parte, en el país no existe legislación que regule los efectos extra auditivos en la salud y el confort acústico. Para efecto de esta guía se utilizará un criterio internacional reconocido de referencia para evaluar el confort acústico (Beranek 1989).

2.3.1.- Límites de exposición ocupacional a ruido

El Decreto Supremo N° 594 establece un Límite Máximo Permissible de exposición ocupacional a ruido de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 h; si este valor se excede, implica que la exposición ocupacional es sobre el LMP, lo que significa que se deben adoptar inmediatamente medidas para su control.

En aquellos casos donde el tiempo efectivo de exposición diario es distinto a 8 h, el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente, NPS_{eq} , obtenido de la evaluación de la exposición a ruido en el puesto de trabajo, se deberá normalizar a 8 h, de acuerdo a lo establecido en la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq,8h} = NPS_{eq} + 10 \times \log \left(\frac{T_e}{8} \right) \text{ dB(A)}$$

Donde:

T_e = Tiempo efectivo de exposición a ruido del trabajador, en horas.

NPS_{eq} = Nivel de Presión Sonora continuo equivalente, dB(A).

2.3.2.- Valores referenciales para evaluar el confort acústico de un puesto de trabajo

Para evaluar el Confort Acústico en un puesto de trabajo se utiliza el criterio internacional de referencia indicado en las Curvas de Criterio de Ruido, denominadas NCB (Balanced Noise Criteria), las que establecen recomendaciones sobre los niveles de presión sonora máximos, en bandas de octava, que no se deben superar como ruido de fondo en el puesto de trabajo, en función del uso o actividad que en éste se realice (Beranek 1989). Las curvas NCB que se aplicarán para efectos de la presente guía son las que se indican en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Curva NCB en función del nivel de presión sonora											
Curva NCB	Nivel de Presión Sonora (dB)										NPS Total dB(A)
	Frecuencia Central de Banda de Octava (Hz)										
	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
30	82	69	55	46	40	35	32	28	25	22	38
35	84	71	58	50	44	40	37	33	30	27	43
40	85	74	62	54	49	45	42	38	35	32	48
45	87	76	65	58	53	50	47	43	40	37	53
50	89	79	69	62	58	55	52	49	46	43	58

NPS : Nivel de Presión Sonora.

Por otra parte, los tipos de trabajo para este punto, se clasificarán en dos grupos:

- Los trabajos que requieren exigencias de actividades de tipo intelectual y de concentración, entre las que se pueden encontrar las siguientes: oficinas privadas y semi privadas, salas de clase, bibliotecas y salas de dibujo. Las curvas de referencia recomendadas corresponden a las Curvas NCB-30 a NCB-40.
- Los trabajos que requieren para su desarrollo de buenas condiciones de comunicación verbal, entre los que se pueden encontrar los siguientes: oficinas de plano abierto, áreas de recepción, secretarías y laboratorios. Las curvas de referencia recomendadas corresponden a las Curvas NCB-40 a NCB-50.

2.4.- Evaluación de la Exposición a Ruido

Para realizar la evaluación de exposición ocupacional a ruido o confort acústico en un puesto de trabajo determinado, se deben considerar preliminarmente varios factores o condiciones que influyen en dicha exposición o confort acústico: se debe conocer el lugar de trabajo, su ubicación y relación con otros para determinar si presenta condiciones que puedan generar exposición ocupacional a ruido sobre el Límite Máximo Permisible o niveles de ruido ambientales superiores a las correspondientes curvas NCB.

2.4.1.- Información necesaria

a) Lugar y características: Es importante visualizar cómo se conforma el campo sonoro donde está ubicado el puesto de trabajo a evaluar, es decir, hay que identificar previamente las fuentes emisoras de ruido que generan dicho campo, su distribución espacial, características del espacio físico (volumen, elementos constructivos, etc.).

b) Puesto de trabajo: Es necesario conocer las actividades laborales asociadas al puesto de trabajo a evaluar, es decir, si se trata de un puesto fijo, móvil o una combinación. En el primer caso, el trabajador puede permanecer la mayor parte de su jornada laboral expuesto a ruido, en condiciones que son regulares día a día, pero con variaciones en su exposición, asociadas al funcionamiento variable de las fuentes emisoras de ruido existentes en su lugar de trabajo, como del entorno o fondo. En el segundo caso, dependiendo de los recorridos que deba efectuar el trabajador, de los lugares que requiera visitar y de los tiempos de permanencia en cada una de las labores que realiza, su exposición será a ruido de diferentes magnitudes y características.

c) Características de las tareas: Es importante conocer los tipos de tareas que se deben realizar en el puesto de trabajo, ya que existen labores en que no se puede separar la fuente de ruido del operador (por ejemplo, labores de corte y pulido con esmeril angular), o simplemente el trabajador debe utilizar varias herramientas que generan ruido durante el turno de trabajo. Sin embargo, pueden existir otras labores de ejecución manual, que no requieren el uso de herramientas ruidosas, pero el puesto de trabajo está influenciado por el ruido de máquinas o equipos, o por procesos ruidosos ubicados cerca del lugar donde se efectúan estas labores manuales. Su análisis en relación con tiempos de ejecución y aspectos anteriormente señalados, permitirán planificar una medición representativa de la exposición del trabajador.

2.4.2.- Evaluación de la exposición ocupacional a ruido

La medición de la exposición ocupacional a ruido en un puesto de trabajo se realiza utilizando un dosímetro de ruido que cumpla con las exigencias y requisitos señalados en el Decreto Supremo N° 594 y el Instructivo de Aplicación del mismo elaborado por el Instituto de Salud Pública de Chile. El tiempo de medición dependerá de las características de ejecución de las tareas asociadas al puesto de trabajo en estudio, pero debe ser tal que permita cubrir en forma representativa el quehacer cotidiano del trabajador en condiciones de trabajo normales.

Las imágenes 4.1 y 4.2 muestran ejemplos de estos instrumentos.



Imagen 4.1. Trabajador utilizando un dosímetro de ruido



Imagen 4.2 Dosímetro de ruido

La evaluación de la exposición ocupacional a ruido se realiza a través de la comparación del Nivel de Exposición Normalizado a 8 h ($NPSeq_{8h}$ dB(A)), ver 2.3.1, con el Límite Máximo Permisible de 85 dB(A).

2.4.3.- Evaluación de la exposición a ruido y confort acústico

Para evaluar la exposición a ruido y el confort acústico, en base a las características de las tareas que se realizan, se debe determinar la Curva de Criterio de Ruido NCB que le corresponde al puesto de trabajo en estudio. Luego, se debe determinar cualitativamente cual es la condición de ruido de fondo del puesto de trabajo en estudio y realizar mediciones y análisis de frecuencia en bandas de octava, representativas del ruido de fondo. Para ello, mediante un sonómetro con filtros de banda de octava se mide el nivel de presión sonora continuo equivalente y el nivel de presión sonora máximo en cada una de las bandas de octava. Finalmente, el espectro sonoro más representativo del ruido de fondo se debe comparar con los correspondientes niveles recomendados en cada banda de octava de la Curva de Criterio de Ruido NCB que corresponda aplicar.

Un puesto de trabajo presenta un buen confort acústico si como resultado de esta comparación, los NPS medidos en el espectro sonoro para el ruido de fondo son menores o iguales a los valores que conforman la Curva de Criterio de Ruido que corresponda utilizar.

La imagen 4.3 muestra un ejemplo de sonómetro de tiempo real con analizador incorporado.



2.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Ruido y Trabajo Pesado

2.5.1.- Evaluación del riesgo por exposición ocupacional a ruido

Para efectos de esta guía, se definirán tres niveles ascendentes de riesgo de generar pérdida auditiva inducida por ruido en los trabajadores ocupacionalmente expuestos a ruido, basado en el Límite Máximo Permissible y Nivel de Acción (indicados en el punto 2.1), que son los siguientes:

- **Nivel 1:** Indica que el $NPSeq_{8h}$ en el puesto de trabajo es menor al Nivel de Acción de 82 dB(A).
- **Nivel 2:** Corresponde a un nivel de alarma o de acción, dado que el $NPSeq_{8h}$ dB(A) es igual o supera el Nivel de Acción de 82 dB(A), pero es menor o igual al LMP de 85 dB(A).
- **Nivel 3:** Indica que el trabajo se puede considerar como pesado, dado que el $NPSeq_{8h}$ en el puesto de trabajo es mayor al LMP de 85 dB(A).

La tabla 4.2 resume lo señalado:

Tabla 4.2 Criterio de evaluación del riesgo por exposición ocupacional a ruido	
Condición	Nivel
$NPS_{eq8h} < 82 \text{ dB(A)}$	1
$80 \text{ dB(A)} \leq NPS_{eq8h} \leq 85 \text{ dB(A)}$	2
$NPS_{eq8h} > 85 \text{ dB(A)}$	3

Donde:

NPS_{eq8h} = Nivel de Presión Sonora Continuo equivalente normalizado a 8 h.

2.5.2.- Evaluación del riesgo por exposición a ruido y confort acústico

Para determinar si un puesto de trabajo en áreas administrativas u otras similares presenta riesgo de trabajo pesado, asociado a la exposición al ruido de fondo existente, se utilizarán las Curvas NCB (Sección 2.3.2). Esta calificación define 3 niveles de carga y/o riesgo por trabajo pesado, los que se indican a continuación:

- **Nivel 1:** Indica que el ruido de fondo en el puesto de trabajo cumple con criterios de confort acústico, siendo apto para el desarrollo de dicha actividad.
- **Nivel 2:** Indica que el ruido de fondo en el puesto de trabajo no es óptimo, sin embargo, cumple con los requisitos mínimos de confort acústico, ya que las actividades igualmente se pueden ejecutar, pero existen condiciones potenciales para que se generen efectos desfavorables en los trabajadores.
- **Nivel 3:** Indica que el trabajo se puede considerar como pesado, dado que el ruido de fondo en el puesto de trabajo no cumple con criterios de confort acústico.

La tabla 4.3 resume lo señalado.

Tabla 4.3 Criterio de evaluación de otros riesgos por exposición a ruido y confort acústico		
Trabajo que requiere Comunicación Verbal	Trabajo Intelectual que requiere Concentración	Nivel
$ES \leq NCB 40$	$ES \leq NCB 30$	1
$NCB 40 < ES \leq NCB 50$	$NCB 30 < ES \leq NCB 40$	2
$ES > NCB 50$	$ES > NCB 40$	3

Donde:

ES = Espectro Sonoro, Nivel de Presión Sonora medido en Bandas de Octava (16 Hz - 8000 Hz).

2.6.- Referencias Bibliográficas

Beranek L. 1989. Application of NCB Noise Criterion Curves. Noise Control Engineering Journal. 33(2):45-56.

Chengalur SN, Rodgers SH, Bernard TE. 2004. Kodak's Ergonomic Design for People at Work. 2nd. Edition. John Wiley & Sons Inc: USA.

Instituto de Salud Pública. Instructivo para la Aplicación del Decreto Supremo N° 594/99 del Ministerio de Salud. Chile.

Instituto Nacional de Normalización. NCh 2572-2001. Acústica – Guías para la medición y evaluación de la exposición a ruido en un ambiente de trabajo.

Jones R. 2009. Inteligibilidad del Habla. Meyer Sound. Disponible en Internet: <http://www.cetear.com/InteligibilidaddelHablaParte1.pdf>

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Chile.

Parsons KC. 2000. Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. Applied Ergonomics. 31:581-594.

Tolosa F. 2003. Efectos del Ruido sobre la Salud. Discurso inaugural del Curso Académico 2003 en la Real Academia de Medicina de las Islas Baleares. Disponible en Internet: http://www.ruidos.org/Documentos/Efectos_ruido_salud.html

CAPÍTULO 3: EXPOSICIÓN A VIBRACIÓN

3.1.- Definiciones y Conceptos

a) Vibración: Según el Decreto Supremo N° 594, se entiende por vibración el movimiento oscilatorio de las partículas de los cuerpos sólidos. Asimismo, se define como la variación en el tiempo de una "magnitud o cantidad" que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, donde la magnitud toma alternadamente valores más grandes o más pequeños que un valor promedio o valor de referencia (ISO 2041). El movimiento vibratorio de un cuerpo, en relación con su estado de reposo, puede describirse por medio de su desplazamiento, velocidad o aceleración.

b) Aceleración de la vibración: En el ámbito de la exposición humana a vibración, se utiliza el índice de "aceleración" o "aceleración vibratoria", debido a que éste se asocia directamente con las fuerzas que actúan sobre las personas y las partes de su cuerpo (segunda Ley de Newton: $F = m \cdot a$). Corresponde a cómo varía la velocidad de la vibración respecto al tiempo ($\Delta v/\Delta t$), cuya unidad es el m/s^2 .

c) Frecuencia de la vibración: Corresponde a la cantidad de oscilaciones de un cuerpo en el período de tiempo de un segundo. La unidad de medida es el Hertz (Hz).

d) Respuesta mecánica del cuerpo humano a las vibraciones: Para este estudio, el cuerpo humano se considera como un sistema mecánico formado, a su vez, por diversos subsistemas mecánicos relacionados y modelados como masas, resortes y amortiguadores, debido a que la masa (m), la elasticidad (k) y la amortiguación (c) son los parámetros más relevantes durante la acción de un fenómeno vibratorio. La modelación del cuerpo humano con estos elementos se puede observar en la Imagen 4.4:

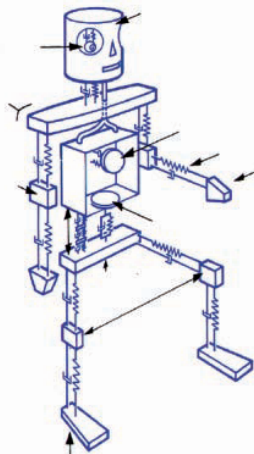


Imagen 4.4 Modelo de los parámetros concentrados masa-resorte-amortiguador para el cuerpo humano

Cada subsistema mecánico o componente del cuerpo podrá responder de una manera particular ante una vibración externa, pudiendo incluso amplificarla si la frecuencia natural de este subsistema coincide con la frecuencia de la vibración externa, fenómeno que se conoce como “resonancia”. Los subsistemas del cuerpo humano más sensibles a las vibraciones son los de la zona pulmonar y la masa abdominal, cuyas frecuencias de resonancia se encuentran aproximadamente en el rango de frecuencia entre 4 y 10 Hz. Por otra parte, los otros subsistemas son menos sensibles y tienen frecuencias de resonancia más altas, hasta aproximadamente el rango de 100 Hz, por lo que la percepción como cuerpo entero decae abruptamente a partir de esta frecuencia.

e) Tipos de exposición ocupacional a vibraciones: Existen dos tipos de exposición a vibraciones con relevancia ocupacional, las que se definen según la Comunidad Europea en su Directiva 2002/44/CE:

- **Vibración transmitida al cuerpo entero:** Es la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, particularmente, por lumbalgias y lesiones de la columna vertebral. Se manifiesta cuando las vibraciones se transmiten al individuo desde el elemento vibrante, como el suelo o un vehículo en movimiento. (Ver Imagen 4.5).

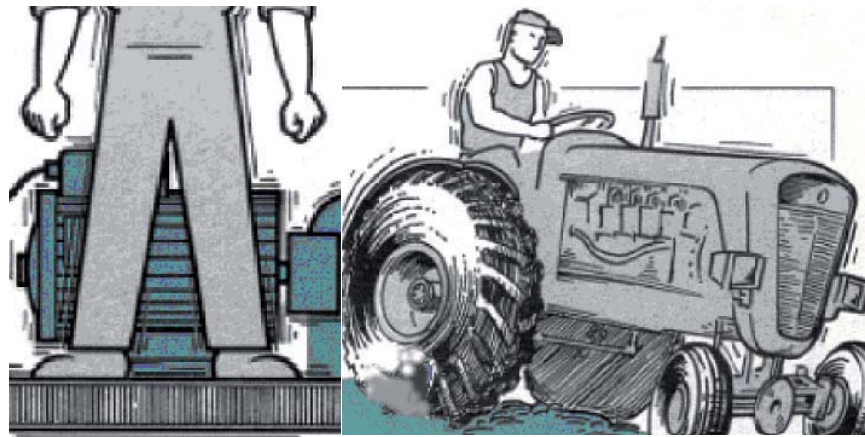


Imagen 4.5 Exposición a vibración de cuerpo entero

- **Vibración transmitida al sistema mano-brazo:** Es la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano-brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular problemas vasculares, óseos o articulares, nerviosos o musculares. Se produce cuando existe un contacto directo del individuo con un elemento vibrante a través del segmento mano-brazo, como una motosierra, un cincel neumático, etc. (Ver Imagen 4.6).



Imagen 4.6 Exposición a vibración de mano - brazo

f) Direcciones de exposición a vibraciones: Los efectos de las vibraciones en el cuerpo humano dependen, entre otros factores, de su dirección, por lo que para los dos tipos de exposición señalados se descompone el movimiento vibratorio como la suma vectorial de los movimientos que se generan en la dirección de tres ejes ortogonales. El Decreto Supremo N° 594 los define de esta forma (Ver imágenes 4.7 y 4.8):

Exposición de Cuerpo Entero:

- Eje "z": De los pies a la cabeza (vibración vertical).
- Eje "x": De la espalda al pecho (vibración horizontal).
- Eje "y": De hombro a hombro (vibración horizontal).

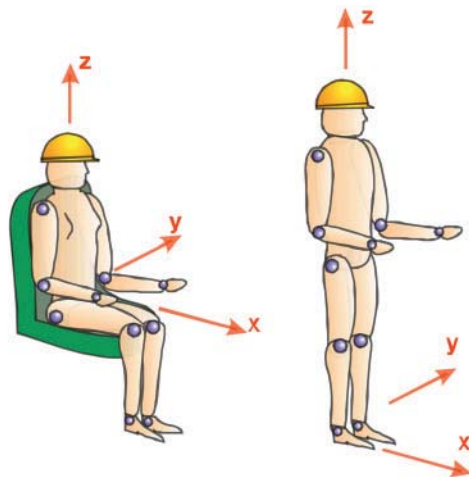


Imagen 4.7 Ejes coordenados de exposición a vibración de cuerpo entero

Exposición Mano-Brazo:

- Eje "z": Definida por la línea longitudinal ósea.
- Eje "x": Perpendicular a la palma de la mano.
- Eje "y": Paralelo a la palma de la mano.

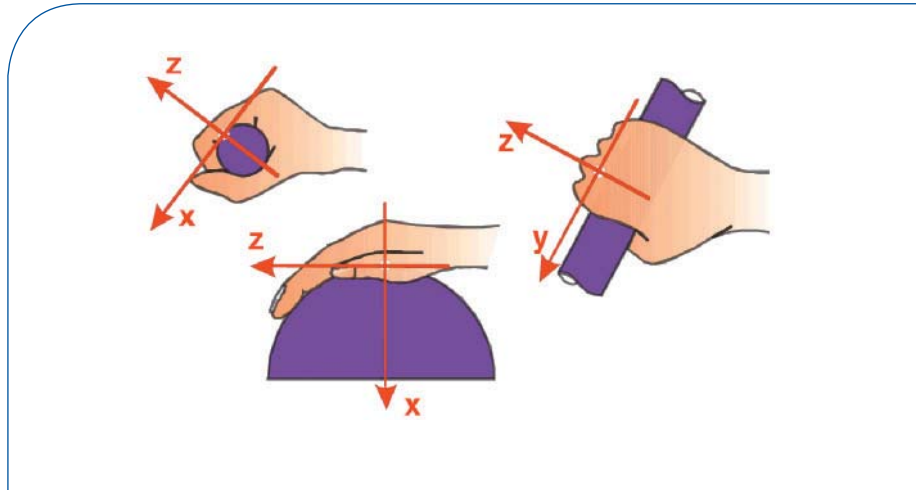


Imagen 4.8 Ejes coordenados de exposición a vibración de mano-brazo

g) Ponderaciones de frecuencia: Son curvas que representan la sensibilidad humana normalizada a vibraciones, en función de la frecuencia, para una determinada condición de exposición, es decir, la dirección de exposición y la posición del cuerpo completo o segmento del cuerpo durante la exposición. Las siguientes imágenes muestran las respuestas del cuerpo entero a las vibraciones para el eje Z y los ejes X-Y, respectivamente (según ISO 2631-1):

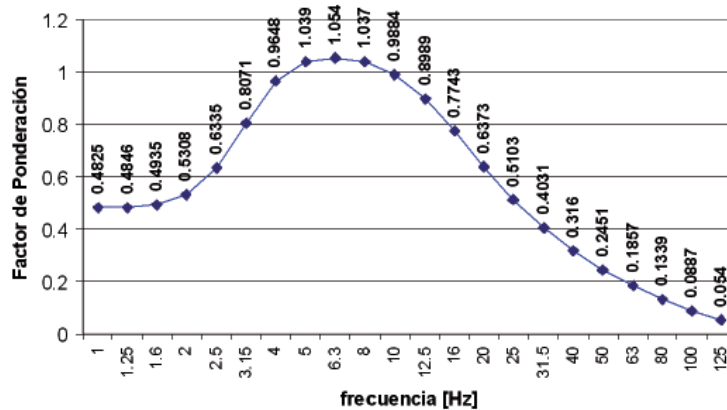


Imagen 4.9 Respuesta humana a vibración en función de la frecuencia, ponderación W_k para exposición de cuerpo entero, eje Z, ISO 2631-1

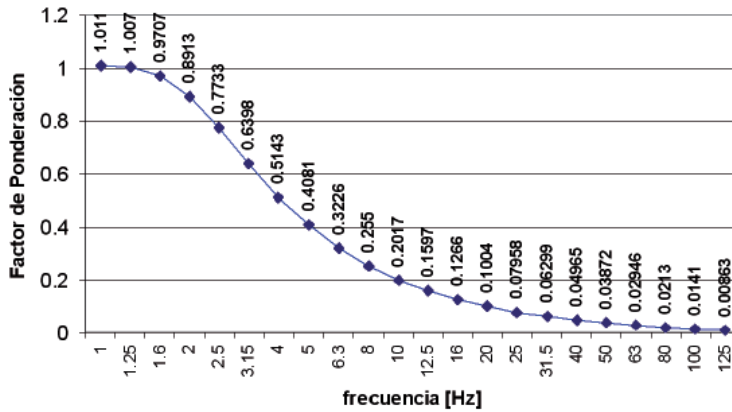


Imagen 4.10 Respuesta humana a vibración en función de la frecuencia, ponderación W_d para exposición de cuerpo entero, ejes X e Y, ISO 2631-1

Mientras que en la Imagen 4.11 se muestra la respuesta del segmento mano-brazo a las vibraciones, para los ejes X-Y-Z, respectivamente (según ISO 5349):

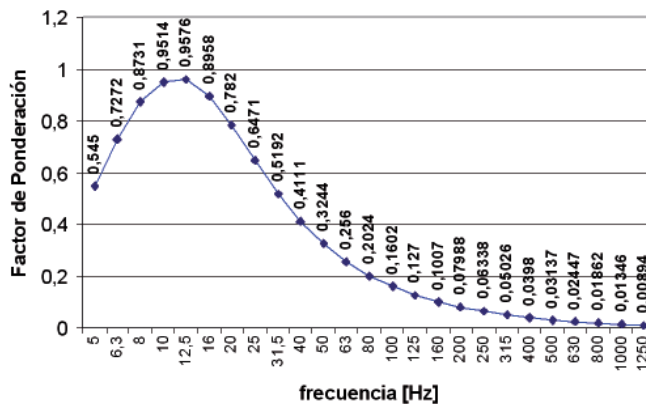
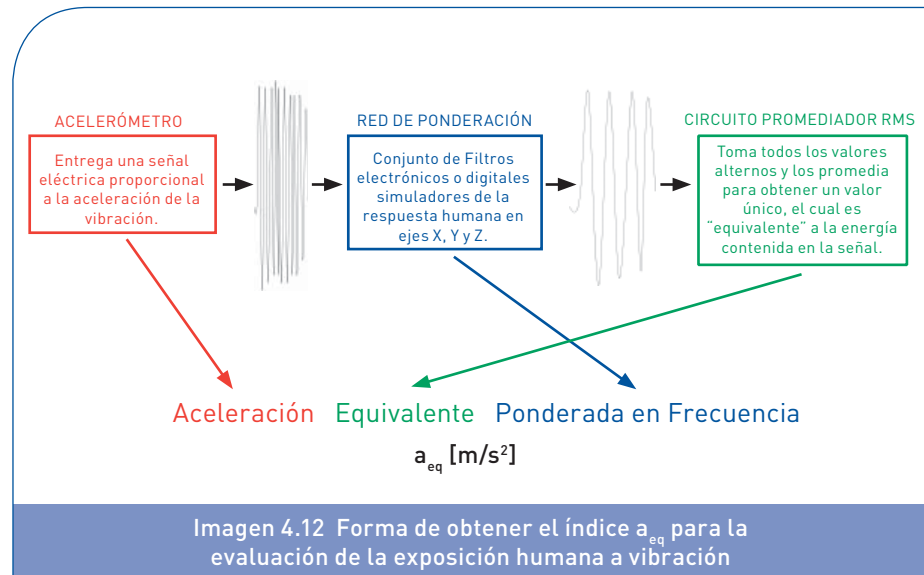


Imagen 4.11 Respuesta humana a vibración en función de la frecuencia, ponderación W_h para exposición de mano-brazo, ejes X-Y-Z, ISO 5349

h) Aceleración equivalente ponderada (a_{eq}): Como se ha planteado, las normas ISO 2631-1 e ISO 5349 han establecido las curvas de respuesta a las vibraciones de cuerpo entero y mano-brazo, las que son propuestas para efectos de la medición de la exposición a vibraciones y conocidas como “curvas de ponderación de frecuencia”. Éstas se aplican sobre la vibración que captura el “acelerómetro” o sensor de vibración, para simular la respuesta humana y así obtener la Aceleración Equivalente Ponderada (a_{eq}), que es el índice usual para describir la exposición humana a las vibraciones mecánicas y que resume en un solo valor todas las variaciones del agente y la sensación que experimentan las personas frente a una exposición a vibraciones⁴. Su unidad es m/s^2 . En la Imagen 4.12, se muestra un esquema que representa la manera de obtener la Aceleración Equivalente Ponderada (a_{eq}), por la vía instrumental:

⁴ Para la exposición a vibración de cuerpo entero, también se utiliza el índice de Dosis de Vibración (VDV) cuando la vibración contiene componentes impulsivas (ver ISO2631-1).



3.2.- Riesgos para la Salud por Exposición a Vibración

3.2.1.- Exposición a vibración de cuerpo entero

La transmisión de la vibración al cuerpo de un individuo depende de la postura de éste y sus efectos son complejos. La exposición a vibración de cuerpo entero produce movimientos y fuerzas en el interior del organismo humano que pueden, de acuerdo con estudios epidemiológicos, causar molestias, afectar el desempeño y afectar negativamente la parte baja de la espalda y columna. Se asume que un incremento en la duración de la exposición a vibración y de su magnitud, aumentan también el riesgo; por el contrario, una reducción de exposición o reducción de amplitud, reducen el riesgo.

Se ha observado una alta tasa de prevalencia de dolor en la parte baja de la espalda, discos herniados y degeneración temprana de la columna en los grupos expuestos, así como trastornos en el cuello y hombro, aunque las investigaciones epidemiológicas no son concluyentes en esto último. El dolor de la parte baja de la espalda y la espalda, desórdenes en hombros y cuello son no-específicos para expuestos a vibraciones, presentándose muchos factores que confunden, tales como posturas de trabajo, características antropométricas, tono muscular, carga física y susceptibilidad individual (edad, desórdenes preexistentes, fuerza muscular, etc.).

Acerca de si la exposición a vibración de cuerpo entero puede producir trastornos digestivos, circulatorios o efectos adversos en el sistema reproductivo, la respuesta sigue abierta. En otros casos, se indica un aumento de la prevalencia de molestias gastrointestinales, úlcera péptica y gastritis que se han reportado en conductores de vehículos con presencia de este agente.

En otros, se indica que la vibración de cuerpo entero parece ser un factor que, en combinación con posturas sentadas por prolongados períodos de tiempo como en conductores, contribuye a la ocurrencia de varices y hemorroides. Algunos estudios han reportado evidencia de efectos sobre el sistema digestivo, el órgano reproductor femenino y la irrigación sanguínea periférica (EU. WBV. 2008).

3.2.2.- Exposición a vibración de mano-brazo

Las personas expuestas a vibración de mano-brazo en el largo plazo, pueden sufrir desórdenes vasculares neurológicos, óseos y articulares, afectando las funciones neurológicas y locomotoras de la mano y brazo. En ese sentido, trabajadores expuestos a vibración de mano-brazo pueden presentar episodios de blanqueamiento de los dedos, causado por la disminución o cierre temporal de flujo sanguíneo hacia los dedos, aunque usualmente gatillado por exposición a frío. Debido a ello, se han utilizado varios términos para describir los desórdenes vasculares inducidos por vibración:

- Muerte de dedo blanco.
- Fenómeno de Raynaud's de origen ocupacional.
- Dedos blancos inducidos por vibración.

Inicialmente, el blanqueamiento envuelve el extremo de uno o varios dedos, puede extenderse a la base de éstos con reiteradas exposiciones a vibración. La duración del episodio o ataque varía con la intensidad del estímulo vibratorio, desde unos pocos minutos a más de una hora y cuando el flujo sanguíneo retorna a los dedos (provocado con calor o masaje), éstos se tornan de color rojo, a menudo acompañado de dolor. Los ataques pueden manifestarse con leves disminuciones de temperatura (se evidencia con más frecuencia en invierno que en verano), pudiendo producir una completa pérdida de la sensación táctil y de la destreza de manipulación con el transcurso del tiempo, lo que puede interferir con la actividad laboral, al incrementar el riesgo de lesiones agudas debido a accidentes.

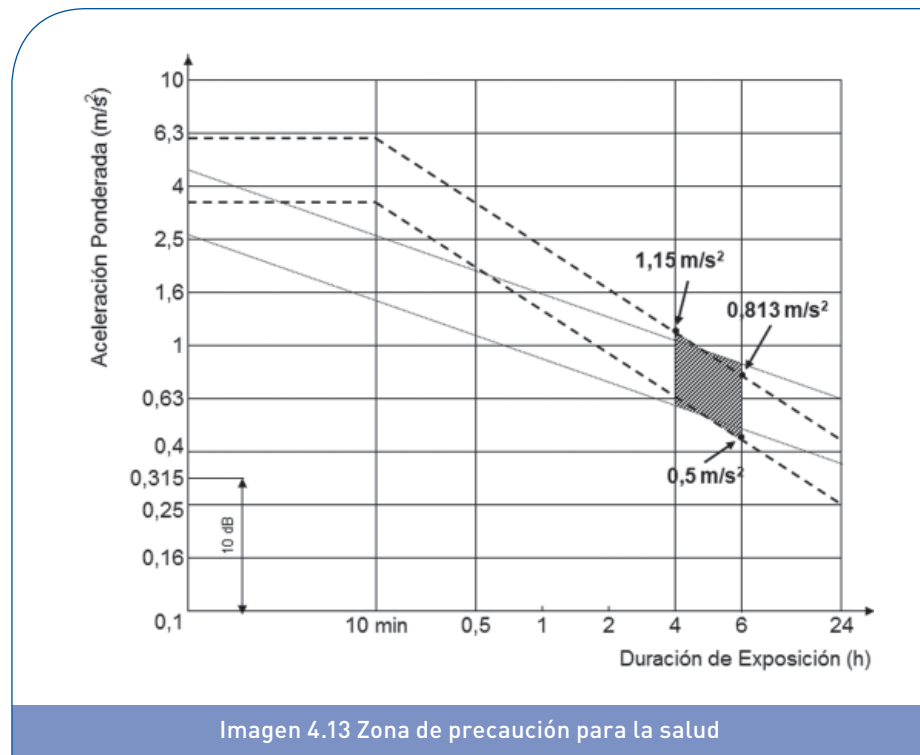
Estudios epidemiológicos han demostrado que la probabilidad y severidad del blanqueamiento es influenciado por las características de la exposición, su duración, el tipo de herramienta, el proceso de trabajo, las condiciones ambientales (temperatura, flujo de aire, humedad, ruido), algunos factores biodinámicos (apriete con fuerza, empujar con fuerza, posición del brazo) y varias características individuales (susceptibilidad individual, enfermedades, consumo de tabaco y de medicamentos que afectan la circulación periférica).

El término "Síndrome de Vibración de Mano-Brazo" se usa para referirse a estos desórdenes complejos. Periódicos ataques por el deterioro de la circulación sanguínea no sólo ocurrirán en el trabajo, sino también en actividades cotidianas, deportivas, etc., donde tareas comunes como abrochar un botón de la ropa puede convertirse en una tarea difícil (EU.HA. 2006).

3.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

3.3.1.- Límites permisibles de exposición de cuerpo entero

La evidencia disponible hasta la fecha, respecto a la manifestación de una enfermedad profesional o lesión por vibración, se ha obtenido a partir de estudios donde el tiempo de exposición de los individuos se encuentra entre 4 y 8 horas. Del análisis de los estudios efectuados, se estableció que las amplitudes de vibración a_{eq} relacionadas con estas manifestaciones ocurrieron dentro del área sombreada del gráfico presentado en la Imagen 4.13, denominada "Zona de Precaución de la Salud", donde en su punto más alto presenta un valor de $1,15 \text{ m/s}^2$ para un tiempo de exposición de 4 horas y en su parte más baja, un valor de $0,5 \text{ m/s}^2$ para el tiempo de exposición de 8 horas (ISO 2631-1). El valor de $1,15 \text{ m/s}^2$, proyectado a 8 horas, entrega un LMP de $0,813 \text{ m/s}^2$, tal como se muestra en el mismo esquema, donde las líneas punteadas gruesas corresponden a curvas de iso-exposición, que están basadas en el parámetro de la aceleración equivalente ponderada. Las líneas punteadas delgadas del gráfico corresponden a valores de dosis de vibración⁵, VDV, cuyo valor equivalente al límite de acción es de $VDV=8,5 \text{ m/s}^{1,75}$ y el equivalente al Límite Máximo Permissible, corresponde al valor de $VDV = 17 \text{ m/s}^{1,75}$.



⁵ Si el factor de cresta de la vibración, cociente entre la Aceleración Peak y la Aceleración RMS, es mayor a 6, implica que la exposición contiene componentes de vibración impulsivas. En esta condición, la dosis de vibración VDV, indicador proporcional a la cuarta potencia de la aceleración (definido en ISO2631-1), es el parámetro recomendado para describir la exposición a vibración de cuerpo entero.

Para evaluar la exposición ocupacional a vibraciones, las a_{eq} medidas se deben proyectar a una exposición con un tiempo de 8 horas, utilizando la ecuación (1), y así poder situar las amplitudes obtenidas dentro de la Zona de Precaución de la Salud:

$$(1) \quad a_{eq(8)} = k_i a_{eq,Te} \left[\frac{Te}{8} \right]^{1/2}$$

Donde:

- $a_{eq(8)}$ = Valor de exposición diaria normalizada a 8 horas (m/s^2).
 k_i = Factor adimensional dependiente del eje de medición, correspondiendo a $k_x = k_y = 1,4$ y $k_z = 1$
 $a_{eq,Te}$ = Aceleración equivalente ponderada en frecuencia, medida durante el tiempo Te (m/s^2).
 Te = Tiempo de exposición efectivo (h).

Para este criterio, si la exposición está dentro de la zona de precaución, se considera que, por existir evidencia de casos con enfermedad profesional y lesiones, la exposición estudiada también podría implicar la manifestación de enfermedad profesional o lesión. Cuando la exposición diaria a vibración comprende la exposición a distintas aceleraciones, como las que podrían ocurrir cuando una persona opera varios vehículos o fuentes de vibración, la $a_{eq(8)}$ en cada eje se podrá calcular de la siguiente forma [EU. WBV. 2008]:

$$(2) \quad a_{eq(8)} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (a_{eq(8)i}) \cdot t_i}$$

Donde:

- $a_{eq(8)i}$ = Valor total de vibración i-esima de duración t_i .
 t_i = Tiempo de exposición a una determinado $a_{eq(8)i}$.
 T = Tiempo total de exposición, dado por la ecuación (3).
 n = Número de exposiciones.

$$(3) \quad T = \sum_{i=1}^n t_i$$

3.3.2.- Límites permisibles de exposición de mano-brazo

La exposición a vibración de mano-brazo se evaluará efectuando la proyección de las vibraciones medidas a_{eq} a un valor de exposición diaria normalizado a 8 horas $a_{eq(8)}$, como lo indica la expresión (1), utilizando factores $k = 1$. Luego de calcular las $a_{eq(8)}$ en cada eje, el índice utilizado para la evaluación será el "valor total"⁶, como se expresa en la ecuación (4) (ISO 5349-1; EU. HAV. 2006):

$$(4) \quad A_{eq(8)} = \sqrt{a_{eq(8)x}^2 + a_{eq(8)y}^2 + a_{eq(8)z}^2}$$

El LMP de exposición a vibraciones de mano-brazo de $A_{eq(8)}$ se establece en 5 m/s^2 , valor indicado por la Directiva 2002/44/CE de la Comunidad Europea.

Según los antecedentes disponibles en la actualidad, casos de enfermedad profesional y lesionados por exposición a vibración de mano-brazo se han presentado a partir de un $A_{eq(8)}$ de $2,5 \text{ m/s}^2$, por lo que se deben tomar acciones preventivas de tipo técnicas y de salud para las personas expuestas que superen este valor, considerado como el "Valor de Exposición que da Lugar a una Acción" o "Límite de Acción". Cuando la exposición diaria a vibración comprende la exposición a distintas aceleraciones como las que ocurrirían por utilizar varias herramientas manuales, la $A_{eq(8)}$ se podrá calcular de la siguiente forma:

$$(5) \quad A_{eq(8)} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (A_{eq(8)i}) \cdot t_i}$$

Donde:

- $A_{eq(8)i}$ = Valor total de vibración i-esima de duración t_i .
- t_i = Tiempo de exposición a una determinada $A_{eq(8)i}$.
- T = Tiempo total de exposición, dado por la ecuación (3).
- n = Número de exposiciones.

⁶ Indicada en Norma ISO 5349-1.

3.4.- Evaluación de la Exposición a Vibración

Como se señala en el punto 3.3, la calificación de la exposición a vibración se basa en la norma internacional ISO 2631-1, para la exposición de cuerpo entero, y en la Directiva 2002/44/CE, para la exposición de mano-brazo.

3.4.1.- Información necesaria

En primera instancia, se deberá identificar el trabajo realizado y efectuar su descripción, registrando elementos significativos como tipo de máquina o herramienta, lugar y/o procesos donde se utilizan, tipo de exposición (mano-brazo y/o cuerpo entero), tiempo de exposición efectivo durante la jornada y duración de la jornada, antecedentes que constituyen el “estudio previo” indicado en el instructivo de vibraciones para la aplicación del Decreto Supremo N° 594. Luego, es necesario determinar en forma representativa la Aceleración Equivalente Ponderada y, si el caso lo requiere, la Dosis de Vibración.

Los métodos de medición utilizados deberán ajustarse a lo indicado en el instructivo de vibraciones para la aplicación del mismo decreto y podrá implicar un muestreo que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión, durante su jornada de trabajo.

3.4.2.- Medidor de vibración humana

La medición de cuerpo entero y/o mano-brazo se efectúa con un medidor de vibración humana, instrumento que debe cumplir con las exigencias establecidas en la norma ISO 8041 para simular la respuesta humana a las vibraciones. De esta forma, se promedian los movimientos adquiridos por el sensor de vibración (usualmente acelerómetro) y se calcula, además, la Aceleración Equivalente Ponderada (a_{eq}) dentro del período de medición. Por otra parte, para la exposición de cuerpo entero, se podrá medir la Dosis de Vibración VDV utilizada, cuando la exposición contenga componentes impulsivas o de impacto.

3.4.3.- Medición de la aceleración equivalente ponderada, exposición de cuerpo entero

Se deberá utilizar un acelerómetro triaxial, conectado a un medidor de vibración humana, que posea tres canales de captura y proceso simultáneo, es decir, con un filtro Wd para los ejes X e Y y con filtro Wk para el eje Z, y capacidad de promediación R.M.S., según lo establecido por la norma ISO 8041⁷. La exposición se determinará, entonces, en referencia a la mayor amplitud de vibración que se presente en alguno de los ejes. Todas las amplitudes deben ser informadas.

⁷ Esta configuración de filtros se aplica a la mayoría de los casos cuando el sensor se ubica en la superficie horizontal del asiento del trabajador o en la superficie del piso, pero podrán aplicarse otros filtros, el Wc en el eje X, cuando el sensor se ubica en el respaldo del asiento o dorso del trabajador y cuando se presenten altas amplitudes vibratorias en la dirección el eje X (ISO 2631-1).

3.4.4.- Evaluación de la exposición a vibración de cuerpo entero

La evaluación de la exposición a la vibración de cuerpo entero se basa en el cálculo del valor de exposición normalizado, expresado como se indica en la ecuación (1), el que se compara con el LMP de 0,813 m/s². Para la medición, cálculos y registro se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Registre en la Tabla 4.4 las aceleraciones equivalentes ponderadas a_{eq} .
- Indique en la tabla el tiempo efectivo de exposición.
- Calcule el “valor de exposición diaria normalizado” $a_{eq(8)}$ de vibración con la ecuación (1), para cada eje.
- El valor anterior se comparará con lo señalado en la sección 3.5, para determinar el nivel de riesgo que corresponda.

Tabla 4.4 Evaluación de la exposición a vibraciones de cuerpo entero										
		a_{eq} [m/s ²] Medido			Te (horas)	$a_{eq(8)}$ [m/s ²] Calculado			Límite de Acción	LMP (m/s ²)
Nº	Medición	X	Y	Z		X	Y	Z	X-Y-Z	X-Y-Z
1	Operador de...								0,5	0,813
2	Operador de...								0,5	0,813

Donde:

a_{eq} = Aceleración Vibratoria Equivalente Ponderada en (m/s²) (medida).

$a_{eq(8)}$ = Valor de Exposición Diaria Normalizado a 8 horas (m/s²) (calculado).

Te = Tiempo de exposición efectivo a vibraciones.

3.4.5.- Medición de la aceleración equivalente ponderada, exposición de mano-brazo

Se deberá utilizar un acelerómetro triaxial de peso despreciable respecto al peso de la mano, conectado a un medidor de vibración humana, que posea tres canales de captura y proceso simultáneo, es decir, con un filtro Wh en cada canal, y capacidad de promediación R.M.S., según lo establecido por la norma ISO 8041. Cuando se trate de herramientas o elementos vibratorios que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará en referencia a la mayor exposición entre ambas manos.

3.4.6.- Evaluación de la exposición a vibración de mano-brazo

La evaluación de la exposición a la vibración de mano-brazo se basa en el cálculo del “valor total” de exposición diaria normalizado, para un período de referencia de 8 horas ($A_{eq(8)}$) expresada como se indica en la ecuación (4), el que se compara con el LMP de 5 m/s².

Para la medición, cálculos y registro, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Registre en la Tabla 4.5 las aceleraciones equivalentes ponderadas a_{eq} medidas.
- Indique en la tabla el tiempo efectivo de exposición T_e .
- Calcule el "valor total" $A_{eq(8)}$ de vibración con la ecuación (4).
- El valor anterior se comparará con lo señalado en la sección 3.5, para determinar el nivel de riesgo que corresponda.

Tabla 4.5 Evaluación de la exposición a vibraciones de mano-brazo								
Nº	Medición	a_{eq} [m/s ²] Medido			T_e (horas)	$A_{eq(8)}$ [m/s ²] Calculado	Límite de Acción	LMP (m/s ²)
		X	Y	Z				
1	Operador de...					X-Y-Z	X-Y-Z	X-Y-Z
2	Operador de...						2,5	5

Donde:

- a_{eq} = Aceleración Vibratoria Equivalente Ponderada en (m/s²) (medida).
 $A_{eq(8)}$ = Valor de Exposición Diaria Normalizado a 8 horas (m/s²) (calculado).
 T_e = Tiempo de exposición efectivo a vibraciones.

3.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Vibración y Trabajo Pesado

191

El agente físico vibración generalmente actúa junto a otros factores de riesgo, como fuerzas, posturas estáticas, movimiento repetitivo, susceptibilidad personal, etc., por lo que la evaluación del riesgo y la predicción de una enfermedad o lesión por exposición a vibración, se vuelve una tarea compleja y no se sustenta solamente en la medición de la Aceleración Equivalente Ponderada o la Dosis de Vibración.

3.5.1.- Exposición a vibración de cuerpo entero

Para efectos de esta guía, se definirán tres niveles ascendentes de riesgo de generar efectos en las personas, basado en la "Zona de Precaución para la Salud" (indicada en el punto 3.3), que son los siguientes:

- **Nivel 1:** Indica que el puesto de trabajo no presenta riesgo de generar efectos adversos en las personas.
- **Nivel 2:** Corresponde a un nivel de alarma o de acción, dado que la vibración $a_{eq(8)}$ no supera el LMP; sin embargo, se asume la presencia del riesgo debido a que en este nivel se han presentado casos de enfermos profesionales. Se requiere de evaluación médica para la detección y diagnóstico de un posible desorden y, por otra parte, de la detección y evaluación de factores físicos que, combinados con la vibración, aumentarían el nivel de riesgo de enfermedad o lesión, como movimiento forzado, esfuerzo físico o postura de trabajo estática, que llevan a pensar en trabajo pesado (Bernard 1997).

- **Nivel 3:** Corresponde a una exposición donde la vibración $a_{eq(8)}$ supera el LMP, presentándose el riesgo para la salud y la calificación del trabajo como pesado.

La Tabla 4.6 resume lo señalado:

Tabla 4.6 Criterios de calificación para exposición a vibración de cuerpo entero	
Condición	Nivel
$a_{eq(8)} \leq 0,5 \text{ m/s}^2$	1
$0,5 \text{ m/s}^2 < a_{eq(8)} \leq 0,813 \text{ m/s}^2$	2
$a_{eq(8)} > 0,813 \text{ m/s}^2$	3

3.5.2.- Exposición a vibración de mano-brazo.

Para efectos de esta guía, se definirán tres niveles ascendentes en cuanto al riesgo de generar un desgaste prematuro de los tejidos y en el cuerpo, basados en la Directiva Europea 2002/44/CE, que son los siguientes:

- **Nivel 1:** Indica que el puesto de trabajo no presenta riesgo de generar efectos adversos en las personas.
- **Nivel 2:** Corresponde a un nivel de alarma o de acción, dado que la vibración $A_{eq(8)}$ no supera el LMP; sin embargo, se asume la presencia del riesgo debido a que en este nivel se han presentado casos de enfermos profesionales. Se requiere de evaluación médica para la detección y diagnóstico de un posible desorden y, por otra parte, de la detección y evaluación de factores físicos que, combinados con la vibración, aumentarían el nivel de riesgo de enfermedad o desgaste prematuro, como movimiento repetitivo, uso de fuerza y postura estática, que llevan a pensar en trabajo pesado (Bernard 1997).
- **Nivel 3:** Corresponde a una exposición donde la vibración $A_{eq(8)}$ supera el LMP, presentándose el riesgo para la salud y la calificación del trabajo como pesado.

La Tabla 4.7 resume lo señalado.

Tabla 4.7 Criterios de calificación para exposición a vibración de mano-brazo	
Condición	Nivel
$A_{eq(8)} \leq 2,5 \text{ m/s}^2$	1
$2,5 \text{ m/s}^2 < A_{eq(8)} \leq 5 \text{ m/s}^2$	2
$A_{eq(8)} > 5 \text{ m/s}^2$	3

3.6.- Referencias Bibliográficas

Bernard BP. 1997. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Technical Report 97-141.

European Union (EU). 2006. Guide to Good Practice on Hand-Arm Vibration. V 7.7.

European Union (EU). 2008. Guide to Good Practice on Whole Body Vibration. V 6.7.

Directiva 2002/44/CE. Disposiciones Mínimas de Seguridad y de Salud Relativas a la Exposición de los Trabajadores a los Riesgos Derivados de los Agentes Físicos, vibraciones, Parlamento Europeo, Decimosexta Directiva, 25 de junio de 2002, Diario Oficial L 177 de 6.7.2002.

ISO 2041:1990. Vibration and Shock – Vocabulary.

ISO 2631-1:2005. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements.

ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration -- Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration -- Part 1: General requirements.

ISO 8041: 1988. Human response to vibration - Measuring instrumentation.

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 “Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”. Chile.

CAPÍTULO 4: EXPOSICIÓN A ILUMINACIÓN

4.1.- Definiciones y Conceptos

a) Luz: La luz es un elemento de naturaleza física y constituye una forma de energía que se transmite en forma de una radiación electromagnética que es irradiada por diversas fuentes, artificiales (una lámpara eléctrica) o naturales (una llama, el Sol), y que se difunde por el espacio. Esta emisión de energía al penetrar en el ojo humano, sea directamente de la fuente irradiada o reflejada por los objetos del entorno, genera un estímulo nervioso a partir del cual se interioriza la información del ambiente exterior. Esta radiación, capaz de producir tanto una impresión luminosa como de color y estimular el sentido de la vista, es un fenómeno que sólo se produce en el rango de longitud de onda de 380 a 760nm⁸, llamado "espectro de la luz visible". Fuera de este rango, el órgano visual humano no es estimulado y, por lo tanto, no es reconocible ni apreciable por éste.

b) Propiedades cromáticas de la luz: Un objeto se observa de un color determinado, porque ha reflejado la radiación correspondiente a esa longitud de onda y ha absorbido el resto de las longitudes que corresponden al resto de los colores que componen el espectro de la luz visible. Se utilizan dos criterios en relación con las propiedades cromáticas de la luz: la temperatura del color y el índice de reproducción cromático del color.

c) Temperatura del color (Tc): Indica la apariencia cromática de la luz en términos de la cantidad de violeta (azul) o de rojo. Para una fuente luminosa⁹, se mide por su apariencia cromática y se basa en el principio en el cual todos los objetos, al aumentar su temperatura, emiten luz. El color de la luz cambia de acuerdo al incremento de la temperatura y se mide en grados Kelvin (K).

Existen 3 categorías:

- Cálido : Menor o igual a 3.300 K.
- Intermedio : Entre 3.300 K y 5.300 K.
- Luz día (Fría): Igual o mayor a 5.300 K.

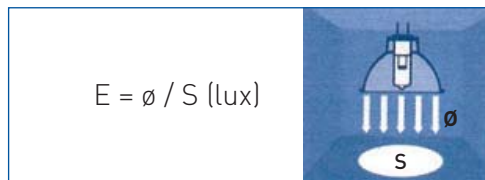
d) Índice de rendimiento cromático (Ra, IRC): Indica la apariencia de un objeto que está siendo iluminado, en términos cualitativos de reproducción del color. Este índice entrega la medida de correspondencia entre el color real (dado por la luz natural) de un objeto y la veracidad del mismo bajo determinada fuente de luz. Cuando una fuente genera una distribución del espectro luminoso sobre un objeto y, por ende, un color muy similar o igual al color original del cuerpo, se dice que su Ra es muy bueno.

⁸ nm : Nanómetro (10⁻⁹ m)

⁹ Esta propiedad es indicada por el fabricante en las diferentes lámparas (equipo o catálogos)

El fabricante indica en los catálogos para cada fuente, el índice de Rendimiento Cromático de acuerdo al tipo de lámpara, siendo el mejor o más alto el 100, que corresponde a la luz natural y cierto tipo de lámpara (incandescente).

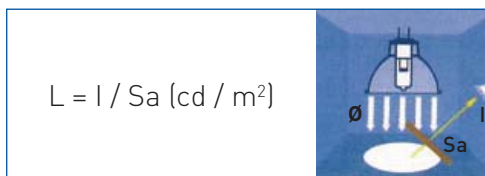
e) Iluminancia (E): Es la cantidad de flujo luminoso (ϕ), medido en lúmenes (lm) por unidad de área (S) en m^2 . Constituye un dato muy importante para determinar las condiciones lumínicas de una zona de trabajo, es decir, tener más o menos luz. Su unidad es el lux, que corresponde a lm/m^2 :



Donde:
lux = lm / m^2

Es importante tener presente que el nivel de iluminancia varía en forma inversa con el cuadrado de la distancia, es decir, a medida que nos alejamos de la fuente luminosa, la iluminancia se reduce en forma cuadrática.

f) Luminancia (L): Es la relación entre la intensidad luminosa (I), medido en candelas (cd) que emite una superficie determinada y la superficie vista por un observador (superficie aparente, S_a en m^2) situado en la misma dirección. Ésta corresponde, al igual que la intensidad luminosa, a una magnitud direccional. Se denomina luminancia directa a la proveniente de una fuente de luz y luminancia indirecta a la que procede por reflexión de los cuerpos iluminados y que es recibida por el ojo. Su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m^2):



El ojo no recibe la luz que incide sobre las superficies (concepto de iluminancia), sino la energía luminosa reflejada en la dirección del observador (concepto de luminancia), con lo cual el estímulo visual estará determinado por la luminancia. Esta magnitud es la que nos indica si en una determinada situación se ve más o menos luz, por lo que, para alcanzar una buena visibilidad para realizar un trabajo, el factor más importante está relacionado

con la luminancia de la tarea y su entorno. La luminancia también se puede expresar como la relación entre la iluminancia (E), el factor de reflexión (rv) y una constante (π), expresión que es válida para superficies con reflexión difusa (por ejemplo, superficies de madera):

$$L = E \times rv / \pi \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

Donde:

E = Iluminancia (lux).

rv = Factor de reflexión del objeto iluminado, superficie, etc.

$\pi = 3,1416$

g) Agudeza visual (Poder de resolución) : Es la capacidad de discriminar detalles en objetos o entre objetos que se encuentran muy cerca. Esta es una función de la calidad de la vista de las personas, y de las características del medio ambiente y, de manera particular, de la magnitud de la luminancia percibida. A mayor luminancia, mayor agudeza visual.

h) Contraste (C): Son las diferencias de luminancia entre un objeto y su entorno o entre distintas partes de un objeto que permiten su percepción como tal, permite distinguir detalles y facilita la visibilidad de los objetos. Por eso, es un factor que se debe optimizar al diseñar la tarea y la iluminación. Se expresa en porcentajes, como la diferencia entre la luminancia de la tarea (Lt) y la luminancia del fondo (Lf):

$$C = | Lt - Lf | / Lf \text{ (\%)}$$

La percepción de un objeto en su entorno depende principalmente del contraste, en términos de la luminancia y/o color, entre el objeto y su fondo. Al aumentar la luminancia, también aumenta el contraste y, con ello, la sensibilidad. Esta sensibilidad se reduce si en torno del campo de visión se presentan fuentes o zonas de luz más brillantes que la zona de la tarea, provocando una reducción del contraste.

En relación al contraste de color de una superficie, y suponiendo que se da una igualdad de luminancias, entonces el contraste sería únicamente de color (en la mayoría de las veces se dan ambos contrastes, de color y de luminancias). Un buen contraste mejora la calidad de la visión y como consecuencia se reduce el riesgo de fatiga visual. El contraste de color es posible expresarlo mediante una tabla que lo ordena de mayor a menor. A mayor contraste de color, menor fatiga visual y viceversa, como se observa en la Tabla 4.8:

Tabla 4.8 Contrastes de color, ordenados de mayor a menor	
Orden	Contrastes de color, ordenados de mayor a menor
1	Negro sobre Amarillo
2	Verde sobre Blanco
3	Rojo sobre Blanco
4	Azul sobre Blanco
5	Blanco sobre Azul
6	Negro sobre Blanco
7	Amarillo sobre Negro
8	Blanco sobre Rojo
9	Blanco sobre Verde
10	Blanco sobre Negro
11	Rojo sobre Amarillo
12	Verde sobre Rojo
13	Rojo sobre Verde

i) Eficiencia lumínica (μ): Es el flujo luminoso (\varnothing) que emite una determinada fuente de luz por cada unidad de potencia eléctrica (P en Watt) consumida:

$$\mu = \varnothing / P \text{ (lm/W)}$$

Donde:
lm/W = lumen/Watt.

j) Distribución del brillo en el campo de visión: La distribución del brillo en el campo de visión puede ocasionar un buen nivel de confort o podría generar fatiga visual. Es recomendable que el brillo en la zona de la tarea y su entorno adyacente no presente grandes desigualdades, dado que ésto generaría en el ojo un permanente ajuste visual y un trabajo de los músculos ciliares para adecuarse a los distintos niveles de luminancia, y el frecuente ajuste de los procesos fotoquímicos en la retina frente a las variaciones de la luminancia. No es perjudicial la operación de los mecanismos de adaptación, sino que lo que causa la fatiga visual es la alta frecuencia de estos ajustes. En este sentido, es recomendable homogeneidad en el brillo del entorno sin que se pierdan las formas de los objetos que son visualizados.

k) Deslumbramiento: Este fenómeno ocurre cuando existen áreas de alto brillo en el campo de visión. Se reconocen dos tipos:

- **Deslumbramiento molesto:** Se reduce la agudeza visual, deteriorando la visión de los detalles u objetos, sin necesariamente causar incomodidad, como por ejemplo estar frente a una pared demasiado blanca, que a la larga podría generar fatiga.
- **Deslumbramiento perturbador:** Reduce parcial o totalmente la visión, como por ejemplo la de una fuente de luz colocada cerca de la línea de visión de la tarea visual, o el reflejo de una superficie muy pulida o de algún objeto altamente reflexivo.

Ambos deslumbramientos pueden ser fuente de fatiga visual que pueden ocasionar malestar y discomfort visual, pudiendo provocar dolores de cabeza, ojos enrojecidos, posible fuente de errores en el trabajo, baja productividad, etc. Por otra parte y de acuerdo al reflejo, el deslumbramiento se puede clasificar en (ver imagen 4.14):

- **Deslumbramiento directo:** Corresponde al reflejo originado directamente en la fuente de luz y depende del tamaño y luminancia de las áreas visibles luminosas de todas las luminarias en el campo de visión y de la luminancia de fondo.
- **Deslumbramiento indirecto:** Corresponde a la pérdida de contraste generado por la reflexión de los objetos luminosos (paredes, planos de trabajo, pantallas, etc.).

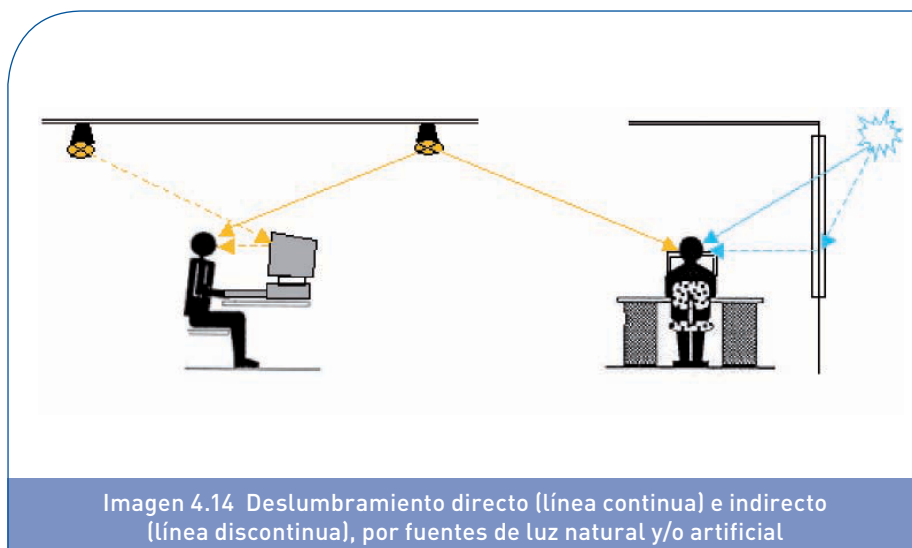


Imagen 4.14 Deslumbramiento directo (línea continua) e indirecto (línea discontinua), por fuentes de luz natural y/o artificial

l) Color: De acuerdo a lo definido en el ítem de Propiedades cromáticas de la luz, las cualidades de una lámpara se caracterizan por 2 propiedades: apariencia del color (definido por la temperatura de la luz en grados Kelvin, T_c) y su capacidad de rendimiento del color (determinado por su índice de rendimiento cromático, R_a o IRC). Cuando se observan los objetos, lo que realmente se está viendo es la luz que éstos reflejan, de ahí que la luz con la que se ilumina un objeto sea fundamental para su correcta percepción. Se considera la luz del sol (o luz natural) como una luz ideal, más que una luz blanca-blanca fría que contiene todo el espectro de longitudes de onda (colores). Si en la mezcla de luz emitida por una fuente varía las proporciones de cada longitud de onda, se obtendrá una mala percepción del color de los objetos visualizados. En la Tabla 4.9 se muestra en forma simplificada el rendimiento y apariencia del color de las lámparas que se utilizan en la iluminación de interiores.

Tabla 4.9 Grupos según el rendimiento y apariencia del color				
Grupo según rendimiento en color	Rango del índice de rendimiento aceptable en color	Apariencia del color	Ejemplo de uso	
			Preferido	Aceptable
1A	$R_a \geq 90$	Cálido Intermedio Frío	Exámenes clínicos, adaptación de color	
1B	$80 \leq R_a < 90$	Cálido Intermedio	Oficinas, hospitales	
		Intermedio Frío	Industrias de impresos, pinturas y textiles que demandan trabajo industrial	
2	$60 \leq R_a < 80$	Cálido Intermedio Frío	Trabajo industrial	Oficinas
3	$40 \leq R_a < 60$		Industrias rudimentarias	Trabajo industrial
4	$20 \leq R_a < 40$			Industrias rudimentarias

Se ha demostrado empíricamente que existe relación entre el nivel de iluminancia y la apariencia cromática (Tc) con sensación de bienestar en un ambiente determinado. Esto se aprecia gráficamente en la curva de Kruthof (ver Imagen 4.15), en donde se delimitan las posibles combinaciones entre Tc (K) y la Iluminancia (lux).

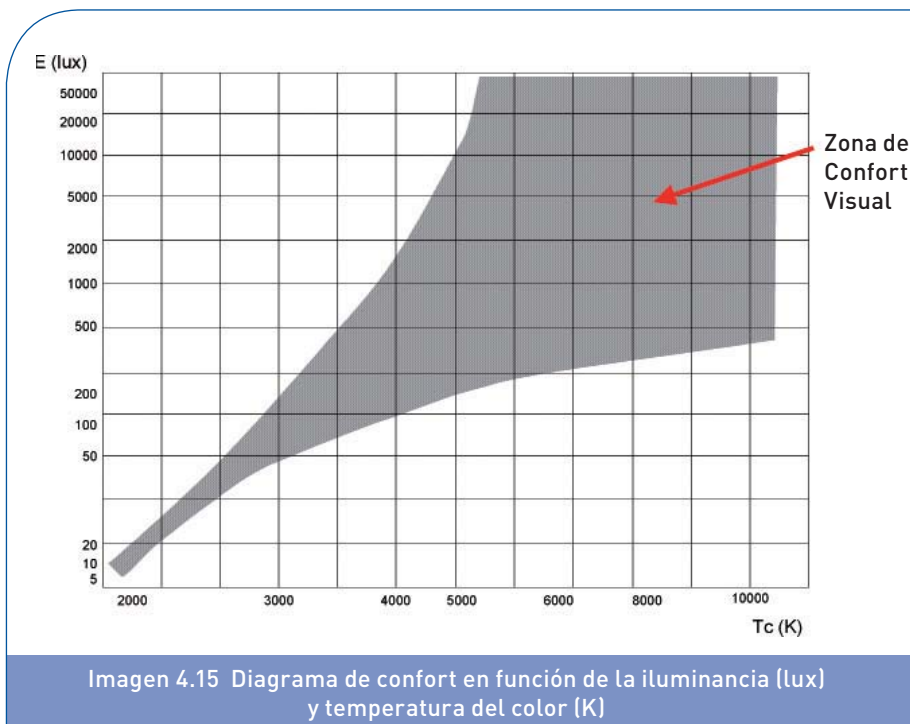


Imagen 4.15 Diagrama de confort en función de la iluminancia (lux) y temperatura del color (K)

4.2.- Riesgos para la Salud por Exposición a Iluminación

El trabajo visual continuo ocasiona fatiga visual en la mayoría de las personas, que se define como una alteración funcional de carácter reversible en su inicio y que se debe a solicitaciones excesivas sobre los músculos ciliares y la retina, utilizados para lograr una focalización fija de la imagen. Se acompaña de una reducción de la capacidad necesaria en la realización de la tarea junto a esfuerzo mental. Si este trabajo visual es efectuado con un nivel de iluminación insuficiente o excesivo podría conducir a fatiga, pero no necesariamente a trastornos visuales. En cualquier sistema de iluminación, cualitativa o cuantitativamente insuficiente o excesivo, el poder de resolución (agudeza visual) es más bajo, ocasionando y obligando a un esfuerzo inútil que acarrea la consiguiente fatiga, disminuyendo la precisión y aumentando las posibilidades de error. La fatiga se presenta más frecuentemente en personas con defectos visuales, muchas veces desconocidos por ellos mismos.

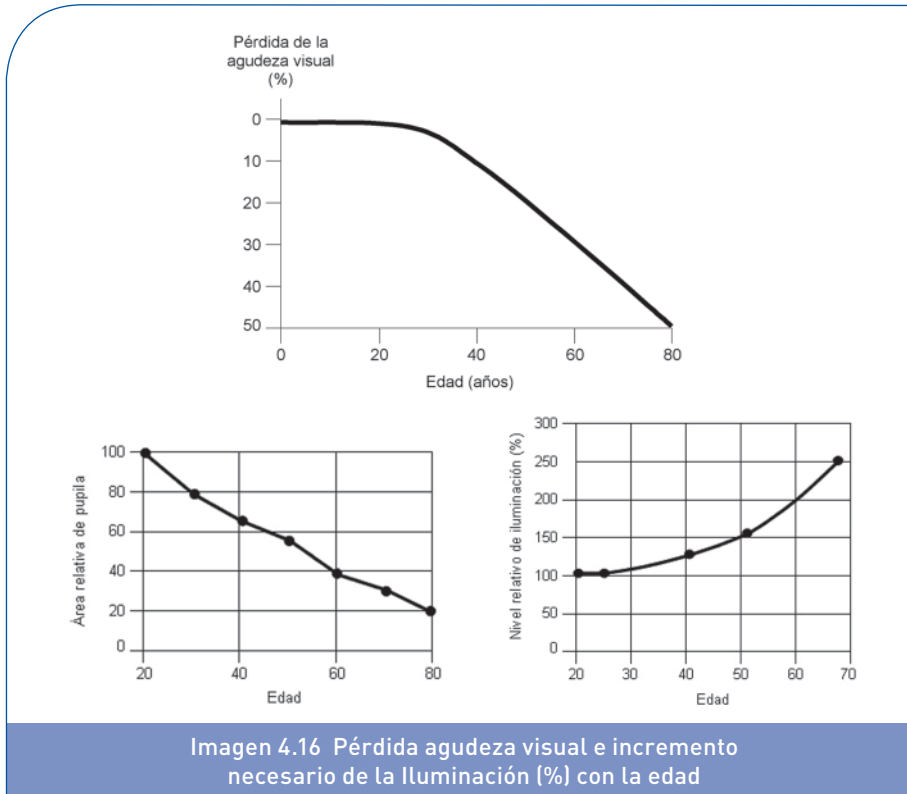
Existen 3 factores que influyen en la fatiga visual:

- a) **Factores personales** (edad, horas de sueño, etc.)
- b) **Factores intrínsecos** (miopía, presbicia, otros)
- c) **Factores en el puesto de trabajo** (iluminancia, luminancia, contrastes, reflejos, color, configuración del puesto, tipo de tarea, etc.)

Asimismo, en su naturaleza, la fatiga visual se puede caracterizar en 3 grupos, a saber:

- a) **Ocular:** sensación de sequedad en ojos, pesadez de párpados, ardor, picazón, lagrimeo, etc.
- b) **Visual:** visión borrosa, menor agudeza visual, deslumbramientos, fotofobia, dificultades de fijación.
- c) **General:** cefaleas, náuseas, vómitos, somnolencia, fatiga.

Estos síntomas representan las últimas etapas de una sobrecarga visual prolongada. Las etapas anteriores son difíciles de identificar de otro modo que por las molestias y el conocimiento del esfuerzo requerido por focalizar. Con el aumento de la edad, el sistema visual se ve afectado por una reducción en sus capacidades, requiriendo un incremento de los niveles de iluminación para mantener el mismo rendimiento visual, según se aprecia en la Imagen 4.16:



4.3.- Límites o Rangos Permisibles y Referenciales

201

De lo expuesto anteriormente se deduce que existe una alta relación entre los procesos visuales y las condiciones de iluminación del entorno, afectando tanto el rendimiento como el confort visual y/o seguridad de las personas. La normativa vigente en cuanto a los niveles de iluminación (iluminancia, luminancia) está contenida en el Decreto Supremo N° 594. Ahí se establece una serie de valores de iluminación de acuerdo a la complejidad de la tarea y de requerimientos visuales que se demandan, que se complementan con otros existentes en otras normas de referencia.

4.3.1.- Iluminancia (lux)

Este concepto se relaciona con la cantidad de luz disponible (tener más o menos luz) en una zona de trabajo. Tanto la normativa nacional como la extranjera establecen los niveles mínimos de iluminancia mantenidos, según las diferentes actividades o tareas, es decir, valores que deben existir en todo momento en el puesto de trabajo. En las normas nacionales se hace un mayor nivel de desagregación en los niveles de iluminación requeridos, según la actividad industrial (NCh 2698.Of. 2002). En general, para una mayor carga visual, de acuerdo a la tarea, mayor es el nivel de iluminancia requerido. Naturalmente que se deben también considerar otros aspectos (contrastes, agudeza visual, deslumbramientos, color de la luz, rendimiento visual, tipo de luminaria, etc.). En la Tabla 4.10 se indican los valores mínimos de iluminancia que se deben generar y mantener según el tipo de actividad (Decreto Supremo N° 594). Estos valores se indican a nivel de plano de trabajo o a una altura de 80 cm sobre el suelo para el caso de iluminación general:

Tabla 4.10 Valores de Iluminancia mantenidos según la actividad

Iluminancia mínima (lux)	Tipo de área, tarea o actividad
150	Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminancia suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles fines o donde hay suficiente contraste.
300	Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en fundiciones y trabajos similares.
500	Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares.
500 a 700	Laboratorios, salas de consulta y de procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización.
1.000	Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado.
1.500 a 2.000	Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares.
5.000	Sillas dentales y mesas de autopsias
20.000	Mesa quirúrgica

La literatura establece que una elevación del 10% del nivel de iluminancia es apenas perceptible por el ojo por lo que la mejora se consigue con un incremento de, por lo menos, 25% (Favié 1963). Por ejemplo, se toma 400 lux como bueno para una tarea de oficina, el rango adecuado sería 300 lux como mínimo y 500 lux como máximo, es decir, $400 \pm 25\%$ ¹⁰, para percibir en buena forma el objeto. Para alcanzar ciertos niveles de iluminancia en algunas tareas, los sistemas de iluminación pueden combinar iluminación general con localizada. Para tareas que requieran visualizar detalles muy finos (microelectrónica, textil, alimentos, relojería, cirugía, etc.), se recomienda utilizar iluminación local. Para casos en que se requiere visualizar formas, relieves y volúmenes se recomienda utilizar iluminación direccional. El Decreto Supremo N° 594 establece también que se debe mantener una relación entre la iluminancia general y la localizada, lo que se puede expresar, en forma aproximada, con la siguiente relación:

$$\text{Iluminancia general} = 10 \sqrt{\text{Iluminancia Localizada}} \quad (\text{lux})$$

¹⁰ Valores de iluminancia más detallados se muestran en la Norma Chilena NCh 2698.Of.2002.

4.3.2.- Luminancia (cd/m²)

La magnitud de la luminancia depende de la iluminancia y de las características de reflexión de la superficie u objeto que está siendo iluminado. Es el factor más importante desde el punto de vista de la persona: al cambiar la dirección de la mirada entre los distintos elementos que conforman el entorno del puesto de trabajo (pantalla, teclado, escritorio, punto de operación visualizado), ésta debe adaptarse a las nuevas luminancias. El Decreto Supremo N° 594 establece los criterios para los niveles de luminancia de la tarea y su entorno. Para que el ojo tenga la capacidad de distinguir detalles en las tareas visuales con rapidez, exactitud y confort, las luminancias recomendadas, según la complejidad de la tarea o actividad, se muestra en la siguiente tabla:

Complejidad	Luminancia (cd/m ²)
Demasiado difícil	Más de 122,6
Muy difícil	35,0 – 122,6
Difícil	12,3 – 35,0
Ordinaria	5,3 – 12,3
Fácil	Menor de 5,3

En cuanto al equilibrio de máximas luminancias entre la tarea y el campo visual, éstas se definen según se muestra en la tabla a continuación:

Relación	Tarea visual / Zonas del campo visual
5 a 1	Entre tareas y el entorno adyacente
20 a 1	Entre tareas y las superficies más remotas
40 a 1	Entre las unidades de iluminación (o del cielo) y las superficies adyacentes a ellas.
80 a 1	En todas partes dentro del medioambiente del trabajador.

Interpretando los datos de la Tabla 4.12, para obtener una buena distribución de luminancias, no tan sólo es importante una correcta distribución de las luminarias, sino que además la ayuda de variaciones del color y factor de reflexión de paredes, suelo y mobiliario. El objetivo no es solo iluminar, sino que también que las personas se sientan cómodas y puedan realizar sus actividades y tareas sin un excesivo esfuerzo visual. Para una óptima percepción y crear un ambiente agradable, las luminancias del campo visible deben ser máximas en la zona de la tarea visual y deben ser menores en el espacio adyacente y remoto (fondo) a éstas. La imagen 4.17 ejemplifica estos conceptos y lo mencionado en el Artículo 106° del Decreto Supremo N° 594.

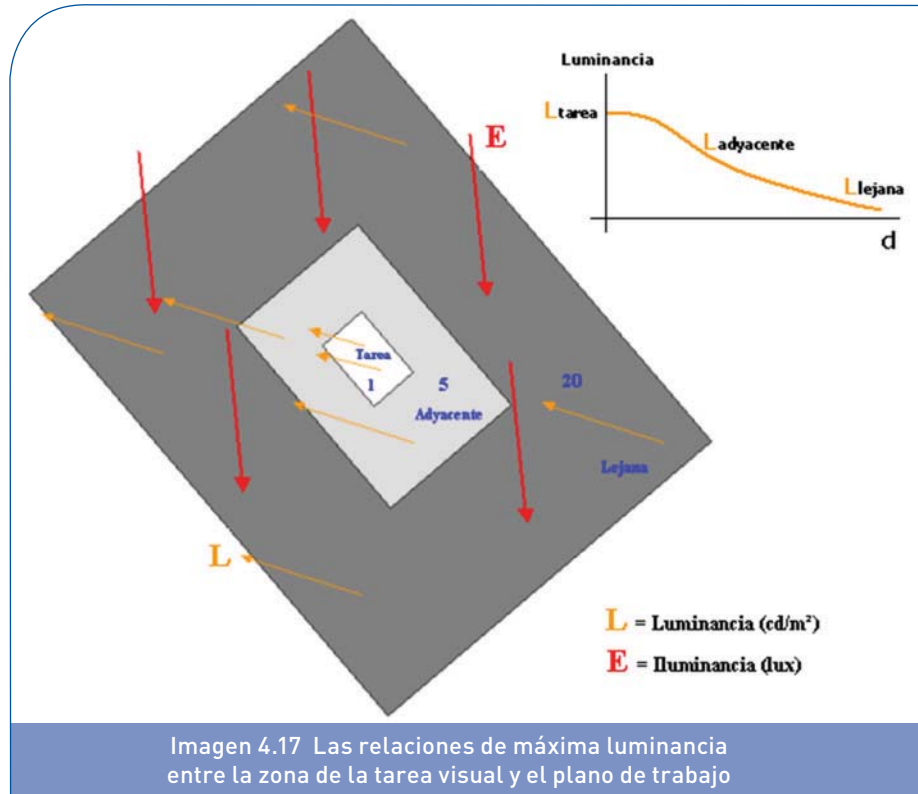


Imagen 4.17 Las relaciones de máxima luminancia entre la zona de la tarea visual y el plano de trabajo

4.3.3.- Tareas con pantallas visualizadoras de datos (PVD)

El uso de pantallas de visualización de datos (PVD) resulta muy común en esta época, lo que implica pasar muchas horas frente a ellas, realizando diversas funciones (digitación, gráficas, diseño, lectura, etc.) tanto en oficinas, como en salas de control o vigilancia. En puestos de trabajo con PVD, se considera que las exigencias visuales son altas, dado que la persona, en esta situación, debe prestar atención visual al menos a 3 elementos: pantalla, teclado y superficie de trabajo (documentos), con solicitudes sobre los músculos ciliares, cristalino y retina, con el fin de mantener la focalización de la imagen sobre esta última. A fin de lograr un equilibrio de luminancias con su entorno, existen recomendaciones en relación con los niveles adecuados de iluminancia y luminancia en PVD, y sugerencias en cuanto a su posición frente a fuentes de deslumbramientos como ventanas y luminarias.

Los niveles de iluminancia en el plano horizontal (teclado) son los mismos que los recomendados para el resto de la superficie de trabajo, donde puede variar entre los 300 y 500 lux para el trabajo en oficina. En el plano vertical (pantalla) el nivel de iluminancia recomendado puede variar entre los 150 y 300 lux. En el nivel de luminancia, a nivel de pantalla de una PVD (caracteres), se recomienda valores entre 20 y 200 cd/m^2 .

Por otro lado, para reducir la alta frecuencia de ajuste de la pupila (proceso de adaptación), es necesario que exista un equilibrio de los factores de reflexión de colores de paredes, superficies de trabajo, cielo y techo, de forma de alcanzar un correcto equilibrio de la luminancia del entorno

y puesto de trabajo. Lo mismo en cuanto a la distancia de los diversos elementos que se visualizan en cuanto a que estén lo más equidistantes posibles para reducir el proceso de acomodación del cristalino.

4.3.4.- Color

El entorno cromático tiene directa relación con el bienestar visual de las personas y podría determinar su fatiga visual. La adaptación cromática es fundamental para una buena percepción de los colores. Para que un sistema de iluminación sea de buena calidad, la temperatura de color de la luz debe estar relacionada con el nivel de iluminancia. Se ha demostrado empíricamente que a medida que aumenta el nivel de iluminancia, también se debe aumentar la temperatura de color de las fuentes luminosas, es decir, a mayor exigencia visual, mayores son los niveles de iluminancia y más blanco debe ser el color de la luz. En la Tabla 4.13 se presentan ejemplos de aplicación según la actividad desarrollada:

Tabla 4.13 Algunas aplicaciones del color de la luz según la tarea o actividad		
Lugar o Tarea	Apariencia de Color	Rendimiento Cromático
Salas de Estar (viviendas, hoteles, restaurantes, etc.).	Cálido	$Ra \geq 85$
Textil, imprentas, pintura, alimentos.	Frío	$Ra \geq 85$
Tiendas, Hospitales.	Intermedio	$Ra \geq 85$
Oficinas, Trabajo Industrial Fino, colegios.	Intermedio - Frío	$Ra \geq 80$
Exámenes Clínicos, Cirugía.	Frío	$Ra \geq 90$
Interiores donde el rendimiento de color no tenga excesiva importancia.	Intermedio	$Ra < 70$

En cuanto al entorno del lugar de trabajo, el techo debe ser lo más blanco posible, mejorando la uniformidad de la sala y otorgando ahorros en iluminación artificial. Las paredes, a nivel de ojos, deben ser de colores de tonos pálidos y mate. Se recomienda que el suelo o piso sea de colores ligeramente más oscuros que las paredes y techos. El mobiliario (escritorios, planos de trabajo, equipos) deberían ser de color gris, marrón claro, café madera, beige, y los materiales que lo conforman no ser reflectantes (brillantes).

4.4.- Evaluación de Exposición a Iluminación

4.4.1.- Información necesaria

En el estudio de la iluminación de un puesto de trabajo, es preciso considerar una serie de elementos o condiciones que influirán en el desempeño y su calificación, en relación con el confort, la fatiga y la seguridad en el desarrollo de las tareas. Principalmente, la información necesaria está constituida por lo siguiente:

a) Persona:

- A mayor edad, se requieren mayores niveles de iluminancia, ya que se reduce la agudeza visual.
- Defectos visuales (cataratas, miopías, presbicia, etc.) contribuyen a una mayor sensibilidad frente a los defectos en el sistema de iluminación (deslumbramiento, contrastes, baja o excesiva iluminancia, etc.).

b) Lugar y sus características:

- Posición del puesto de trabajo en relación a ventanales y la influencia de la luz natural, verificando si existen deslumbramientos directos o indirectos y las medidas de control existentes (persianas, cortinas, etc.).
- Nivel de contaminación que puede influir en el rendimiento luminoso, a causa del proceso de trabajo o cercanía a fuentes contaminantes.
- Superficies a iluminar, altura del techo con respecto al plano de trabajo, tipo de techo, tipo de luminarias y su apantallamiento.
- Distribución del flujo luminoso y de luminarias, color de la luz, potencia eléctrica y rendimiento lumínico.
- Color de techo, paredes y piso, factores determinantes en la distribución de la iluminación, reflejos y deslumbramientos. (NCh 2698).

c) Puesto de trabajo:

- Características del plano de trabajo, si es horizontal y/o vertical. En zonas de trabajo con desplazamiento o transporte, el nivel del piso corresponde al plano de trabajo.
- Niveles de iluminación de entornos y áreas adyacentes, y su equilibrio con los del puesto de trabajo.
- Ubicación de luminarias con respecto al puesto.
- Color de mobiliario en planos de trabajo y de su entorno.

d) Características de la tarea:

- Requerimientos visuales de la tarea: exactitud, tamaño de objetos o caracteres a observar, complejidad, contrastes de luminancias y colores, precisión, velocidad y duración de la tarea, puesto que a mayor velocidad de la actividad se requieren mayores niveles de iluminación, además de contrastes equilibrados (luminancias) y colores de fondo con respecto a la tarea.
- Definición de los niveles adecuados de iluminancia (lux) y luminancia (cd/m^2).

En tareas frente a pantallas de visualización e datos (PVD), se debe considerar una serie de factores para reducir o eliminar el discomfort visual en las personas frente a estos equipos:

- Posición de la pantalla y puesto de trabajo en relación con las luminarias y ventanales: La disposición de la pantalla, su eje de simetría, debe ser vertical al eje de la ventana y/o contar con medios de control como persianas para el control de la luz natural y con un correcto apantallamiento de las luminarias que

rodeen el puesto. Este problema se ha solucionado con el uso de pantalla tipo LCD (Liquid Crystal Display) por tener un bajo nivel de reflexión ante la luz indirecta.

- Distancia ojo-pantalla, ojo-documento y ojo-teclado deben ser similares para reducir la frecuencia de ajuste del ojo (acomodación) a las diversas distancias de éstos y un nivel de iluminación mayor, pero en equilibrio con el de su entorno adyacente y lejano, para mantener un nivel de adaptación adecuado del ojo frente a las variaciones de luminancia.
- Para trabajos con una permanencia prolongada frente a luz artificial, se recomienda una luz blanca-blanca fría, sobre todo en el caso de tareas de reconocimiento de detalles y color. El índice de reproducción cromática (Ra) de las lámparas debe ser mayor o igual a 80.
- Los colores de paredes deben ser amarillo claro (beige), el de planos de trabajo (escritorios) color café madera claro y no brillante para evitar deslumbramientos. El color de techo debe ser claros (blancos) para uniformar la iluminación general. El piso debe ser más oscuro que el resto de la sala (café oscuro, gris, azul). Los factores de reflectancia de colores y materiales de construcción se indican en Anexo C de la NCh 2698.Of.2002.

e) Mantenimiento: Es necesario mantener los niveles de iluminación (iluminancia y luminancia) en el puesto de trabajo para evitar la reducción del rendimiento visual en las personas y su consecuente incomodidad. Para esto, se requiere un programa preventivo de mantención de limpieza y de recambio de las lámparas quemadas o en mal estado, así como de la limpieza de paredes, claraboyas y techo, los cuales también contribuyen a una adecuada uniformidad de la iluminación. Los factores involucrados son los siguientes:

- Depreciación de la luz: Pérdida del flujo luminoso que se encuentra en función de las horas de uso, según el tipo de lámpara. Este dato es entregado por el fabricante.
- Contaminación ambiental: La pérdida de flujo luminoso se da por la contaminación, dependiendo del tipo de proceso, industria, lugar, etc., el que, puede ir de 10% hasta el 60% de pérdida de luz.
- Fallas (lámparas quemadas): El no reemplazo de las lámparas o tubos quemados también es causa de pérdida de niveles apropiados de iluminación.

4.4.2.- Medición de iluminancia

La medición de los niveles de iluminancia en el puesto de trabajo debe realizarse en el plano en que se desarrolla la tarea (usualmente a 80 cm del suelo), utilizando un Luxómetro calibrado, que se ubica en el plano de trabajo correspondiente: horizontal, vertical y/o inclinado. Paralelo a ello, es importante medir la iluminancia en el entorno de la zona adyacente de la tarea, para establecer si existe un adecuado equilibrio entre los niveles de iluminación general y localizada, con y sin influencia de la luz natural. En los casos de zonas de circulación, se recomienda que la medición sea hecha a una altura que no supere los 20 cm del suelo.

El luxómetro consiste en una célula fotoeléctrica que, al recibir luz sobre ella, genera una corriente eléctrica débil (mA)¹¹ que se incrementa en función de la cantidad de luz incidente y que se muestra en un visor. A continuación se presentan algunos modelos:



Imagen 4.18 Modelos de luxómetros digitales

4.4.3.- Medición de luminancia

Al igual que la medición de la iluminancia, se debe realizar las mediciones en las condiciones en que se efectúa la tarea, con o sin PVD, empleando un Luminancímetro calibrado. La evaluación se realiza en los puntos de visualización de la tarea (planos horizontales de trabajo y planos verticales), entorno visual (cercano y/o lejano), planos verticales (paredes, ventanas, etc.), techo, luminarias o reflejos que se encuentren en el campo visual. Las mediciones se deberán realizar con y sin la influencia de la luz natural. A diferencia del luxómetro, el luminancímetro recibe la energía luminosa que es reflejada o emitida por aquellos objetos o planos de trabajo que visualiza el órgano visual. Para hacerlo, consta de una celda fotoeléctrica que recibe la luz reflejada o emitida (simulando el ojo), transformándola en una corriente eléctrica débil (mA) que se incrementa con el aumento de la energía luminosa, visualizándose a través de un visor. Para realizar las mediciones, el luminancímetro se ubica a la altura de los ojos de la persona, apuntando hacia la fuente, la luz reflejada o los planos de trabajo correspondientes. A continuación se presentan algunos modelos:



Imagen 4.19 Modelo de luminancímetro digital

¹¹ mA = mili Ampere

4.4.4.- Identificación de características cromáticas

Esta característica se desprende del tipo de luminaria que existe en la zona o el puesto de trabajo. Corresponde a la temperatura de la luz, que viene determinada por sus grados Kelvin (K) y que se clasifica en 3 grupos: cálido, intermedio y frío. El rendimiento cromático de la lámpara (índice de rendimiento cromático), al igual que la temperatura de la luz, viene indicado en la misma lámpara o en el catálogo del fabricante. La característica de la tarea (tipo, visualización, precisión y detalle) determinará el nivel cromático recomendado. A mayor exigencia en los detalles e identificación de colores, mayor debe ser el Ra y la Temperatura del color de la luz (K).

4.4.5.- Evaluación de la exposición a iluminación

Una vez realizadas las mediciones de iluminancia, luminancia, identificado las características del local, las características cromáticas de la luz y complejidad de la tarea a visualizar, se realiza el análisis de la información recopilada, comparándola con los estándares y normas existentes y de referencia aplicables al caso:

- Es fundamental identificar los requerimientos de iluminancia y luminancia, según la complejidad de la tarea, a partir de sus características, tales como: nivel de discriminación de detalles, contrastes, colores, velocidad, etc. Esto permitirá establecer la dificultad de la tarea y determinar cual(es) es(son) el (los) rango(s) adecuado(s) tanto de iluminancia como de luminancia, en relación con los límites establecidos en la sección 4.3 y de referencia que los complementan.
- En relación al entorno del puesto de trabajo, se debe establecer si existe un equilibrio de la iluminancia entre éste y su entorno inmediato, según lo recomendado en la sección 4.3.
- Para puestos de trabajo con pantallas de visualización de datos (PVD), la normativa nacional no establece valores de iluminancia y luminancia específicos. Sin embargo, la literatura técnica establece los límites recomendados para estos casos.
- Los contrastes en la zona de la tarea, en el entorno adyacente y lejano, serán determinados por el equilibrio de la luminancia, que se estipula en los estándares señalados, teniendo presente que, en la zona de la tarea, la luminancia equivalente deberá ser mayor que la adyacente y la lejana en la proporción establecida por la normativa. El análisis de la luminancia permitirá establecer si existen deslumbramientos directos o indirectos, influencia de la luz natural en el campo visual, o si los contrastes son excesivos. También permitirá precisar si se requieren medidas de control para reducirlos o eliminarlos (persianas, apantallamientos, reubicación de luminarias, etc.).
- El color de la luz (análisis cromático) y el contraste del color del puesto de trabajo y su entorno (paredes, piso, cielo y mobiliario), se obtienen por observación y se comparan con los colores que la literatura técnica recomienda.

4.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Iluminación y Trabajo Pesado

Las condiciones que favorecen la fatiga visual se asocian a deficientes condiciones luminotécnicas y de ambiente cromático, es decir, niveles y condiciones de iluminancia, luminancia y factor cromático relacionado con el color y rendimiento cromático de la luz. La evaluación del riesgo de fatiga se realizará considerando el cumplimiento de los 4 artículos relacionados con la evaluación de la iluminación expuesta en el Decreto Supremo N° 594 y la Norma Chilena NCh 2698, que se refieren a los factores de iluminancia y luminancia, y a la Norma citada en referencia a los factores cromáticos:

- Para la iluminancia, se evaluará si corresponden los niveles adecuados, de acuerdo con las características de la tarea desarrollada y los artículos relacionados con este parámetro, es decir, para el Artículo 103° se revisarán los niveles mínimos exigidos y el rango aceptable por la NCh 2698 y para el Artículo 104° las relaciones de iluminancia entre la zona de la tarea y su entorno.
- Para la luminancia se procede de la misma forma que la iluminancia, es decir, de acuerdo a la exigencia de la tarea se define el rango de luminancias adecuado, según el Artículo 105° y para las relaciones de luminancias entre la zona de la tarea y su entorno cercano y lejano, se tomará el Artículo 106°.
- Para el entorno cromático, se visualizará si los colores de paredes, piso, cielo y muebles son adecuados, comprendiendo sus factores de reflexión para la realización de la tarea, siendo importante además un color de la luz que se relacione con el entorno cromático y la reproducción de colores según las características y detalles de la tarea (NCh 2698).

El criterio a utilizar que se propone consiste en definir 2 estados para cada uno de los 3 parámetros considerados: iluminancia, luminancia y color. Los estados serán deficientes o suficientes, los que se numerarán respectivamente como 0 ó 1. Es importante considerar que basta que no se cumpla alguno de los factores en cada parámetro para que sea calificado como deficiente (0). El nivel de riesgo obtenido en relación con la exposición a iluminación corresponderá a 3 condiciones laborales:

- **Nivel 1:** Corresponde a aquella condición laboral en que los tres parámetros son suficientes (todos con estado 1), por lo que se considera sin riesgo de fatiga visual y/o de confort.
- **Nivel 2:** Corresponde a aquella condición laboral en que dos de los tres parámetros son suficientes (dos con estado 1 y uno con estado 0), por lo que se considera un nivel intermedio, de alarma o de acción.
- **Nivel 3:** Corresponde a aquella condición laboral en que los tres parámetros son deficientes (todos con estado 0) o bien sólo uno es suficiente (dos con estado 0 y uno con estado 1), por lo que se considera con riesgo de fatiga visual y/o de discomfort.

La evaluación de exposición a iluminación permitirá determinar el cumplimiento de los artículos del Decreto y de la Norma, resultando cada parámetro calificado como suficiente o deficiente. En cuanto al color o entorno cromático, se estimará de acuerdo con la observación cualitativa en terreno que se complementará con información técnica y/o apoyo normativo para su evaluación.

La tabla siguiente entrega la valorización del riesgo de fatiga visual en base a los parámetros seleccionados para tal efecto.

Iluminancia	Luminancia	Color	Nivel de Riesgo NR
1	1	1	1
0	1	1	2
1	0	1	
1	1	0	
0	0	0	3
0	0	1	
0	1	0	
1	0	0	

Donde:

- 0 = Deficiente.
1 = Suficiente.

NR = Nivel de Riesgo.

- 1 = Sin Riesgo de Fatiga Visual.
2 = Nivel de Alarma o Intermedio.
3 = Riesgo de Fatiga Visual.

4.6.- Referencias Bibliográficas

Favié J. 1963 Alumbrado. Biblioteca Técnica Philips. Madrid: Paraninfo

Fundación MAPFRE. 2003. Iluminación y Seguridad Laboral. Editorial MAPFRE

illuminating Engineering Society. 2000. IESNA Lighting Handbook. 9th Edition

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Chile.

Mondelo P, Gregori A, De Pedro S, Gómez P. 2002. Ergonomía en Trabajos de Oficinas. Barcelona: Ediciones UPC.

NCh 2698.Of 2002. Principios y aplicación de la interacción visual. La iluminación en sistemas de trabajo.

Niebel B, Freivalds A. 2004. Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. 11ª edición 2004. México: Alfaomega.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). 2001. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Capítulo N° 46: Iluminación.

CAPÍTULO 5: EXPOSICIÓN A CALOR

5.1.- Definiciones y Conceptos

a) Exposición a calor: Una persona está expuesta a estrés por calor, cuando existen factores ambientales y propios del trabajo realizado que pueden hacer subir su temperatura corporal interna por encima de los 38° C:

- **Factores ambientales:** La temperatura, la humedad, la velocidad del aire y, además, la temperatura de las superficies que rodean al puesto de trabajo, como piso, muros, techo, equipos, etc.
- **Factores propios del trabajo:** El esfuerzo físico que demandan las tareas realizadas y las características térmicas de la ropa de trabajo.

b) Calor metabólico: El esfuerzo físico de las tareas realizadas por el trabajador determina el flujo de calor (calor metabólico) que es necesario eliminar al ambiente. Por ejemplo, un trabajo de oficina puede generar del orden de 70 a 85 Watt por metro cuadrado (W/m^2), un trabajo de descarga de un horno de acero puede fluctuar entre 170 y 220 W/m^2 (NCh 2644).

c) Calor convectivo: Si la temperatura del aire es menor a la temperatura de la piel, que es del orden de 35° C bajo condiciones de exposición a calor, parte del calor metabólico es transferido desde el cuerpo al aire por convección. Por el contrario, si la temperatura del aire es mayor a la de la piel, desde el aire se transfiere calor hacia el cuerpo. La transferencia de calor, en ambos sentidos, es mayor mientras mayor es la diferencia y también la velocidad del aire. Así por ejemplo, con ropa de verano y temperaturas de 25° C, con velocidades del aire de 0,1 m/s o 0,36 Km/h (aire quieto), se pueden eliminar al ambiente del orden de 30 W/m^2 ; con una velocidad de 1 m/s o 3,6 Km/h, el flujo de calor eliminado aumenta aproximadamente a 40 W/m^2 (NCh 2663).

d) Calor radiante: Cuando las superficies que rodean el puesto de trabajo están a mayor temperatura que la superficie de la piel, se produce transferencia de calor radiante desde las superficies hacia el cuerpo del trabajador expuesto. Mientras más cercanas al trabajador se encuentren las superficies calientes mayor será el flujo de calor transferido.

e) Calor de evaporación: Una de las principales formas de eliminar calor en un individuo expuesto a temperaturas más altas que las de su piel es la evaporación de sudor, siendo la humedad relativa y la temperatura del aire los parámetros que regulan el flujo de calor que se transfiere desde el cuerpo al aire por este mecanismo.

Mientras más seco y más baja es la temperatura del aire, mayor será la velocidad de evaporación del sudor. Con temperaturas del aire altas, próximas o superiores a la temperatura de la piel, y humedades relativas del orden del 100%, prácticamente no se produce evaporación del sudor y, por lo tanto, no se elimina el calor necesario por este medio. Por ejemplo, para una temperatura del aire de 34° C y 20% de humedad relativa, el máximo calor que es posible eliminar por evaporación de sudor es del orden de 190 W/m², nivel que disminuye a 15 W/m² para la misma temperatura y 100% de humedad relativa (valores calculados con ecuaciones de NCh 2663).

f) Calor por respiración: Producto de la respiración existe transferencia de calor por convección, entre el aire que se respira y el organismo, y por evaporación o variación de la humedad contenida en éste. En condiciones de exposición a calor, este flujo en total es cercano al 10% del calor metabólico.

g) Ropa de trabajo: La evaporación de sudor y transferencia de calor desde la piel al aire es máxima sobre la piel que se encuentra descubierta. Ropas de trabajo impermeables al vapor de agua y al paso del aire, prendas que encapsulan el cuerpo o si el trabajador debe usar varias capas de prendas, pueden limitar en forma severa la evaporación del sudor. Incluso, es posible que siendo las condiciones ambientales de temperatura, humedad y radiación, moderadas o frías, la sola resistencia de la ropa a la eliminación del calor metabólico pueda producir sobre el trabajador síntomas de estrés térmico.

h) Balance de calor: El balance de los flujos de calor, medido en Watt por metro cuadrado de superficie del cuerpo (W/m²), a los cuales se encuentra expuesto un trabajador puede ser representado por la siguiente ecuación:

$$S = M - E \pm C \pm R \pm Q_r \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Donde,

S = Calor acumulado en el cuerpo

M = Calor metabólico generado

E = Calor eliminado por evaporación de sudor

Q_r = Calor intercambiado por la respiración

C = Calor intercambiado por convección

R = Calor intercambiado por radiación.

La Norma Chilena NCh 2663 Of.2002 describe un método de cálculo de este balance térmico así como de la tasa de sudor que debiera producir el cuerpo para mantener este balance en equilibrio, vale decir, S, próximo a cero. Cuando la evaporación requerida por las cargas de calor superan la capacidad máxima de evaporación, el cuerpo acumula calor y aumenta su temperatura interna. Niveles de acumulación de calor S = 60 W-h/m², son peligrosos dado que representan aumentos de la temperatura corporal interna de 0,8 a 1,0° C. Al mismo tiempo, pérdidas de agua por sudoración mayores al 6% del peso del trabajador expuesto se consideran peligrosas. La Norma entrega la forma de calcular el tiempo máximo de exposición para que estas respuestas fisiológicas se mantengan en valores aceptables.

5.2.- Riesgos para la Salud de la Exposición a Calor

El cuerpo humano sometido a cargas de calor reacciona para mantener constante la temperatura corporal, primero aumentando el flujo sanguíneo hacia la piel (vaso dilatación) y luego, como mecanismo principal de regulación, aumentando la evaporación de sudor. Cuando el balance de calor supera la capacidad de respuesta del sistema regulador se produce un aumento de su temperatura interna, pudiendo presentarse disminución del rendimiento físico y mental, calambres, agotamiento y golpe de calor.

Los riesgos para la salud del personal que trabaja en ambientes calurosos dependen en forma importante de la condición física (edad, metabolismo, peso, uso de medicamentos, hipertensión, etc.) y grado de aclimatación al calor (OSHA 2009). Entre los principales síntomas de una persona expuesta a calor se tienen los siguientes:

- a) **Fatiga:** Los signos y síntomas principales de la fatiga son disminución en el rendimiento de la habilidad motriz, mental o de atención del trabajo.
- b) **Agotamiento:** Los síntomas son dolor de cabeza, náusea, mareos, sed y vértigo.
- c) **Calambres:** Normalmente se presentan cuando el trabajo es muy intenso. Se atribuye a una falta de sales, debido a la pérdida que se produce por la transpiración.
- d) **Colapso:** El cerebro no recibe suficiente oxígeno, debido a que la sangre fluye principalmente a las extremidades. Como resultado de esto, la persona expuesta se puede desmayar.
- e) **Enrojecimiento:** Se producen manchas o pápulas principalmente en zonas de la piel donde la ropa es más ajustada al cuerpo. El aumento del sudor produce picazón en dichas zonas.
- f) **Golpe de calor:** Ocurre cuando el sistema regulador de temperatura del cuerpo falla y su temperatura se eleva a niveles críticos. Los primeros síntomas son confusión, comportamiento irracional, pérdida de la conciencia, falta de sudor, piel seca y caliente, y temperatura corporal del orden de 41° C, pudiendo llegar a niveles que causen la muerte.

5.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

Para evaluar la exposición a calor, se utilizan indicadores que se basan en mediciones de los factores ambientales y de parámetros que corresponden a la respuesta fisiológica. En nuestra legislación sólo existen límites para el índice TGBH (Decreto Supremo N° 594), que es un parámetro basado en la medición de los factores ambientales. No se han considerado explícitamente límites asociados a la respuesta fisiológica del individuo expuesto, pero en la práctica, con un criterio preventivo, se adoptan los indicadores de respuesta fisiológica que se presentan en el punto 5.3.2.

5.3.1.- Indicador TGBH

Con el objetivo que la temperatura corporal del trabajador no exceda los 38° C, se establecen los límites máximos permisibles de exposición a calor a través del índice TGBH, definido como:

Ambientes con carga solar	$TGBH = 0,2 \times TG + 0,7 \times TBH + 0,1 \times TBS$
Bajo Techo o sin carga solar	$TGBH = 0,3 \times TG + 0,7 \times TBH$

Donde:
 TG = Temperatura de Globo.
 TBH = Temperatura de Bulbo Húmedo.
 TBS = Temperatura de Bulbo Seco.
 (Todo en grados Celsius [° C])

La Tabla 4.15 presenta los valores máximos permisibles de TGBH que establece el citado decreto, aplicables a trabajadores aclimatados, completamente vestidos (pantalón y camisa de tela delgada) y con provisión de agua y sal, para diferentes cargas de trabajo y regímenes trabajo-descanso:

Régimen de Trabajo -Descanso en cada Hora	CARGA DE TRABAJO		
	LIGERA (Menor a 375 Kcal/h) [° C]	MODERADA (375 a 450 Kcal/h) [° C]	PESADA (Mayor a 450 Kcal/h) [° C]
Continuo	30,0	26,7	25,0
75% - 25%	30,6	28,0	25,9
50% - 50%	31,4	29,4	27,9
25% - 75%	32,2	31,1	30,0

5.3.2.- Indicadores de respuesta fisiológica

a) Temperatura corporal: La medición de la temperatura corporal sería el indicador fisiológico ideal para evaluar la exposición del trabajador, no obstante, en la práctica es difícil de medir, partiendo del hecho que no es posible identificar un valor único de la temperatura del cuerpo. La norma chilena NCh 2679 señala que ésta se puede aproximar mediante mediciones de la temperatura en diferentes partes del cuerpo, como la boca, tímpanos, recto, etc., cuya obtención requiere de métodos que normalmente no son aceptados por el trabajador o son difíciles de aplicar en la práctica.

b) Pérdida de agua: La norma chilena NCh 2663 indica que una tasa de sudoración de 1.040 g/h y/o una pérdida total de agua de 5.200 g por turno son límites máximos que, al ser sobrepasados, representan un peligro para el trabajador.

c) Frecuencia cardiaca y demanda de oxígeno: La frecuencia cardiaca de un individuo expuesto a calor es función del esfuerzo físico realizado más el nivel de estrés térmico al cual se encuentra sometido. La exposición a calor en base a la frecuencia cardiaca tiene dos tipos de estándares:

- **Recomendación de ACGIH (2009):** Establece directamente como respuesta fisiológica excesiva el valor de 180 pulsos/min menos la edad en años del trabajador expuesto sostenido por varios minutos.
- **Relación de la frecuencia cardiaca con la demanda de oxígeno:** Utiliza como límite el valor de frecuencia cardiaca que corresponde a la máxima demanda de oxígeno que se puede sostener durante el tiempo de exposición sin llegar al agotamiento (Bernar y Kenney 1994).

5.4.- Evaluación de la Exposición a Calor

5.4.1.- Obtención de TGBH

Para obtener el índice TGBH es necesario medir en el puesto de trabajo las temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo y globo. La Imagen 4.20 muestra un equipo típico que se utiliza para obtener simultáneamente las tres temperaturas. Las características que deben tener los sensores y metodología de medición se especifican en la Norma Chilena NCh 2684.



Imagen 4.20 Equipo de medición de temperaturas

Si la variación vertical de la temperatura no es importante, el equipo se debe ubicar aproximadamente a la altura del abdomen. En caso contrario, además se debe medir a nivel del piso y de la cabeza, y promediar la medición según la siguiente fórmula:

$$TGBH = [(TGBH)_{\text{piso}} + 2 (TGBH)_{\text{abdomen}} + (TGBH)_{\text{cabeza}}] / 4$$

La base de tiempo de la medición es una hora y si durante este periodo el trabajador se expone a distintas temperaturas o descansa en un lugar que está a distinta temperatura, el cálculo debe ser realizado según la fórmula:

$$TGBH = (TGBH_1 \times t_1 + TGBH_2 \times t_2 + \dots + TGBH_n \times t_n) / (t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$

Donde:

$TGBH_i$ = Valor del indicador en el lugar o condición "i"

t_i = Tiempo de permanencia en dicho lugar o condición

La suma $t_1 + t_2 + \dots + t_n$ debe ser igual a 1 hora

Si las tareas realizadas corresponden a la generación de distintos calores metabólicos, también se debe calcular un promedio ponderado, sin incluir el calor metabólico asociado al reposo, que está implícito en el valor de límite:

$$M = (M_1 \times t_1 + M_2 \times t_2 + \dots + M_n \times t_n) / (t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$

Donde:

M = Calor metabólico total

M_i = Calor metabólico de la actividad "i"

t_i = Tiempo de permanencia en dicha actividad

Debido a que los límites de la Tabla 4.15, están definidos para individuos vestidos con ropa liviana (de verano), no pueden ser aplicados en forma directa si el trabajador usa trajes especiales que reduzcan o impidan la evaporación del sudor y permeabilidad del aire. No existiendo en nuestra legislación indicaciones para estos casos, se puede corregir el TGBH obtenido en la medición, según la ropa utilizada sumándole los valores presentados en la Tabla 4.16 que son recomendados por ACGIH¹² (2009).

¹² ACGIH: Asociación Americana de Higienistas Industriales es una organización profesional que facilita el intercambio de información técnica sobre la protección para la salud de los trabajadores. No es una organización gubernamental.

Tabla 4.16 Valores para corregir TGBH	
Tipo de Ropa(*)	Sumar a TGBH (° C)
Camisa Manga Larga y Pantalones	0
Overol	0
Doble capa de vestuario	3
Overol de Polipropileno SMS(**)	0,5
Overol de Poliolefinas (***)	1
Ropa impermeable al vapor de agua	11

(*) Debajo de los overoles se considera que solo se tiene la ropa interior.

(**) Tela de fibras de polipropileno dispuestas al azar soldadas térmicamente.

(***) Tela tipo Tyvec.

5.4.2.- Obtención de los indicadores de respuesta fisiológica

a) Temperatura corporal: Como se indicó en 5.3.2 a, la medición de la temperatura corporal sería el indicador fisiológico ideal para evaluar la exposición del trabajador, no obstante es difícil de medir en la práctica. La Norma Chilena NCh 2679 señala diferentes metodologías para medir la temperatura en distintas partes del cuerpo, como boca, tímpanos, recto, etc., cuya obtención requiere de métodos que normalmente no son aceptados por el trabajador o son difíciles de aplicar.

b) Pérdida de agua: Para medir la pérdida de agua en un trabajador se requiere que se midan en forma cuidadosa los términos del siguiente balance de variación de peso del cuerpo (NCh 2679):

$$Dm_s = Dm_t - Dm_{or} - Dm_{sol} - Dm_r - Dm_{ox}$$

Donde:

Dm_s = Pérdida de masa de agua, incluyendo el sudor y la respiración

Dm_t = Pérdida de masa total del cuerpo, que se mide pesando al trabajador al inicio y al final del turno

Dm_{or} = Pérdida de masa debido a la excreción de orina, la cual debe ser colectada en frascos para ser pesada

Dm_{sol} = Diferencia entre la masa ingerida (comida y bebida, que deben ser previamente pesadas, descontando lo que sobra) y la masa sólida excretada, que puede obtenerse por diferencia de peso

Dm_r = Variación de la masa de ropa debido a cambio de ropa o acumulación de sudor en ella.

Dm_{ox} = Pérdida de masa debido a la diferencia entre el oxígeno consumido y el dióxido de carbono eliminado, la cual se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$Dm_{ox} = 0,01 A_d M (R - 0,73) Dt$$

Donde:

M = Consumo metabólico en Watt por metro cuadrado.

Dt = Intervalo de tiempo en minutos.

R = Cuociente respiratorio, que en reposo es del orden de 0,8 y aumenta aproximadamente a 1 al intensificarse la actividad física.

A_d = Superficie corporal en m².

c) Frecuencia cardiaca y demanda de oxígeno: La demanda de oxígeno se relaciona con la frecuencia cardiaca como:

$$\%VO_2 = 100 \times (HR - HR_r) / (HR_m - HR_r)$$

Donde:

HR = Pulsaciones asociadas al trabajo realizado.

HR_m = Pulsaciones con el máximo esfuerzo que puede realizar el individuo (las pulsaciones máximas se pueden estimar como 220 menos la edad en años del individuo).

HR_r = Pulsaciones en estado de reposo (las pulsaciones en reposo normalmente varían entre 60 y 80 pulsos por minuto).

Según Bernar y Kenney (1994), la relación entre la demanda de oxígeno y el tiempo que se puede resistir esta demanda (TR) en minutos, es:

$$TR = 10^{(4 - 0,04 \%VO_2)}$$

Esta ecuación sirve para obtener el tiempo máximo que un individuo tipo puede estar sometido a un determinado nivel de esfuerzo físico más estrés térmico, suma de cargas que corresponden a un porcentaje de demanda de oxígeno (% VO₂), que a su vez, se relaciona con una determinada frecuencia cardiaca. Así, por ejemplo, para una demanda de oxígeno de 33%, el tiempo que puede resistir el individuo, según esta ecuación, es 8 horas. Un individuo de 30 años tiene una frecuencia cardiaca máxima de aproximadamente HR_m = 220 - 30 = 190 pulsaciones/min y considerado su mínima como HR_r = 70 pulsaciones/min, la frecuencia asociada al trabajo con un consumo de 33% sería de:

$$HR = (33 / 100) \times (190 - 70) + 70 = 110 \text{ pulsaciones/min}$$

Luego, en teoría, el trabajador podría permanecer trabajando el turno completo si su frecuencia cardiaca no sobrepasa 110 pulsaciones por minuto.

Según ACGIH (2009), para un individuo de 30 años el límite de frecuencia cardiaca sería de 180-30 = 150 pulsaciones/min, que equivale a un consumo de oxígeno de:

$$\%VO_2 = 100 \times (150 - 70) / (190 - 70) = 67\%$$

Este consumo de oxígeno se puede mantener como máximo por un tiempo de aproximadamente:

$$TR = 10^{(4-0,04 \times 67)} = 21 \text{ minutos}$$

Esto demuestra que ambos criterios son consistentes en el sentido de limitar la exposición evitando que al trabajador se le produzca estado de agotamiento, siendo el criterio ACGIH más preventivo al respecto.

5.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Calor y Trabajo Pesado

Para determinar si un puesto de trabajo representa riesgo de trabajo pesado asociado a la exposición a calor, se utilizarán los límites del Índice TGBH, la sudoración y la frecuencia cardiaca. Cada indicador será calificado ocupando 3 niveles, como se indica a continuación:

- **Nivel 1:** Indica que el trabajo no presenta riesgo para individuos con buena salud y físicamente aptos.
- **Nivel 2:** Corresponde a un nivel de alarma o de acción, que estando la exposición bajo el límite máximo permisible puede significar molestias para el común de los trabajadores y riesgo de síntomas adversos para los individuos más susceptibles y no aclimatados al calor.
- **Nivel 3:** Se asigna a los casos en que se supera el límite máximo permisible y el trabajo se puede considerar pesado.

Para los tres indicadores de evaluación, estos niveles se han determinado de manera que sean consistentes entre sí.

5.5.1.- Indicador TGBH

En la Tabla 4.17 se presentan los niveles de riesgo asociados al indicador TGBH. Para determinar cada nivel se ha tenido en consideración lo siguiente:

- **Nivel 1:** corresponde a valores de TGBH bajo los cuales no existe riesgo para cada combinación de carga y régimen de trabajo, en individuos sanos y físicamente aptos.
- **Nivel 2:** Corresponde al rango de temperatura dentro del cual se puede superar el valor de 780 g/h, que es la tasa de sudoración que corresponde al nivel de alarma o advertencia para este parámetro según la Norma Chilena NCh 2663, lo cual hace compatibles ambos indicadores. Este criterio supone que la respuesta de la sudoración es rápida, al menos que se alcanza la tasa de equilibrio antes de 15 minutos; por lo tanto, el rango de temperatura que define este nivel de riesgo es independiente del régimen de trabajo-descanso, siendo el mismo para todos los regímenes.
- **Nivel 3:** Corresponde a los casos en que se iguala o supera el límite máximo permisible que indica el Decreto Supremo N° 594, el que tiene como objetivo proteger a los trabajadores de que su temperatura corporal no supere los 38° C. Para una carga de trabajo pesada y régimen de trabajo continuo, no se estima pertinente hacer una ponderación diferenciada, ya que el trabajo por sí mismo tendería a ser pesado, luego a esta condición se le asigna el nivel 3 independiente de la temperatura.

Tabla 4.17 Criterio de evaluación según indicador TGBH

Régimen de Trabajo-Descanso en cada Hora	CARGA DE TRABAJO					
	LIGERA Menor a 375 Kcal/h		MODERADA 375 a 450 Kcal/h		PESADA Mayor a 450 Kcal/h	
	TGBH (° C)	Nivel	TGBH (° C)	Nivel	TGBH (° C)	Nivel
Continuo	< 24,5	1	< 21,0	1	Independiente T°	3
	≥ 24,5	2	≥ 21,0	2		
	≥ 30,0	3	≥ 26,7	3		
75% - 25%	< 24,5	1	< 21,0	1	< 15,4	1
	≥ 24,5	2	≥ 21,0	2	≥ 15,4	2
	> 30,6	3	≥ 28,0	3	≥ 25,9	3
50% - 50%	< 24,5	1	< 21,0	1	< 15,4	1
	≥ 24,5	2	≥ 21,0	2	≥ 15,4	2
	≥ 31,4	3	≥ 29,4	3	≥ 27,9	3
25% - 75%	< 24,5	1	< 21,0	1	< 15,4	1
	≥ 24,5	2	≥ 21,0	2	≥ 15,4	2
	≥ 32,2	3	≥ 31,1	3	≥ 30,0	3

5.5.2.- Tasa de sudoración

En el caso de la tasa de sudoración, los niveles de riesgo se han basado en las recomendaciones de la Norma Chilena NCh 2663, según se indica en la Tabla 4.18:

Tabla 4.18 Criterio de evaluación según tasa de sudoración (TS)

Tasa Sudor (TS)	Nivel
TS < 780 g/h	1
TS ≥ 780 g/h	2
TS ≥ 1040 g/h	3

5.5.3.- Frecuencia cardiaca

Para la frecuencia cardiaca se ha tomado como límite el valor de “180 - edad en años”, recomendado por ACGIH, y como límite de alarma el valor de 110 pulsaciones/min, que es la frecuencia cardiaca que un trabajador podría mantener el turno completo sin llegar al agotamiento, como se muestra en la Tabla 4.19:

Tabla 4.19 Criterio de evaluación según frecuencia cardiaca (FC)

Frecuencia Cardiaca (FC)	Nivel
FC < 110	1
FC ≥ 110	2
FC ≥ 180 - edad en años	3

5.6.- Referencias Bibliográficas

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2009. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.

Bernar T, Kenney L. 1994. Rationale for a Personal Monitor for Heat Strain. American Industrial Hygienists Association Journal.55:5005-514.

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Chile.

NCh 2644. Of2002. Determinación de la generación de calor metabólico.

NCh 2663. Of2002. Determinación analítica e interpretación del estrés calórico usando el cálculo de la tasa requerida de sudor.

NCH 2679. Of2002. Sobrecarga térmica- Evaluación mediante mediciones fisiológicas.

NCh 2684 .Of2002. Medioambientes térmicos – Instrumentos para medición de magnitudes físicas.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 2009. Technical Manual Section III, Chapter 4. Disponible en internet: www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html.

CAPÍTULO 6: EXPOSICIÓN A FRÍO

6.1.- Definiciones y Conceptos

Se considera que una persona está expuesta a frío, cuando la temperatura y velocidad del aire en su puesto de trabajo son tales que producen una pérdida neta de calor desde su cuerpo que puede hacer bajar su temperatura hasta 36° C. Como guía se puede considerar que temperaturas menores a 10° C, especialmente al aire libre, pueden generar una condición de exposición a frío. Al flujo de calor convectivo que se pierde desde el cuerpo, se deben agregar, aunque de menor importancia, las pérdidas que se producen por radiación, por respiración y por evaporación de sudor. El calor metabólico generado por el esfuerzo físico que demanda el trabajo, contrarresta las pérdidas, que junto con la vestimenta, son factores que influyen de manera importante en el nivel de enfriamiento que se produce en el cuerpo.

a) Intercambio de calor convectivo o pérdida de calor por efecto del aire frío: El flujo de calor que una persona desnuda transfiere al aire que lo rodea se puede estimar con la siguiente ecuación (NCh 2767):

$$WCI = h_c (33 - T_a)$$

Siendo:

$$h_c = 1,16 [10,45 + 10 (V / 3,6)^{0,5} - (V / 3,6)]$$

Donde:

WCI = Calor perdido por convección en Watt por metro cuadrado de superficie corporal (W/m²) (conocido como índice de viento frío)

h_c = Coeficiente de transferencia de calor W/°Cm² que depende de V

V = Velocidad del aire en kilómetros por hora

T_a = Temperatura del aire en ° C.

Por ejemplo, para una temperatura de -7° C y velocidad del aire de 16 Km/h, se estima que la pérdida de calor es de aproximadamente 1257 W/m²; si se repite el cálculo para una temperatura de -1° C y velocidad de 32 Km/h la pérdida que se obtiene es de 1237 W/m², valor muy semejante al anterior. Desde el punto de vista de la exposición a frío, estos ambientes son equivalentes y la persona en ambos tiene la misma sensación térmica.

b) Intercambio de calor radiante o pérdida de calor por radiación:

En un ambiente frío, normalmente las superficies que rodean un puesto de trabajo están a una temperatura inferior a la de la piel y las personas expuestas son las que pierden calor por radiación. Para una persona desnuda, esta pérdida se puede estimar como:

$$Q_R = h_r(33 - T_{rm})$$

Donde:

Q_R = Calor perdido por radiación en W/m^2 .

h_r = Coeficiente de transferencia de calor que depende de la temperatura, a $-1^\circ C$ es $5,22 (W/m^2C)$ y a $-7^\circ C$, es $5,07 (W/m^2C)$.

T_{rm} = Temperatura radiante media que para efectos prácticos se puede estimar igual a la temperatura del aire.

Por ejemplo, si se calcula a $-7^\circ C$ la pérdida por radiación sería de aproximadamente $203 W/m^2$, y a $-1^\circ C$, de $177 W/m^2$; valores que son aproximadamente del orden del 15% de las pérdidas por convección que se calcularon anteriormente.

c) Intercambio de calor por evaporación de sudor y respiración:

En ambientes fríos, incluso con humedades relativas altas, la presión de vapor de agua en la piel es mucho mayor que la del aire, pero el individuo expuesto a frío presenta una baja pérdida de calor por sudoración, entre el 5% y 10% respecto a la pérdida de calor por convección. Por su parte, la pérdida de calor por la respiración es del orden del 10% del consumo metabólico.

d) Ropa de trabajo: El vestuario es el principal elemento de protección del trabajador expuesto a frío. Debe tener la resistencia térmica adecuada para evitar el enfriamiento, puesto que mientras más baja sea la temperatura del puesto de trabajo y más alta la velocidad del aire, mayor debe ser el valor de aislación de la ropa de protección utilizada. Un conjunto de vestimentas típico de verano tiene una resistencia de $0,115 m^2C/W$; uno de protección contra frío debe tener entre $0,217$ y $0,384 m^2C/W$ (NCh 2709).

Por ejemplo, si se calculan las pérdidas de calor a $-7^\circ C$ y velocidad del viento de $16 Km/h$, con una resistencia de la ropa de $0,384 m^2C/W$, se obtiene que la pérdida por convección sería de $104 W/m^2$, vale decir cerca del 8% de la pérdida por convección obtenida para el cuerpo desnudo; la pérdida por radiación sería del orden de $15 W/m^2$, valor aproximadamente un 7% del obtenido para el cuerpo desnudo. Esto quiere decir que la vestimenta evitará, en este caso, que se pierda cerca del 90% del calor¹³.

¹³ Estos cálculos se realizaron con la metodología y ecuaciones que entrega la NCh 2767.

e) Generación de calor metabólico: En las personas expuestas a frío la generación de calor metabólico es un factor que influye favorablemente. Así por ejemplo, una tarea de toma de inventario de productos almacenados en una cámara de frío puede generar entre 75 y 80 W/m², requiriendo de una ropa con resistencia térmica significativamente mayor que la requerida para trabajar en la misma cámara movilizándolo con transpaleta, tarea que genera aproximadamente entre 125 y 155 W/m².

f) Balance de calor: El balance de los flujos de calor, en W/m², a los cuales se encuentra expuesto un trabajador en un ambiente frío se puede escribir en los mismos términos que en el caso de la exposición a calor:

$$S = M - E \pm C \pm R \pm Q_r \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Donde, en este caso:

S = Pérdida neta de calor desde el cuerpo.

M = Calor metabólico generado.

E = Calor perdido por evaporación de sudor.

Q_r = Calor perdido por la respiración.

C = Calor perdido por convección.

R = Calor perdido por radiación.

La norma chilena NCh 2767 describe un método para calcular la pérdida neta de calor desde el cuerpo humano en un ambiente frío y el aislamiento térmico requerido de la vestimenta para mantener esta pérdida equilibrada con la producción de calor metabólico (S = 0). En esta condición y manteniendo neutro el equilibrio térmico de su cuerpo, la persona no siente frío. Cuando la resistencia de la vestimenta no es suficiente, se produce un enfriamiento neto del cuerpo; si éste no es mayor a 40 (W-h/m²), se considera que coincide con una sensación subjetiva de frío, que puede ser tolerada en exposiciones relativamente prolongadas.

6.2.- Riesgos para la Salud de la Exposición a Frío

El efecto más importante del frío sobre el cuerpo humano es la pérdida de calor con el consiguiente descenso de su temperatura interna, pudiendo presentarse reducción en la capacidad de concentración y razonamiento lógico, pérdida de la destreza manual, temblores severos e hipotermia. También se presentan daños localizados por congelamiento de la piel, especialmente en dedos de manos y pies, orejas y nariz. Entre los síntomas o señales principales de las víctimas de hipotermia se tiene lo siguiente (ACGIH 2009):

- **Temperatura interna del cuerpo cae a 36° C:** Se produce un aumento del metabolismo para compensar las pérdidas de calor, llegándose a un nivel máximo de temblores al bajar a 35° C.
- **Temperatura de 34° C:** La persona se encuentra consciente y responde, con presiones arteriales en el rango normal.

- **Temperatura entre 33° y 31° C:** Se presenta hipotermia severa, cuyos síntomas progresivos son: semi inconsciencia, dificultad para mantener la presión sanguínea, cese de los temblores y pupilas dilatadas.
- **Temperatura entre 30° y 29° C:** Se observa una disminución progresiva de la conciencia, aumento de la rigidez muscular, disminución del ritmo respiratorio y bajo pulso y presión sanguínea.
- **Temperatura entre 28° y 27° C:** Hay una posible fibrilación ventricular con irritabilidad miocárdial. Se produce un estado de coma profundo.
- **Temperatura entre 26° y 24° C:** La fibrilación ventricular puede ocurrir espontáneamente, se puede presentar edema pulmonar.
- **Temperatura entre 22° y 21° C:** Existe un riesgo máximo de fibrilación ventricular.
- **Temperatura entre 20° y 17° C:** La actividad del corazón se detiene alrededor de los 20° C y el cerebro deja de funcionar aproximadamente a los 17° C. Un número bajo de víctimas se recupera.

Además de los síntomas de la hipotermia (NIOSH 2010), que ocurre principalmente en situaciones accidentales, la exposición repetida a ambientes fríos, con temperaturas entre 0° C y 10° C, rango que no incluye riesgo de congelamiento, puede producir daños en la piel como:

- **Perniosis (sabañones):** Los síntomas principales son irritación, enrojecimiento, inflamación y, en casos severos, posible ulceración de la piel preferentemente en mejillas, orejas y dedos.
- **Pie de trinchera (pie de inmersión):** Se produce como resultado de la exposición prolongada a condiciones de frío (sin congelamiento) y principalmente cuando están constantemente húmedos. Los síntomas son enrojecimiento de la piel, calambres en las piernas, inflamación, sensación de hormigueo, ampollas o úlceras, moretones y gangrena.

Con temperaturas inferiores a -1° C se pueden presentar daños por congelamiento, los cuales pueden ser superficiales y afectar sólo la capa externa de la piel, perdiendo color y endureciéndose, o afectar al tejido más profundo, produciendo daños severos que puede llegar hasta la amputación. Los síntomas más comunes corresponden a piel cerosa o azulada, adormecimiento, hormigueo, dolor y reducción de flujo sanguíneo y gangrena.

6.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

El dolor en las extremidades puede ser el primer síntoma de alarma que produce la exposición a frío, y una disminución de la temperatura del cuerpo a 35° C causa temblores intensos que debe ser considerado como un signo de peligro para la salud del trabajador, debiendo poner término a su exposición a frío. Asimismo, el trabajo físico y mental se encuentra limitado cuando se producen temblores.

En el Decreto Supremo N° 594 se entiende por exposición al frío las combinaciones de temperatura y velocidad del aire que logren bajar la temperatura profunda del cuerpo del trabajador a 36° C o menos, siendo 35° C admitida para una sola exposición ocasional. Para cumplir este objetivo se debe proporcionar a los trabajadores ropa adecuada, la cual no será muy ajustada y fácilmente desabrochable y sacable. En la práctica, esto corresponde a un vestuario con la resistencia térmica suficiente para evitar que por enfriamiento la temperatura corporal del trabajador sea menor a 36° C. Temperaturas menores a 10° C se consideran críticas y requieren ropa adecuada para mantener la temperatura corporal sobre los 36° C. Como la pérdida de calor o enfriamiento del cuerpo depende de la temperatura y velocidad del aire, en la siguiente tabla se entregan temperaturas de enfriamiento que son equivalentes para distintas combinaciones de estos parámetros.

Tabla 4.20 Valores equivalentes de enfriamiento para la piel expuesta por efectos de la temperatura y velocidad del aire

Velocidad del Viento (Km/h)	Temperatura real leída en el termómetro (° C)									
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
Calmo	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-62	-70	-78
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82
Superior a 64 Km/h, poco efecto adicional	Peligro Bajo. Exposición de la piel seca por menos de una hora. El principal riesgo es el falso sentido de seguridad				Aumento del Peligro. Congelamiento para las partes expuestas al desnudo en menos de 1 minuto.			Gran Peligro. Partes expuestas al desnudo que se congelen en menos de 30 segundos.		

(*) Valores de la tabla extraídos Decreto Supremo N° 594.

(**) Clasificación del peligro en base a TLVs 2009 de ACGIH.

Por ejemplo, una temperatura de -7° C con una velocidad del aire de 16 Km/h es equivalente a una temperatura de -16° C con aire calmo; esta misma temperatura se obtiene para una combinación de -1° C y 32 Km/h. Como se observa, estas combinaciones representan pérdidas de calor que son similares (entre 1.237 y 1.257 W/m²) nivel que, de acuerdo a la Tabla 4.20, representa un peligro bajo para menos de una hora de exposición. Se debe tener presente que este riesgo se aplica a las partes de la piel que normalmente se exponen sin protección como son las manos y la cara, es decir, se consideran para evaluar el enfriamiento localizado, no el enfriamiento general del cuerpo, que se asume protegido por la vestimenta.

Para proteger al trabajador del enfriamiento general del cuerpo en recintos cerrados se establecen los límites de tiempos de exposición, en función de las temperaturas de trabajo, que se entregan en la Tabla 4.21. En todos los rangos de temperatura los límites de tiempo se basan en que la persona debe estar vestida con la ropa de protección adecuada, que es lo que se debe verificar en la práctica para evaluar el estrés por frío al que están expuestos los trabajadores en su lugar de trabajo.

Rango de Temperatura (° C)	Exposición Máxima Diaria
De 0° a -18°	<ul style="list-style-type: none"> • Sin límites siempre que la persona esté vestida con ropa de protección adecuada.
De -19° a -34°	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Total de Trabajo: 4 horas • Alternando una hora al interior y una hora fuera del área de baja temperatura. • Es necesaria ropa de protección adecuada
De -35° a -57°	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Total de Trabajo: 1 hora • Dos periodos de 30 minutos cada uno, con intervalos de por lo menos 4 horas. • Es necesaria ropa de protección adecuada
De -58° a -73°	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Total de Trabajo: 5 minutos, durante una jornada de 8 horas. • Es necesaria protección personal de cuerpo y cabeza

6.4.- Evaluación de la Exposición a Frío

La Norma Chilena NCh 2667 presenta una metodología y estrategia detallada para evaluar la exposición a frío. El estrés por frío se evalúa en términos del enfriamiento general del cuerpo y del enfriamiento local de partes específicas, como por ejemplo, extremidades y cara.

6.4.1.- Evaluación de la exposición general del cuerpo

a) Información necesaria: Para la evaluación se requiere obtener los siguientes datos en el lugar de trabajo:

- Temperatura y humedad del aire: En recintos cerrados, normalmente la temperatura del aire se registra y controla por requerimientos del proceso. El contenido total de humedad del aire frío es bajo, de modo que se puede estimar la humedad relativa en 50% sin introducir un mayor error en los cálculos.
- Temperatura radiante media: En la mayoría de los casos se puede asumir igual a la temperatura del aire.
- Velocidad del aire: En recintos cerrados se puede considerar que el aire es calmo, con valores menores a 8 Km/h.
- Tareas y actividades realizadas por el personal expuesto: El objetivo de este dato es calcular la generación de calor metabólico.
- Ropa de trabajo y vestuario personal que utilizan los expuestos: Estos datos se utilizan para estimar la resistencia térmica disponible que tiene el trabajador para protegerse del frío.

En caso de ser necesario, para medir la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire y la humedad, se recomienda seguir las indicaciones de la norma NCh 2684.

b) Estimación de la generación de calor metabólico: Se estima la generación de calor metabólico de acuerdo con las tareas y actividades que realizan los trabajadores. Para ello se utiliza la Norma Chilena NCh 2644, que entrega tablas con rangos de valores de calor metabólico para actividades o profesiones típicas y también un método para calcularlo, a partir de los componentes de la actividad en relación con la postura del cuerpo y la intensidad del esfuerzo que se realiza con el tronco, las manos o los brazos, según corresponda. La Tabla 4.22 entrega algunos ejemplos de calores metabólicos para tareas típicas de ambientes fríos:

Tabla 4.22 Calores metabólicos generados en actividades típicas		
Tarea	Descripción	Calor Metabólico W/m ²
Inventarios	Trabajo de pie, liviano manos	75 a 80
Operador Proceso	Labor típica de Carnicero	105 a 140
Operador Grúa Horquilla	Trabajo sentado, liviano de brazos	100 a 130
Operador Traspaleta	Trabajo liviano tronco	125 a 155

c) Estimación de la resistencia de la ropa de trabajo: La resistencia básica de la ropa se estima de acuerdo con la Norma Chilena NCh 2709, según el tipo de tela y su diseño. La Tabla 4.23 presenta un conjunto típico de vestimentas utilizadas por trabajadores expuestos a frío, indicando para cada una la resistencia térmica básica que entrega la norma:

Tabla 4.23 Vestimenta de trabajo típica en recintos con exposición a frío	
Descripción	Resistencia (clo)*
1) Calzoncillo largo (Fibra algodón, lana)	0,10
2) Camiseta manga larga (Algodón, lana)	0,16
3) Camisa manga larga (Poliéster, algodón)	0,31
4) Pantalón piel sintética (Poliamida)	0,40
5) Chomba manga larga cuello tortuga	0,54
6) Parka térmica con Gorro	0,79
7) Zapatos de Seguridad	0,04
8) Gorro	0,01
9) Guantes de poliamida	0,08
10) Calcetín largo	0,03
Resistencia Básica Total	2,46

(*) 1 clo = 0,0155 m²/°CW

Las resistencias básicas están referidas al cuerpo completo como fracción de la parte que cubre cada prenda; luego, para obtener la resistencia total del conjunto, los valores se pueden sumar directamente. Así, la suma de los valores de la Tabla 4.23 da una resistencia básica total que es de 2,46 clo que equivale a $0,381 \text{ m}^2\text{°C/W}$. Dado que las resistencias básicas fueron obtenidas con un maniquí estático de pie, es necesario ponderar el resultado para corregir el efecto que tiene el movimiento del trabajador, disminuyéndolo en un 20% si el trabajo tiene asociado un calor metabólico mayor de 100 W/m^2 y en un 10% si éste es menor. Por ejemplo, si este vestuario correspondiera a un operador de grúa de horquilla, con un consumo metabólico del orden de 120 W/m^2 , la resistencia corregida o disponible sería de $0,8 \times 0,381 \text{ W/m}^2 = 0,305 \text{ W/m}^2$. Por otra parte, si fuera usada por la persona que toma inventario, sería de $0,9 \times 0,381 \text{ W/m}^2 = 0,343 \text{ W/m}^2$.

d) Evaluación del estrés: Para las condiciones de temperatura, velocidad del aire y calor metabólico del puesto de trabajo, la norma NCh 2767 considera dos criterios para definir la resistencia térmica requerida del vestuario o "IREQ":

- **Nivel mínimo (IREQ_{min}):** El valor de resistencia se calcula aceptando la existencia de vasoconstricción periférica, con temperatura media de la piel de 30°C e intercambio de calor por evaporación sólo por difusión. Este estado coincide con una sensación térmica subjetiva de levemente frío y puede ser tolerada en forma continuada. El nivel de enfriamiento que se mantiene en este caso debería ser considerado como el más alto aceptable durante exposiciones prolongadas.
- **Nivel neutro (IREQ_{neutro}):** La resistencia se calcula considerando que el balance térmico está equilibrado en un nivel de sensación térmica neutra, en la cual la persona no requiere más calor ni frío.

La evaluación del estrés consiste en comparar la resistencia resultante de la ropa de trabajo (como el valor de $0,381 \text{ m}^2\text{°C/W}$ presentado en la Tabla 4.23) con las resistencias requeridas (IREQ) mínima y neutra. Las posibilidades son las siguientes:

- **Resistencia de ropa de trabajo < IREQ_{min}:** Las vestimentas no proporcionan un aislamiento adecuado para prevenir el enfriamiento del cuerpo y, con una exposición progresiva, aumenta el riesgo de hipotermia.
- **IREQ_{min} < Resistencia de ropa de trabajo < IREQ_{neutro}:** Las vestimentas proporcionan un aislamiento suficiente, por lo que la respuesta fisiológica es aceptable y el ambiente se percibe de levemente frío a moderado.
- **Resistencia de ropa de trabajo > IREQ_{neutro}:** Las vestimentas entregan un aislamiento más que suficiente. Se debe tener presente que demasiado aislamiento del vestuario puede resultar en sobrecalentamiento y transpiración excesiva, que puede humedecer la vestimenta y generar un enfriamiento posterior.

Si no es posible satisfacer los requerimientos de resistencia, se debe calcular el tiempo máximo de exposición considerando que la pérdida máxima permisible de calor desde el cuerpo es de 40 W-h/m². Por ejemplo, para un recinto de trabajo que se mantiene a 0° C, con velocidad del aire de 0,2 m/s y metabolismo asociado al trabajo de 120 W/m², la resistencia neutra requerida resulta de 0,33 m²°C/W, la temperatura de la piel de 32,3° C y el balance de calor con los siguientes valores (NCh 2767):

Metabolismo	120 W/m ²
Respiración	- 12,6 W/m ²
Evaporación Sudor	- 10,2 W/m ²
Convección	- 62,2 W/m ²
Radiación	- 35,0 W/m ²
Total	0,0 W/m ²

Para esta misma situación, si la resistencia mínima requerida fuera de 0,28 m²°C/W y la temperatura de la piel de 30° C, el balance de calor sería el siguiente:

Metabolismo	120 W/m ²
Respiración	- 12,6 W/m ²
Evaporación Sudor	- 5,0 W/m ²
Convección	- 65,4 W/m ²
Radiación	- 37,0 W/m ²
Total	0,0 W/m ²

Ambos balances están en equilibrio, porque las pérdidas totales de calor son iguales al calor metabólico generado, pero en el caso de la condición neutra la temperatura media de la piel es más alta 32,3° C contra 30° C, la evaporación de sudor es mayor 10,2 W/m² contra 5 W/m², diferencia de 5,2 W/m² que se traslada a las pérdidas por convección y radiación que, para la condición neutra, resultan menores en la misma cantidad.

En la tabla a continuación se entregan valores de las resistencias mínimas y neutras requeridas para distintos niveles de consumo metabólico, velocidad del aire igual a 0,2 m/s y temperatura radiante media igual a la temperatura del aire:

Tabla 4.24 Resistencias requeridas del vestuario para distintos consumos metabólicos						
Temperatura (°C)	M = 100 W/m ²		M = 120 W/m ²		M = 140 W/m ²	
	IREQ _{min}	IREQ _{neutro}	IREQ _{min}	IREQ _{neutro}	IREQ _{min}	IREQ _{neutro}
0	0,351	0,417	0,277	0,330	0,224	0,269
-7	0,459	0,524	0,367	0,421	0,302	0,347
-18	0,627	0,691	0,507	0,561	0,422	0,468

Otro ejemplo sería si el vestuario presentado en la Tabla 4.23 fuera utilizado por un operador de grúa de horquilla para ingresar a una cámara que opera a 0° C, se tendría la siguiente evaluación:

Consumo metabólico	120 W/m ²
Resistencia básica	0,381 m ² °C/W
Resistencia disponible (corregida)	0,305 m ² °C/W
Resistencia Mínima	0,277 m ² °C/W
Resistencia Neutra	0,330 m ² °C/W

La resistencia disponible 0,305 m²°C/W está entre las resistencias mínima y neutra por lo cual se considera que las vestimentas para este caso, proporcionan un aislamiento suficiente. Ahora, suponiendo que el mismo operador debe ingresar a cámaras que trabajan a -7° C, la situación sería:

Consumo metabólico	120 W/m ²
Resistencia básica	0,381 m ² °C/W
Resistencia disponible (corregida)	0,305 m ² °C/W
Resistencia Mínima	0,367 m ² °C/W
Resistencia Neutra	0,421 m ² °C/W

La resistencia disponible 0,305 m²°C/W está por debajo de la mínima requerida y, por lo tanto, la persona estaría expuesta a un enfriamiento neto que, calculado de acuerdo a la norma, correspondería al siguiente balance:

En W/m ²	
Metabolismo	120
Respiración	-13,1
Evaporación Sudor	-11,1
Convección	-81,6
Radiación	-43,1
Total	-28,9

Considerando que la pérdida máxima de calor aceptable es de 40 W-h/m², el tiempo máximo de exposición se debe limitar a:

$$\text{Tiempo máximo} = 40 / 28,9 = 1,38 \text{ horas} = 83 \text{ minutos.}$$

Este tiempo máximo de exposición debe ser respetado mientras no se aumente la resistencia de la ropa.

6.4.2.- Evaluación de la exposición de partes localizadas del cuerpo

El enfriamiento de partes específicas del cuerpo que eventualmente podrían quedar expuestas sin protección, como las manos y la cabeza, puede producir desde incomodidad hasta daño por congelamiento. Para las manos, en particular, la norma NCh 2767 indica que el enfriamiento local, por convección, radiación o contacto, no debería producir temperaturas de la piel menores a 24° C, si el balance de calor del cuerpo corresponde al uso de ropa con la resistencia neutra y no debería ser menor a 15° C, si corresponde a la del balance que se establece con

la resistencia mínima. En la Tabla 4.25, extraída de la misma normativa, se presenta una clasificación de los riesgos de congelamiento en función de la pérdida de calor desde la piel al desnudo¹⁴ y la temperatura equivalente a la cual se produce esa pérdida cuando el aire tiene una velocidad de 6,5 Km/h, lo que se considera como aire calmo:

Tabla 4.25 Clasificación del riesgo por enfriamiento para partes no protegidas		
WCI (W/m ²)	T° equivalente (° C)	Efecto
1200	-14	Muy Frío
1400	-22	Desagradablemente Frío
1600	-30	Ser humano expuesto a congelamiento dentro de 1 hora.
1800	-38	
2000	-45	Ser humano expuesto a congelamiento dentro de 1 min.
2200	-53	
2400	-61	Ser humano expuesto a congelamiento dentro de 30 segundos.
2600	-69	

En relación con las clasificaciones que entrega el Decreto Supremo N° 594 (visto en la Tabla 4.20) el valor de WCI = 1600 W/m², que corresponde a la temperatura equivalente de -30° C, marca la diferencia entre el rango de valores que van de +10° C a -31° C, para los cuales el riesgo se califica como peligro bajo. Por su parte, el rango de valores con temperaturas equivalentes de -32° C a -58° C, el peligro de congelamiento es de menos de 1 minuto.

Se debe tener presente que la metodología recomendada para evaluar el riesgo, tanto del enfriamiento general del cuerpo como de partes localizadas, se basa en ecuaciones desarrolladas con modelos aproximados de las condiciones reales de trabajo, por lo cual, si bien sirven de guía para caracterizar el estrés por frío y definir la resistencia requerida de la ropa, en primer término se debe considerar la observación directa de síntomas y señales de exposición a frío y la susceptibilidad individual de los trabajadores, para determinar la ropa de protección adecuada en cada caso.

6.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Frío y Trabajo Pesado

La existencia de signos iniciales de enfriamiento normalmente permiten a las personas evitar los daños que produce la hipotermia severa, ya sea aumentando la protección que le brinda la ropa de trabajo y, si no fuera suficiente, con vestuario personal o reduciendo el periodo de exposición. Para evaluar si un puesto de trabajo representa riesgo de trabajo pesado asociado a estrés por frío, en esta Guía Técnica se toman como base las temperaturas de trabajo en relación con el riesgo de congelamiento que representa para las partes del cuerpo que pudieran estar expuestas sin protección, en el entendido que las personas cuentan con una protección adecuada para prevenir el enfriamiento general del cuerpo.

¹⁴ Pérdida de calor calculada con la ecuación de pérdida de calor por efecto del aire frío (ver punto 6.1).

La Tabla 4.26 entrega los niveles de carga y/o riesgo de acuerdo con los rangos de temperatura de los ambientes de trabajo, independiente de la velocidad del aire, según el siguiente criterio:

- **Nivel 1:** Se asigna a los ambientes de trabajo con temperaturas mayores a 10° C, donde el riesgo de enfriamiento no es importante.
- **Nivel 2:** Se asigna a los lugares con temperaturas entre 0° C y 10° C, rango en el cual es necesario controlar el uso de ropa de protección adecuada y el riesgo de enfriamiento de las partes expuestas, independiente de la velocidad del viento. No incluye el congelamiento que sólo se presenta para temperaturas menores a -1° C.
- **Nivel 3:** Se asigna a todos los ambientes de trabajo con temperaturas menores a 0° C, donde existe el riesgo de congelamiento superficial o más profundo de los tejidos, en forma más aguda mientras menor es la temperatura y mayor la velocidad del viento, no siendo permitido la exposición sin protección con temperaturas equivalentes menores a -32° C, donde el riesgo de congelamiento es para tiempos de exposición menores a 1 minuto.

Temperatura Ambiente de Trabajo (TAT)	Nivel
TAT > 10° C	1
10° C ≥ TAT ≥ 0° C	2
TAT < 0° C	3

6.6. Referencias Bibliográficas

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2009. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Chile.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2010. NIOSH Safety and Health Topics. Cold Stress. Disponible en Internet: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/coldstress/>

NCh 2644.Of.2002. Determinación de la generación de calor metabólico.

NCh 2684.Of.2002. Medioambientes térmicos – Instrumentos para medición de magnitudes física.

NCh 2709.Of.2002. Medioambientes térmicos – Estimación del aislamiento térmico y de la resistencia a la evaporación de un conjunto de vestimentas.

NCh 2767.Of.2002. Evaluación de Medioambientes fríos – Determinación del aislamiento requerido de la vestimenta (IREQ).

CAPÍTULO 7: EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO-IONIZANTES

7.1.- Definiciones y Conceptos

Se entiende por radiación a la propagación de energía a través de ondas. Cuando dicha radiación transporta niveles de energía capaces de producir la ionización del medio que atraviesa, es decir, es capaz de remover los electrones de los átomos del medio, la radiación es ionizante. Cuando la radiación transporta niveles de energía que no son capaces de producir este efecto, se dice que la radiación es no-ionizante y el máximo efecto que puede producir a los átomos del medio que atraviesa es la excitación, donde los electrones sólo cambian a orbitales de un nivel de energía superior, sin salir del átomo. Por lo tanto, que una radiación sea ionizante o no, depende de la energía, generando el llamado espectro electromagnético, que permite visualizar por rangos de acción o bandas las radiaciones que se presentan en la naturaleza, tal como se muestra en la Imagen 4.21:

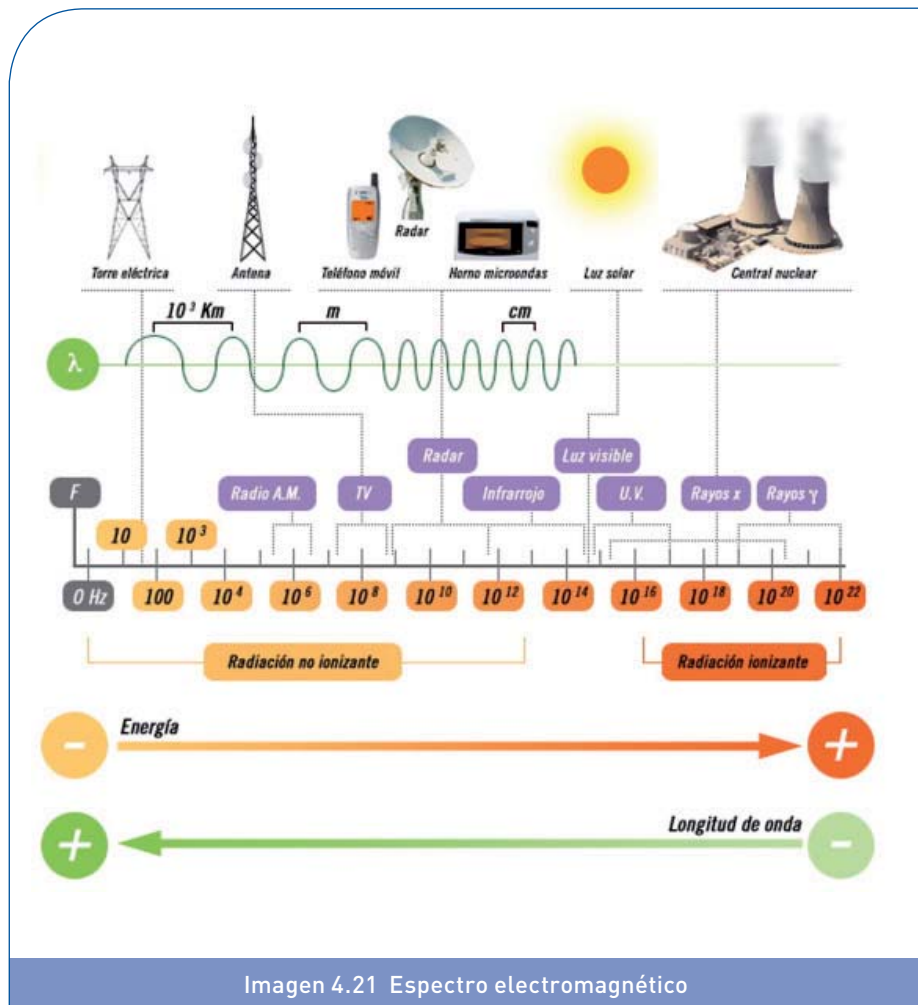
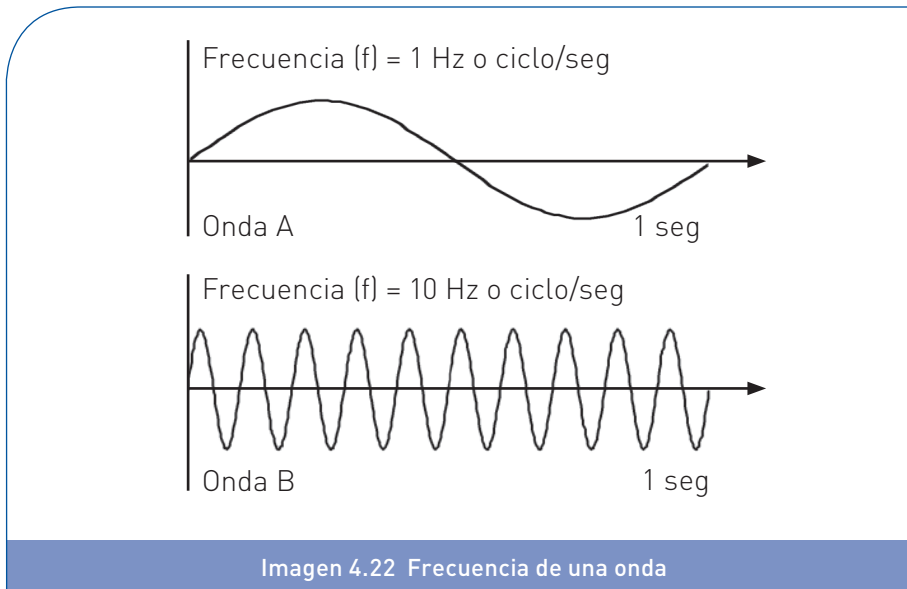


Imagen 4.21 Espectro electromagnético

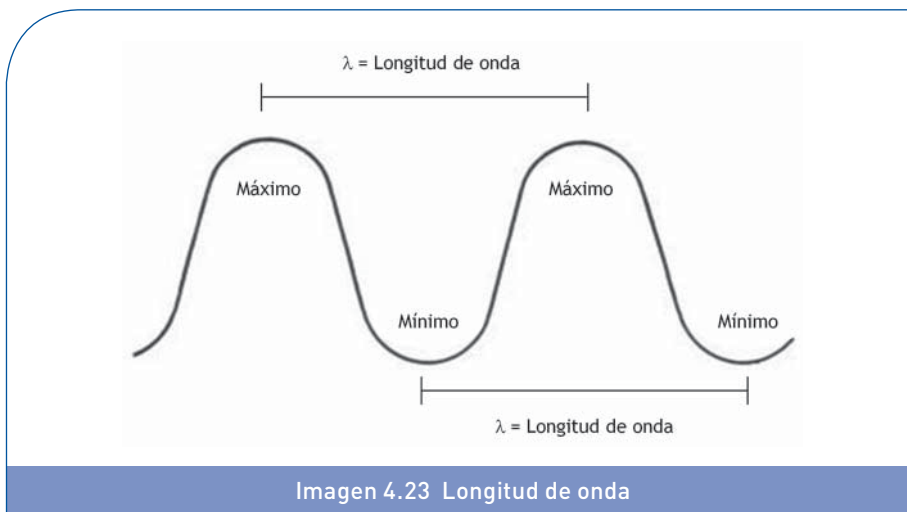
7.1.1.- Características físicas de las ondas electromagnéticas

Algunos aspectos que caracterizan a las ondas electromagnéticas son:

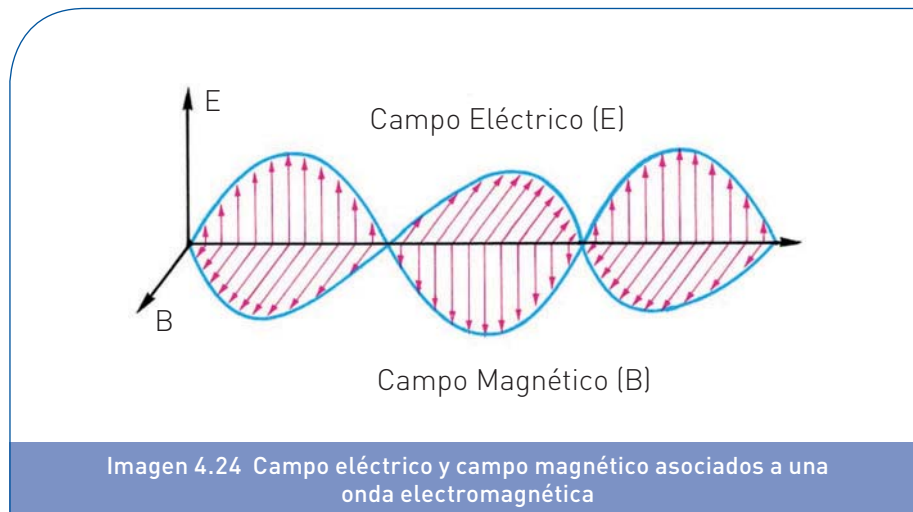
a) Frecuencia de la onda (f): Cantidad de ciclos por segundo que describe una onda. Un ciclo por segundo corresponde a 1 Hertz (Hz), tal como se muestra en la siguiente imagen:



b) Longitud de onda (λ): Es la distancia existente entre dos peaks consecutivos de una onda. Se mide en metros, como se muestra en la Imagen 4.23:



c) Onda electromagnética plana: Es aquella que se propaga en una dirección determinada, distinguiéndose en ella dos campos: Eléctrico (E) y Magnético (B), perpendiculares entre sí, y también perpendiculares a la dirección de propagación, como se observa en la imagen a continuación:



d) Campo eléctrico (E): Magnitud vectorial que representa la fuerza (F) de una carga eléctrica unitaria positiva (q) en un punto del espacio, dividida por esa carga ($E = F/q$). La intensidad del campo eléctrico se expresa en Volt/metro (V/m).

e) Densidad de flujo magnético (B): También llamada Inducción Magnética, es una magnitud vectorial que es producto de una fuerza (F) que actúa sobre una carga eléctrica en movimiento. Se expresa en Tesla (T) o en Gauss (G) donde $1T = 10^4 G$.

f) Intensidad de campo magnético (H): Magnitud vectorial que es igual a la Densidad de flujo magnético dividida por la permeabilidad del medio (μ). Se expresa en Ampere/metro (A/m).

g) Densidad de potencia (S)¹⁵: Potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación de una onda electromagnética, expresada en watt por metro cuadrado (W/m^2) o en miliwatt por centímetro cuadrado (mW/cm^2) o microwatt por centímetro cuadrado ($\mu W/cm^2$).

h) Radiación UV solar: La radiación ultravioleta solar o radiación UV es una parte de la energía radiante del Sol, que se transmite en forma de ondas electromagnéticas en cantidad casi constante (constante solar); su longitud de onda fluctúa entre 100 y 400 nm y constituye la porción más energética del espectro electromagnético que incide sobre la superficie terrestre. La radiación UV desempeña un papel importante en la determinación de las condiciones climáticas, el balance energético y el equilibrio natural del planeta, y su medición continua permite estudiar su comportamiento y su relación con el estado de la biósfera y la salud humana.

¹⁵ También conocida como Irradiancia Efectiva

i) Láser: La radiación láser es la producción de energía electromagnética coherente dentro del espectro óptico comprendido entre la zona final del ultravioleta y el infrarrojo lejano. La palabra laser es el acrónimo de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación).

7.1.2.- Regiones del espectro electromagnético no-ionizante

Considerando la distribución de las regiones por energía creciente, se tiene lo siguiente:

a) Región extrema baja frecuencia (ELF): Corresponde al rango del espectro electromagnético comprendido entre 0 Hz – 100 kHz. Nota: En algunas publicaciones, como la de ACGIH (2009), se considera la banda ELF sólo hasta 300 Hz, perteneciendo a una subcategoría de una región mayor hasta 30 kHz denominada "Subradiofrecuencia".

b) Región radiofrecuencias (RF): Corresponde al rango del espectro electromagnético comprendido entre 30 kHz – 300 MHz.

c) Región microondas (M.O.): Corresponde al rango del espectro electromagnético comprendido entre 300 MHz – 300 GHz.

d) Región infrarrojo (I.R.): Cubre la región del espectro electromagnético en términos de longitud de onda comprendida entre 1 mm (milímetro) y 760 nm (nanómetros).

e) Región visible: Cubre la región del espectro electromagnético en términos de longitud de onda comprendida entre 760 nm (nanómetros) y 400 nm (nanómetros).

f) Región ultravioleta (U.V): Cubre la región del espectro electromagnético en términos de longitud de onda comprendida entre 400 nm (nanómetros) y 100 nm (nanómetros).

g) Región de acción láser: Aunque no cubre en forma continua el espectro, existen láser que emiten radiación desde las regiones del Infrarrojo lejano hasta la región ultravioleta.

El análisis de los aspectos relacionados con la Región Visible y la Región Infrarrojo fueron tratados en los capítulos 4 y 5 de este módulo, respectivamente.

7.2.- Riesgos para la Salud de la Exposición a Radiaciones No-ionizantes

7.2.1.- Región de extrema baja frecuencia (ELF)

Se ha suscitado un considerable debate sobre los posibles efectos adversos para la salud entre los trabajadores que utilizan equipos que funcionan en este intervalo de frecuencias. La frecuencia más común es la de 50/60 Hz, utilizada para la generación, distribución y uso de energía eléctrica.

Los medios de información, la distribución de información inexacta y el debate científico en curso han alimentado la preocupación por la posibilidad de que la exposición a campos magnéticos de 50/60 Hz pueda estar relacionada con un aumento de la incidencia de cáncer (Repacholi 1990). Para un análisis más detallado acerca de los hallazgos actuales se recomienda consultar la publicación Environmental Health Criteria 238/2007 “Extremely low frequency fields” realizada conjuntamente por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Comisión Internacional de Protección Radiológica No-Ionizante (ICNIRP)¹⁶ y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

7.2.2.- Región de radiofrecuencias (RF)

En la actualidad, se desconoce con precisión los riesgos para la salud que puede representar la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia, sin embargo es importante mencionar que los estudios actuales están orientados a¹⁷:

- **Estudios epidemiológicos:** Cáncer, abortos, efectos de calentamiento sobre mortalidad y morbilidad, incertezas epidemiológicas.
- **Estudios biológicos:** Calentamiento de cuerpo completo, ajustes circulatorios a stress térmico, efectos del calentamiento corporal sobre el rendimiento cognitivo y sobre el desarrollo del embrión y del feto, calentamiento localizado y otros efectos relacionados con el neurocomportamiento.
- **Estudios dosimétricos:** Desarrollo de metodologías de cálculo de absorción de energía en el organismo, dosimetría térmica, calentamiento de la piel, quemadura por contacto RF, calentamiento de ojos y cabeza, etc.

7.2.3.- Región de microondas (MO)

Considerando que esta región corresponde a una extensión del campo de radiofrecuencia, cuyas longitudes de onda son menores, los riesgos por exposición a esta parte del espectro electromagnético son los mismos que para RF, sólo que, por tratarse de un rango portador de mayor energía, el efecto de calentamiento bajo ciertas condiciones de exposición puede ser potenciado. La publicación indicada en el punto 7.2.1 cubre también el rango de las microondas, por lo que se recomienda su consulta para información más detallada.

¹⁶ ICNIRP: Comisión Internacional de Protección Radiológica No-Ionizante, es una organización internacional de 15.000 científicos (40 naciones) especializados en protección radiológica.

¹⁷ Para mayor información consultar la publicación de National Radiation Protection Board (NRPB) de la Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido y la página web: <http://www.osha.gov/SLTC/radiofrequencyradiation/healtheffects.html> de la OSHA.

7.2.4.- Región ultravioleta (UV)

Para la mayoría de las personas la principal fuente de radiación UV es la proveniente del Sol, aunque muchas personas sufren sustanciales exposiciones de fuentes artificiales, incluyendo lámparas industriales, soldaduras de arco eléctrico, terapias médicas con UV, solariums, etc. Esta radiación puede causar daño al ADN, existiendo una considerable evidencia experimental en modelos animales sobre su poder carcinogénico y de los efectos supresivos de la UV sobre el sistema inmunológico, pero su significado para la salud humana es generalmente poco clara. Sin embargo, los principales tejidos del cuerpo afectados por la radiación UV son los ojos y la piel (ICNIRP 2004):

- **Piel:** Las exposiciones excesivas de corto tiempo causan quemaduras y ciertos individuos responden diferente al exponerse (fotosensibilidad), debido a que poseen anomalías genéticas o metabólicas, como reacción al contacto con ciertas drogas o productos químicos. La exposición crónica al sol conlleva al envejecimiento de la piel y aumenta el riesgo de cánceres de los tipos melanoma y no-melanoma; el primero de ellos es la principal causa de muerte por cáncer de piel.
- **Ojos:** Las exposiciones excesivas de corto tiempo puede producir daño agudo a la córnea y se ha demostrado que la exposición ocular crónica a radiación UV contribuye a aumentar el riesgo de ciertas enfermedades a la conjuntiva, catarata cortical y, posiblemente, al desarrollo de la degeneración macular de la retina asociada a la edad, la mayor causa de ceguera. La relación con el melanoma ocular aún no está clara.

La radiación UV puede clasificarse en relación con su comportamiento en la atmósfera terrestre:

- **Radiación solar ultravioleta tipo A (UV-A):** Su longitud de onda fluctúa entre 320 y 400 nm. Alcanza totalmente la superficie terrestre, no es retenida por la atmósfera.
- **Radiación solar ultravioleta tipo B (UV-B):** Su longitud de onda fluctúa entre 280 a 320 nm. El 90% es filtrado y bloqueado por el ozono y el oxígeno de la atmósfera. Es más energética y dañina para la biósfera que la radiación UV-A.
- **Radiación solar ultravioleta tipo C (UV-C):** Su longitud de onda fluctúa entre 100 y 280 nm y constituye la fracción más energética. Este tipo de radiación y otras como los rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos son retenidas totalmente en la región externa de la atmósfera y no alcanzan la superficie terrestre.

La variación diurna y anual de la intensidad de la radiación UV Solar está determinada por parámetros astronómicos, geográficos, condiciones atmosféricas y por actividades humanas que alteran las condiciones naturales de la atmósfera, tal como el debilitamiento de la capa superior de ozono debido al uso de fluoruros de carbono. A nivel de tropósfera, la presencia de nubes, polvo, aerosoles y la concentración de ozono son elementos absorbentes de radiación solar. Cuando los rayos solares pasan directamente por la atmósfera sin ser absorbidos constituyen la componente directa de la radiación.

Por tanto, los principales factores que influyen en la radiación UV Solar son:

- **Elevación solar:** Mientras más alto se encuentre el Sol en el cielo, la radiación UV es más intensa, por lo que los niveles son más altos alrededor del mediodía solar y en verano. Durante las primeras horas de la mañana y al atardecer, la radiación solar incide de manera casi horizontal sobre el punto de incidencia y, durante su trayecto, la radiación puede absorberse y dispersarse por moléculas de gases, partículas de aerosoles o agua, que se denomina la componente difusa de la radiación.
- **Latitud:** Los niveles de radiación son mayores cuanto más cerca de las regiones ecuatoriales se esté.
- **Nubosidad:** La radiación ultravioleta solar puede penetrar fácilmente a través de nubosidad "liviana o delgada" a niveles similares a días exentos de nubes, mientras que la nubosidad "gruesa" puede reducir su intensidad.
- **Altitud:** A mayores altitudes, la atmósfera es más delgada y absorbe menos radiación UV.
- **Ozono:** El ozono absorbe parte de la radiación UV Solar, disminuyendo así la que alcanza a la superficie de la tierra.
- **Reflexión de la tierra:** Distintos tipos de superficies de la tierra producen diferentes grados de reflexión de radiación UV.
- **Índice de radiación UV solar (adimensional):** Este índice se define por la siguiente fórmula:

242

$$I_{UV} = k_{er} \int_{250 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda} S_{er}(\lambda) d\lambda$$

Donde:
 E_{λ} = Irradiancia espectral solar, expresada en W/(m².nm) a la longitud de onda.
 $d\lambda$ = Diferencial de longitud de onda utilizado en la integración.
 $S_{er}(\lambda)$ = Espectro de acción de referencia para el eritema.
 k_{er} = Constante igual a 40 m²/W.

7.2.5.- Radiación láser

Los principales tejidos del cuerpo afectados por la radiación láser son los ojos y la piel, con una gran dependencia de la longitud de onda (ICNIRP 2000):

- **Riesgo a la visión:** La radiación visible (400-700 nm) y la de infrarrojo-A (700-1400 nm) pueden atravesar los diferentes tejidos que componen el ojo (córnea, humor acuoso, cristalino, humor vítreo) y alcanzar la retina, produciendo en ella una lesión térmica o fotoquímica. Debido a que la córnea actúa como una lente convergente, cuando el ojo esté focalizando un haz láser, la lesión se producirá en la fovea o mácula, deteriorando la función visual a veces de forma irreversible. Si no se está focalizando el haz láser, puede ocurrir una lesión periférica en la retina que puede llegar a pasar inadvertida.

• **Riesgo a la piel:** La piel puede sufrir quemaduras térmicas y cambios fotoquímicos al exponerse al láser, siendo independientes los efectos de la naturaleza coherente de la luz láser, pero agravados por la densidad de potencia. Hay dos tipos de daño de la piel:

- 1) La exposición prolongada a la luz láser UV que produce eritema (quemadura).
- 2) La exposición de alta intensidad a la luz láser que quema la piel.

En la actualidad hay poca mención al daño de la piel debido al láser de alta intensidad. Las superficies más probables de la piel que se exponen usualmente al haz son las manos, la cabeza o los brazos. Los efectos del láser sobre el tejido dependen de: la densidad de energía del haz incidente, la absorción de los tejidos en la longitud de la onda incidente, el tiempo que el haz actúa sobre el tejido, los efectos sobre la circulación de la sangre y la conducción de calor en el área afectada. Sin embargo, respecto al tiempo se pueden observar los siguientes:

- **Efectos inmediatos:** El efecto inmediato de la exposición a la luz láser sobre el umbral de daño biológico es normalmente la quemadura del tejido. La lesión a la piel puede resultar ya sea de la lesión térmica después de la elevación de la temperatura en los tejidos de la piel o de un efecto fotoquímico de niveles excesivos de radiación láser en el rango ultravioleta.
- **Efectos posteriores:** Solamente la radiación óptica en la región ultravioleta del espectro se ha demostrado que causa efectos de largo plazo. Estos efectos son: envejecimiento de la piel y cáncer de piel. Actualmente, estos antecedentes son tomados en cuenta en las normas de seguridad.

La tabla 4.27 resume algunos riesgos de la radiación láser:

Tabla 4.27 Riesgos de la radiación láser		
Dominio espectral Fotobiológico	Efectos oculares	Efectos a la piel
Ultravioleta C (0,200 – 0,280 μm)	Fotoqueratitis	Eritema (quemadura solar) Cáncer de piel
Ultravioleta B (0,280 – 0,315 μm)	Fotoqueratitis	Envejecimiento de piel Aumento de pigmentación
Ultravioleta A (0,315 – 0,400 μm)	Catarata Fotoquímica UV	Oscurecimiento de pigmento Quemadura de la piel
Visible (0,400 – 0,780 μm)	Daño Fotoquímico y térmico a la retina	Reacciones fotosensitivas Quemadura de la piel
Infrarrojo A (0,780 – 1,400 μm)	Catarata, quemadura retinal	Quemadura de la piel
Infrarrojo B (1,400 – 3,00 μm)	Quemadura corneal Turbiedad del Humor Acuoso IR catarata	Quemadura de la piel
Infrarrojo C (3,00 – 1.000 μm)	Sólo quemadura corneal	Quemadura de la piel

7.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

7.3.1.- Región extrema baja frecuencia (ELF)

No existen límites permisibles establecidos en Chile, por lo que a continuación se presentan a modo referencial los existentes y reconocidos a nivel internacional:

Tabla 4.28 Límites permisibles ICNIRP (1998) para ELF		
Exposición	Campo eléctrico k V/m	Campo Magnético G (mG)
Ocupacional	8,3	4,2 (4.200)
Público General	4,2	0,833 (833)

Tabla 4.29 Límites permisibles ACGIH (2009) para ELF			
TLV para Campo Eléctrico en el rango 0 Hz (estático) a 30 kHz			
Rango de Frecuencias	TLV		
0 a 100 Hz.	25.000	V/m en aire	valor techo
100 Hz a 4 kHz.	$\frac{2,5 \times 10^6}{f}$	V/m en aire f en Hz	valor techo
4 kHz a 30 kHz.	625	V/m en aire	valor techo
TLV para Campo Magnético en el rango 1 Hz a 30 kHz.			
Rango de Frecuencias	TLV		
1 a 300 Hz.	Cuerpo completo	$\frac{60}{f}$	valor techo en mT f en Hz
1 a 300 Hz.	Brazos y piernas	$\frac{300}{f}$	valor techo f en Hz
1 a 300 Hz.	Manos y pies	$\frac{600}{f}$	valor techo f en Hz

7.3.2.- Región radiofrecuencias (RF)

La legislación chilena carece de límites de exposición ocupacional para campos electromagnéticos en el rango de las radiofrecuencias, es decir, desde 30 kHz (kiloHertz) a 300 MHz (MegaHertz). En el Decreto Supremo N° 594 se establecen límites de exposición a “microondas”, sin indicar expresamente el rango de frecuencias cubierto.

Respecto a los criterios internacionales, aún no existe un consenso total respecto a los límites, ya que aún se están investigando los efectos de las radiaciones en el espectro electromagnético no-ionizante. Es así como el criterio de la Federal Communications Comision (FCC)¹⁸ (1999) establece límites de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia a partir de 0,3 MHz y, en el caso de la ACGIH, en sus "TLVs and BEIs" establece límites de Campo Eléctrico y Campo Magnético a partir de una frecuencia de 30 kHz y límites de Densidad de Potencia a partir de 100 MHz. Por otro lado, el Código de Seguridad N° 6 de Canadá (Radiation Protection Bureau of Health Canada 1999) establece límites de Campo Eléctrico y Campo Magnético a partir de una frecuencia de 0,003 MHz y límites de Densidad de Potencia a partir de 30 MHz. Ver las Tablas 4.30 y 4.31:

Tabla 4.30 Criterio de la Federal Communications Comision (FCC-USA)				
Límites Ocupacionales/ Exposiciones Controladas				
Rango de Frecuencias (MHz)	Campo Eléctrico (E) (V/m)	Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Potencia (S) (mW/cm ²)	Tiempo promediado (I E I ² , I H I ² o S) (minutos)
0,3-3,0	614	1,63	(100)*	6
3,0-30	1842/f	4,89/f	(900/f ²)*	6
30-300	61,4	0,163	1,0	6
300-1.500	--	--	F/300	6
1.500 - 100.000	--	--	5	6
Límites para Público General / Exposiciones No-Controladas				
Rango de Frecuencias (MHz)	Campo Eléctrico (E) (V/m)	Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Potencia (S) (mW/cm ²)	Tiempo promediado (I E I ² , I H I ² o S) (minutos)
0,3-1,34	614	1,63	(100)*	30
1,34-30	824/f	2,19/f	(180/f ²)*	30
30-300	27,5	0,073	0,2	30
300-1.500	--	--	f/1500	30
1.500 - 100.000	--	--	1,0	30

* Densidad de Potencia equivalente en onda plana

¹⁸ Aceptada por Occupational Safety & Health Administration (OSHA).

Tabla 4.31 Criterio del código de seguridad N° 6–CANADA

Límites de exposición para personas clasificadas como trabajadores expuestos a radiofrecuencias y a microondas

1 Frecuencia (MHz)	2 Campo Eléctrico; rms (V/m)	3 Campo Magnético; rms (A/m)	4 Densidad de Potencia (W/m ²)	5 Tiempo promedio (minutos)
0,003 - 1	600	4,9		6
1 - 10	600/f	4,9/f		6
10 - 30	60	4,9/f		6
30 - 300	60	0,163	10*	6
300 - 1.500	3,54f ^{0,5}	0,0094f ^{0,5}	f/30	6
1.500 - 15.000	137	0,364	50	6
15.000 – 150.000	137	0,364	50	616.000/f ^{1,2}
150.000 – 300.000	0,354f ^{0,5}	9,4x10 ⁻⁴ f ^{0,5}	3,33x10 ⁻⁵ f	616.000/f ^{1,2}

* Límite de densidad de potencia es aplicable a frecuencias superiores a 100 MHz. La Densidad de Potencia de 10 W/m² es equivalente a 1 mW/cm².

Con respecto a la Tabla 4.30, es importante diferenciar lo siguiente:

- **Límites ocupacionales / controlados:** Se aplican en situaciones en las cuales las personas son expuestas como consecuencia de su empleo, por lo que se espera conozcan a cabalidad los riesgos potenciales a los que se exponen y, por lo tanto, pueden ejercer un control sobre sus exposiciones. También se aplican en situaciones donde un trabajador transita cerca de un lugar donde se han aplicado límites de exposición ocupacional y se encuentra en conocimiento del riesgo potencial que presenta dicha área.
- **Límites para la población general / no-controlados:** Se aplican ante eventos en que el público general puede ser expuesto o bien quedar expuesto a consecuencia de su empleo, pero no tiene conocimiento de los riesgos de exposiciones potenciales y no pueden ejercer control sobre sus exposiciones.

7.3.3.- Región microondas (MO)

El criterio de evaluación se especifica en el Decreto Supremo N° 594, cuyos límites máximos de exposición permitidos dependen del tiempo de exposición de acuerdo a los valores que se señalan, en donde para una jornada de 8 horas y una exposición continua, el límite permisible máximo será de 10 mW/cm², mientras que para exposiciones a densidades de potencia superiores a 10 mW/cm² el tiempo máximo permitido de exposición por cada hora de trabajo será el que se indica en la tabla siguiente:

Densidad de Potencia [mW/cm ²]	Tiempo máximo de exposición por hora de trabajo [minutos]
11	50
12	42
13	36
14	31
15	27
17	21
19	17
21	14
23	12
25	10

Estos tiempos máximos de exposición indicados no son acumulables en la jornada de trabajo. En ningún caso se permitirán exposiciones a densidades de potencia superiores a 25 mW/cm².

7.3.4.- Región ultravioleta (UV)

El criterio de evaluación se especifica en el Decreto Supremo N° 594, donde se establece que el límite permisible máximo para exposición ocupacional a radiaciones ultravioleta dependerá de la región del espectro según las siguientes tablas:

Tiempo de Exposición	Densidad de Energía o de Potencia
TE < 1.000 segundos (16,6 minutos)	1 J/cm ² *
TE < 1.000 segundos (16,6 minutos)	1 mW/cm ² **

* Densidad de Energía): J/cm² = Joule / cm²

** Densidad de Potencia: mW/cm²

*** En el Decreto Supremo N° 594, se aproximó a 16 minutos.

Tabla 4.34 Tiempo máximo de exposición permitido para piel y ojos (Longitud de onda de 200 nm a 315 nm)	
Tiempo de Exposición	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)*
8 horas	0,1
4 horas	0,2
2 horas	0,4
1 hora	0,8
30 minutos	1,7
15 minutos	3,3
10 minutos	5,0
5 minutos	10
1 minuto	50
30 segundos	100
10 segundos	300
1 segundos	3000
0,5 segundos	6000
0,1 segundo	30.000

* ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) = microWatt / cm^2 .

Se debe señalar que nuestra legislación en esta materia está basada en las recomendaciones de TLVs y BEIs de la ACGIH publicada hace varios años, no existiendo en tal época una tecnología apropiada para medir eficaz y eficientemente la Irradiancia Efectiva (Densidad de Potencia), magnitud radiométrica esencial para determinar los tiempos máximos de exposición a la piel y ojos descubiertos. Hoy en día es posible medirla en forma precisa con detectores desarrollados para estos efectos, de tal manera que, para determinar los tiempos máximos de exposición, se hace uso de la expresión señalada por ACGIH (2009), la que indica que el Tiempo de Exposición (t_{max}), expresado en segundos, para alcanzar el límite (TLV) de la radiación UV incidente a piel y ojos descubiertos, puede calcularse dividiendo $0,003 \text{ (J}/\text{cm}^2)$ por la irradiancia efectiva (o Densidad de Potencia) en (W/cm^2) como se indica a continuación:

$$t_{\text{max}} = 0,003 \text{ (J}/\text{cm}^2) / E_{\text{ff}} \text{ (W}/\text{cm}^2)$$

Donde:

t_{max} = Tiempo de exposición máximo (segundos).

E_{ff} = Irradiancia efectiva (o Densidad de Potencia) relativa a una fuente monocromática a 270 nm en W/cm^2 .

- **Criterio aplicable para la exposición a radiación UV solar:**

Históricamente, la exposición ocupacional a radiación ultravioleta ha sido enfocada en relación con el trabajador y fuentes de origen artificial, tales como arcos de descarga eléctricos (soldaduras), lámparas de acción germicida, fotocurado en talleres de impresión gráfica, etc. Sin embargo, actividades laborales que se desarrollan en ambientes exteriores en la actualidad, han demostrado la necesidad de focalizar también la atención en la exposición ocupacional a fuentes naturales de radiación UV, específicamente en la componente UV Solar, debido al pronunciado incremento de cáncer de piel detectado a nivel mundial y reconocido por la OMS.

Si bien los límites establecidos para la exposición ocupacional a radiación UV provenientes de fuentes artificiales, tales como los de la ACGIH basados en la limitación del tiempo de exposición en función de la Densidad de Potencia, también se pueden aplicar a la exposición UV Solar (fuente de origen natural), creándose un Índice UV Solar Mundial¹⁹ que representa de manera más específica la intensidad de radiación UV Solar en la superficie terrestre y su capacidad de producir efectos eritematógenos sobre la piel humana. Esta variable es monitoreada en tiempo real a través de redes nacionales de observación y vigilancia a nivel regional, de manera de entregar oportunamente las medidas de protección pertinentes. En nuestro país corresponde a la Dirección Nacional de Meteorología.²⁰

7.3.5.- Radiación láser

Aunque la radiación láser posee todas las características de las radiaciones de tipo electromagnéticas, presenta una gran particularidad diferenciadora: no genera campos, debido a la naturaleza coherente del agente, es decir, en presencia de radiación láser sólo se tiene un haz de radiación "concentrado" en un punto del espacio, que podrá ser visible o no dependiendo de la región del espectro en la que se encuentre emitiendo; por lo tanto, un trabajador nunca quedará expuesto a cuerpo completo. Por esta razón, su tratamiento como agente de riesgo físico, está más asociado a la Seguridad que a la Higiene. Esta particularidad tiene incidencia en la aplicación de los límites de exposición, los cuales corresponden a la etapa del control de ingeniería que se introduce en el diseño de equipos y dispositivos láser: una vez confeccionado, el usuario no puede modificar las características de emisión del haz. Por ello, la normativa existente utiliza un sistema de clasificación de riesgos que agrupa los productos láser en cuatro amplias categorías, según la potencia o energía de salida del láser y su capacidad para producir daño. Después se aplican medidas de seguridad acordes con la clasificación de riesgo (Cleuet y Mayer 1980; Duchene, Lakey y Repacholi 1991).

¹⁹ El Índice UV solar fue desarrollado conjuntamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización Meteorológica Mundial (OMM), además de otras como ICNIRP, BfS y publicado en 1995.

²⁰ http://www.meteochile.cl/radiacion_uv.html

a) Clasificación de los riesgos de los láser: En general, el esquema de tipo de riesgo se basa en la agrupación en cuatro grandes categorías (de 1 a 4), prescribiendo medidas de seguridad para cada clase de láser. Los de clase 1 no pueden emitir radiación láser potencialmente peligrosa y no suponen riesgo para la salud. Las clases 2 a 4 entrañan un riesgo creciente para los ojos y la piel por lo que requieren medidas de seguridad más estrictas:

- **Clase 1:** Considera un grupo sin riesgo para la vista, ya que la mayoría de los láser están totalmente confinados (por ejemplo, los registradores láser de discos compactos) no requiriendo ninguna medida de seguridad.

- **Clase 2:** Corresponde a los láser visibles que emiten una potencia muy baja, la cual no sería peligrosa ni siquiera aunque el haz penetrase en el ojo humano con toda su potencia y se enfocase sobre la retina. Esto debido a que la respuesta de aversión natural del ojo a la contemplación de fuentes de luz muy brillante, lo protege contra lesiones de retina si la energía que entra en él es insuficiente para dañar la retina dentro de ese tiempo. Dicha respuesta consiste en el reflejo de parpadeo (de 0,16 a 0,18 segundos aproximadamente), la rotación del ojo y el movimiento de la cabeza cuando se produce la exposición a esa luz tan brillante. Las normas de seguridad actuales definen de modo conservador una duración de la respuesta de aversión de 0,25 segundos. Por lo tanto, los de esta clase tienen una potencia de salida igual o inferior a 1 miliwatt (mW), que corresponde al límite de exposición admisible para 0,25 segundos. Son ejemplos los punteros láser y algunos láser de alineación. Algunas normas de seguridad contemplan también una subcategoría de la clase 2:

- **Clase 2A:** La contemplación de éstos no es peligrosa durante un tiempo máximo de 1.000 s (16,7 minutos). La mayoría de los lectores láser utilizados en puntos de venta (cajas de supermercados) y de los lectores de inventario son de este grupo.

• **Clase 3:** Presentan un riesgo para la vista, dado que la respuesta de aversión no es lo bastante rápida para limitar la exposición de la retina a un nivel momentáneamente seguro y también pueden producirse daños en otras estructuras del ojo (por ejemplo, la córnea y el cristalino). Normalmente la exposición accidental no entraña riesgos para la piel. La clase 3 se subdivide en categorías especiales, denominadas:

- **Clase 3A:** Tienen una potencia de salida comprendida entre una y cinco veces los límites de emisión accesible para la clase 1 o la clase 2, pero con una irradiancia de salida no superior al límite de exposición profesional correspondiente a la clase inferior. Son ejemplos numerosos instrumentos láser de alineación y topografía.

- **Clase 3B:** El resto de los láser de clase 3. Son ejemplos de clase 3 numerosos láser de investigación y telémetros láser militares. a la clase inferior. Son ejemplos numerosos instrumentos láser de alineación y topografía.

• **Clase 4:** Estos láser pueden entrañar riesgo de incendio, riesgo considerable para la piel o riesgo de reflexión difusa. Casi todos los láser quirúrgicos y los de procesamiento de materiales utilizados para soldadura y corte son de clase 4, si no están confinados. Todos los que tienen una potencia de salida media superior a 0,5 W son de clase 4. Si un láser de alta potencia de clase 3 o clase 4 está totalmente confinado, de manera que la energía radiante peligrosa no sea accesible, el sistema láser total podría ser de clase 1. El más peligroso, situado dentro de una carcasa, se denomina láser "interno" o "encapsulado".

b) Límites de exposición ocupacional: En nuestro país, los límites permisibles para láser se encuentran en el Decreto Supremo N° 594, establecidos en términos de Densidades de Potencia (mW/cm^2) o Densidades de Energía (mJ/cm^2), directa o reflejada para piel y para ojos, separada por regiones del espectro y por rango de longitudes de onda.

Tabla 4.35 Límites permisibles para exposiciones oculares directas por haz láser (Observación del interior del haz)

Región del Espectro	Longitud de Onda (nm)	Tiempo de Exposición (t) (segundos)	Límite Permissible
UVC	180 a 280	10^{-9} a 3×10^4	3 mJ/cm ²
UVB*	280 a 302	10^{-9} a 3×10^4	3 mJ/cm ²
	303	10^{-9} a 3×10^4	4 mJ/cm ²
	304	10^{-9} a 3×10^4	6 mJ/cm ²
	305	10^{-9} a 3×10^4	10 mJ/cm ²
	306	10^{-9} a 3×10^4	16 mJ/cm ²
	307	10^{-9} a 3×10^4	25 mJ/cm ²
	308	10^{-9} a 3×10^4	40 mJ/cm ²
	309	10^{-9} a 3×10^4	63 mJ/cm ²
	310	10^{-9} a 3×10^4	100 mJ/cm ²
	311	10^{-9} a 3×10^4	160 mJ/cm ²
	312	10^{-9} a 3×10^4	250 mJ/cm ²
	313	10^{-9} a 3×10^4	400 mJ/cm ²
314	10^{-9} a 3×10^4	630 mJ/cm ²	
UVA	315 a 400	10^{-9} a 10	$0,56 t^{1/4}$ J/cm ²
	315 a 400	10 a 10^3	1,0 J/cm ²
	315 a 400	10^3 a 3×10^4	1,0 mW/cm ²
Luz Visible	400 a 700	10^9 a $1,8 \times 10^{-5}$	5×10^{-7} J/cm ²
	400 a 700	$1,8 \times 10^{-5}$ a 10	$1,8 (t/t^{1/4})$ mJ/cm ²
	400 a 549	10 a 10^4	10 mJ/cm ²
	550 a 700	10 a T_1	$1,8 (t/t^{1/4})$ mJ/cm ²
	550 a 700	T_1 a 10^4	$10 C_B$ mJ/cm ²
	400 a 700	10^4 a 3×10^4	$C_B \mu W/cm^2$
IR - A	700 a 1.049	10^{-9} a $1,8 \times 10^{-5}$	$5C_A \times 10^{-7}$ J/cm ²
	700 a 1.049	$1,8 \times 10^{-5}$ a 10^3	$1,8C_A(t/t^{1/4})$ mJ/cm ²
	1.050 a 1.400	10^{-9} a 10^{-4}	5×10^{-6} J/cm ²
	1.050 a 1.400	10^{-4} a 10^3	$9 (t/t^{1/4})$ mJ/cm ²
	700 a 1.400	10^3 a 3×10^4	$320 C_A \mu W/cm^2$
IR - B y C	1,4 μm a $10^3 \mu m$	10^{-9} a 10^{-7}	10^{-2} J/cm ²
	1,4 μm a $10^3 \mu m$	10^{-7} a 10	$0,56 t^{1/4}$ J/cm ²
	1,4 μm a $10^3 \mu m$	10 a 3×10^4	0,1 W/cm ²

UVB* El Límite Permissible no deberá exceder de $0,56 t^{1/4}$ J/cm² para $t \leq 10$

Donde:

- $C_A = 10^{[0,002(\lambda - 700)]}$ para $\lambda = 700 - 1049$ nm
- $C_A = 5$ para $\lambda = 1.050 - 1.400$ nm
- $C_B = 1$ para $\lambda = 400 - 549$ nm
- $C_B = 10^{[0,015(\lambda - 550)]}$ para $\lambda = 550 - 700$ nm
- $T_1 = 10$ seg. para $\lambda = 400 - 549$ nm
- $T_1 = 10 \times 10^{[0,02(\lambda - 550)]}$ para $\lambda = 550 - 700$ nm
- C_A y $C_B =$ Factores de Corrección

Región del Espectro	Longitud de Onda (nm)	Tiempo de Exposición (segundos)	Límite Permissible
UV	180 a 400	10^{-9} a 3×10^4	Igual que en Tabla 4.35
Luz Visible y IR-A	400 a 1400	10^{-9} a 10^{-7}	$2C_A \times 10^{-2} \text{ J/cm}^2$
	400 a 1400	10^{-7} a 10	$1,1 C_A t^{1/4} \text{ J/cm}^2$
	400 a 1400	10 a 3×10^4	$0,2 C_A \text{ W/cm}^2$
IR - B y C	$1,4 \mu\text{m}$ a $10^3 \mu\text{m}$	10^{-9} a 3×10^4	Igual que en Tabla 4.35

$C_A = 1$ para $\lambda = 400 - 700 \text{ nm}$
 $C_A = 10 [0,002 (\lambda - 700)]$ para $\lambda = 700 - 1049 \text{ nm}$
 $C_A = 5$ para $\lambda = 1050 - 1400 \text{ nm}$

7.4.- Evaluación de la Exposición a Radiaciones No-Ionizantes

7.4.1.- Región de extrema baja frecuencia (ELF)

a) Información necesaria:

- **Identificación y caracterización de fuentes emisoras:** Se deberá conocer y registrar la frecuencia de operación y los parámetros eléctricos de funcionamiento como voltaje, corriente, potencia y su ciclo de trabajo, pudiendo presentarse ocasiones donde algunos equipos tengan soporte de energía a través de baterías (en casos de emergencia, por ejemplo), en cuyo caso los campos eléctricos y magnéticos dejan de ser variables en el tiempo para convertirse en campos estáticos.

- **Puestos de trabajo asociados:** Los puestos de trabajo asociados a campos electromagnéticos de extrema baja frecuencia suelen vincularse principalmente al sector de generación y distribución eléctrica (50/60 Hz), aunque en estricto rigor la cobertura total se amplía al considerar toda actividad laboral relacionada con artículos, maquinarias y equipos que utilicen motores eléctricos. Es más relevante cuanto más potencia y tiempo de exposición represente la tarea que deba efectuar el trabajador, según sea el caso, los cuales deberán determinarse. Algunos ejemplos de puestos de trabajo en esta categoría podrían ser: Ingenieros y técnicos eléctricos, soldadores, operadores de subestaciones, linieros, operadores de cualquier rubro de maquinaria que cuente con motores eléctricos, operadores de hornos de inducción, trabajadores de la industria electroquímica, etc. Deben registrarse las tareas en relación con las fuentes en uso, relacionando las emisiones con las tareas y medios que posea para su control. Pueden también existir trabajadores no-ocupacionalmente expuestos.

b) Metodología e instrumentación: Esta región del espectro se caracteriza porque los campos eléctricos y magnéticos no se encuentran tan acoplados o interrelacionados de la misma forma como lo están a frecuencias superiores, por lo tanto, para su evaluación se debe medir independientemente el campo magnético

y el campo eléctrico. No obstante, considerando que el actual estado del arte del conocimiento científico ha ido mostrando que los mayores efectos sobre los mecanismos biológicos se atribuyen mayoritariamente al campo magnético, la evaluación de la exposición se orienta a la determinación del campo magnético.

Considerando que a la fecha todavía no existe certeza acerca de qué aspectos de los campos son los relevantes para generar efectos biológicos, como podrían ser los valores peak, la intensidad promedio de los campos o el tiempo de permanencia cerca de una fuente generadora a un nivel de radiación determinado, se utilizan diversos métodos para evaluar la exposición. Uno de ellos contempla el uso de medidores de exposición personal, aunque otro método es a través de medidores portátiles de campo magnético que miden la intensidad del campo en un lugar y tiempo determinado. En este caso, como las mediciones son puntuales, debe plantearse un plan de mediciones que tenga la mayor representatividad de la exposición del puesto de trabajo, particularmente cuando las variaciones de los campos y/o de las tareas presenten mucha fluctuación. La imagen siguiente muestra un instrumento de medición de campo magnético:



Imagen 4.25 Instrumento de medición de campo magnético con sonda isotrópica de 100 cm²

c) Evaluación de la exposición: Las líneas de transmisión de alta tensión y las subestaciones producen los campos eléctricos más intensos a que pueden estar expuestos los trabajadores en forma habitual. Los factores más importantes a tener en cuenta, en relación con la máxima intensidad de campo eléctrico a nivel del suelo, son principalmente la altura de los conductores, la configuración geométrica, la distancia lateral a la línea de transmisión y el voltaje de ésta.

Se ha comprobado que a distancias laterales del doble de la altura de la línea, la intensidad del campo eléctrico disminuye con la distancia aproximadamente de forma lineal. En el interior de los edificios próximos a líneas de transmisión de alta tensión (AT), las intensidades de los campos eléctricos suelen ser inferiores al campo no perturbado en un factor de aproximadamente 100.000, dependiendo de la configuración del edificio y de los materiales de su estructura. Por lo general, las intensidades de los campos magnéticos producidos por las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica son relativamente bajos en comparación con las aplicaciones industriales en las que intervienen corrientes de alta intensidad.

Los empleados de compañías de suministro eléctrico que trabajan en subestaciones o en el mantenimiento de líneas de transmisión activas constituyen un grupo especial más expuesto a campos intensos (de 5 mT, incluso más en algunos casos). En ausencia de materiales ferromagnéticos, las líneas del campo magnético forman círculos concéntricos alrededor del conductor. Aparte de la geometría del conductor de energía eléctrica, lo único que determina la densidad del flujo magnético es la magnitud de la corriente. La dirección del campo magnético debajo de las líneas de transmisión de AT es principalmente transversal al eje longitudinal de la línea. La máxima densidad de flujo a nivel del suelo puede estar debajo del centro de la línea o de los conductores exteriores, dependiendo de la relación de fase entre conductores. La densidad de flujo magnético alcanza normalmente valores de hasta 0,05 mT en los lugares de trabajo situados cerca de líneas aéreas, en subestaciones y en centrales eléctricas que trabajan a frecuencias de 16 2/3, 50 ó 60 Hz.

La exposición laboral a campos magnéticos en procesos industriales se produce principalmente por trabajar cerca de equipos industriales que utilizan corrientes elevadas. Entre tales dispositivos se incluyen los que se emplean en soldadura, calentamiento (hornos, calentadores de inducción) y agitación. Estudios sobre calentadores de inducción utilizados en la industria, llevados a cabo en Canadá, Polonia, Australia y Suecia, indican que las densidades de flujo magnético en los puestos de trabajo de los operarios varían entre 0,7 T y 6 mT dependiendo de la frecuencia utilizada y de la distancia a la máquina.

En un estudio de campos magnéticos producidos por equipos eléctricos industriales de producción de acero y de soldadura, se descubrió que las máquinas de soldadura por puntos (50 Hz, 15 a 106 kA) y los hornos de colada (50 Hz, 13 a 15 kA) producían campos de hasta 10 mT a distancia de hasta 1 m. En Australia se comprobó que una planta de calentamiento por inducción que funcionaba a frecuencias comprendidas entre 50 Hz y 10 kHz producía campos de máxima intensidad de hasta 2,5 mT (hornos de inducción de 50 Hz) en posiciones que podían ocupar los operadores. Además, los campos máximos alrededor de los calentadores de inducción que funcionaban a otras frecuencias eran de 130 T a 1,8 kHz, 25 T a 2,8 kHz y superiores a 130 T a 9,8 kHz.

Como las bobinas que generan los campos magnéticos suelen ser de pequeñas dimensiones, rara vez se produce exposición de todo el cuerpo, más bien suele ser local y afecta principalmente a las manos, pudiendo la densidad de flujo magnético alcanzar valores de hasta 25 mT. Sin embargo, en la mayoría de los casos la densidad de flujo es inferior a 1 mT. Los trabajadores de la industria electroquímica pueden estar expuestos a altas intensidades de campo eléctrico y magnético, producidas por hornos eléctricos y otros dispositivos que utilizan altas corrientes, pudiendo a veces medirse densidades de flujo magnético de hasta 50 mT, aunque la intensidad del campo eléctrico en las proximidades del calentador de inducción suele ser baja.

Como se señaló, el plan de mediciones debe ser coherente con la información necesaria planteada y las tareas que se asocian con la exposición y tiempos respectivos, de modo que aseguren su consistencia y representatividad en términos de que producto de su ponderación se obtenga objetivamente la exposición en una jornada normal promedio que permita su comparación con el límite máximo permisible respectivo y el nivel de riesgo asociado.

7.4.2.- Región radiofrecuencias (RF)

a) Información necesaria

• **Identificación y características de fuentes emisoras:** A continuación se señalan las principales fuentes existentes en la práctica y características de su funcionamiento y emisión:

- **Hornos de inducción:** Aplicando un campo magnético alterno intenso se puede calentar un material conductor por medio de las corrientes parásitas inducidas, utilizándose para realizar procesos de forja, recocido y soldadura fuerte y blanda. Las frecuencias de trabajo varían entre una amplia gama, desde 50 Hz hasta órdenes de los MHz. Puesto que las bobinas que producen los campos magnéticos suelen ser de pequeñas dimensiones, el riesgo de alto nivel de exposición de todo el cuerpo es pequeño, aunque el nivel de exposición de las manos puede ser elevado.

- **Sellado por calentamiento dieléctrico:** En la industria se utiliza energía de radiofrecuencia de 3 a 50 MHz (principalmente a frecuencias de 13,56, 27,12 y 40,68 MHz) para diversos procesos de calentamiento, como sellado y estampado de plásticos, secado de colas y pegamentos, tratamiento de tejidos y fibras textiles, carpintería y la fabricación de productos tan diversos como lonas, piscinas, forros de camas de agua, calzado, etc. Se ha encontrado que en muchos casos los campos de fuga eléctricos y magnéticos suelen ser muy intensos cerca de estos dispositivos de RF, pudiendo ser extensivos y provocar la exposición de todo el cuerpo de los trabajadores. En muchos dispositivos, los niveles de exposición a campos eléctricos y magnéticos sobrepasan todas las guías de seguridad existentes en esta materia, debiéndose controlar los campos de fuga que presentan.

- Sector telecomunicaciones: Los trabajadores de los rubros de la comunicación y el radar sólo están expuestos en la mayoría de las situaciones a campos de baja intensidad. No obstante, la exposición de los trabajadores que tienen que subir a torres de FM/TV puede llegar a ser significativa, por lo que se requieren precauciones de seguridad. La exposición también puede ser considerable cerca de gabinetes con equipos de transmisión que tienen los enclavamientos anulados y las puertas abiertas.

- Sector de la medicina: Con el advenimiento de la Resonancia Magnética Nuclear (RNM), junto con la presencia de campos magnéticos estáticos, se encuentra presente energía de RF, aunque normalmente es de baja intensidad y el campo casi siempre está totalmente confinado en la cámara de alojamiento del paciente, por lo que los niveles de exposición para los trabajadores suelen ser bajos. Además de su identificación, uso o destino, ubicación física y proyección de transmisión o recepción (aislación, segregación, blindajes, etc.), se debe registrar su frecuencia de operación, reconociendo y registrando los parámetros eléctricos de funcionamiento del equipo o fuente emisora y potencia. Además, identificar, dentro de su función específica, si es transmisor, receptor o ambos y forma de onda.

- **Puestos de trabajo asociados:** Todos aquellos relacionados con fuentes como las señaladas para los procesos o los sectores, sean trabajadores de hornos de inducción (mecánicos, eléctricos, operadores, técnicos), de la industria del plástico, madera, telecomunicaciones o de la medicina. Se deben registrar las tareas en relación con las fuentes en uso, relacionando las emisiones con ellas y medios de control existentes. Asimismo, pueden encontrarse trabajadores no-ocupacionalmente expuestos.

b) Metodología e instrumentación: Esta región del espectro se caracteriza porque los campos eléctricos y magnéticos se encuentran muy interrelacionados, por lo tanto, su evaluación integra ambos campos, siendo representado su efecto por el parámetro Densidad de Potencia (Irradiancia). Es muy importante cerciorarse de que el instrumento que se utilice en las mediciones cubra el rango de frecuencias de operación del equipo o fuente a medir, en particular por el hecho que normalmente la instrumentación utilizada consiste de un aparato medidor (Survey Meter) con antenas isotrópicas (sondas individuales) para medir campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia en distintos rangos. Debe plantearse un plan de mediciones que tenga la mayor representatividad posible de la exposición en el puesto de trabajo, particularmente cuando la variación de los campos y/o de las tareas presentan muchas fluctuaciones. La imagen siguiente muestra un instrumento de medición de radiofrecuencias:



Imagen 4.26 Equipo medidor de radiofrecuencias y sus accesorios. Narda y antenas isotrópicas (sondas B, H)

c) Evaluación de la exposición: Ante la falta de evidencia concluyente sobre los efectos para la salud que pueden producir las radiaciones electromagnéticas en el rango de las radiofrecuencias, situación que se refleja en la diferencia de estándares internacionales, la aplicación de ellos se basa en el “Principio de Limitación Prudente” que aconseja mantener la exposición tan baja como sea razonablemente posible. Como medida general, se debe evitar que los trabajadores y el público sean sometidos a niveles de radiación superiores a los límites tomados como base, sea cual sea la referencia a utilizar, en términos de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia para el rango de frecuencias de la(s) fuente(s) que origina(n) la exposición.

Como se señaló en el punto de metodología, el plan de mediciones debe ser coherente con la información necesaria planteada y las tareas que se asocian con la exposición y tiempos respectivos, de modo que aseguren su consistencia en términos de que producto de las ponderaciones respectivas se obtenga objetivamente la exposición en una jornada normal promedio, que permita su comparación con el límite máximo permisible respectivo y el nivel de riesgo asociado.

7.4.3.- Región microondas (MO)

a) Información necesaria

- **Identificación y caracterización de fuentes emisoras:** En telecomunicaciones, las microondas son usadas en radiodifusión, ya que éstas pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras longitudes de onda mayores. También hay más ancho de banda en el espectro de microondas que en el resto del espectro de radio. Usualmente, las microondas son usadas en programas de TV en vivo para transmitir una señal desde una localización remota a una estación de televisión mediante una camioneta especialmente equipada. Protocolos inalámbricos

LAN, tales como Bluetooth y las especificaciones de Wi-Fi, IEEE 802.11g y b también usan microondas en la banda ISM en el rango de los 5 GHz. Algunas redes de telefonía celular usan bajas frecuencias de microondas, mientras que la televisión por cable y el acceso a Internet vía cable coaxial usan algunas de las más bajas. Esta tecnología también es utilizada por los radares para detectar el rango, velocidad y otras características de objetos remotos. Por tanto, se deben registrar las fuentes en uso con sus características de frecuencia y parámetros electrónicos de funcionamiento.

- **Puestos de trabajo asociados:** En el área de microondas los puestos de trabajo asociados al riesgo de exposición se relacionan con tareas de calibración, mantención, instalación y servicio de sistemas de comunicaciones, labor frecuentemente abordada por ingenieros electrónicos y personal técnico y trabajadores del área electrónica. Se deben registrar las tareas en relación con las fuentes en uso, relacionando las emisiones con las tareas y medios que posean para controlarlas. De igual modo, pueden también existir trabajadores no-ocupacionalmente expuestos.

b) Metodología e instrumentación: El intervalo correspondiente al espectro de las microondas presenta el mismo comportamiento que la región de RF, con la diferencia que la radiación electromagnética de las microondas porta mayor energía que el rango RF. En consecuencia, la información necesaria para evaluar este rango del espectro electromagnético es exactamente la misma, razón por la cual suelen tratarse de manera similar. La instrumentación utilizada es la misma, pero debe tenerse en cuenta que las sondas utilizadas cubran las frecuencias de operación de las fuentes emisoras. Debe plantearse un plan de mediciones que tenga la mayor representatividad posible de la exposición en el puesto de trabajo, derivada de la variación de las emisiones como de las tareas realizadas.

c) Evaluación de la exposición: Como se señaló en el punto de metodología, el plan de mediciones debe ser coherente con la información necesaria planteada y las tareas que se asocian con la exposición y tiempos respectivos, de modo que aseguren su consistencia en términos de que producto de las ponderaciones respectivas se obtenga objetivamente la exposición en una jornada normal promedio que permita su comparación con el límite máximo permisible respectivo y el nivel de riesgo asociado. Deberá otorgarse especial cuidado en caso que los niveles de densidad de potencia medidos sobrepasen de 10 mW/cm^2 , ya que se deberá restringir el tiempo de exposición por cada hora de trabajo, según se indica en la tabla de tiempo máximo de exposición permitido a microondas del Decreto Supremo N° 594, cuyo valor techo es 25 mW/cm^2 . Sobre este límite debe establecerse la total prohibición de exposición (Ver 7.3.3, Tabla 4.32).

7.4.4.- Región ultravioleta (UV)

a) Información necesaria

- **Identificación y caracterización de fuentes emisoras:** Las fuentes artificiales más recurrentes que actualmente se encuentran en las empresas son las siguientes:

- **Soldadura al arco:** Los niveles de radiación ultravioleta en torno al punto de soldadura y cercanía pueden llegar a ser muy altos y pueden producir lesiones oculares y cutáneas graves en breve tiempo si no se utiliza protección, ésta es deficiente o se encuentra en malas condiciones.

- **Lámparas de fotocurado:** El curado fotoquímico de tintas, pinturas y plásticos, requieren la utilización de lámparas que emiten una radiación intensa en la región UV. Aunque la probabilidad de exposición perjudicial debiera ser baja gracias al empleo de blindajes, en algunos casos puede producirse exposición accidental a través de fugas o fallas.

- **Lámparas de luz negra:** Son lámparas especializadas que emiten predominantemente en la región UV y que, por lo general, se utilizan para pruebas no destructivas con polvos fluorescentes, para la autenticación de billetes de banco y documentos y otras aplicaciones de índole comercial (publicidad, discotecas). No debieran representar mayor riesgo de exposición para los trabajadores, excepto en ciertos casos de piel fotosensible.

- **Tratamiento médico:** Las lámparas de radiación ultravioleta se utilizan en medicina para diversos fines diagnósticos y terapéuticos. Normalmente, las fuentes de radiación UV en la región A se utilizan en aplicaciones de diagnóstico, variando considerablemente los niveles de exposición del paciente según el tipo de tratamiento. Las lámparas UV empleadas en dermatología requieren una utilización cuidadosa por parte del personal.

- **Lámparas germicidas:** La radiación ultravioleta con longitudes de onda en el intervalo de 250–265 nm es la más eficaz para esterilización y desinfección, dado que corresponde a un nivel máximo en el espectro de absorción del ADN. Como fuente UV se utilizan con frecuencia tubos de descarga de mercurio de baja presión, ya que más del 90% de la energía radiada se emite en la línea de 254 nm. Estas fuentes suelen denominarse “lámparas germicidas”, “lámparas bactericidas” o simplemente “lámparas UVC”. Se utilizan en hospitales para combatir la infección por tuberculosis y también en el interior de cabinas microbiológicas de seguridad para inactivar los microorganismos del aire y de las superficies. Es esencial una instalación adecuada de las mismas y el uso de protección ocular.

- **Sol:** La fuente de Radiación UV (RUV) natural la constituye el Sol, por lo que la mayor exposición de origen profesional a la radiación ultravioleta solar la experimentan quienes trabajan al aire libre. Esta energía es atenuada por la capa de ozono de la Tierra, que limita la RUV terrestre a longitudes de onda superiores a 290-295 nm. La energía de los rayos de corta longitud de onda (UVB) de la luz solar, más peligrosos, depende considerablemente de su trayectoria oblicua en la atmósfera y varía con la estación del año, lugar, altura geométrica y hora del día.

• **Puestos de trabajo asociados:** Dependerá de su relación con los tipos de fuentes emisoras:

- **Fuentes artificiales:** soldadores, técnicos de impresión gráfica, analistas de documentos, técnicos en control de calidad de industrias de alimentos o de industrias farmacéuticas.

- **Fuente natural:** trabajadores cuya función se realiza al aire libre.

Se deben registrar las tareas en relación con las fuentes en uso, relacionando las emisiones con las tareas y medios que posea para su control. Puede encontrarse trabajadores no-ocupacionalmente expuestos.

b) Metodología e instrumentación: La Radiación UV para efectos de exposición ocupacional, se mide a través de la Densidad de Potencia (Irradiancia), utilizando para esto un radiómetro con detector de respuesta actínica (filtro ponderador de la acción actínica de la radiación UV sobre el organismo humano). Esto es importante, pues se debe tener en cuenta que existen radiómetros para medir y para evaluar distintos tipos de radiaciones UV, tales como la de fotocurado, de acción germicida, fototerapia, fotoresist, etc. Un instrumento de medición utilizado para evaluar radiación ultravioleta se muestra en la Imagen 4.27 . Debe plantearse un plan de mediciones que tenga la mayor representatividad posible de la exposición en el puesto de trabajo, derivada de la variación de las emisiones como de las tareas realizadas.



Imagen 4.27 Radiómetro IL1700 International Light con un conjunto de detectores para distintas aplicaciones

c) Evaluación de la exposición:

- Evaluación de fuentes artificiales:** Una vez determinados los niveles de irradiancia (densidad de potencia) asociados a los puestos de trabajo evaluados, se debe determinar el tiempo de exposición máximo al cual puede permanecer un trabajador a piel y ojos descubiertos a ese nivel, para no superar el límite establecido, y compararlo con la jornada laboral.
- Evaluación de fuentes naturales:** Si bien es cierto la evaluación de la irradiancia efectiva in-situ es posible medirla con un radiómetro apropiado, donde se desea medir exposición UV solar, los resultados obtenidos sólo serán una "fotografía" de un momento en el tiempo, condición que para efectos de toma de decisiones resulta irrelevante. Esto, al considerar que el agente varía continuamente en el tiempo y con la estación del año, sólo por mencionar un par de variables. Por lo tanto, el control del riesgo requiere un monitoreo continuo que permita observar en tiempo real las variaciones del agente, pudiendo entonces definir niveles de riesgo que una vez alcanzados, determinen niveles de acción para controlar el riesgo. La alternativa práctica más factible en nuestro país es consultar periódicamente el índice UV asociado a la Región más cercana que informa diariamente la red nacional de la Dirección Meteorológica de Chile en Internet. Como se señaló en el punto de metodología, el plan de mediciones debe ser representativo, para lo cual debe ser coherente con la información necesaria planteada y las tareas que se asocian con la exposición y tiempos respectivos, de modo que aseguren su consistencia en términos de que producto de las ponderaciones respectivas se obtenga objetivamente la exposición en una jornada normal promedio que permita su comparación con el límite máximo permisible respectivo y el nivel de riesgo asociado.

7.4.5. Radiación láser

A diferencia de lo que ocurre con las otras bandas del espectro electromagnético, para la vigilancia de niveles de radiación láser en los lugares de trabajo, no se suelen realizar mediciones. Dadas las dimensiones de los láser confinados y de la mayoría de los haces láser, la probabilidad de alterar sus trayectorias y la imposibilidad de realizar modificaciones, las normas actuales sobre seguridad ponderan las medidas de control basadas en la clase de riesgo y no en la medición en el lugar de trabajo (vigilancia). El fabricante debe realizar mediciones para asegurarse del cumplimiento de las normas de seguridad sobre láser y de la adecuada clasificación del riesgo. De hecho, una de las primeras justificaciones para la clasificación del riesgo de los rayos láser, fue la gran dificultad que entraña realizar mediciones apropiadas para la evaluación y control del riesgo. Esta clasificación está en constante actualización dada la evolución de la tecnología.

7.5. Evaluación del Riesgo por Exposición a Radiaciones No-Ionizantes y Trabajo Pesado

7.5.1. Evaluación del riesgo por exposición a campos electromagnéticos de extrema baja frecuencia y trabajo pesado

Entendiendo que a la fecha aún existe un debate científico internacional sobre la evidencia objetiva de los efectos de los campos electromagnéticos de extrema baja frecuencia, razón por la cual se observan diferencias normativas en sus límites de exposición, se considerará como trabajo pesado todo aquél que exceda cualquiera de los valores límites (TLV). Por lo tanto, la aplicación de este criterio de calificación, según la referencia normativa, corresponderá a lo siguiente:

- **Nivel 1:** El nivel de la exposición no implica un riesgo mayor en la persona de largo plazo.
- **Nivel 3:** Existe un importante nivel de exposición para el organismo, por lo que debería ser considerado como correspondiente a trabajo pesado. Corresponde a las exposiciones que sobrepasan los 8,3 kV/m (campo eléctrico) o los 4,2 Gauss (campo magnético), según la referencia de ICNRP; o bien, el campo eléctrico y/o el campo magnético sobrepasan los valores límites, según lo planteado por ACGIH.

Criterio normativo de ICNRP	Criterio normativo de ACGIH	Nivel
Campo Eléctrico $\leq 8,3$ kV/m	Campo Eléctrico \leq TLV (f)	1
Campo Magnético $\leq 4,2$ Gauss (4.200mG)	Campo Magnético \leq TLV (f)	
Campo Eléctrico $> 8,3$ kV/m	Campo Eléctrico $>$ TLV (f)	3
Campo Magnético $> 4,2$ Gauss (4.200mG)	Campo Magnético $>$ TLV (f)	

Donde:

TLV (f) = TLV para el rango de frecuencia correspondiente.

7.5.2.-Evaluación del riesgo por exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia y trabajo pesado

Como se planteó anteriormente, a la fecha aún existe un debate científico internacional sobre la evidencia objetiva de los efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia, por lo que se observan diferencias normativas en los límites de exposición. Por ende, se considerará como trabajo pesado todo aquél que exceda cualquiera de los valores límites (Campo Eléctrico, Campo Magnético, Densidad de Potencia). La aplicación de este criterio de calificación, según la referencia normativa, estará dada por los siguientes niveles de carga y/o riesgo:

- **Nivel 1:** El nivel de exposición no implica un riesgo mayor en la persona de largo plazo.
- **Nivel 3:** Existe una importante exposición para el organismo, por lo que debería ser considerado como correspondiente a trabajo pesado. Corresponde a las exposiciones que sobrepasan los límites planteados por la Federal Communications Comision, o bien, de la Radiation Protection Bureau of Health.

Tabla 4.38 Radiofrecuencia		
Criterio de Federal Communications Comision	Criterio de Radiation Protection Bureau of Health	Nivel
$E \leq E_i(f), 0,3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	$E \leq E_i(f), 0,003 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	1
$H \leq H_i(f), 0,3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	$H \leq H_i(f), 0,003 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	
$S \leq S_i(f), 0,3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	$S \leq S_i(f), 30 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	
$E > E_i(f), 0,3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	$E > E_i(f), 0,003 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	3
$H > H_i(f), 0,3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	$H > H_i(f), 0,003 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	
$S > S_i(f), 0,3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	$S > S_i(f), 30 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$	

Donde:
 Ei = Campo Eléctrico Límite
 Hi = Campo Magnético Límite
 Si = Densidad de Potencia Límite

7.5.3.- Evaluación del riesgo por exposición a microondas y trabajo pesado

Para determinar si un puesto de trabajo se puede clasificar o no como trabajo pesado, debido a la exposición a radiación por Microondas, se utilizará la tabla expuesta en el Decreto Supremo N° 594, donde la exposición se expresa en términos de Densidad de Potencia (S) en "miliWatt / centímetro cuadrado" (mW/cm²), estableciéndose tres categorías de carga y/o riesgo:

- **Nivel 1:** Existe un nivel de exposición controlado, cuya exposición corresponde a niveles de Densidad de Potencia inferiores a 11 mW/cm².
- **Nivel 2:** La exposición determinada corresponde a valores de exposición de niveles de Densidad de Potencia que se encuentran dentro del rango de 11 mW/cm² a 25 mW/cm², no sobrepasando los tiempos máximos de exposición (T_{maxE}) por hora de trabajo. En este nivel se debe implementar medidas de control para garantizar que no se excedan los tiempos máximos de exposición por hora de trabajo.
- **Nivel 3:** Existe una importante exposición para el organismo, por lo que debería ser considerado como trabajo pesado. Corresponde a exposiciones donde los valores del nivel de Densidad de Potencia están dentro del rango comprendido entre 11 mW/cm² y 25 mW/cm², pero sobrepasan los tiempos máximos de exposición por hora de trabajo, o bien, es una exposición que está por sobre 25 mW/cm².

Tabla 4.39 Microondas	
Condición	Nivel
$S \leq 11 \text{ mW/cm}^2$	1
$11 \text{ mW/cm}^2 < S < 25 \text{ mW/cm}^2$ y $T_{Exp} < T_{MaxE}$	2
$11 \text{ mW/cm}^2 < S < 25 \text{ mW/cm}^2$ y $T_{Exp} > T_{MaxE}$	3
O bien, $S \geq 25 \text{ mW/cm}^2$	

7.5.4.- Evaluación del riesgo por exposición a radiación ultravioleta y trabajo pesado

Para determinar si un puesto de trabajo se puede clasificar o no como trabajo pesado, debido a la exposición a radiación Ultravioleta, se utilizará lo contenido en el Decreto Supremo N° 594, para las longitudes de onda comprendidas entre 320 nm a 400 nm y entre 200 nm a 315 nm:

a) Longitud de onda comprendidas entre 320nm a 400nm: Se considerarán 2 niveles respecto al límite establecido en el punto 7.3.4, referente al lapso de tiempo de exposición menor de 16,6 minutos (en J/cm²) o bien superior a ese periodo (en mW/cm²):

- **Nivel 1:** El nivel de radiación no genera una mayor carga al individuo, entendiéndose que está por debajo del límite establecido como norma.
- **Nivel 3:** Se sobrepasa el nivel máximo de exposición, por lo que se considerará como trabajo pesado.

Tabla 4.40 Ultravioleta con longitud de onda comprendidas entre 320nm a 400nm		
Menor de 16,6 minutos (Densidad de Energía)	Mayor de 16,6 minutos (Densidad de Potencia)	Nivel
≤ 1 J/cm ²	≤ 1 mW/cm ²	1
> 1 J/cm ²	> 1 mW/cm ²	3

b) Longitud de onda comprendidas entre 200 nm a 315 nm: Se considerarán tres niveles de riesgo con un límite de acción del 50% del tiempo máximo de exposición dada una Densidad de Potencia determinada expresada en mW/cm²:

- **Nivel 1:** La carga es menor, por cuanto corresponde a aquellos casos en los cuales el tiempo de exposición (TExp) para una Densidad de Potencia dada no supera el 50% del tiempo máximo.
- **Nivel 2:** La carga es mayor, debido a que si bien el tiempo de exposición para una Densidad de Potencia dada es mayor que el 50% del tiempo máximo, no lo supera. En este nivel se debe implementar medidas de control para garantizar que no se excedan los tiempos máximos.
- **Nivel 3:** Existe una importante carga en el trabajador, ya que se sobrepasa el tiempo máximo (TMaxE) permitido para piel y ojos para cualquier Densidad de Potencia (E) especificada en el Decreto Supremo N° 594. Con esto, el trabajo se puede considerar como pesado.

Tabla 4.41 Ultravioleta con longitud de onda comprendidas entre 200nm a 315 nm (a densidad de potencia dada)	
Tiempo de Exposición	Nivel
TExp ≤ 50% TMaxE	1
50% TMaxE < TExp ≤ TMaxE	2
TExp > TMaxE	3

7.6.- Referencias Bibliográficas

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Chile.

Región de Extrema Baja Frecuencia (ELF)

Dietrich FM, Jacobs WL. 1999. Survey and Assessment of Electric and Magnetic (EMF) Public Exposure in the Transportation Environment. Report of the U. S. Department of Transportation. NTIS Document PB99-130908. Arlington, VA: National Technical Information Service.

Federal Communications Commission. 1999. USA. OET-Bulletin 56, Fourth Edition, August.

Kaune WT. 1993. Assessing human exposure to power-frequency electric and magnetic fields. *Environmental Health Perspectives* 101:121-133.

Kaune WT, Zaffanella L. 1994. Assessing historical exposure of children to power frequency magnetic fields. *Journal of Exposure Analysis Environmental Epidemiology* 4:149-170.

Tarone RE, Kaune WT. 1998. Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Boice JD & Wacholder S. Residential wire codes: Reproducibility and relation with measured magnetic fields. *Occupational and Environmental Medicine* 55:333-339.

U.S. Environmental Protection Agency. 1992. EMF in your environment: magnetic field measurements of everyday electrical devices. Washington, DC: Office of Radiation and Indoor Air, Radiation Studies Division, U.S. Environmental Protection Agency, Report No. 402-R-92-008.

Zaffanella L. 1993. Survey of residential magnetic field sources. Volume 1: Goals, Results and Conclusions. EPRI Report No. TR-102759. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute. 1-224.

Región de Radiofrecuencias y Microondas (RF/MO)

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 1991. RF/MW, Sub-Resonant E & IEEE-C95.1 Safety levels with respect to human exposure to radio-frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE, Piscataway, NJ.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNRP). Single Standard 1 Hz to 300 GHz.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNRP). 1998. Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics*, 74(4): 494-522.

National Council on Radiation Protection and Measurements. 1986. Biological effects and exposure criteria for radio frequency electromagnetic fields. Bethesda, MD, Report 86. 1-382.

National Radiological Protection Board (NRPB). 1993. Board statement on restriction on human exposure to static and time-varying electromagnetic fields and radiation. Documents of NRPB. 4(5).

US Federal Communications Commission. 1996. Guidelines for Evaluation the environmental effects of radiofrequency radiation. FCC 96-326.

Radiation Protection Bureau of Health (RPBH) - Canada. 1999. Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz. Safety Code N° 6. Disponible en Internet: <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/H46-2-99-237E.pdf>

Región Ultravioleta (UV)

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNRP). 2004. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation).

National Radiological Protection Board (NRPB). 1995. Health Effects of Ultraviolet Radiation.

World Health Organization (WHO). 1994. Environmental Health Criteria N°160 Ultraviolet Radiation.

Región Láser

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2009. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.

ANSI. 1997. Z136.2-1997, Safe Use of Optical Fiber Communication Systems Utilizing Laser Diode and LED Sources.

ANSI. 2000. Z136.5-2000, Safe Use of Lasers in Educational Institutions.

ANSI. 2005. Z136.3-2005, Safe Use of Lasers in Health Care Facilities.

ANSI. 2005. Z136.4-2005, Recommended Practice for Laser Safety Measurements For Hazard Evaluation.

ANSI. 2005. Z136.6-2005, Safe Use of Lasers Outdoors.

ANSI. 2007. Z136.1-2007, Safe Use of Lasers.

Cleuet A, Mayer A. 1980. Risques liés à l'utilisation industrielle des lasers. In Institut National de Recherche et de Sécurité, Cahiers de Notes Documentaires, No. 99 Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité.

Duchene A, Lakey J y Repacholi M. 1991. IRPA Guidelines On Protection Against Non-Ionizing Radiation. New York: Pergamon.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). 2000. Revision of guidelines on limits of exposure to Laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4 mm.

CAPÍTULO 8: EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES

8.1.- Definiciones y Conceptos

Se define una radiación como ionizante cuando, al interactuar con la materia, produce su ionización, es decir, origina partículas con carga eléctrica (iones). El origen de estas radiaciones es siempre atómico, produciéndose tanto en el núcleo del átomo como en los orbitales. Por otra parte, puede ser de naturaleza corpuscular (partículas subatómicas) o electromagnética (rayos X, rayos gamma).

Las radiaciones ionizantes de naturaleza electromagnética son similares en naturaleza física a cualquier otra radiación electromagnética, pero con una energía muy elevada (altas frecuencias, bajas longitudes de onda) capaz de ionizar los átomos. Las radiaciones corpusculares están constituidas por partículas subatómicas que se mueven a velocidades próximas a la de la luz.

8.1.1.- Tipos de radiación

Existen varios tipos de radiaciones emitidas por los átomos, siendo las más frecuentes: la desintegración alfa (α), la desintegración beta (β), la emisión gamma (γ) y la emisión de rayos X y neutrones. Las características de cada radiación varían de un tipo a otro, siendo importante considerar su capacidad de ionización y su capacidad de penetración, que en gran parte son consecuencia de su naturaleza. En la Imagen 4.28 se representan esquemáticamente estas radiaciones, donde se puede observar que existe una relación inversa entre el poder de ionización y el poder de penetración. Las partículas alfa son altamente ionizantes y tienen poco poder de penetración; por el contrario la radiación gama y los rayos X tienen un gran poder de penetración y tienen menor capacidad de ionización.

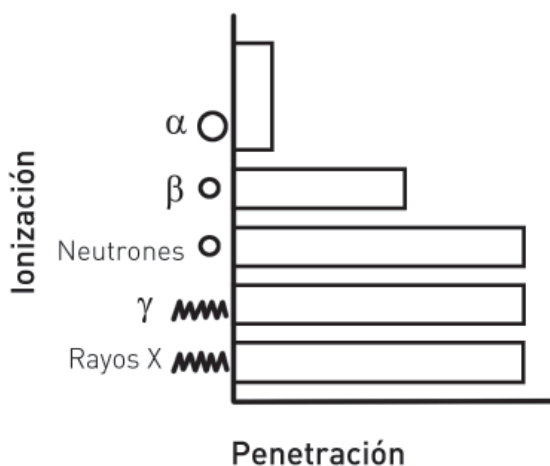


Imagen 4.28 Tipo de radiaciones ionizantes

Por tanto, los tipos de radiación ionizante y sus características son las siguientes:

a) Radiación alfa (α): Son núcleos de helio cargados positivamente. Tienen una energía muy elevada y muy baja capacidad de penetración, por lo que pueden ser detenidas por una hoja de papel.

b) Radiación beta (β): Son electrones emitidos desde el núcleo del átomo como consecuencia de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón. Estas radiaciones tienen un nivel de energía menor que las alfa (α) y una capacidad de penetración mayor, pudiendo ser absorbidas por una lámina de metal o por un material de mayor espesor y de menor densidad.

c) Radiación beta+ ($\beta+$): Es la emisión de un positrón (partícula de masa igual a la del electrón con carga positiva). Es el resultado de la transformación de un protón en un neutrón y un positrón.

d) Radiación de neutrones: Es la emisión de partículas sin carga, de alta energía y gran capacidad de penetración. Los neutrones se generan en los reactores nucleares y en los aceleradores de partículas. No existen fuentes naturales de este tipo de radiación de neutrones.

e) Radiación gamma (γ): Son radiaciones electromagnéticas procedentes del núcleo del átomo. Tienen menor nivel de energía que las radiaciones α y β y mayor capacidad de penetración, lo que dificulta su absorción por los apantallamientos. Se necesitan espesores variables de plomo u hormigón para ser detenidas, aunque ese espesor depende de la energía y de la atenuación que se desee.

f) Rayos X: Son de naturaleza electromagnética. Se originan en los orbitales de los átomos como consecuencia de la acción de los electrones rápidos sobre la corteza atómica. Son de menor energía, pero presentan una gran capacidad de penetración, pudiendo ser absorbidos por apantallamientos especiales de grosor elevado.

Las radiaciones antes señaladas se producen de diversas formas, que incluyen generadores de rayos X y fuentes radiactivas.

8.1.2.- Generadores de rayos X

Son aparatos alimentados por corriente eléctrica, de funcionamiento discontinuo, en los que la puesta en marcha y la parada dependen de energía eléctrica externa, por lo que no producen ni almacenan sustancias radiactivas (radiactividad). Pertenecen a este grupo los equipos de radiodiagnóstico médico o equipos para análisis, como difracción o fluorescencia (XRF).

Los rayos X producidos son haces de fotones (radiación electromagnética) de la misma naturaleza que la luz visible, la ultravioleta, la infrarroja, las ondas de radio, televisión o radar. La única diferencia entre ellas es la longitud y frecuencia de la onda. La energía de los rayos X y su poder de penetración son proporcionales a la tensión eléctrica utilizada para su producción: alrededor de los 100 kV (kiloVolt) para los rayos X de diagnóstico y entre 15 kV y 50 kV en los equipos para análisis.

8.1.3. Fuentes radiactivas

Los átomos de algunos elementos emiten radiación de forma continua y autónoma (se desintegran). Si la emisión se produce espontáneamente el fenómeno se conoce como radiactividad natural, como en el Radio 226, el Carbono 14, etc. En el caso de la radiactividad artificial, el átomo se ha convertido en radiactivo al ser bombardeado con partículas (protones, neutrones, etc.) en un reactor nuclear, grupo al que pertenecen el Cobalto 60, el Manganeseo 54, el Carbono 14, etc., o bien producto de fisión, como es el Iodo 131, el Ytrio 90 y el Cesio 137.

Los elementos radiactivos se conocen también con el nombre de radionucleidos, isótopos radiactivos y, en general, se les denomina fuentes radiactivas. Se caracterizan por las siguientes propiedades:

a) Clase de radiación que emiten: partículas alfa (α), partículas beta (β), radiación gamma (γ), neutrones, etc.

b) Energía de la radiación emitida: La unidad de medida es el electronvoltio (eV), pero por tratarse de una medida muy pequeña, se utilizan los múltiplos keV (1000 eV) y el MeV (1.000.000 eV). El poder de penetración de la radiación en la materia (inerte o viva) depende de la clase y de la energía de la misma.

c) Actividad: Se define como el número de desintegraciones producidas por unidad de tiempo. La unidad de medida es el Becquerel (Bq) que corresponde a una desintegración/segundo. El Curie (Ci), la unidad antigua, equivale a $3,7 \times 10^{10}$ Bq.

d) Período de semi-desintegración: La actividad de los elementos radiactivos disminuye con el tiempo, y se llama período de semi-desintegración al tiempo necesario para que el número de átomos radiactivos de un elemento se reduzca a la mitad. Por ejemplo, el período de semi-desintegración del H^3 es de 12,3 años, el del C^{14} es de 5.600 años, el del P^{32} es de 14,3 días, el del S^{35} es de 87 días y el del I^{125} es de 60 días.

e) Forma de presentación: Las fuentes radiactivas pueden estar encerradas en una envoltura metálica que impide que se produzca dispersión del material radiactivo o contaminación. Estas fuentes se llaman encapsuladas y a este tipo pertenecen las utilizadas en laboratorios de física, como es el Co^{57} , el $Am-Be^{241}$, etc. La cápsula también sirve como filtro de las radiaciones de energía más baja. Las fuentes radiactivas de uso común en forma líquida,

no encapsulada, pueden producir contaminación si no se trabaja adecuadamente. Son, por ejemplo, el P^{32} , I^{125} , H^3 , C^{14} , S^{35} , Na^{22} , Mn^{54} , Fe^{59} .

8.1.4.- Magnitudes y unidades de medida

a) Tasa de exposición: La exposición corresponde a una medida de la ionización producida en aire por radiación X o gamma. Así, 1 Roentgen es la exposición requerida para producir en el aire la cantidad de $2,54 \times 10^{-4}$ Coulomb (cargas eléctricas) de iones de un mismo signo por kilogramo de aire. La unidad con el submúltiplo más utilizado es miliRoentgen/hora (mR/h).

b) Dosis absorbida (D): Cuando la radiación atraviesa el material, se invierte una cantidad de energía por cada electrón liberado. Si en lugar de contar la cantidad de carga, se considera la energía que el material ha absorbido para que se haya generado la carga, se está midiendo la dosis absorbida, que se define como la energía de la radiación retenida para tal efecto por unidad de masa del material. La dosis absorbida se mide en Joule/Kilogramo, dándosele el nombre de Gray (Gy) a la unidad. Por otra parte, 1 Gy (Sistema Internacional) = 100 rad.

c) Dosis equivalente (H): Lo fundamental en este ámbito es el daño biológico. Sin embargo, para igual dosis absorbida, el daño es distinto según el tipo de radiación ionizante; por ejemplo, los haces de neutrones son más dañinos que los de radiación X. Al tener ésto en cuenta, la dosis absorbida se multiplica por un factor sin dimensiones, llamado factor de calidad, que es mayor cuanto mayor es el daño causado por este tipo de radiación. Al resultado se le llama dosis equivalente que también se mide en Joule/Kilogramo. A la unidad resultante de multiplicar 1 Gy por el factor de calidad, se le llama Sievert (Sv), 1 Sv (Sistema Internacional) = 100 rem. La tabla siguiente entrega los valores de factor de calidad para cada tipo de radiación:

Tipo de radiación	Factor de calidad (Q)
Rayos X y gamma	1
Neutrones, protones, alfa	10
Núcleos pesados	20

Así, si una persona es irradiada por un equipo de rayos X y su cuerpo absorbe 1 J/Kg, se está recibiendo una dosis absorbida de 1 Gy, y una dosis equivalente de 1 Sv. Si se hubiera irradiado por un haz de neutrones, se habría recibido una dosis absorbida de 1 Gy y una dosis equivalente de 10 Sv, observándose que en el segundo caso, el daño sufrido sería del orden de 10 veces el daño del primero.

d) Dosis efectiva (E): Cuando se es irradiado, no todos los órganos responden de igual manera, ya que unos son más radiosensibles que otros; de ahí que se haya creado la magnitud de Dosis Efectiva, para caracterizar la aparición de efectos radioinducidos cuando la irradiación afecta a más de un órgano. En ese sentido y dada una cierta irradiación, para calcular el valor de Dosis Efectiva sobre el organismo, basta multiplicar la Dosis Equivalente recibida en cada órgano por un factor de ponderación del tejido, y sumar todos los productos. Esta magnitud se mide también en Sv y se acepta como el mejor parámetro para caracterizar la probabilidad de aparición de efectos biológicos en valores de dosis habituales laborales (dosis por debajo del umbral de efectos deterministas). En la tabla siguiente se entregan los factores de ponderación:

Tabla 4.43 Factores de ponderación para dosis efectiva

Tejido u órgano	Factor de ponderación
Gónadas	0,2
Médula ósea (roja)	0,12
Colon	0,12
Pulmón	0,12
Estómago	0,12
Vejiga	0,05
Mama	0,05
Hígado	0,05
Esófago	0,05
Tiroides	0,05
Piel	0,01
Superficie ósea	0,01
Resto del cuerpo	0,05

8.2.- Riesgos para la Salud de la Exposición a Radiaciones Ionizantes

Se denomina irradiación a la transferencia de energía de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y contaminación radiactiva, a la presencia de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente que toda contaminación radiactiva da origen a una irradiación (ver Imagen 4.29):



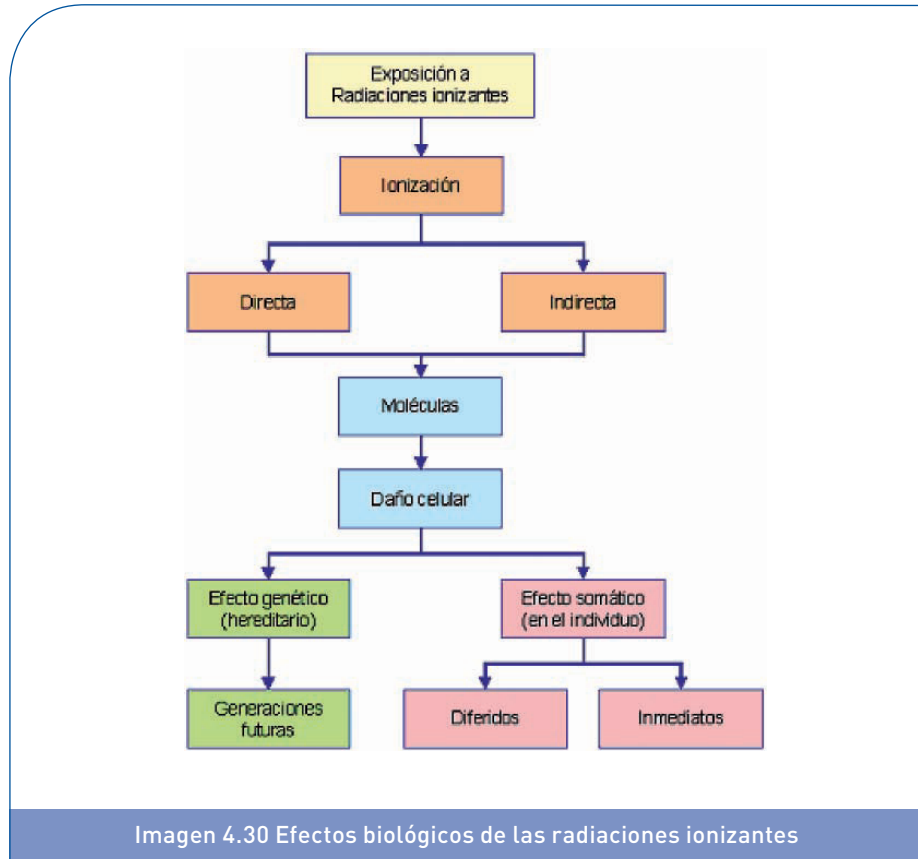
Imagen 4.29 Tipos de irradiación

Desde esta perspectiva la radiación se puede clasificar de la siguiente forma:

a) Irradiación externa: Ocurre cuando la exposición a radiaciones está asociada a una fuente externa y no existe contacto directo. Por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona sólo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la utilización o manipulación de fuentes encapsuladas.

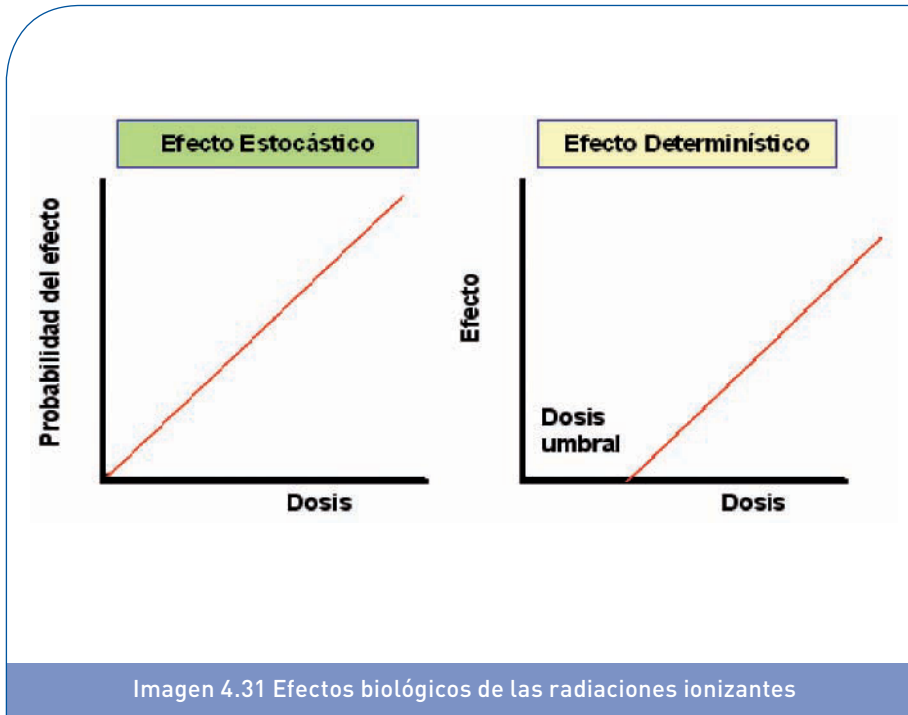
b) Contaminación radiactiva: Se produce cuando existe contacto con la sustancia radiactiva y ésta puede penetrar en el organismo por cualquier vía (respiratoria, dérmica, digestiva o parenteral). Esta situación es mucho más grave que la simple irradiación, ya que la persona sigue estando expuesta a la radiación hasta que se eliminen los radionucleidos, ya sea por metabolismo o decaimiento de la actividad radiactiva de los mismos. Se considera contaminación externa aquella en que los radionucleidos están depositados en la piel, los cabellos o las ropas, y contaminación interna, aquella que ha penetrado en el interior del organismo. La gravedad del daño producido está en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionucleidos.

La energía asociada a las radiaciones ionizantes, al atravesar las células vivas, da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas, tal como lo esquematiza la imagen siguiente:



En principio, cualquier parte de la célula puede ser alterada por la radiación ionizante, pero el ácido desoxirribonucleico (ADN) es el blanco biológico más crítico, debido a la información genética que contiene. Una dosis absorbida lo bastante elevada como para matar una célula tipo en división, sería suficiente para originar centenares de lesiones en sus moléculas de ADN. Las lesiones producidas por la radiación ionizante de naturaleza corpuscular (protones o partículas alfa) son, en general, menos reparables que las generadas por una radiación ionizante del tipo rayos X o rayos gamma. El daño en las moléculas de ADN que queda sin reparar o es mal reparado, puede manifestarse en forma de mutaciones, cuya frecuencia está en relación con la dosis recibida. Las lesiones del aparato genético producidas por irradiación pueden causar también cambios en el número y la estructura de los cromosomas, modificaciones cuya frecuencia aumenta con la dosis, de acuerdo con lo observado en supervivientes de la bomba atómica y en otras poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes.

En consecuencia, el daño biológico puede producirse en el propio individuo (efecto somático) o en generaciones posteriores (efecto genético), y en función de la dosis recibida, los efectos pueden ser inmediatos o diferidos en el tiempo, con largos períodos de latencia. También es importante considerar la diferencia entre efectos “estocásticos” y “determinísticos”, entendiéndose que la relación dosis-respuesta tenga un carácter probabilístico o bien el efecto se manifieste a partir de un determinado nivel de dosis llamada “dosis umbral”, respectivamente. En ambos casos, la probabilidad de efecto o el efecto en sí mismo aumenta con la dosis. Esta idea se esquematiza en la imagen siguiente:



8.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

En Chile, el Decreto Supremo N° 594 señala que los límites de dosis individual para las personas con exposición ocupacional a radiaciones ionizantes son aquellas que determine el Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radioactivas o el que lo reemplace en el futuro, que en la práctica está comprendido en el Decreto Supremo N° 03 de 1985 del Ministerio de Salud, donde se especifican los límites de dosis que se establecen para trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. Estos límites se señalan en la tabla siguiente:

Órgano expuesto	Límites de Dosis (Rem anual)
Cuerpo entero, gónadas, médula ósea	5
Cristalino	30
Cualquier otro órgano en forma individual	50

El Decreto citado considera los siguientes casos particulares:

- **Mujeres en edad de procrear:** La irradiación al abdomen se reducirá al mínimo posible, no sobrepasando 0,5 rem trimestrales por única vez en el año.
- **Mujeres embarazadas:** Mujeres embarazadas: No podrán recibir irradiación de origen ocupacional superior a 0,5 rem al feto durante todo el período de la gestación hasta el término del embarazo.
- **Menores de 18 años:** No podrán exponerse ocupacionalmente a radiaciones ionizantes.

La exposición a radiaciones ionizantes de un trabajador puede ser ocupacional o no-ocupacional, dependiendo si sus tareas y exposición tienen relación directa o no con la utilización de fuentes radiactivas o con los equipos generadores de radiación durante su realización. El criterio utilizado para evaluar puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes es el siguiente:

a) Como el límite de dosis equivalente para personas ocupacionalmente expuestas a radiaciones ionizantes corresponde a 5 Rem/año (50 mSv), considerando 2.000 horas de trabajo al año, se obtiene una tasa de dosis de 2,5 mRem/h como límite referencial a cuerpo entero, para evaluar puestos de trabajo.

b) También se adopta como criterio la consideración Rem/Roentgen = 1, por lo tanto, en términos de tasa de exposición, el límite referencial contemplado será de 2,5 mR/h, lo que equivaldría a 2,5 mRem/h (límite de dosis equivalente). Siguiendo el mismo criterio, el límite referencial para el cristalino del ojo resultará de 15 mR/h o 15 mRem/h.

Como se puede notar, en el marco legal nacional vigente, los límites de exposición a radiaciones ionizantes se establecen para efectos ocupacionales, es decir, para aquellas personas cuyo desempeño laboral involucra necesariamente el uso de sustancias radiactivas o equipos emisores de radiación ionizante, no indicándose límites para personas no-ocupacionalmente expuestas. Sin embargo, recomendaciones internacionales sugieren que, para estos casos, se deberá aceptar como límite de dosis la equivalente a 1/10 de las establecidas para personas ocupacionalmente expuestas. Por lo tanto, en términos de tasa de exposición, el límite referencial no-ocupacional es de 0,25 mR/h, que equivale a 0,25 mRem/h (límite de dosis equivalente).

8.4.- Evaluación de la Exposición a Radiaciones Ionizantes

8.4.1.- Información necesaria

a) Identificación y caracterización de las fuentes: Junto con la identificación de cada fuente existente, se debe considerar la clase de radiación que emite, su energía y, en caso de fuentes radiactivas, su actividad, vida media, tiempo de uso, forma de presentación y elementos y dispositivos complementarios para su manejo:

- **En establecimientos de salud:** Existe un gran número de personas expuestas en este rubro, debido al uso de equipos generadores de radiaciones ionizantes, que se presentan en diferentes formas y modelos, atendiendo al propósito específico de uso. Algunos de ellos son los angiógrafos para hemodinamia, tomógrafos axiales computarizados (scanner), equipos de Rayos X para exámenes osteoarticulares y osteopulmonares, mamógrafos, equipos de Rayos X dentales retroalveolares, panorámicos y telerradiografías. Otro grupo no menor se encuentra asociado a instalaciones de Medicina Nuclear, lugares donde se manipulan fuentes radiactivas abiertas.

- **En instalaciones industriales:** En este rubro existen fuentes radiactivas selladas que pueden ser fijas o portátiles. Tratándose de equipos de uso estacionario (fijos), se tienen detectores de atollo, densímetros nucleares, flujómetros, pesómetros, etc., y en el caso de equipos portátiles, se encuentran los proyectores gammagráficos y los densímetros nucleares portátiles de uso en obras viales.
- **En instalaciones de investigación, desarrollo y servicios:** En universidades y centros de investigación tecnológica, la existencia de equipos generadores de radiación ionizante y fuentes radiactivas selladas o abiertas se encuentran asociadas a ciertos proyectos de investigación, desarrollo o servicios a terceros.

b) Descripción de los lugares y ubicación de las fuentes: Esta descripción es importante, puesto que, junto con las características de la fuente, permite obtener información del nivel de aislación y segregación existente en relación con su importancia higiénica. Con ello, se obtiene su control en relación a otras áreas de personas ocupacionalmente expuestas y no expuestas ²¹.

- **En establecimientos de salud:** Las fuentes generadoras de radiaciones ionizantes en este rubro se encuentran normalmente agrupadas en un sector específico de la edificación, constituyendo así los servicios de radiología o imagenología. En ellos, cada equipo está instalado en una sala exclusiva.
- **En instalaciones industriales:** Tratándose de fuentes selladas fijas, éstas se encuentran instaladas en áreas de procesos industriales, tales como chancadores primarios, secundarios o terciarios, harneros, buzones, tuberías, etc. En el caso de las fuentes portátiles, se almacenan en recintos exclusivos durante los tiempos muertos del equipo y durante su uso se deben seguir rigurosos procedimientos para controlar las exposiciones a los operadores y público en general.
- **En instalaciones de investigación, desarrollo y servicios:** Las fuentes, según su uso, se encuentran ubicadas en distintos tipos de instalaciones como laboratorios (fluorescencia por rayos X, XRF), pañoles o bodegas (fuentes radiactivas selladas) o salas específicas tratándose de fuentes abiertas.

²¹ En esta categoría, además del público, se considera todo aquel trabajador vinculado con una instalación radiológica o radiactiva, pero sin ninguna responsabilidad en el manejo o manipulación de fuentes o equipos generadores.

c) Descripción de tareas que se realizan: Esta descripción es importante, dado que permite, por una parte, visualizar las tareas principales y el detalle de su ejecución, y por otra, obtener información de cuándo y cómo se produce el contacto y la exposición al agente, así como sus características. Esto posibilita la realización de una evaluación objetiva y argumentada de la exposición y el riesgo asociado para las personas:

- **En establecimientos de salud:** Las tareas que se realizan pueden corresponder a tomas de radiografías, lo que habitualmente se hace desde puestos de control, fuera o dentro de la sala y con diferentes medios protectores (biombos plomados, delantales plomados, protectores tiroideos) o situándose detrás de medios transparentes (vidrios de observación plomados o no). En ocasiones también es necesario ayudar al paciente, ubicándose junto a la mesa radiológica. En medicina nuclear las tareas que se realizan están asociadas con la administración de radiofármacos a los pacientes y su manipulación en todos sus procesos asociados (dilución, marcaje, segregación para almacenar, etc.).
- **En instalaciones industriales:** Tratándose de equipos fijos, las tareas asociadas más relevantes, desde el punto de vista de la exposición, las constituyen la instalación, el retiro y la calibración de equipos. El resto del tiempo, estos equipos no requieren ser atendidos, ya que operan automáticamente. En el caso de equipos portátiles, las tareas relevantes las constituyen el traslado, el tiempo necesario para configurarlos y su operación en terreno.
- **En instalaciones de investigación, desarrollo y servicios:** Las tareas dependen del tipo de instalación que se trate, como la operación de equipos con tubos de rayos X (difracción, fluorescencia) o manipulación de sustancias radiactivas en diferentes formas físico-químicas.

8.4.2.- Instrumentos de medición de las radiaciones ionizantes

Los aparatos de detección y medición de las radiaciones ionizantes se basan en los fenómenos de interacción de la radiación con la materia. Teniendo en cuenta su funcionalidad, los instrumentos de medición se clasifican en las siguientes categorías:

a) Detectores de radiación: Son instrumentos de lectura directa, generalmente portátiles, que indican la tasa de radiación, es decir, la dosis por unidad de tiempo. Estos instrumentos son útiles para la medición de radiactividad ambiental o de contaminación radiactiva en fenómenos como la ionización de gases, excitación por luminiscencia o detectores semiconductores. La imagen siguiente muestra equipos de esta naturaleza:



Imagen 4.32 Medidores o detectores portátiles de radiación. Equipos de medición de lectura directa y de tamaño pequeño, utilizados para efectuar levantamientos radiométricos

b) Dosímetros: Son medidores de radiación diseñados para medir dosis de radiación acumulada durante un período de tiempo. Normalmente se utilizan para medir la dosis a que está expuesto el personal que trabaja o que debe permanecer en zonas en las que existe riesgo de irradiación. De acuerdo con el principio de funcionamiento, pueden ser de cámara de ionización, de película fotográfica o de termoluminiscencia. La imagen siguiente muestra equipos de esta naturaleza:



Imagen 4.33 Dosímetros. Medidores de radiación utilizados para medir la dosis recibida por el personal ocupacionalmente expuesto

8.4.3.- Metodologías de medición y evaluación de la exposición

La metodología guarda directa relación con el propósito de la evaluación y debe realizarse en función de la información y los antecedentes reunidos, para obtener un muestreo y una medición objetiva y representativa de la exposición. Así, respecto con el tipo de fuente y su utilización, se tiene lo siguiente:

- **En establecimientos de salud:** Para el caso de una sala de rayos X (donde se toman radiografías) los métodos de medición consisten en simular una condición de trabajo habitual, utilizando un fantoma en vez de un paciente (por ejemplo: un recipiente plástico con suficiente agua para simular las características de un paciente adulto y generar radiación secundaria). Se solicita al operador del equipo que ejecute una técnica radiológica razonablemente alta, en términos de energía de emisión, una vez definidos los lugares de medición y condiciones de ejecución de la tarea. Esto permite medir las tasas de exposición en los puntos de medición seleccionados, y así determinar el nivel de radiación ambiental, los niveles de radiación en los puestos de trabajo o los lugares ocupados durante los disparos, a través de los equipos de protección, biombos, en el entorno, etc. Por otra parte, también se podrá evaluar la eficacia de los materiales de construcción y de las barreras dispuestas para atenuar la radiación. También se debe observar la proyección a los trabajadores no-ocupacionalmente expuestos. Estas tasas se deberán ponderar con los tiempos de exposición y jornadas laborales, además de relacionarse con los registros de dosimetría del personal expuesto.
- **En instalaciones industriales:** De acuerdo a las características de la instalación, los métodos consisten en medir la(s) tasa(s) de exposición en los puntos de medición seleccionados, bajo una condición normal de trabajo durante el transporte, uso y/o almacenamiento de la fuente radiactiva, cuando son portátiles, o en el lugar del proceso en que se encuentren, cuando son fijas. Estas tasas se deberán ponderar con los tiempos de exposición y jornadas laborales, además de relacionarse con los registros de dosimetría del personal expuesto.
- **En instalaciones de investigación, desarrollo y servicios:** Se deberá proceder de forma semejante a la señalada para las instalaciones anteriores.

Una vez efectuadas las mediciones, según las características de las fuentes y el plan de mediciones que se determine, la información y los antecedentes del caso, y con la metodología empleada, los valores de las tasas de exposición medidas en cada uno de los puntos de medición seleccionados se deben analizar y comparar con los límites máximos permisibles y referenciales, según si la evaluación corresponde a personas ocupacionalmente expuestas o no-ocupacionalmente expuestas.

8.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Radiaciones Ionizantes y Trabajo Pesado

Las dificultades metodológicas actuales, inherentes a los estudios epidemiológicos con dosis inferiores a 10 Rem, han limitado a la comunidad científica respecto a que la cuantificación precisa del riesgo de cáncer y otros efectos para la salud es improbable y especulativa (HPS 1995). No obstante, el hecho que el riesgo no pueda ser directamente estimado a bajas dosis, no implica que éste no exista, dada la naturaleza estocástica de la relación dosis/efecto. Por lo tanto, se propone como calificación tres niveles, cuyo límite corresponde al indicado en nuestra legislación vigente como Dosis Límite Anual de 5 Rem, donde:

- **Nivel 1:** Indica que el puesto de trabajo presenta bajo riesgo y su nivel de dosis es inferior a 1/3 del Límite Anual (LA). Esta condición de trabajo debe mantenerse siempre optimizada en términos de alcanzar las mínimas dosis que sea razonable lograr.
- **Nivel 2:** Corresponde a un nivel de alarma o de acción, dado que existe un aumento significativo en la probabilidad del riesgo y su nivel de dosis se encuentra entre 1/3 del Límite Anual y el Límite Anual mismo. Se recomienda implementar medidas de control para llevar la condición al nivel 1 optimizada.
- **Nivel 3:** Indica que el trabajo se puede considerar como pesado, dado que la exposición supera el límite de dosis equivalente anual (LA). Se debería apartar al trabajador de la exposición a radiación un tiempo proporcional al exceso de dosis.

Tabla 4.45 Clasificación de puestos de trabajo en base al límite anual (LA) de dosis equivalente (H) medida en Rem

Dosis Equivalente (H) (Rem)	Nivel
$H < 1/3LA$	1
$1/3LA \leq H \leq LA$	2
$LA < H$	3

8.6.- Referencias Bibliográficas

Health Physics Society (HPS). 1995. Position Statement Risk Assessment. Disponible en www.hps.org

Ministerio de Salud. 1984. Decreto Supremo N° 133. Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines”.

Ministerio de Salud. 1985. Decreto Supremo N° 03/1985. Aprueba Reglamento de protección radiológica de instalaciones radiactivas.

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 “Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”. Chile.

Organización Internacional del Trabajo. 2001. Enciclopedia de salud y seguridad del trabajo N° 46. 3ª edición.

Referencias bibliográficas disponibles en Internet:

- Consejo de Seguridad Nuclear (www.csn.es)
- Comisión Internacional de Protección Radiológica (www.icrp.org)
- Comisión Europea (www.europa.eu.int)
- Organización Internacional de Energía Atómica (www.iaea.org)
- Organización Mundial de la Salud (www.who.org)
- Organización Internacional del Trabajo (www.oit.org)
- Comisión Chilena de Energía Nuclear (www.cchen.cl)

CAPÍTULO 9: EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

9.1.- Definiciones y Conceptos

En los ambientes de trabajo, dependiendo de los materiales y productos que se manejen, así como las condiciones en que el trabajo se realiza, se puede producir el contacto vía dérmica, oral o respiratoria, de distintos compuestos de naturaleza química con los trabajadores. Estos compuestos pueden estar presentes en forma sólida, líquida o gaseosa en distintos lugares de trabajo, en sus respectivos contenedores o recipientes, o dispersos en el aire en forma de polvo, fibras, humos, rocíos, nieblas, gases y vapores. Estas sustancias pueden generar variados efectos en la salud de los trabajadores, cuya magnitud depende, por un lado, de la toxicidad específica del agente químico presente y, por otro, de la concentración y tiempo de exposición, debiéndose considerar además características personales de respuesta de cada individuo frente a cada químico.

Para varias sustancias se definen límites permisibles de exposición, que permiten establecer niveles de concentración-tiempo máximos, bajo los cuales se estima que la mayoría de los trabajadores no sufrirán efectos adversos que conduzcan a una enfermedad profesional asociada a ese compuesto. En nuestro país estos límites están establecidos en el Decreto Supremo N° 594. En base a estos límites y características de emisión y exposición señalados, y de acuerdo a la metodología que entrega la Higiene Industrial, es posible evaluar el nivel de exposición y riesgo que implica un determinado trabajo, y a la vez definir medidas de control para que el nivel de exposición sea lo menor posible con respecto a los límites permisibles.

Es importante señalar que el listado de límites permisibles específicos definidos en nuestro país es acotado, existiendo varios procesos de trabajo en que se utilizan compuestos que no tienen definido un límite permisible, lo cual representa una mayor dificultad a la evaluación, al igual que para el caso de procesos en los cuales los materiales que se manejan utilizan nombres de fantasía y formulaciones químicas no disponibles para el público.

9.2.- Riesgos para la Salud de la Exposición a Agentes Químicos

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) define y señala el límite máximo permisible para una gran cantidad de sustancias que son la base de lo establecido en nuestro país a través del decreto citado. Con su asignación del límite, esta organización señala cuales son los efectos base que se han considerado evitar con estos límites, estableciendo las siguientes categorías:

Tabla 4.46 Categorías de clasificación de efectos base en la definición de límites TLV de la organización ACGIH			
Cáncer	Sistema Nervioso Central	Sistema Hematopoyético	Huesos
Cuerpo Humano Completo	Sistema Nervioso Periférico	Sistema Inmune	Tiroides
Tracto Respiratorio Superior	Sistema Gastrointestinal	Sistema Reproductivo	Hígado
Tracto Respiratorio Inferior	Sistema Cardíaco	Ojos	Bazo
Sistema Nervioso Autónomo	Sistema Vascolar	Piel	Riñones-Tracto Urinario
		Dientes	Embrión o Feto
			Efectos Genéticos

Esto, junto con las subcategorías que se recomienda revisar al igual que la documentación de fundamentos que ha considerado el comité para establecerlos, permiten efectuar una correcta interpretación del límite permisible del agente químico que se está analizando.

9.3.- Límites Máximos Permisibles y Referenciales

Para cada compuesto se identifican límites permisibles para exposiciones continuas (durante la jornada de trabajo) y exposiciones agudas (durante cortos tiempos de la jornada), definiéndose en el Decreto Supremo N° 594 los siguientes:

- **Límite Permisible Ponderado (LPP):** Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existente en los lugares de trabajo, durante la jornada normal de 8 horas diarias, con un total de 48 horas semanales.
- **Límite Permisible Temporal (LPT):** Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos en los lugares de trabajo, medidas en un período de 15 minutos continuos dentro de la jornada de trabajo. Este límite no podrá ser excedido en ningún momento de la jornada.
- **Límite Permisible Absoluto (LPA):** Valor máximo permitido para las concentraciones ambientales de contaminantes químicos medida en cualquier momento de la jornada de trabajo.

Es importante señalar que estos límites son revisados continuamente por la ACGIH, publicándose anualmente una nueva lista que incluye las modificaciones que se han aceptado en ese período²².

²² "Threshold Limits Values" (TLV).

Los límites nacionales, en general, se corresponden con la definición de límites TLV, que entrega la ACGIH, cuyos valores se presentan en el Decreto Supremo N° 594, basados actualmente en valores de los años 1997-1998 de este organismo, corregidos para 48 horas de trabajo a la semana. Además, se consideran correcciones para jornadas mayores a este período, así como por altura cuando los puestos de trabajo están sobre 1.000 metros sobre el nivel del mar. Es importante notar que en el listado de límites nacionales no se incorpora el efecto base para el cual cada límite protege, información que sí se presenta en la lista que entrega la ACGIH, la que debe utilizarse para evaluar el efecto combinado, señalado en el citado decreto.

Junto con los límites permisibles señalados, también se establecen los Límites de Tolerancia Biológica para algunos agentes químicos, los que se definen como la "cantidad máxima permisible en el trabajador de un compuesto químico o de sus metabolitos, así como la desviación máxima permisible de la norma de un parámetro biológico inducido por estas sustancias en los seres humanos", estableciéndose niveles máximos del compuesto, del metabolito o de los parámetro en muestras de orina y sangre de los trabajadores expuestos. Éstos se basan en los límites establecidos por la ACGIH²³ y permiten evaluar la exposición global del trabajador para los químicos definidos, información que debe ser considerada en el estudio del puesto de trabajo.

En la toma de decisiones respecto a la asociación de la exposición a agentes químicos con trabajo pesado, es necesario relacionar el grado de la exposición obtenida en la evaluación con un nivel de riesgo inferior al límite permisible definido, para prevenir enfermedades que se asocian con deterioro o envejecimiento, en base a un mayor o menor alejamiento del nivel de concentración obtenido para el puesto de trabajo en estudio, junto con el tipo y característica de efectos y agresividad del agente químico considerado. En este sentido se puede utilizar la definición de Límites de Acción (LA) que, en general, corresponden a un porcentaje del límite permisible, en relación al cual el programa de higiene industrial define ciertas acciones y decisiones, tanto en el ámbito de medidas de control en los puestos de trabajo, como de frecuencia de muestreo ambiental y monitoreo biológico (Leidel 1994). Este Límite de Acción para exposiciones medias en la jornada de trabajo, NIOSH lo recomendó en los años 70 como un nivel del 50% del límite permisible (Leidel et al. 1975), en base al cual se define la condición de riesgo señalada en el punto 9.5 a aplicar para la calificación del trabajo pesado de esta Guía Técnica.

²³ Biological Exposure Indices (BEI)

9.4.- Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos

9.4.1.- Información necesaria

De acuerdo a lo señalado en el Decreto Supremo N° 594, en los puestos de trabajo con presencia de agentes químicos se debe efectuar una medición representativa de la concentración de estos agentes, con el objetivo de tomar medidas de control en el caso de que estas concentraciones superen los límites establecidos.

Bajo este marco y considerando la necesidad de representatividad y objetivo de control señalados, la evaluación de cada puesto y/o proceso de trabajo debe contemplar una primera etapa de descripción del proceso y de las condiciones de trabajo, con lo cual se tendrá la identificación de los compuestos químicos presentes, así como las condiciones y características de la exposición. Luego se pasa a etapas de planificación del muestreo, en base a metodologías disponibles y límites permisibles aplicables, realización del muestreo y, finalmente, a la interpretación de resultados. Una buena base para la realización de estos muestreos es la Norma Europea EN 689.

9.4.2.- Descripción del proceso y condiciones de trabajo

Esta etapa se concibe como la etapa de reconocimiento planteada en la metodología de la Higiene Industrial, y considera la descripción de instalaciones y equipos utilizados, descripción de los ciclos de trabajo, identificación de los trabajadores y compuestos a que se encuentran expuestos, procedimientos de trabajo, tareas y tecnologías en uso, tiempos de exposición, características de sistemas de control existentes, así como sistemas de ventilación localizada y condiciones de ventilación general. El objetivo de esta etapa es identificar los agentes químicos presentes y todas las variables y factores que intervienen y determinan la emisión de contaminantes y exposición de los trabajadores.

9.4.3.- Medición y toma de muestras

La toma de muestras para ambientes de trabajo se efectúa de acuerdo a metodologías definidas en la práctica de la Higiene Industrial, establecidas por NIOSH u homologables. En nuestro país, el Instituto de Salud Pública (ISP) es el laboratorio nacional de referencia, para la toma de muestras, métodos de análisis y técnicas de medición. Este organismo ha publicado un manual de muestreo (ISP 1997) y un protocolo de muestreo de polvo (ISP 2008).

De acuerdo a la información del proceso, límites permisibles y metodología de toma y análisis de muestras, se define el tiempo de muestreo representativo para muestras ambientales, seleccionando algunas de corto tiempo para evaluar las condiciones de máxima exposición, mientras que para los períodos normales de emisión y exposición se seleccionan tiempos de muestreo dependientes de la duración de los ciclos de trabajo, considerando a la vez los límites de detección de las técnicas de análisis disponibles. Como criterio general,

para períodos de trabajo homogéneos y en base a experiencia práctica y fundamentos estadísticos, la norma EN 689 recomienda efectuar el muestreo o monitoreo por un período mínimo de 2 horas para caracterizar la emisión y exposición de un puesto de trabajo, verificando que la condición de exposición en el período no muestreado es similar.

Estas muestras se toman ubicando el equipo con el elemento de colección, filtro, ciclón, tubo de carbón u otro elemento en el área de captación de aire, en la zona respiratoria del trabajador, o con una muestra fija en la zona donde se ubica el trabajador, si ésta permite evaluar la exposición del mismo en el lugar de trabajo. Durante esta etapa, el profesional encargado debe observar todas las condiciones de trabajo y ambientales en que el muestreo se desarrolla, con el objetivo de controlar las variables y factores que determinan la exposición del trabajador, lo cual permitirá posteriormente hacer una correcta interpretación de resultados.

Para los casos en que se debe obtener paralelamente muestras biológicas, el Decreto Supremo N° 594 establece el momento de toma de muestra de orina o sangre, en base a la toxicocinética del contaminante en análisis en su ingreso y paso por el organismo.

9.4.4.- Evaluación de la exposición

Para las condiciones descritas en que se realice el estudio, la información obtenida debe permitir concluir si el trabajador presenta condiciones de sobre-exposición aguda, comparando las concentraciones de corto tiempo con los límites temporal y absoluto, así como calificar la exposición asociada al puesto de trabajo para una condición de trabajo continuo durante el ciclo de trabajo y la exposición media diaria estimada del trabajador. Cuando se tenga presencia de más de un compuesto que actúe sobre el organismo de la misma forma, se deberá calcular la suma de las fracciones de cada concentración ambiental dividida por el respectivo límite permisible ponderado, siendo el valor 1 el límite permisible para esta suma.

Por otra parte, en base a las condiciones en que se realizó el muestreo, éste se debe proyectar a otros escenarios, evaluando el impacto de modificaciones como: cambio de materias primas, condiciones de operación de los equipos, procedimientos de trabajo, condiciones climáticas, condiciones de ventilación localizada y general, y otros factores que puedan modificar la condición de exposición y llevarla a una exposición mayor. En el informe del estudio se debe incluir la información obtenida en éste, señalando los factores más importantes responsables de la exposición, junto con medidas de control que eviten la sobre-exposición de los trabajadores, y permitir la calificación del puesto de acuerdo a lo señalado en el punto 9.5.

9.5.- Evaluación del Riesgo por Exposición a Agentes Químicos y Trabajo Pesado

Para determinar si un puesto de trabajo representa riesgo de trabajo pesado asociado a exposición ocupacional a agentes químicos se utilizarán los límites permisibles ponderados. Esta clasificación ocupa 3 niveles, como se indica a continuación:

- **Nivel 1:** Indica que el puesto de trabajo presenta un bajo riesgo. Se recomienda efectuar una nueva evaluación según programa o cuando se presenten cambios del puesto de trabajo.
- **Nivel 2:** Corresponde a un nivel de alarma o de acción, dado que el límite permisible ponderado no supera el límite máximo permisible asociado a la jornada laboral. Sin embargo, existe un riesgo potencial o relativo, debido a la susceptibilidad individual de los trabajadores. Se recomienda implementar medidas de control para llevar la condición al nivel 1.
- **Nivel 3:** Indica que el trabajo se puede considerar como pesado, dado que la exposición supera el límite permisible ponderado. Se recomienda tomar medidas de control en el corto plazo para reducir la exposición a niveles inferiores al 50% del LP. Uso inmediato de protección respiratoria y otros elementos de protección personal que correspondan.

La Tabla 4.47 resume lo señalado:

Tabla 4.47 Clasificación de puestos de trabajo en base a la concentración de agentes químicos considerando un límite de acción del 50% del límite permisible ponderado	
Concentración	Nivel
$C \leq 0,5 LP$	1
$0,5 LP < C \leq LP$	2
$C > LP$	3

El uso de esta tabla debe complementarse con información más específica de límites de acción, que esté establecida para ciertos agentes químicos, junto con información de exposición aguda, muestreos biológicos e importancia médica del efecto base considerado en el límite permisible del agente químico y otros efectos del contaminante en las personas.

9.6.- Referencias Bibliográficas

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2007. Documentation of the TLVs and BEIs.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2009. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2009. Operations Manual Threshold Limit Values for Chemical Substances Committee. Disponible en internet: <http://www.acgih.org/TLV/OpsManual.htm>

EN 689. 1995. Norma Europea. Atmósfera en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

Instituto de Salud Pública (ISP). 1997. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional.

Instituto de Salud Pública (ISP). 2008. Protocolo para la Toma de Muestra de Sílice Libre en su Fracción Respirable y de Polvo No Clasificado Total y Fracción Respirable.

Leidel N. 1994. Statistical Design and Data Analysis Requirements. Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd edition, Volume 3, Part A, pp 453-582, John Wiley & Sons.

Leidel N., et al. 1975. Exposure Measurement Action Level and Occupational Environmental Variability, NIOSH Publication N° 76-131.

Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo N° 594 "Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Chile.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2003. Manual of Analytical Methods (NMAM), NIOSH Publication 94-113. (Disponible en internet: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/>)

CAPÍTULO 10: EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS

10.1.- Definiciones y Conceptos

La exposición a agentes biológicos se produce en diversos sectores de la industria nacional y servicios, a través de actividades que involucran contacto directo e indirecto, según se indica a continuación:

- Ámbito clínico hospitalario, por contacto con pacientes con patologías infecciosas del más variado tipo y origen.
- Recolección, tratamiento y disposición de residuos industriales y domiciliarios.
- Laboratorios biomédicos destinados a diagnóstico clínico.
- Instituciones educacionales y gubernamentales de referencia, que poseen instalaciones destinadas a investigación, identificación y/o producción de biológicos, incluyendo la supervisión de barreras sanitarias.
- Actividades productivas realizadas por el rubro agrícola y pecuario, cuyo hacer amplía el espectro al contacto con agentes zoonóticos y alérgicos.

Los conceptos más importantes a considerar en este ámbito son:

a) Agente biológico: Se consideran los microorganismos (con inclusión de los genéticamente modificados), cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad, que constituirá el alcance para los efectos de la presente Guía Técnica. En la práctica esta definición contempla dos categorías identificables y ambos tipos pueden generar una enfermedad como consecuencia de la exposición de los trabajadores a tales agentes:

- **Agentes biológicos vivos:** (aunque no está limitado a) bacterias, hongos, virus, rickettsias, clamidias, endoparásitos humanos, productos de recombinación, cultivos celulares humanos o de animales y/o vegetales, y los agentes biológicos potencialmente infecciosos que estas células puedan contener, incluyendo priones y otros agentes infecciosos.
- **Productos derivados de los agentes biológicos:** Transmitidos fundamentalmente por vía aérea, pueden generar trastornos de tipo tóxico, alérgico o irritativo, se incluyen: micotoxinas, endotoxinas, exotoxinas y otros metabolitos secundarios derivados de su actividad vital.

b) Microorganismo: Toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o transferir material genético.

c) Cultivo celular: Se refiere al resultado del crecimiento "in vitro" de células obtenidas de organismos multicelulares.

d) Bioseguridad: Conjunto de técnicas, procedimientos e infraestructura necesarios para controlar el riesgo sanitario ante la exposición a agentes potencialmente infecciosos.

e) Riesgo: Corresponde a la probabilidad de ocurrencia de un evento, normalmente asociado a un daño, lesión o enfermedad.

f) Riesgo sanitario: Aquel inferido a partir del análisis del riesgo de infección existente para un receptor humano a escala individual y poblacional.

g) Contención: Aplicación de medidas y procedimientos seguros para manejar material infeccioso, alérgico o tóxico en el medio donde es manipulado o conservado.

Según lo descrito, al concepto de “riesgo” generalmente no se le asigna un valor sino que se lo pondera sobre apreciaciones subjetivas. Ante ello, es necesario definir un indicador de riesgo, en este caso sanitario, al que se le pueda asignar un valor probabilístico que permita objetivarlo (determinar niveles) y, a través de éste, definir cuales son los medios y procedimientos necesarios (contención o medidas de control) para reducir (disminuir, neutralizar o eliminar) dicho riesgo. Por lo tanto, la objetividad se asocia con la asignación de “Niveles de Bioseguridad” a los diferentes agentes biológicos, basada en las actividades típicamente vinculadas con el crecimiento y manipulación de las cantidades y concentraciones que se requieren para lograr su identificación, y que representan un peligro intrínseco en relación a factores como virulencia, patogenicidad, estabilidad biológica, vía de diseminación y contagio, carácter endémico y la disponibilidad de vacunas o medidas terapéuticas efectivas.

En cuanto a los medios necesarios, el objetivo de la contención es reducir la exposición de quienes se encuentran ocupacional y no-ocupacionalmente expuestos en instalaciones a agentes potencialmente peligrosos, análisis que incluye a la población y medio ambiente externo, sobre la base del establecimiento de los niveles de contención necesarios:

- **Contención primaria:** Referida a la protección del personal y del entorno inmediato a la instalación, ante la exposición a agentes infecciosos, tóxicos y/o alérgicos, la cual es provista mediante la aplicación de prácticas y técnicas microbiológicas, como a través del uso de equipos de seguridad.
- **Contención secundaria:** Considera aspectos asociados con la protección del medio ambiente y de la población externa a las instalaciones de la exposición a materiales infecciosos, la cual se logra a través de una combinación del diseño de la instalación y prácticas operativas.

10.2.- Riesgo sanitario de los agentes biológicos

A efectos de lo dispuesto en esta Guía Técnica, los agentes biológicos se clasifican en función del riesgo de infección y consecuencias que pueden generar a nivel individual y poblacional, bajo el concepto de nivel de bioseguridad, cuya diferenciación implica cuatro grupos:

a) Nivel de Bioseguridad 1 (NBS 1): Agente biológico cuyo contacto representa una baja probabilidad de ocurrencia de una enfermedad, con bajo riesgo a nivel individual (trabajador expuesto) y sin riesgo de propagación a nivel poblacional.

b) Nivel de Bioseguridad 2 (NBS 2): Agente biológico cuyo contacto representa una baja probabilidad de ocurrencia de una enfermedad, con bajo riesgo a nivel individual (trabajador expuesto) y siendo baja su probabilidad de propagación a la población. A este nivel deben existir procedimientos y medios profilácticos que incluyan un tratamiento eficaz. El riesgo individual y poblacional es bajo.

c) Nivel de Bioseguridad 3 (NBS 3): Agente biológico cuyo contacto representa una alta probabilidad de ocurrencia de una enfermedad, con alto riesgo a nivel individual (trabajador expuesto) y siendo baja su probabilidad de propagación a la población. A este nivel deben existir procedimientos y medios profilácticos que incluyan un tratamiento eficaz. El riesgo individual es alto y para la población es bajo.

d) Nivel de Bioseguridad 4 (NBS 4): Agente biológico cuyo contacto representa una alta probabilidad de ocurrencia de una enfermedad, con alto riesgo a nivel individual (trabajador expuesto) y siendo alta su probabilidad de propagación a la comunidad. A este nivel deben existir procedimientos y medios profilácticos, no existiendo tratamiento eficaz. El riesgo individual y poblacional es alto.

10.3.- Límites Permisibles y Referenciales

En este capítulo en particular se aborda la aplicación de la presente Guía Técnica a la determinación efectiva de los efectos sobre la salud de los trabajadores asociados con la exposición a agentes biológicos durante su trabajo y, como tal, permitir la evaluación y clasificación de una tarea como trabajo pesado; es decir, una actividad cuya realización acelera el desgaste físico, intelectual o psíquico en la mayoría de quienes lo realizan, sin contar con procedimientos y medios profilácticos exigidos, provocando un envejecimiento precoz, aún cuando éste no genere una enfermedad profesional derivada de la exposición a agentes biológicos.

Aunque la aplicación de esta Guía Técnica se enmarca dentro del ámbito de la Ley N° 19.404, es preciso considerar elementos que se encuentran contemplados en la reglamentación relacionada con la Ley N° 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, especialmente lo relacionado con el Decreto Supremo N° 109 que identifica como agente biológico causal de enfermedad profesional, sólo a un número limitado de todos aquellos posibles de encontrar en diversos rubros de los servicios e industria nacional, cuyas características,

desde el punto de vista del estado de salud a nivel individual o comunitario representa un riesgo sanitario. Aún cuando el número de agentes reconocidos en nuestra legislación es limitado, es propio señalar que la normativa señalada entrega las herramientas para que, existiendo la acumulación de evidencia suficiente, se facilite la incorporación de agentes biológicos, cuya presencia y contacto en el ámbito laboral sea causal de afecciones que generen o favorezcan un detrimento de la salud de las personas.

En este contexto, la identificación de los factores que determinan que una exposición no controlada de este tipo de agentes posea las características que lo identifican como trabajo pesado, es decir, capaz de generar un efecto degenerativo en la salud y capacidad productiva de las personas, representa una necesidad que la presente propuesta intenta resolver. A diferencia de otros factores ambientales, en los que la posibilidad de evaluación de los niveles de exposición se sustenta en la existencia de límites referenciales e instrumental de medición, la exposición a agentes biológicos carece de tal posibilidad de aplicación, razón que obliga a una modificación del enfoque habitual.

Para estos efectos, a continuación se entrega una clasificación y correspondientes listados de los principales agentes biológicos, según su nivel de bioseguridad, basado en los medios de contención necesarios para controlar el riesgo de infección asociado a su nivel de bioseguridad, que es aplicable de modo referencial a todo proceso que incluya manejo de agentes biológicos (Public Agency of Health of Canada 2004).

10.3.1.- Agentes con Nivel de Bioseguridad 1 (Nivel de Contención 1)

Agentes biológicos que presentan un peligro mínimo para la población y personas en forma individual. En términos generales, las instalaciones en las que se realiza su manipulación no requieren de restricciones de ingreso, así como tampoco procedimientos y equipos de un diseño específico.

10.3.2.- Agentes con Nivel de Bioseguridad 2 (Nivel de Contención 2)

Las instalaciones destinadas al estudio de este tipo de agentes deben considerar restricciones en el acceso al laboratorio, precauciones extremas con instrumentos cortopunzantes contaminados y, en el caso de procedimientos en los que se puedan generar aerosoles, éstos se deben realizar con el equipamiento correspondiente, en el interior de gabinetes de bioseguridad y/o con equipos que los controlen. Además, el personal debe poseer entrenamiento específico en el manejo de agentes patógenos. A continuación, en las Tablas 4.48 a 4.52, se presenta una lista de agentes de este nivel²⁴:

²⁴ En adelante se podrán encontrar los nombres de las especies en latín, inglés o español en función del nombre más conocido o de la forma que se conoce internacionalmente.

Tabla 4.48 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 2. Bacterias

Familia	Género	Especie
Actinomycetaceae	Actinomyces	Actinomyces israelí
	Arcanobacterium	Arcanobacterium bernardiae
Aeromonadales	Aeromonas	Aeromonas hydrophila
Alcaligenaceae	Bordetella	Bordetella pertussis Bordetella parapertussis Bordetella bronchiseptica
Bacillaceae	Bacillus	Bacillus cereus
Bartonellaceae	Bartonella	Bartonella bacilliformis
Campylobacteraceae	Campylobacter spp	Campylobacter fetus Campylobacter jejuni
Chlamydiaceae	Chlamydia	Chlamydia psittaci Chlamydia trachomatis
	Chlamydophila	Chlamydophila pneumoniae
Clostridiaceae	Clostridium	Clostridium botulinum Clostridium chaupoei Clostridium difficile Clostridium haemolyticum Clostridium histolicum Clostridium novyi Clostridium septicum Clostridium sordellii Clostridium tetani
Corynebacteriaceae	Corynebacterium	Corynebacterium diphtheriae Corynebacterium haemolyticum Corynebacterium pseudotuberculosis Corynebacterium pyogenes
Enterobacteriaceae	Citrobacter	Citrobacter freundii
	Edwardsiella	Edwardsiella tarda
	Escherichia	Escherichia coli enterotoxigenic Escherichia coli enteroinvasive Escherichia coli enterohemorrhagic
	Proteus	Proteus mirabilis Proteus vulgaris
	Salmonella	Salmonella enterica choleraesuis Salmonella enterica serovar arizonae Salmonella enterica serotipo gallinarum-pullorum Salmonella enterica serotipo meleagridis Salmonella enterica serotipo paratyphi B Salmonella enterica serotipo typhi Salmonella enterica serotipo typhimurium
	Serratia	Serratia marcescens
	Shigella	Shigella boydii Shigella dysenteriae Shigella flexneri Shigella sonnei
Yersinia	Yersinia enterocolitica Yersinia pseudotuberculosis	

Familia	Género	Especie
Enterococcaceae	Enterococcus	Enterococcus faecium
Erysipelotrichidae	Erysipelothrix	Erysipelothrix insidiosa
Francisellaceae	Francisella	Francisella tularensis tipo B Francisella novocida
Fusobacteriaceae	Fusobacterium	Fusobacterium necrophorum
Helicobacteraceae	Helicobacter	Helicobacter pylori
Legionellaceae	Legionella	Legionella spp Legionella pneumophila
Leptospiraceae	Leptospira	Leptospira interrogans (todos los serotipos)
Leptotrichiaceae	Streptobacillus	Streptobacillus moniliformis
Listeriaceae	Listeria	Listeria monocytogenes
Moraxellaceae	Moraxella	Moraxella catarrhalis
Mycobacteriaceae	Mycobacterium	Todas las especies (excepto Mycobacterium tuberculosis, Mycobacterium bovis (cadena no BCG) y Mycobacterium avium, clasificadas en categoría NBS3)
Mycoplasmataceae	Micoplasma	Micoplasma pneumoniae Micoplasma hominis (excepto aquellas cepas patógenas para animales)
	Ureaplasma	Ureaplasma urealyticum
Neisseriaceae	Neisseria	Neisseria gonorrhoeae Neisseria meningitidis
Nocardiaceae	Nocardia	Nocardia asteroides Nocardia brasiliensis
Pasteurellaceae	Aggregatibacter	Aggregatibacter actinomycetemcomitans
	Actinobacillus	Todas las especies
	Haemophilus	Haemophilus influenzae Haemophilus ducreyi
	Pasteurella	Todas las especies (excepto Pasteurella Multocyda tipo B, clasificada con NBS3)
Porphyromonadaceae	Porphyromonas	Porphyromonas gingivalis
Spirochaetaceae	Pseudomonas	Pseudomonas aeruginosa
Spirochaetaceae	Borrelia	Borrelia recurrentis Borrelia vincentii Borrelia burgdorferi
	Treponema	Treponema carateum Treponema pallidum Treponema pertenuis
Staphylococcaceae	Staphylococcus	Staphylococcus aureus
Streptococcaceae	Aerococcus	Aerococcus urinae
	Streptococcus	Streptococcus spp. (Grupos Lancefield A, B, C, D y G)
Vibrionaceae	Vibrio	Vibrio cholerae Vibrio parahaemolyticus

Tabla 4.49 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 2. Fungi		
Familia	Género	Especie
Arthrodermataceae	Epidermophyton	Epidermophyton floccosum
	Microsporum	Microsporum spp.
	Trichophyton	Trichophyton spp
Cryptococcaceae	Cryptococcus	Cryptococcus neoformans
Ophiostomataceae	Sporothrix	Sporothrix schemckii
Pneumocystidaceae	Pneumocytis	Pneumocytis carinii
Saccharomycetaceae	Candida	Candida albicans
Trichocomaceae	Aspergillus	Aspergillus flavus
		Aspergillus fumigatus

Tabla 4.50 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 2. Virus ²⁵		
Familia	Género	Especie
Adenoviridae	Adenovirus	Todos los serotipos
Arenaviridae	Arenavirus	Lymphocytic choriomeningitis virus (cepas adaptadas en laboratorios) Tacaribe virus complex (Tamiami, Tacaribe, Pichinde)
Bunyaviridae (*)	Bunyavirus	Bunyamwera (y virus relacionados) California encephalitis virus
	Phlebovirus	Todas las especies (excepto el virus de la fiebre del Valle del Rift)
Caliciviridae		Todos los aislados
Coronaviridae	Coronavirus	Human corona virus (todas las cepas) Transmissible gastroenteritis virus of swine Hemagglutinating encephalomyelitis virus of swine Mouse hepatitis virus Bovine coronavirus Canine coronavirus Rat coronavirus Rabbit coronavirus Feline infectious peritonitis virus Avian infectious bronchitis virus
Flaviviridae (*)	Flavivirus	Yellow fever virus (cepa 17 D) Dengue virus (serotipos 1,2,3,4) Kunjin virus
Hepadnaviridae	Orthohepadnavirus	Hepatitis B virus
Herpesvirinae (Alphaherpesvirinae)	Poikilovirus	Todos los aislados
	Varicellavirus	Todos los aislados (Incluye Rinotraqueitis bovina infecciosa)
	No clasificados	Todos los aislados (excepto virus Herpes B (NBS4) y Pseudorabies) Incluye virus asociados con: Infección exanthema coital equina Rinotraqueitis felina infecciosa Laringotraqueitis infecciosa aviar
Herpesvirinae (Betaherpesvirinae)	Cytomegalovirus	Todos los aislados
	Muromegalovirus	Todos los aislados
Herpesvirinae (Gammaherpesvirinae)	Lymphocryptovirus	Todos los aislados (excepto Herpes ateles y Herpes saimiri, clasificados con NBS3).
	Thetalympoeryptovirus	Todos los aislados
Orthomyxoviridae	Influenzavirus	Influenza virus tipo A, Todos los aislados Influenza virus tipo B, Todos los aislados Influenza virus tipo C, Todos los aislados

²⁵ Los virus que se incluyen en este listado corresponden a aquellos cuyo ciclo se desarrolla en artrópodos (identificados con un asterisco), a través de los cuales pueden ser asociados con enfermedades en humanos y/o animales.

Familia	Género	Especie
Papovaviridae	Papillomavirus	Todos los aislados
	Polyomavirus	Todos los aislados
Paramyxoviridae	Paramyxovirus	Todos los aislados
	Morbillivirus	Todos los aislados (excepto Rinderpest)
	Pneumovirus	Todos los aislados
Parvoviridae	Parvovirus	Todos los aislados
Picomaviridae	Aphthovirus	Todos los aislados
	Enterovirus	Todos los aislados
	Cardiovirus	Todos los aislados
	Rhinovirus	
Poxviridae (Chordopoxvirinae)	Avipoxvirus	Todos los aislados
	Leporipoxvirus	Todos los aislados
	Parapoxvirus	Todos los aislados y no agrupados
	Suipoxvirus	Swinepox virus
Poxviridae	Orthopoxvirinae	Todos los aislados (excepto Viruela y Monkeypox, clasificados con NBS4)
Reoviridae	Orbivirus	Todos los aislados
	Rotavirus	Todos los aislados
Retroviridae	Lentivirinae	Todos los aislados, incluye HIV-I, HIV-II, solo especímenes no cultivados
	Spumavirinae	Sólo especímenes no cultivados
Retroviridae (Oncovirinae)	Oncomavirus C	Subgenero Oncomavirus C avian : Todos los aislados. Subgenero Oncomavirus C mammalian : Todos los aislados (incluye HTLV-I, HTLV-II solo como especímenes no cultivados)
	Oncomavirus B	Todos los aislados
Rhabdoviridae	Vesiculovirus	Todos los aislados
	Lyssavirus	Rabia virus (Fixed virus)
Togaviridae	Alphavirus (*)	Semliki forest virus Sindbis Chikungunya (high-passage strains) O'Nyong-Nyong Ross river virus Venezuelan equine encephalitis (solo cepa TC-53)
	Arterivirus	Equine arteritis virus
	Pestivirus	Bovine virus diarrhoea Border disease virus
	Rubivirus	Rubella virus
No clasificados		Norwalk viruses Non-A or non-B Hepatitis Virus Delta Hepatitis Virus Chronic infectious neuropathic agents (CHINAs): Kuru. Creutzfeldt-Jakob. Scrapie

Tabla 4.51 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 2. Protozoo (parásito)

Familia	Género	Especie
Amoebozoa	Entamoeba	Entamoeba histolytica
Apicomplexa	Babesia	Babesia microti Babesia divergens
	Cryptosporidium	Cryptosporidium spp
	Plasmodium	Plasmodium spp. (humanos- simios)
	Toxoplasma	Toxoplasma gondii
Ciliophora	Balantidium	Balantidium coli
Euglenozoa	Trypanosoma	Trypanosoma brucei Trypanosoma cruzi
Metamonada	Giardia	Giardia spp. (mamíferos)
Percolozoa	Naegleria	Naegleria fowleri

Tabla 4.52 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 2. Helmintos (parásito)

Familia	Género	Especie
Cestodos	Echinococcus	Todas las especies
	Hymenolepis	Hymenolepis diminuta Hymenolepis nana
	Teania	Teania saginata Taenia solium
Nematodos	Ancylostoma	Ancylostoma duodenale
	Angiostrongylus	Angiostrongylus spp.
	Ascaris	Ascaris spp.
	Brugia	Brugia spp.
	Loa	Loa loa
	Necator	Necator americanus
	Onchocerca	Onchocerca volvulus
	Strongyloides	Strongyloides spp.
	Toxocara	Toxocara canis
	Trichinella spp.	Trichinella spp.
	Trichuris	Trichuris trichiura
Wuchereria	Wuchereria bancrofti	
Trematodos	Clonorchis	Clonorchis sinensis
	Fasciola	Fasciola hepática
	Opisthorchis	Opisthorchis spp.
	Paragonimus	Paragonimus haematobium
	Schistosoma	Schistosoma haematobium Schistosoma japonicum Schistosoma mansoni

300

10.3.3.- Agentes con Nivel de Bioseguridad 3 (Nivel de Contención 3)

En este caso, las instalaciones requieren de un diseño y características especiales, en cuanto al control de acceso, segregación física y aerodinámica y medidas de control necesarias, existiendo especial cuidado en la gestión de los materiales y elementos de protección individual. Para este nivel existen regulaciones normativas referenciales que detallan las medidas de control que deben existir implementadas y que además comprenden los elementos de gestión y control. A continuación, en las Tablas 4.53 a 4.55, se presenta una lista de agentes correspondiente a los de nivel 3:

Tabla 4.53 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 3. Bacteria

Familia	Género	Especie
Bacillaceae	Bacillus	Bacillus anthracis
Brucellaceae	Brucella	Todas las especies
Burkholderiaceae	Burkholderia	Burkholderia mallei Burkholderia pseudomallei
Chlamydiaceae	Chlamydia	Chlamydia psittaci (solo cepas aviares)
Coxiellaceae	Coxiella	Coxiella burnetti
Enterobacteriaceae	Yersinia	Yersinia pestis
Francisellaceae	Francisella	Francisella tularensis, tipo A (biovar tularensis)
Mycobacteriaceae	Mycobacterium	Mycobacterium avium Mycobacterium bovis (cepa no BCG) Mycobacterium Tuberculosis
Pasteurellaceae	Pasteurella	Pasteurella multocida, tipo B
Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Pseudomonas malleri Pseudomonas Pseudomalleri
Rickettsiaceae	Rickettsia	Todas las especies

Tabla 4.54 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 3. Fungi

Familia	Género	Especie
Incertae sedis	Blastomyces	Blastomyces dermatitidis
Onygenaceae	Coccidioides	Coccidioides immitis
Moniliaceae	Histoplasma	Histoplasma capsulatum (incluye variedad duboisii)
Ajellomycetaceae	Paracoccidioides	Paracoccidioides brasiliensis

Tabla 4.55 Microorganismos de Nivel de Bioseguridad 3. Virus²⁶

Familia	Género	Especie	
Arenaviridae	Arenavirus	Allpahuayo virus Bear canyon virus Flexal virus Lymphocytic choriomeningitis virus, cepas neurotropicas Mobala virus Mopeia virus Oliveros virus Pirital virus Whitewater Arroyo virus	
		Douglas virus Germiston virus Ngari virus Oropouche virus Virus epidémico nefrótico	
Bunyaviridae	Bunyavirus	Andes virus Bayou virus Bermejo virus Black Creek Canal virus Cano Delgadito virus Dobrava-Belgrade virus Fiebre hemorrágica Coreana Hantaan virus Jujuitiba virus Khabarovsk virus Laguna Negra virus Lechiguana virus Maporal virus Monongahela virus New York virus Oran virus Pergamino virus Puumala virus Saaremaa virus Seoul Virus Slovakia virus Topografov virus	
		Nairovirus	Dugbe virus
		Orthobunyavirus	Akabane virus Garissa virus Xingu virus
		Phlebovirus	Orthobunyavirus
		No clasificado	Bhanja virus Enseada virus
Coronaviridae	Coronavirus	SARS coronavirus	

²⁶ Aquellos provenientes de artrópodos son identificados con asterisco.

Familia	Género	Especie
Flaviviridae (*)	Flavivirus	Israel turkey meningoencephalitis virus Japanese encephalitis virus Koutango virus Louping ill virus Murray Valley encephalitis virus Negishi virus Powassan virus Rocio virus Saint Louis encephalitis virus Virus Fiebre amarilla Wesselsbron virus West Nile virus
Herpesviridae	No clasificado	Agua Preta virus Issyk-kul
Herpesvirinae (Gammaherpesvirinae)	Rhadinovirus	Herpesvirus ateles Herpesvirus saimiri
Orthomyxoviridae	Thogotovirus	Araguari virus Batken virus Dhori virus Thogoto virus
Paramyxoviridae	Rubulavirus	Mapuera virus
Reoviridae	Orbivirus	African horse sickness virus
Retroviridae	Lentivirinae	Human immunodeficiency virus (HIV) (Todos los aislados y cultivados)
Retroviridae (Oncovirinae)	Oncomavirus C	Human T-cell leukemia/ lymphoma virus (HTLV-I, HTLV-II, cultivados)
	Oncarnavirus D	Mason. Pfizer monkey virus Virus de primates
Rhabdoviridae	Lyssavirus	Duvenhage virus Rabies virus
	Vesiculovirus	Piry virus Vesicular stomatitis virus
Togaviridae	Alphavirus (*)	Bijou Bridge virus Cabassou virus Chikungunya (recientemente aislados) Encefalitis equina oriental Encefalitis equina occidental Encefalitis equina Venezuela (excepto cepa TC-83) Everglades virus Mayaro virus Mucambo virus Tonate virus
Mammalian Prions	Agents of Spongiform Encephalopathies	Creutzfeldt-Jakob disease prion Fatal familial insomnia prion Gerstmann-Sträussler-Scheinker syndrome prion Kuru prion
Virus no clasificados		Somone virus

10.3.4.- Agentes con Nivel de Bioseguridad 4 (Nivel de Contención 4)

En este caso, las instalaciones requieren de un diseño y características especiales en cuanto a control de acceso, segregación física y aerodinámica y medidas de control necesarias, existiendo especial cuidado en la gestión de los materiales, elementos de protección individual y medidas de contención que eviten fugas de contaminantes hacia el exterior. A este nivel existen regulaciones normativas referenciales que detallan las medidas de control que deben existir implementadas y además comprenden los elementos de gestión y control. En la Tabla 4.56, a continuación, se presenta una lista de agentes correspondientes a este nivel:

Familia	Género	Especie
Arenaviridae	Arenavirus	Guanarito virus Junin virus Lassa virus Machupo virus Sabia virus
Bunyaviridae	Nairovirus	Crimean-Congo hemorrhagic fever
Filoviridae	Filovirus	Ebola virus Marburg virus
Flaviviridae (*)	Flavivirus	Absettarov virus Alkhurma virus Hanzalova virus Hypr virus Kumlinge virus Tick-borne encephalitis complex (Russian Spring-Summer Encephalitis, Kyasanur forest virus, Omsk hemorrhagic fever virus)
Herpesviridae (Alphaherpesvirinae)	Simplexvirus	Herpes B virus (Monkey B virus)
Paramyxoviridae	Henipavirus	Hendra virus
Poxviridae	Orthopoxvirinae	Viruela Monkeypox

303

10.4.- Evaluación de la Exposición a Agentes Biológicos

10.4.1.- Información necesaria

En la práctica, identificados uno o más agentes relacionados con exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá a su registro y clasificación según naturaleza, nivel de bioseguridad, grado de la exposición y riesgo asociado para los trabajadores, incluyendo sistemas de control existentes. Cuando se trate de trabajos que impliquen la exposición a varias categorías de agentes biológicos, la exposición se analizará basándose en el peligro que supongan todos los presentes. Su análisis y sus riesgos conlleva una serie de estudios y actuaciones que se pueden agrupar en dos etapas sucesivas:

²⁷ Aquellos provenientes de artrópodos son identificados con asterisco.

a) Identificación de los agentes biológicos y sus características:

Dada la gran influencia de las características individuales del trabajador, la evaluación de puestos de trabajo como grupos “homogéneos” es problemática y no debería contemplarse en ningún caso. Por lo tanto, la primera etapa de identificación de los agentes y sus riesgos, debería incluir por lo menos los siguientes aspectos (ésto supone la recolección general de antecedentes en terreno e información científica):

- Identificación de los agentes biológicos más probables, considerando sus fuentes de exposición, reservorios, información científica y posibles estudios epidemiológicos.
- El grado de virulencia (expresado como dosis infectiva mínima que representa la cantidad más pequeña de agente biológico necesaria para provocar una infección), la facilidad de propagación, la gravedad de las infecciones, así como eventuales tratamientos profilácticos y curativos²⁸.
- Mecanismos de transmisión: aerosoles, por contacto directo e indirecto, lesiones, vectores, huéspedes intermediarios, etc.
- Vías de entrada: respiratoria, digestiva, dérmica, parenteral, etc.
- Cantidad, volumen o concentración del agente en el material que se maneja.
- Datos epidemiológicos: presencia y grado de propagación del agente en el medio, frecuencia de infecciones, inmunización de la población y papel de los reservorios. Conocimiento de enfermedades que puedan ser contraídas como consecuencia de la actividad laboral, así como en concreto las enfermedades detectadas en el trabajo directamente relacionados con él, o la inclusión de dichas enfermedades en la lista de enfermedades profesionales (Decreto Supremo N° 109), por el que se reconoce y aprueba su incorporación como tal en el Sistema de Seguridad Social.
- Resistencia del agente biológico, supervivencia en las condiciones ambientales de trabajo (radiación ultravioleta, desecación, etc.).
- Profilaxis.
- Existencia de herramienta de vigilancia epidemiológica asociada a exposición laboral.

²⁸ Debe tomarse como referencia la clasificación de los agentes biológicos, recogida en la sección 10.2, dado que se ha establecido según estos criterios. La adscripción de un agente biológico en un determinado grupo, establece una valoración del riesgo intrínseco del microorganismo. Puesto que la clasificación de los agentes no ha tenido en cuenta más que el riesgo infeccioso, y la evaluación ha de tener en cuenta el efecto global, se deben considerar también los posibles efectos inmuno-alérgicos y tóxicos de los agentes biológicos como riesgo adicional a los mismos.

b) Caracterización de puestos de trabajo y tareas realizadas: La segunda etapa corresponde a la caracterización de los puestos de trabajo y de las tareas realizadas que involucran riesgo para el trabajador expuesto. Esto implica un estudio y registro preciso de dicho puesto, que debiera incluir:

- Descripción del puesto de trabajo, registrando las tareas que lo conforman y medios que se utilizan.
- Probabilidad de diseminación del material infectado, tanto en el proceso habitual, como si ocurre un accidente.
- Vías de penetración: a través de heridas, contacto por proyección de líquidos contaminados, inhalación de aerosoles, etc.
- Características de la exposición y contacto con agentes y frecuencia.
- Factores relativos a la organización y procedimientos de trabajo.
- Conocimiento de los posibles riesgos por parte del trabajador, según su formación inicial y la recibida sobre su puesto de trabajo.
- Medidas preventivas existentes, estado, seguimiento y/o efectividad de su aplicación.
- Posibilidad de determinación de los niveles de exposición, indicadores de su ingreso o efectos en aquellos casos en que sea posible la medición del agente biológico en el puesto de trabajo (lo que presupone la existencia de límites referenciales de exposición).

10.4.2.- Aspectos metodológicos de la determinación de la exposición

Para aquellas actividades que impliquen la intención deliberada de utilizar agentes biológicos, la evaluación de la exposición y sus riesgos puede resultar relativamente simple, porque las características de los microorganismos utilizados pueden ser conocidas y los procedimientos de utilización pueden estar determinados, así como los de la exposición y sus riesgos. En el caso de procesos de biotecnología, se puede agregar además el estricto seguimiento de medidas preventivas, a fin de asegurar, entre otras, una buena calidad del producto.

Cuando la exposición resulta de actividades en las que los microorganismos están o pueden estar en ellas de una manera no considerada por sus ejecutantes ni sus mandantes, la evaluación de la exposición y sus riesgos resulta más compleja, ya que algunos de los puntos contemplados anteriormente, al no estar considerados, deberán ser obtenidos y analizados de acuerdo a cada caso particular. De acuerdo a la experiencia, esto constituye una situación frecuente.

La determinación de la exposición implica aplicar una metodología que permita obtener toda la información disponible, necesaria y suficiente, en particular aquella asociada a la naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores y el grupo al

que pertenecen, de acuerdo con las tablas y criterios de clasificación señalados en el punto 10.3. La adscripción de cada agente biológico a un nivel de bioseguridad es fundamental, ya que establece directamente una valoración del riesgo intrínseco del microorganismo, por lo que si un agente no consta en alguna de las listas, se deberá estimar su riesgo de infección, teniendo en cuenta el concepto de Nivel de Bioseguridad (explicado en el punto 10.2), a efectos de asimilarlo provisionalmente a los incluidos en uno de los cuatro niveles previstos.

Cada agente biológico que pueda dar lugar a una exposición relacionada con una actividad laboral debe estar necesariamente incluido en un nivel de bioseguridad, de acuerdo con los criterios de clasificación contemplados en el punto 10.2, pero en caso de duda entre dos niveles, deberá considerarse en el nivel superior.

En definitiva, la metodología para determinar la exposición a agentes biológicos no difiere de la habitualmente utilizada en la determinación de la exposición a cualquier otro agente laboral. En este caso, el nivel de consecuencia vendrá dado fundamentalmente por el nivel de bioseguridad en el que el agente biológico haya sido clasificado, y la probabilidad de que se materialice el daño estará definida en función de las características de las tareas y los medios utilizados para controlar la exposición (contención), condicionada, a su vez, por la presencia de los agentes biológicos. Ésta puede ser permanente, esporádica o incidental, análisis que además deberá considerar el tiempo dedicado a las tareas con exposición a agentes con riesgo y las medidas de control que aplican.

10.4.3.- Evaluación de la exposición a agentes biológicos y trabajo pesado

Desde el punto de vista de la evaluación del riesgo por exposición a agentes biológicos, la información obtenida, relativa a la identificación de los agentes biológicos y sus características, así como aquella asociada a la caracterización de los puestos de trabajo y tareas realizadas, requiere de procesamiento previo bajo un formato que permita determinar la existencia de una condición laboral con riesgo sanitario.

Para ello, la metodología que se presenta implica la aplicación y/o elaboración de matrices de verificación que incluyan una descripción de las condiciones necesarias de contención que deben existir para asegurar su control sobre las diferentes tareas que incluyen exposición a los riesgos propios de la manipulación de agentes biológicos en cada rubro y actividad que involucre a éstos, en relación con lo señalado en el punto 10.3. Estas matrices de verificación deberán considerar, dentro de un análisis global, aspectos relativos a ubicación y acceso a la instalación, características constructivas, elementos de control ambiental, medios de contención perimetral (safety), así como condiciones necesarias y relativas a los servicios de asistencia y apoyo. Con ello, se deberán destacar las diferencias entre aquellas condiciones de carácter obligatorio y aquellas recomendadas, necesarias desde el punto de vista del control efectivo de la exposición verificada y sus

riesgos asociados. Al reconocer el cumplimiento de todas aquellas de carácter obligatorio como la condición esperada, la comparación con la realidad observada (condición verificada) permitirá establecer el nivel de control o contención alcanzado (puntaje o porcentaje).

De acuerdo a lo señalado, existen una serie de condiciones mínimas de contención a considerar dentro del estudio de una actividad o rubro, para cuyo análisis se requiere agruparlas en orden a facilitar el procesamiento de las mismas en matrices de verificación y, de esta forma, establecer factores de ponderación para cada una y para el puntaje correspondiente, que a la vez se distribuyen ponderadamente en cada matriz, en función de la importancia que se les asigna dentro del nivel de contención particular y global que debe considerar el control efectivo de la exposición y con ello, de sus riesgos, ponderación que permitirá obtener el valor real de contención global (R), basado en la existencia de los medios de contención necesarios y representativos del nivel de control o contención global en la instalación.

Para determinar el nivel de contención global es necesario establecer, en base a los requisitos normados, recomendados y aplicables al trabajo en estudio, los factores relevantes para su ejecución de manera controlada, que constituirán cada matriz en particular. A cada una de las cuales se les asignará una ponderación de acuerdo a su importancia (X_i) en el contexto global, cuya suma como máximo alcanzará el valor 1. Asimismo, cada matriz deberá considerar la desagregación del factor que representa en sus ítem más importantes diferenciables, que permitan evidenciar y objetivar la evaluación del factor, asignándole puntajes ponderados por su importancia relativa en su aporte al control o como contención del factor, situación en la cual el detalle, reconocimiento y verificación de la condición esperada permitirá establecer el puntaje correspondiente a cada matriz, M_i .

De esta forma, en cada matriz el puntaje obtenido, expresado en forma porcentual, equivaldrá al nivel de cumplimiento a través de sus ítem de cada factor en su correspondiente matriz, el cual aplicado a la ponderación del factor en la contención global (X_i) permitirá obtener el nivel de control aportado por éste al trabajo en estudio. La sumatoria de los valores obtenidos para cada factor y su ponderación respectiva permitirá obtener el nivel de contención real global existente en el trabajo en estudio (R):

$$R = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ME_i} \right) \times X_i$$

El valor de R obtenido presentará valores que variarán en el rango entre 0 y 1, lo que permite diferenciar tramos en relación con su nivel respecto a escala como la que se presenta en la Tabla 4.57, en la cual el mayor valor de la escala (4) corresponde al rango de R obtenido que representa una condición de control o contención muy baja y viceversa para el valor menor (1).

Tabla 4.57 Escala según valor relativo del nivel de contención existente en instalaciones en las que existe exposición a agentes biológicos

Rango R	Nivel Escala
0.00 - 0.25	4
0.25 - 0.50	3
0.50 - 0.75	2
0.75 - 1.00	1

A modo de ejemplo, se incluyen en Anexo un conjunto de matrices de verificación referenciales, aplicables a la calificación y registro de las condiciones de control por factor y sus ponderaciones correspondientes que deben poseer las instalaciones destinadas a laboratorios biomédicos en relación con su nivel de bioseguridad, constituidas por ítem recomendados (círculo en blanco) y exigidos (círculo en negro), a los cuales es posible agregar o retirar algunos de ellos, dependiendo del juicio profesional del especialista, quien además asignará en cada matriz 100 puntos teóricos ponderados distribuidos en sus ítem (MEi).

Las matrices de verificación utilizadas en el Anexo señalado, corresponden a aquellas contenidas en el documento Laboratory Biosafety Guidelines de la Public Agency of Health of Canada. Estas señalan las condiciones necesarias en laboratorios biomédicos y como tales representan solo un ejemplo de aplicación de la metodología planteada, el cual puede ser adaptable a otras actividades que incluyen la exposición a agentes biológicos y que involucran situaciones distintas, con mayor o menor complejidad.

Esto se puede realizar sumando a las verificaciones de condiciones de control y/o contención, la probabilidad que se den cita una serie de condiciones, requiriendo de la adecuación y/o elaboración de matrices como las que se entregan y pudiendo utilizar como referencia publicaciones como el Manual Práctico para la Evaluación de los Riesgos Biológicos en Actividades Laborales Diversas (Generalitat Valenciana 2004), la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos (INSHT 1997) o el Diseño de una Matriz de Exposición para el Análisis Integral de Puestos de Trabajo (Laborda, Megias y Genovés 1997).

10.4.4.- Evaluación de la exposición

Establecido el valor correspondiente dentro de la escala de la Tabla 4.57, asociado al nivel de contención global existente en la instalación para el trabajo en estudio y definido por el Nivel de Bioseguridad asignado, es necesario establecer la correlación entre el nivel de bioseguridad de el o los agentes biológicos a los que expone la actividad desarrollada y el nivel de exposición existente para el trabajo en estudio.

Para este efecto, a continuación se presenta la Tabla 4.58, en la cual, con el nivel de contención obtenido, valor de la escala y el nivel de bioseguridad requerido para el agente identificado (el de mayor riesgo sanitario), se determina el nivel de exposición (número) que corresponde al trabajador dentro del nivel de bioseguridad respectivo.

		Nivel de Bioseguridad			
		1	2	3	4
Nivel Escala, según valor R	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4

En el informe del estudio se debe incluir la información obtenida en éste, señalando los factores e ítem más importantes responsables de la exposición y el nivel obtenido y su aporte, junto con medidas de control que la disminuyan y permitir la calificación del puesto de acuerdo a lo que se señala en el punto 10.5.

10.5.- Evaluación del riesgo por exposición a agentes biológicos y trabajo pesado

Determinado el nivel de exposición según la Tabla 4.58, se establecerá el riesgo sanitario que está presente a través de la Tabla 4.59, la cual considera el nivel de exposición determinado, que, asociado con un código de colores, representa el nivel de carga presente. Existen 3 niveles de riesgo, cada uno con su respectivo color para los efectos de su asociación con trabajo pesado:

- **Nivel 1 (Color Verde):** Corresponde al trabajo desarrollado en condiciones de riesgo sanitario bajo, ya sea por el nivel de bioseguridad del agente y/o el nivel de contención global existente. Condición laboral representativa de una exposición controlada y no representativa de riesgo de enfermedad profesional, derivada de la exposición a agentes biológicos.
- **Nivel 2 (Color Amarillo):** Corresponde al trabajo desarrollado en condiciones de riesgo sanitario medio, ya sea por el nivel de bioseguridad del agente y/o el nivel de contención global existente. Condición laboral representativa de una actividad cuya realización incluye la presencia del riesgo debido a la falta de una gestión que incluya acciones de control sobre el riesgo y la exposición, y que favorece la existencia de casos con deterioro de la salud, requiriendo de evaluación médica competente para la detección y diagnóstico de los efectos en la salud de los trabajadores y en relación con las falencias de contención existentes registradas en las matrices de verificación correspondientes. Dentro de las columnas de la Tabla

4.59 correspondientes a niveles de bioseguridad 2 y 3, es factible mejorar el nivel de riesgo sanitario a nivel 1 (Tabla 4.60) a través de un plan de acción con las mejoras de contención del caso.

- Nivel 3 (Color Rojo):** Corresponde al trabajo desarrollado en condiciones de riesgo sanitario alto, debido a la naturaleza y características del agente y su nivel de bioseguridad, caso en el cual el nivel de contención actúa en mayor o menor grado sólo como un factor mitigador del nivel de riesgo que el agente tiene y la vulnerabilidad de los medios de contención exigidos. Dadas las características y naturaleza del agente con alta probabilidad de efecto letal para quien lo contacta en forma directa, las medidas de contención incluyen el uso de equipos e indumentaria de protección personal complejos, como los respiratorios, para efectos de autoexclusión, que implican una sobrecarga en la sola realización de la actividad, que obligan a un gran esfuerzo adaptativo y de consecuente desgaste físico, el cual debe ser evaluado ergonómicamente, junto con lo referente a otros efectos de carácter mental (estrés). El trabajo a este nivel de riesgo debe considerarse finalmente como pesado; su mejoramiento, dentro de su nivel de bioseguridad, sólo puede mejorar en términos de su contención, pero sin cambiar o perder su riesgo sanitario.

Tabla 4.59 Riesgo según la correlación expuesta en Tabla 4.58

		Nivel de Bioseguridad			
		1	2	3	4
Nivel Escala, según R _i	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4

Tabla 4.60 Clasificación de la carga según correlación expuesta en Tabla 4.59

Condición	Nivel Carga
Riesgo sanitario BAJO	1
Riesgo sanitario MEDIO	2
Riesgo sanitario ALTO	3

10.6.- Referencias Bibliográficas

American National Standards Institute (ANSI). 1998. ANSI Z358.1. American National Standard for Emergency Eyewash and Shower Equipment Arlington, Virginia.

American Society of Mechanical Engineers (ASME). 1989. ASME N510. Testing of nuclear air treatment systems. New York, NY.

Canadian Standards Association. 1995. CSA Z316.3-95. Biological containment cabinets: installation and field testing. Toronto.

Canadian Standards Association. 2001. CAN/CSA-B64.10-01/B64.10.1-01. Manual for the selection and installation of backflow prevention devices/manual for the maintenance and field testing of backflow prevention devices. Toronto.

European Committee for Standardization (CEN). 2000. BS EN 12469:2000. Biotechnology – performance criteria for microbiological safety cabinets.

Generalitat Valenciana. 2004. Manual Práctico para la Evaluación de los Riesgos Biológicos en Actividades Laborales Diversas. Biogaval. Disponible en Internet: http://portales.gva.es/c_economia/web/trabajo/normativa/seguridad-higiene/BIOGAVAL_2004.pdf

Institute of Environmental Science and Technology (IEST). 1993. IEST-RP-CC001.3. HEPA and ULPA filters. Rolling Meadows.

Institute of Environmental Sciences and Technology (IEST). 1997. IEST-RP-CC006.2. Testing Cleanrooms. Rolling Meadows.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). 1997. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos. Disponible en Internet: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/agen_bio.pdf

Laborda R, Megias J, Genovés J V. 1997. Diseño de una matriz de exposición para el análisis integral de puestos de trabajo. Factores Humanos 1997. Boletín 12: 18 - 22.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. 1968. Decreto Supremo N° 109. Aprueba reglamento para la calificación y evaluación de los accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Modificado por el Decreto Supremo N° 73 de 2005.

National Institutes of Health. 1979. National Cancer Institute Office of Research Safety and the Special Committee of Safety and Health Experts. Laboratory Safety Monograph: a supplement to the NIH guidelines for recombinant DNA research. Bethesda, MD.

NSF International. 2002. Class II (laminar flow) Biohazard Cabinetry. Standard 49. Ann Arbor, Michigan.

Parliament of Canada. 2009. An act to promote safety and security with respect to human pathogens and toxins. Statutes of Canada. Second session, Fortieth Parliament, 57-58 Elizabeth ii, 2009. Chapter 24. Disponible en Internet: <http://www2.parl.gc.ca/HousePublications/Publication.aspx?DocId=4015133&File=4>

Public Agency of Health of Canada. 2004. Laboratory Biosafety Guidelines. 3rd Edition. Disponible en: http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/lbg-ldmbl-04/pdf/lbg_2004_e.pdf. [Revisado mayo 2009].

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association. 1985. HVAC Air Duct Leakage Test Manual. Chantilly, Virginia.

United States Department of Agriculture. 2002. ARS facilities design standards. 242.1M-ARS. Facilities Division, Facilities Engineering BraNCh AFM/ARS.

10.7.- Anexo

Para los efectos de aplicación directa de las presente Guía Técnica, el análisis que determina que una actividad laboral, cuyo desarrollo incluye exposición a agentes biológicos, reúna las condiciones que le hacen merecer su clasificación como trabajo pesado, se ejemplifica en el caso de aquellas que involucran la intención deliberada de utilizar agentes biológicos en un tipo de instalación particular, como es el caso de aquellas destinadas a laboratorios microbiológicos y biomédicos, ambientes de trabajo en los cuales la evaluación se concentra principalmente en la determinación del nivel de suficiencia de las medidas de contención existentes en relación con la peligrosidad del agente biológico al cual el trabajo expone.

En esta situación, el conocimiento del o los niveles de bioseguridad es condición necesaria para definir el nivel de contención requerido (instalaciones, equipo y prácticas), características cuya aplicación conjunta reducirán al mínimo el riesgo de exposición del trabajador, la población y/o el ambiente a un agente biológico. La finalidad de los puntos que considera el ejemplo señalado es servir de guía y marco para el establecimiento de tal condición a través de la verificación de la existencia de condiciones mínimas de contención y control que debe poseer una instalación destinada a actividades que involucran exposición a agentes biológicos. Objetivamente, el análisis mencionado puede igualmente ser adaptado a otras actividades que incluyen este tipo de exposición y que involucran situaciones distintas con mayor o menor complejidad. Esto se puede realizar sumando a las verificaciones de condiciones de control y/o contención, la probabilidad que se den cita una serie de condiciones para que éste se manifieste, requiriendo de la adecuación y/o elaboración de matrices como las que se entregan.

En razón a lo expuesto y a modo de ejemplo, se ha elaborado un conjunto de matrices de verificación que debería considerar la evaluación y el riesgo asociado a la exposición a agentes biológicos en instalaciones destinadas a laboratorios biomédicos²⁹, cuyas exigencias de infraestructura tienen relación con el nivel de control necesario, de acuerdo al nivel de bioseguridad del o los agentes biológicos sometidos a análisis, y los niveles de contención necesarios. Estas matrices incluyen una descripción de las condiciones mínimas de contención que aseguran el control de la exposición y sus consiguientes riesgos, cuya diferenciación en cuanto a cada ítem analizado, requiere de su respectiva ponderación dentro del control global necesario.

Para dicho efecto, se ha considerado la utilización de 7 matrices elaboradas y destinadas a verificar la existencia y uso de condiciones asociadas a aspectos de ubicación y acceso, características constructivas, elementos de control ambiental, medios de contención perimetral y condiciones necesarias y relativas a los servicios de asistencia y apoyo. Cada una de las matrices hace alusión a requisitos de carácter mandatorio (obligatorio) y otros de tipo recomendado³⁰. En este sentido, tal como fuera mencionado, el cumplimiento de los requisitos de infraestructura mandatorios, representa el cumplimiento del nivel de contención mínimo necesario que demanda el nivel de bioseguridad del organismo con el cual eventualmente se pudiera tener contacto no controlado.

²⁹ Toda instalación destinada al análisis e identificación de agentes biológicos.

³⁰ Requisito mandatorio señalado en un círculo negro (●) y aquél de tipo recomendado, señalado mediante un círculo blanco (○)

Matriz 1: Ubicación y Acceso al Laboratorio, Factor de Ponderación, X1 = 0.15					
Matriz 1	Nivel de Contención				Ubicación y Acceso al Laboratorio
	1	2	3	4	
1	●	●	●	●	Existencia de puerta que separa el laboratorio de área de acceso público.
2		●	●	●	Acceso limitado solo a personal autorizado.
3		●	●	●	Existencia de señalética en puertas (señal riesgo biológico, nivel de contención, contacto para información, requerimientos para el ingreso).
4	●	●	●	●	El tamaño de puertas debe permitir el paso del equipamiento necesario.
5		●	●	●	Las puertas de acceso al laboratorio deben poseer cerraduras de seguridad (no aplicable a áreas fuera del laboratorio).
6			●	●	Las puertas de acceso deben estar provistas con medios de control (tarjeta de acceso, clave de acceso, acceso biométrico, etc.).
7			○	●	Todo medio de bloqueo electrónico poseerá un medio físico como elemento de seguridad.
8		○	●	●	Las áreas destinadas a tareas administrativas, deben ubicarse fuera del laboratorio; sin embargo, aquellas estaciones destinadas a recolección de datos pueden ubicarse en el interior de éste, pero alejadas de las áreas de análisis.
9			●	●	El ingreso al laboratorio, se realiza a través de antesala o cámara esclusa.
10			●		Las puertas de acceso a antesala, que separan área limpia de área sucia, no podrán abrirse al mismo tiempo, deberán poseer medios de enclavamiento.
11				●	Las puertas de acceso a antesala, que separan área limpia de área sucia, no podrán abrirse al mismo tiempo, deberán poseer medios de enclavamiento y señales de alarma luminosa, sonora u otra.
12			●	●	El enclavamiento, podrá ser anulado en el caso de salidas de emergencia.
13			●	●	El acceso al laboratorio deberá ser realizado a través de áreas de cambio de indumentaria, separando ropa personal de ropa de uso exclusivo en laboratorio.
14			●	●	La salida desde el laboratorio deberá ser realizada a través de barrera de contención representada por ducha, la cual separará área limpia de área sucia. Laboratorios con nivel de contención 3 (NC3), que manipulan organismos como HIV, cuya vía infectiva no es aérea, no requieren cumplir esta condición.
15				●	El ingreso al laboratorio debe ser realizado a través de antesala con puertas herméticas (sello de presión). Para laboratorios que solo utilizan gabinetes de bioseguridad Clase III, no se requiere del uso de puertas herméticas.
16				●	El ingreso al laboratorio debe ser realizado utilizando un traje de autoexclusión, como barrera de contención, sobre el cual se aplicará una ducha química (aspersión de solución desinfectante) a instalar entre área limpia de cambio de indumentaria y laboratorio; la cual también será utilizada al momento de salir del mismo. Para laboratorios que solo utilizan gabinetes de bioseguridad Clase III, no se requiere de ducha química al ingreso/egreso.
17			○	●	Los laboratorios deberán ubicarse próximos a los servicios de apoyo y soporte mecánico a fin de limitar el potencial de contaminación.
18			○	●	Los laboratorios de contención deberán ser ubicados fuera de edificios destinados a otros propósitos.
19			○	○	Las áreas que brindan soporte deben estar adyacentes al laboratorio.

Matriz 2: Características Constructivas del Laboratorio, Factor de Ponderación, X2 = 0.10					
Matriz 2	Nivel de Contención				Características Constructivas, Sellos y Acabados
	1	2	3	4	
1		○	●	●	Puertas, ventanas, taburetes, escritorios de material no absorbente o permeable.
2		●	●	●	Superficies de trabajo de escritorios no absorbentes.
3	○	●	●	●	Superficies de trabajo resistentes a humedad, químicos y calor, de acuerdo solicitudes.
4	○	○	●	●	Superficies de trabajo resistentes a impactos en relación a solicitudes y actividades realizadas.
5		○	●	●	Superficies de trabajo continuas y compatibles con materiales a instalar sobre éstas, manteniendo adhesión y continuidad; en el caso de laboratorios con NC3, se recomienda continuidad piso pared.
6			●	●	Debe existir continuidad del sello entre pared y piso (se recomienda una sola cubierta entre piso y pared).
7			●	●	Se deberá considerar que el material de las cubiertas a instalar en mesones deberá impedir o minimizar el paso de gases o líquidos (no permeables)
8	○	●	●	●	Las cubiertas de mesones interiores deberán ser resistentes a gases y químicos, en concordancia con las solicitudes propias de la actividad realizada (desinfección química, fumigación, etc.).
9			●	●	Las cubiertas interiores de mobiliario (repisas) deberán ser sanitizables.
10				●	La estabilidad estructural de los ductos de transporte deberá considerar 1.25 veces la presión máxima de diseño ante fallas en el sistema de ventilación, sin presentar daño o deformación.
11	○	○	●	●	Los escritorios y mesones no deberán presentar grietas o aberturas.
12	○	○	○	○	Los mesones de trabajo deberán considerar medios de control de derrame.
13	○	○	○	●	Mesones, puertas, cajones, tiradores y otros, deberán poseer bordes redondeados, libres de asperezas y filos.
14	○	○	○	○	Los lavatorios deberán estar firmemente adheridos a muros, procurando un buen sello a nivel de unión con éste.
15	○	○	○	○	La estantería deberá poseer elementos y medios contra el volcamiento del material almacenado.
16	○	○	○	○	Cajones deberán poseer los medios que eviten su salida al momento de su máxima abertura.
17				○	Los cajones deberán ser construidos de una sola pieza.
18	○	○	○	○	Las puertas de gabinetes y/o armarios, no deberán poseer medios de autocierre.

Matriz 3: Ventilación y Acondicionamiento Térmico del Aire, Factor de Ponderación, X3 = 0.20					
Matriz 3	Nivel de Contención				Ventilación y Acondicionamiento Térmico del Aire
	1	2	3	4	
1		○	●	●	El aire inyectado será 100% de origen externo (no habrá recirculación).
2			●	●	El barrido del aire deberá ser realizado en dirección de las áreas de mayor nivel de contención, favoreciendo el desarrollo de gradientes diferenciales del orden de ± 25 Pa.
3			●	●	Al momento del ingreso, deberán existir dispositivos de control que permitan visualizar el gradiente de presión entre el laboratorio y áreas relacionadas.
4				●	Deberá existir un sistema de monitoreo de la presión diferencial existente a nivel de filtros tipo HEPA instalados en las líneas que abastecen con aire las instalaciones del laboratorio.
5			●	●	Se deberá instalar alarma (sonora y/o luminosa) en el interior y exterior del laboratorio, como señal de advertencia al momento de falla del sistema de ventilación.
6			●		Donde así lo determine el análisis de riesgos, se deberá instalar un ducto adicional de abastecimiento de aire, provisto con filtros absolutos tipo HEPA y caja de regulación de flujo.
7				●	El aire inyectado deberá ser aire filtrado a través de filtros tipo HEPA.
8			●	●	El suministro de aire deberá ser independiente de otras áreas del laboratorio. En el caso de laboratorios NC3, el suministro puede ser combinado con aire proveniente de áreas con bajos niveles de contaminación provistas con elementos de protección, como filtros tipo HEPA o caja de regulación de flujo, ubicadas aguas abajo de la conexión. (Para laboratorios NC3 que manipulan organismos, como HIV, que no son propagados por vía aérea, este criterio solo es recomendado).
9			●	●	El sistema de suministro de aire debe ser enclavado con el sistema de extracción, previniendo la presurización positiva del laboratorio.
10			●	●	Todo el aire extraído debe ser filtrado a través de filtros tipo HEPA. (Para laboratorios NC3 que manipulan organismos, como HIV, que no son propagados por vía aérea, no es requerido la aplicación de este criterio).
11				●	El aire extraído debe pasar a través de dos etapas de filtración tipo HEPA.
12			●	●	La instalación de filtros tipo HEPA en los sistemas de suministro y extracción, deberá ser conforme a los requerimientos señalados en el procedimiento (IEST-RP-CC001.3).
13				●	Las cámaras de filtros que albergan los filtros tipo HEPA, deberán ser diseñadas con la resistencia estructural necesaria para soportar cambios de presión del orden de 2500 Pa [10" cda].
14			●		Donde los filtros tipo HEPA son utilizados como medio de protección, en relación con el análisis de riesgo local, las cámaras de filtros correspondientes, deberán ser diseñadas con la resistencia estructural necesaria para soportar cambios de presión del orden de 2500 Pa [10" cda].
15			●	●	Las cámaras de filtros que albergan los filtros tipo HEPA, diseñadas con la resistencia estructural necesaria para soportar cambios de presión del orden de 2500 Pa [10" cda], deberán considerar la existencia de un método de aislamiento y descontaminación. (Para laboratorios NC3 que manipulan organismos, como HIV, que no son propagados por vía aérea, este criterio solo es recomendado).
16			●	●	El sistema de extracción de aire, deberá ser independiente de otras áreas del laboratorio. En el caso de laboratorios NC3, éste puede ser combinado con el de áreas de baja contaminación, provistas de filtros absolutos tipo HEPA, instalados aguas arriba de la conexión. (Para laboratorios NC3 que manipulan organismos, como HIV, que no son propagados por vía aérea, este criterio solo es recomendado).

17			○	●	Los sistemas de suministro y extracción de aire, ubicados en el exterior del laboratorio, deberán ser accesibles para tareas de reparación, mantenimiento, limpieza e inspección.
18				●	Los ductos de transporte y suministro de aire que están ubicados en el exterior del perímetro del laboratorio, es decir, entre el perímetro y filtros absolutos o caja de regulación de flujo, deberán ser sellados herméticamente, conforme con el procedimiento señalado por Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA) Seal Class A. (HVAC 1985).
19			●		Donde el análisis de riesgo así lo determine, la instalación de un ducto de suministro de aire proveniente desde el exterior del perímetro del laboratorio, es decir, entre él y filtros absolutos o caja de regulación de flujo, deberán ser sellados herméticamente, conforme con el procedimiento señalado por Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA) Seal Class A.
20			●	●	Los ductos de transporte y extracción de aire que están ubicados en el exterior del perímetro del laboratorio, es decir, entre el perímetro y filtros absolutos o caja de regulación de flujo, deberán ser sellados herméticamente, conforme con el procedimiento señalado por Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA) Seal Class A. (Laboratorios NC3 que manipulan organismos como HIV, que no son infecciosos por vía aérea no requieren de la aplicación de este criterio).
21			●	●	Los dispositivos de control de flujo y sensores necesarios, deberán ser ubicados aguas abajo de los filtros HEPA instalados en la línea de extracción y aguas arriba de la caja de regulación de flujo o filtro HEPA instalado en la línea de inyección, los ductos respectivos deberán ser sellados herméticamente, conforme con el procedimiento señalado por Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA) Seal Class A. (Laboratorios NC3 que manipulan organismos como HIV, que no son infecciosos por vía aérea no requieren de la aplicación de este criterio).
22			●	●	Las cajas de regulación del flujo de aire y filtros absolutos tipo HEPA, deberán ser instalados en un contenedor cerrado próximo al perímetro del laboratorio. (Laboratorios NC3 que manipulan organismos como HIV, que no son infecciosos por vía aérea no requieren de la aplicación de este criterio).

Matriz 4: Medios de Contención Perimetral, X4 = 0.10

Matriz 4	Nivel de Contención				Medios de Contención Perimetral
	1	2	3	4	
1	○	●			Deberá poseer autoclave u otro medio aceptable para el tratamiento y disposición de desechos.
2			●	●	De poseer un autoclave en el interior del perímetro del laboratorio, el acceso a ésta deberá considerar su instalación en una sala aislada y autoclave de doble puerta. El cuerpo del autoclave deberá ser instalado, preferentemente fuera del perímetro, con el objeto de facilitar su mantenimiento. (Laboratorios NC3 que manipulan organismos como HIV, que no son infecciosos por vía aérea no requieren de la aplicación de este criterio)
3			●		El sistema de acceso a autoclave, constituido por sus dos puertas, deberá considerar el enclavamiento de las mismas o una señal de alarma luminosa o sonora que indique la abertura de ambas al mismo tiempo.
4				●	El sistema de acceso a autoclave, constituido por sus dos puertas, deberá considerar el enclavamiento de las mismas y una señal de alarma luminosa o sonora que indique la abertura de ambas al mismo tiempo.
5			●	●	Para materiales no autoclavables, se deberá considerar la implementación de tecnologías alternativas para el tratamiento de desechos (esterilización química o incineración).
6			●	●	Todas las uniones propias de la construcción y discontinuidades observables en las diferentes barreras de contención, deberán ser bien selladas con el objeto de mantener el nivel de contención necesario.
7			●	●	Todos los conductos correspondientes a suministro eléctrico, comunicaciones, ventilación, drenaje, etc., deberán ser bien sellados con el objeto de mantener el nivel de contención necesario.
8	●	●			Aquellas ventanas que se puedan abrir, deberán ser protegidas con elementos de control de vectores.
9			●	●	Las ventanas ubicadas en áreas pertenecientes a la barrera de contención deberán permanecer cerradas y selladas; considerando que el cristal a instalar sea acorde con el nivel de seguridad necesario (security).
10			○	○	Deberá considerarse la instalación de ventanas de observación en los muros que definen la barrera de contención (muros perimetrales del laboratorio).

Matriz 5: Servicios de Apoyo y Asistencia, X5 = 0.10					
Matriz 5	Nivel de Contención				Servicios de Apoyo y Asistencia
	1	2	3	4	
1	●	●			Se deberá considerar la existencia de un área de cambio de indumentaria, en la cual se instalarán casilleros individuales, separados e independientes, uno destinado a la ropa de trabajo y el otro a la vestimenta habitual.
2	●	●	●	●	Lavamanos deberán ser ubicados en lugares próximos al punto de salida desde el laboratorio o en antesala de ingreso. No aplicable en el caso del uso de trajes de autoexclusión en laboratorios NC4.
3		○	●	●	Lavamanos deberán estar provisto con sistema de accionamiento del tipo "manos libres".
4			●	●	Se deberá considerar la instalación de gabinetes de bioseguridad u otro medio de contención primaria.
5		○			En el caso de procedimientos que involucran generación de aerosoles o aquellos que incluyen altas concentraciones, grandes volúmenes o un particular tipo de agente, se deberá considerar la instalación de gabinetes de bioseguridad u otro medio de contención primaria.
6		●	●		Se deberá considerar la instalación de lavaojos en concordancia con regulaciones como ANSI Z358.1-1998.
7		●			Se deberá proveer un equipo de ducha de emergencia en concordancia con regulaciones como ANSI Z358.1-1998.
8			●		Cuando no sea posible limitar la cantidad de sustancias químicas peligrosas, se deberá instalar un equipo de ducha de emergencia en concordancia con regulaciones como ANSI Z358.1-1998.
9			●	●	Las líneas de suministro de agua potable deberán estar provistas con sistemas de control de reflujo, en concordancia con regulaciones como CAN/CSA-B64.10-01/B64.10.1-01, debiendo Servicios de Apoyo y Asistencia considerar la instalación de la válvula de aislamiento (llave de paso) en la proximidad del perímetro de contención.
10			●		Las líneas de drenaje y aquellas relacionadas (incluyendo control de condensados de autoclave) deberán estar separadas de las áreas correspondientes a laboratorios de menor nivel de contención y evacuar directamente a planta de tratamiento o punto de descarga de la instalación, ubicada aguas abajo de cualquier otra conexión.
11				●	Las líneas de drenaje y aquellas relacionadas (incluyendo control de condensados de autoclave) deberán estar separadas de las áreas correspondientes a laboratorios de menor nivel de contención y ser conectadas a sistema de esterilización de efluentes.
12				●	Las líneas de drenaje conectadas con el sistema de esterilización de efluentes, deberán considerar descarga por gravedad e instalación de válvulas para su aislamiento y descontaminación. Los componentes del sistema de evacuación y esterilización, deberán ser resistentes a la tecnología de control utilizada (calor, acción química, etc.).
13			●	●	El drenaje de condensado del autoclave, deberá considerar una conexión cerrada. En el caso de laboratorios NC3, esta podrá ser abierta, siempre y cuando se encuentre ubicada en el interior del perímetro de contención.
14			●	●	Las trampas de drenaje (sifones) deberán proveer del sello necesario en consideración de los diferenciales de presión generados.
15			○	●	Se deberán evitar drenajes a nivel de piso, excepto cuando ello sea absolutamente necesario, como es el caso de duchas de cuerpo y bioterios.
16				●	Las líneas de ventilación (venteo) del sistema de drenaje, incluyendo el sistema de esterilización de efluentes, deberán ser provistas con filtros de eficiencia equivalente a filtro HEPA y los medios que permitan su aislamiento y descontaminación.

17			●		Las líneas de ventilación (venteo) del sistema de drenaje, deberán ser independientes de aquellas existentes en áreas con menor nivel de contención o combinadas con las líneas existentes en áreas con menor nivel de contención que cuenten con filtros de eficiencia equivalente a filtro HEPA instalados aguas arriba de la conexión. Laboratorios CL3 que manipulan organismos, como HIV, que no son infecciosos por vía aérea no requieren de la aplicación de este criterio.
18			○	●	Los cilindros de gas comprimidos, deberán ser instalados fuera del laboratorio.
19				●	Las líneas de suministro de gases, deberán estar provistas de los medios de control de reflujo.
20			●	●	Se deberá considerar la existencia de una bomba de vacío portátil. La contaminación interna de ésta deberá ser minimizada mediante la instalación de filtros tipo HEPA o trampas al paso de aire con desinfectante.
21				●	Los elementos de protección personal, representados por trajes de autoexclusión, deberán ser provistos con una conexión a línea de aire capaz de dotar éste de presión positiva y los medios para la instalación de canister con autonomía de 30 minutos. Las conexiones que provean de aire a los trajes de autoexclusión deberán ser instaladas en todas las áreas en que su uso sea necesario, incluyendo ducha química y área de cambio de indumentaria.
22			●	●	Deberá existir sistema de iluminación de emergencia.
23			●	●	Las líneas de los sistemas de seguridad, iluminación, sistema de ventilación y acondicionamiento del aire, gabinetes de bioseguridad y otros equipos críticos deberán estar conectados con sistemas de respaldo de energía (equipo electrógeno), previendo situaciones de corte del suministro eléctrico.
24			●	●	Los elementos de corte del suministro de energía eléctrica, deberán estar ubicados fuera del área de contención biológica.
25			○	○	Ballats y partidores de luminarias fluorescentes, deberán estar fuera del área de contención biológica.
26			●	●	El laboratorio deberá estar provisto con un sistema de comunicación entre el área de contención biológica y áreas relacionadas, incluyendo apoyo y asistencia.
27			●	●	El laboratorio deberá estar provisto con un sistema de transferencia de datos electrónico, evitando la salida de información desde el laboratorio, mediante el uso de medios físicos; los que deberán ser sometidos a un proceso de descontaminación (autoclavado, irradiación, microonda, etc.), practicas generalmente no recomendadas para el caso de rutinas básicas.
28				●	El trabajo en el interior del laboratorio deberá ser monitoreado (circuito cerrado televisión) desde el exterior del perímetro del laboratorio.

320

Matriz 6: Integridad Estructural del Nivel de Contención, X6 = 0.10

Matriz 6	Nivel de Contención		Integridad Estructural del Nivel de Contención
	3	4	
1	●	●	La integridad de las diferentes superficies que constituyen el habitáculo deberán ser chequeadas visualmente o con ayuda de un fumígeno. La inspección deberá considerar piso s, muros y cielo, incluyendo la integridad de las uniones piso /muro muro/cielo. El criterio de aceptación, tiene relación con la confirmación de la integridad ante todo posible ingreso y/o fuga no controlada (equipos y servicios), así como la indemnidad de sellos alrededor de puertas, ventanas, autoclave, etc.
2		●	La integridad de la contención en la instalación, deberá ser chequeada mediante un test de decaimiento de la presión interna, cuyo criterio de aceptación señala que al realizar dos tests consecutivos debe existir una pérdida mínima de presión de 250 Pa [1" cda], al cabo de 20 minutos de ser aplicada una presión inicial de 500 Pa [2" cda]. [ARS facilities design standards 2002].

Matriz 7: Equipos y Sistemas de Control Aerodinámico, X7 = 0.25			
Matriz 7	Nivel de Contención		Equipos y Sistemas de Control Aerodinámico
	3	4	
1	●	●	Los gabinetes de bioseguridad Clase I y II, deberán ser chequeados en su estado de funcionamiento en el lugar de su instalación, de acuerdo a lo señalado en regulaciones como NSF/ANSI 49-2002 o CSA Z316.3-95.
2	●	●	Los gabinetes de bioseguridad Clase III, deberán ser chequeados en su estado de funcionamiento y en el lugar de su instalación, de acuerdo a lo señalado en Laboratory Safety Monograph, NIH 1979 & BS EN 12469-2000.
3	●	●	Se deberá chequear el estado de funcionamiento del sistema de enclavamiento de los interruptores que accionan los ventiladores que abastecen las necesidades de equipos como los gabinetes de bioseguridad Clase II, tipo B2.
4	●	●	Se deberán chequear (bajo condiciones de prueba) las alarmas de detección de falla de los sistemas de extracción de gabinetes de bioseguridad.
5	●	●	La Integridad de los filtros HEPA instalados en las líneas de suministro y extracción de aire, requiere de la aplicación de ensayos que verifiquen el nivel de eficiencia en la retención de partículas, de acuerdo a método de evaluación como el IEST-RP-CC-006.2. Otro tipo de filtros solo requieren de inspección visual y sustitución periódica.
6	●	●	La integridad de las cámaras que albergan los filtros absolutos tipo HEPA, incluyendo las cajas de regulación de flujo de ingreso y salida, ubicadas en el ducto de suministro, donde los filtros absolutos son utilizados como elementos de protección y aquellas instaladas en los ductos de evacuación, deberán ser chequeadas en terreno, mediante la aplicación de un test de decaimiento de la presión interna en concordancia con ASME N510.
7	●		Los ductos de suministro, donde se requiere protección, y ductos de evacuación de aire localizados entre el perímetro de contención del laboratorio y filtro absoluto tipo HEPA o caja de regulación de flujo, deberán ser chequeados en terreno, mediante la aplicación de un test de decaimiento de la presión interna en concordancia con ASME N510.
8		●	Los ductos de suministro y extracción de aire ubicados entre el perímetro de contención del laboratorio y filtro absoluto tipo HEPA o caja de regulación de flujo, deberán ser chequeados en terreno, mediante la aplicación de un test de decaimiento de la presión interna en concordancia con ASME N510.
9	●	●	Los gradientes de presión existentes entre áreas relacionadas deberán ser verificados, considerando como criterio de aceptación la demostración visual de la existencia de un flujo de aire, en el sentido que asegura el control de la contaminación (demostración mediante el uso fumígeno y condiciones normales de funcionamiento).
10	●	●	Se realizarán pruebas del funcionamiento de los sistemas de alarma de falla de los componentes de los diferentes sistemas, incluyendo sistema de ventilación, suministro eléctrico, evacuación de gabinetes de bioseguridad Clase II, tipo B2, etc.; lo que incluye la verificación de los sistemas de alarma luminosa y sonora.

GLOSARIO DE TÉRMINOS SELECCIONADOS

RUIDO:

- **Ruido:** Desde el punto de vista físico, el ruido está conformado por la superposición de ondas sonoras de distintas frecuencias y amplitudes. Es una forma de energía mecánica generada por cuerpos que vibran (equipos, máquinas, herramientas, etc.), que se transmite por un medio elástico y al ingresar al sistema auditivo del ser humano puede causar daño o alteraciones a la salud.
- **Onda sonora:** Es una perturbación que se propaga a través de cualquier medio elástico, siendo su característica principal el transporte de energía sonora. El medio de propagación más común es el aire.
- **Amplitud de una onda sonora:** Representa el desplazamiento máximo longitudinal de las moléculas del medio por el cual se propaga; se asocia físicamente a las variaciones de presión en el medio de propagación.
- **Frecuencia de una onda sonora:** Es el número de oscilaciones que una onda efectúa en un determinado intervalo de tiempo. La unidad con la cual se mide la frecuencia es el Hertz (Hz), que representa el número de ciclos por segundo.
- **Presión sonora:** Variaciones de presión producidas por una onda sonora y que se superponen a la presión atmosférica. Unidad Pascal (Pa).
- **Nivel de presión sonora (NPS):** 20 veces el logaritmo (de base 10) de la razón entre una presión sonora y la presión sonora de referencia. Se expresa en decibeles (dB). La presión sonora de referencia es de 20 μ Pa:

$$\text{NPS} = 20 \log (P_s / P_{\text{ref}}) \text{ [dB]}$$

Donde:

P_s = Presión Sonora en μ Pa.

P_{ref} = 20 μ Pa (umbral de audición).

- **Tasa de intercambio de igual energía:** Expresa cuánto tendría que aumentar o disminuir el Nivel de Presión Sonora para mantener constante la energía sonora equivalente cuando se duplica o se reduce a la mitad el tiempo de exposición. En Chile la legislación vigente considera una Tasa de Intercambio igual a 3 dB.
- **Respuesta auditiva:** El ser humano es capaz de detectar sonidos que se encuentran en un determinado rango de amplitudes y frecuencias. Respecto de las frecuencias el campo auditivo va de los 20 Hz a 20 000 Hz, y respecto de las amplitudes desde 20 μ Pa (0 dB) a 20 Pa (120 dB).

- **Espectro sonoro:** Es la distribución del nivel de presión sonora en función de la frecuencia. Se puede representar en forma gráfica o tabular a través de un análisis de frecuencia.
- **Análisis de frecuencia de banda de octava:** El espectro audible se divide en 11 bandas de frecuencia, cada una de ellas se identifica por una frecuencia central, cuyos valores son: 16 Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz y 16 000 Hz.
- **Curva de ponderación "A":** Es una curva de ponderación que simula la respuesta auditiva en frecuencia del oído humano. Al aplicar la ponderación A en una medición de ruido se obtiene el Nivel de Presión Sonora en dB(A).
- **Nivel de presión sonora ponderado A (NPS dB(A)):** Es el nivel de presión sonora obtenido utilizando la curva de Ponderación A, su unidad es el dB(A). Es una medición que no aporta información sobre cómo se distribuye la energía acústica en el espectro audible (20 Hz a 20 000 Hz), sino que indica el nivel de ruido total o en banda ancha, que es percibido por una persona.
- **Nivel de presión sonora continuo equivalente (NPS_{eq}):** Es un nivel de presión sonora constante, que en un mismo intervalo de tiempo de medición, contiene la misma energía total que el ruido medido (estable o fluctuante). Este parámetro se puede utilizar para medir el ruido en forma total (dB(A)), como también, en cada una de las bandas de un análisis de frecuencia (dB).
- **Nivel de presión sonora máximo (NPS_{max}):** Corresponde al mayor nivel de presión sonora registrado durante el período de medición. Este parámetro se puede utilizar para medir el ruido en forma total (dB(A)), como también, en cada una de las bandas de un análisis de frecuencia (dB).
- **Nivel de exposición normalizado a 8 h (NPS_{eq,8h} dB(A)):** Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (con ponderación A) correspondiente a una exposición sonora durante un período de tiempo normalizado de 8 h, que es la misma que la exposición sonora durante el período de tiempo efectivo de exposición.
- **Ruido estable:** Aquel que presenta fluctuaciones temporales del nivel de presión sonora menores a 5 dB(A), medidos en 1 minuto.
- **Ruido fluctuante:** Aquel que presenta fluctuaciones temporales del nivel de presión sonora mayores a 5 dB(A), medidos en 1 minuto.
- **Límite máximo permisible (LMP):** Nivel de Exposición a Ruido bajo el cual se cree que la salud de casi todos los trabajadores que puedan estar expuestos repetidamente, día tras día, no tiene efectos adversos para su salud (probabilidad baja). Para una exposición normalizada de 8 h el LMP es igual a 85 dB(A).

- **Nivel de acción:** Nivel de exposición a ruido que considera la susceptibilidad individual, por lo cual, la probabilidad de efectos adversos para la salud de los trabajadores es aún mas baja que para el LMP. Para una exposición normalizada de 8 h el Nivel de Acción es igual a 82 dB(A).
- **Exposición ocupacional a ruido sobre el límite máximo permisible:** Es aquella en que el Nivel de Exposición Normalizado a 8 h (NPSeq8h dB(A)) es mayor al LMP de 85 dB(A).
- **Exposición ocupacional a ruido bajo el límite máximo permisible:** Es aquella en que el Nivel de Exposición Normalizado a 8 h (NPSeq8h dB(A)) es inferior o igual al LMP de 85 dB(A).
- **Ruido de fondo en el puesto o lugar de trabajo:** es el nivel de ruido que prevalece en el puesto o lugar de trabajo sin las actividades intrínsecas que en él se realizan.
- **Confort acústico:** Conjunto de condiciones acústicas que permiten realizar las actividades laborales de forma adecuada y con normalidad. El confort acústico se valora en base a la aplicación de curvas de criterio de ruido que relacionan la actividad con el ruido de fondo que se recomienda para el puesto o lugar de trabajo.
- **Curvas de criterio de ruido:** Corresponden a curvas de ruido de referencia en bandas de octava, que permiten valorar ambientes sonoros (ruido de fondo) en relación al confort acústico, según el grado de exigencia del puesto o lugar de trabajo respecto a comunicación, concentración, trabajo intelectual, salud de las personas, etc.
- **Curvas de criterio de ruido NCB (Balanced Noise Criterion Curves):** Las Curvas NCB fueron creadas por Leo Beranek en 1989, y establecen niveles de presión sonora referenciales en frecuencias de banda de octava, que permiten valorar el ruido de fondo del puesto o lugar de trabajo en relación a la actividad laboral correspondiente. Éstas están diseñadas para favorecer, principalmente, la comunicación, la concentración y el descanso de las personas.

VIBRACIÓN:

- **Vibración:** Corresponde al movimiento oscilatorio de las partículas de los cuerpos sólidos. Asimismo, se define como la variación en el tiempo de una “magnitud o cantidad” que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, donde la magnitud toma alternadamente valores más grandes o más pequeños que un valor promedio o valor de referencia. El movimiento vibratorio de un cuerpo, en relación con su estado de reposo, puede describirse por medio de su desplazamiento, velocidad o aceleración.

- **Aceleración de la vibración:** En el ámbito de la exposición humana a vibración, se utiliza el índice de “aceleración” o “aceleración vibratoria”, debido a que éste se asocia directamente con las fuerzas que actúan sobre las personas y las partes de su cuerpo (segunda Ley de Newton: $F = m \cdot a$). Corresponde a cómo varía la velocidad de la vibración respecto al tiempo ($\Delta v/\Delta t$), cuya unidad es el m/s^2 .

- **Frecuencia de la vibración:** Corresponde a la cantidad de oscilaciones de un cuerpo en el período de tiempo de un segundo. La unidad de medida es el Hertz (Hz).

- **Tipos de exposición ocupacional a vibraciones:** Existen dos tipos de exposición a vibraciones con relevancia ocupacional:

- **Vibración transmitida al cuerpo entero:** Es la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, particularmente, por lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

- **Vibración transmitida al sistema mano-brazo:** Es la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular problemas vasculares, óseos o articulares, nerviosos o musculares.

- **Direcciones de exposición a vibraciones:** Los efectos de las vibraciones en el cuerpo humano dependen, entre otros factores, de su dirección, por lo que para los dos tipos de exposición señalados se descompone el movimiento vibratorio como la suma vectorial de los movimientos que se generan en la dirección de tres ejes ortogonales. De esta forma, se tiene lo siguiente:

Exposición de cuerpo entero:

- Eje “z”: De los pies a la cabeza (vibración vertical).
- Eje “x”: De la espalda al pecho (vibración horizontal).
- Eje “y”: De hombro a hombro (vibración horizontal).

Exposición mano-brazo:

- Eje “z”: Definida por la línea longitudinal ósea.
- Eje “x”: Perpendicular a la palma de la mano.
- Eje “y”: Paralelo a la palma de la mano.

- **Ponderaciones de frecuencia:** Son curvas que representan la sensibilidad humana normalizada a vibraciones, en función de la frecuencia, para una determinada condición de exposición, es decir, la dirección de exposición y la posición del cuerpo completo o segmento del cuerpo.

- **Aceleración equivalente ponderada (a_{eq}):** Las normas ISO 2631-1 e ISO 5349 han establecido las curvas de respuesta a las vibraciones de cuerpo entero y mano-brazo, las que son propuestas para efectos de la medición de la exposición a vibraciones y conocidas como "curvas de ponderación de frecuencia". Éstas se aplican sobre la vibración que captura el "acelerómetro" o sensor de vibración, para simular la respuesta humana y así obtener la Aceleración Equivalente Ponderada (a_{eq}), que es el índice usual para describir la exposición humana a las vibraciones mecánicas y que resume en un solo valor todas las variaciones del agente y la sensación que experimentan las personas frente a una exposición a vibraciones. Su unidad es m/s^2 .

ILUMINACIÓN:

- **Luz:** La luz es un elemento de naturaleza física y constituye una forma de energía que se transmite en forma de una radiación electromagnética que es irradiada por diversas fuentes, artificiales (una lámpara eléctrica) o naturales (una llama, el Sol), y que se difunde por el espacio. Esta emisión de energía al penetrar en el ojo humano, sea directamente de la fuente irradiada o reflejada por los objetos del entorno, genera un estímulo nervioso a partir del cual se interioriza la información del ambiente exterior. Esta radiación, capaz de producir tanto una impresión luminosa como de color y estimular el sentido de la vista, es un fenómeno que sólo se produce en el rango de longitud de onda de 380 a 760 nm, llamado "espectro de la luz visible". Fuera de este rango, el órgano visual humano no es estimulado y, por lo tanto, no es reconocible ni apreciable por éste.

- **Propiedades cromáticas de la luz:** Un objeto se observa de un color determinado, porque ha reflejado la radiación correspondiente a esa longitud de onda y ha absorbido el resto de las longitudes que corresponden al resto de los colores que componen el espectro de la luz visible. Se utilizan dos criterios en relación con las propiedades cromáticas de la luz: la temperatura del color y el índice de reproducción cromático del color.

- **Temperatura del color (T_c):** Indica la apariencia cromática de la luz en términos de la cantidad de violeta (azul) o de rojo. Para una fuente luminosa, se mide por su apariencia cromática y se basa en el principio en el cual todos los objetos, al aumentar su temperatura, emiten luz. El color de la luz cambia de acuerdo al incremento de la temperatura y se mide en grados Kelvin (K). Existen 3 categorías:

- Cálido : Menor o igual a 3.300 K.
- Intermedio : Entre 3.300 K y 5.300 K.
- Luz día (Fría) : Igual o mayor a 5.300 K.

- **Índice de rendimiento cromático (Ra, IRC):** Indica la apariencia de un objeto que está siendo iluminado, en términos cualitativos de reproducción del color. Este índice entrega la medida de correspondencia entre el color real (dado por la luz natural) de un objeto y la veracidad del mismo bajo determinada fuente de luz. Cuando una fuente genera una distribución del espectro luminoso sobre un objeto y, por ende, un color muy similar o igual al color original del cuerpo, se dice que su Ra es muy bueno.
- **Iluminancia (E):** Es la cantidad de flujo luminoso (ϕ), medido en lúmenes (lm) por unidad de área (S) en m^2 . Constituye un dato muy importante para determinar las condiciones lumínicas de una zona de trabajo, es decir, tener más o menos luz. Su unidad es el lux, que corresponde a lm/m^2 .
- **Luminancia (L):** Es la relación entre la intensidad luminosa (I), en candelas (cd), que emite una superficie determinada y la superficie vista por un observador (superficie aparente, S_a) situado en la misma dirección. Esta corresponde, al igual que la intensidad luminosa, a una magnitud direccional. Se denomina luminancia directa a la proveniente de una fuente de luz y luminancia indirecta a la que procede de la reflexión de los cuerpos iluminados y que es recibida por el ojo. Su unidad es la candela por metro cuadrado, cd/m^2 .
- **Agudeza visual (Poder de resolución):** Es la capacidad de discriminar detalles en objetos o entre objetos que se encuentran muy cerca. Esta es una función de la calidad de la vista de las personas, y de las características del medio ambiente y, de manera particular, de la magnitud de la luminancia percibida. A mayor luminancia, mayor agudeza visual.
- **Contraste (C):** Son las diferencias de luminancia entre un objeto y su entorno o entre distintas partes de un objeto que permiten su percepción como tal, permite distinguir detalles y facilita la visibilidad de los objetos. Se expresa en porcentajes, como la diferencia entre la luminancia de la tarea (L_t) y la luminancia del fondo (L_f).
- **Deslumbramiento:** Corresponde a un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir detalles, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.
- **Color:** El color es un atributo visual que denotamos en los objetos o en las fuentes de luz. En realidad, en ambos casos estamos haciendo referencia a la luz que incide en la retina, directamente desde una fuente o por reflexión en un objeto. Las distintas porciones de la región visible del espectro electromagnético, se definen por la sensación visual de color que ocasionan en el ojo humano.

CALOR:

- **Exposición a calor:** Una persona está expuesta a estrés por calor, cuando existen factores ambientales y propios del trabajo realizado que pueden hacer subir su temperatura corporal interna por encima de los 38° C.
- **Calor metabólico:** Flujo de calor asociado al esfuerzo físico de las tareas realizadas por el trabajador, incluyendo el metabolismo basal. Por ejemplo, un trabajo de oficina puede generar del orden de 70 a 85 Watt por metro cuadrado de superficie corporal (watt/m²).
- **Calor convectivo:** Es la forma de transferencia de calor que se produce entre la persona y el aire que le rodea. La transferencia de calor, en ambos sentidos, es mayor mientras mayor es la diferencia temperatura entre el aire y la piel; también es mayor al aumentar la velocidad del aire. Por ejemplo, si la temperatura del aire es menor a la temperatura de la piel, parte del calor metabólico es transferido desde el cuerpo al aire por convección.
- **Calor radiante:** Energía que se transmite por la radiación de ondas electromagnéticas. Así, por ejemplo, cuando las superficies que rodean el puesto de trabajo están a mayor temperatura que la superficie de la piel, se produce transferencia de calor radiante desde las superficies hacia el cuerpo del trabajador expuesto. Mientras más cercanas al trabajador se encuentren las superficies calientes mayor será el flujo de calor radiante transferido.
- **Calor de evaporación:** Todo proceso de evaporación de un líquido requiere el suministro y consumo de energía calórica. Así, la evaporación de sudor es una forma de eliminar las cargas de calor que afectan a la persona expuesta.
- **Calor por respiración:** Transferencia de calor por convección entre el aire que se respira y el organismo, y por evaporación o variación de la humedad contenida en éste.

FRIO:

- **Exposición a Frío:** Se considera que una persona está expuesta a frío, cuando la temperatura y velocidad del aire en su puesto de trabajo son tales que producen una pérdida neta de calor desde su cuerpo que puede hacer bajar su temperatura hasta 36° C.

RADIACIONES NO-IONIZANTES:

- **Radiaciones No-ionizantes:** Se entiende por radiación a la propagación de energía a través de ondas. Cuando dicha radiación es capaz de remover los electrones de los átomos del medio, la radiación es ionizante. Cuando la radiación transporta niveles de energía que no son capaces de producir este efecto, se dice que la radiación es no-ionizante y el máximo efecto que puede producir a los átomos del medio que atraviesa es la excitación, donde los electrones sólo cambian a orbitales de un nivel de energía superior, sin salir del átomo. Por lo tanto, que una radiación sea ionizante o no, depende de su energía.
- **Frecuencia de la onda (f):** Cantidad de ciclos por segundo que describe una onda. Un ciclo por segundo corresponde a 1 Hertz (Hz).
- **Longitud de onda (λ):** Es la distancia existente entre dos máximos consecutivos de una onda.
- **Onda electromagnética plana:** Es aquella que se propaga en una dirección determinada, distinguiéndose en ella dos campos: Eléctrico (E) y Magnético (B), perpendiculares entre sí, y también perpendiculares a la dirección de propagación.
- **Campo eléctrico (E):** Magnitud vectorial que representa la fuerza (F) de una carga eléctrica unitaria positiva (q) en un punto del espacio, dividida por esa carga ($E = F/q$). La intensidad del campo eléctrico se expresa en Volt/metro (V/m).
- **Densidad de flujo magnético (B):** También llamada Inducción Magnética, es una magnitud vectorial que es producto de una fuerza (F) que actúa sobre una carga eléctrica en movimiento. Se expresa en Tesla (T) o en Gauss (G) donde $1T = 10^4 G$.
- **Intensidad de campo magnético (H):** Magnitud vectorial que es igual a la Densidad de flujo magnético dividida por la permeabilidad del medio (μ). Se expresa en Ampere/metro (A/m).
- **Densidad de potencia (S):** Potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación de una onda electromagnética, expresada en watt por metro cuadrado (W/m^2) o en miliwatt por centímetro cuadrado (mW/cm^2) o microwatt por centímetro cuadrado ($\mu W/cm^2$), según su orden de magnitud.
- **Radiación UV solar:** La radiación ultravioleta solar o radiación UV es una parte de la energía radiante del Sol, que se transmite en forma de ondas electromagnéticas en cantidad casi constante (constante solar); su longitud de onda fluctúa entre 100 y 400 nm y constituye la porción más energética del espectro electromagnético que incide sobre la superficie terrestre.

- **Láser:** La palabra laser es el acrónimo de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación). La radiación láser es la producción de energía electromagnética coherente dentro del espectro óptico comprendido entre la zona final del ultravioleta y el infrarrojo lejano.
- **Región extrema baja frecuencia (ELF):** Corresponde al rango del espectro electromagnético comprendido entre 0 Hz – 100 kHz. En algunas publicaciones, como la de ACGIH (2009), se considera la banda ELF sólo hasta 300 Hz, perteneciendo a una subcategoría de una región mayor hasta 30 kHz denominada “Subradiofrecuencia”.
- **Región radiofrecuencias (RF):** Corresponde al rango del espectro electromagnético comprendido entre 30 kHz – 300 MHz.
- **Región microondas (M.O.):** Corresponde al rango del espectro electromagnético comprendido entre 300 MHz – 300 GHz.
- **Región infrarrojo (I.R.):** Cubre la región del espectro electromagnético en términos de longitud de onda comprendida entre 1 mm y 760 nm.
- **Región visible:** Cubre la región del espectro electromagnético en términos de longitud de onda comprendida entre 760 nm y 400 nm.
- **Región ultravioleta (U.V):** Cubre la región del espectro electromagnético en términos de longitud de onda comprendida entre 400 nm y 100 nm.

RADIACIONES IONIZANTES:

- **Radiaciones ionizantes:** Se define una radiación como ionizante cuando, al interactuar con la materia, produce su ionización, es decir, origina partículas con carga eléctrica (iones). El origen de estas radiaciones es siempre atómico, produciéndose tanto en el núcleo del átomo como en los orbitales. Por otra parte, puede ser de naturaleza corpuscular (partículas subatómicas) o electromagnética (rayos X, rayos gamma).
- **Radiación alfa (α):** Son núcleos de helio cargados positivamente. Tienen una energía muy elevada y muy baja capacidad de penetración, por lo que pueden ser detenidas por una hoja de papel.
- **Radiación beta (β):** Son electrones emitidos desde el núcleo del átomo como consecuencia de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón. Estas radiaciones tienen un nivel de energía menor que las alfa (α) y una capacidad de penetración mayor, pudiendo ser absorbidas por una lámina de metal o por un material de mayor espesor y de menor densidad.
- **Radiación beta+ ($\beta+$):** Es la emisión de un positrón (partícula de masa igual a la del electrón con carga positiva). Es el resultado de la transformación de un protón en un neutrón y un positrón.

- **Radiación de neutrones:** Es la emisión de partículas sin carga, de alta energía y gran capacidad de penetración. Los neutrones se generan en los reactores nucleares y en los aceleradores de partículas.
- **Radiación gamma (γ):** Son radiaciones electromagnéticas procedentes del núcleo del átomo. Tienen menor nivel de energía que las radiaciones α y β y mayor capacidad de penetración, lo que dificulta su absorción por los apantallamientos. Se necesitan espesores variables de plomo u hormigón para ser detenidas, aunque ese espesor depende de la energía y de la atenuación que se desee.
- **Rayos X:** Son de naturaleza electromagnética. Se originan en los orbitales de los átomos como consecuencia de la acción de los electrones rápidos sobre la corteza atómica. Son de menor energía que los rayos gamma, pero aun así presentan una gran capacidad de penetración, pudiendo ser absorbidos por apantallamientos especiales de grosor elevado.

AGENTES QUÍMICOS:

- **Exposición a agentes químicos:** En los ambientes de trabajo, dependiendo de los materiales y productos que se manejen, así como las condiciones en que el trabajo se realiza, se puede producir el contacto vía dérmica, oral o respiratoria, de distintos compuestos de naturaleza química con los trabajadores, producto del cual se pueden producir variados efectos en su salud.
- **Límites permisibles de exposición:** Corresponden a concentraciones máximas de compuestos químicos en ambientes de trabajo, para las cuales se estima que en períodos de exposición en tiempo definidos, no se generarán efectos adversos en la salud para la mayoría de los trabajadores expuestos.

AGENTES BIOLÓGICOS:

- **Agente biológico:** Para los efectos de la presente Guía Técnica, corresponde a microorganismos (con inclusión de los genéticamente modificados), cultivos celulares y endoparásitos humanos, así como productos derivados de los mismos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.
- **Microorganismo:** Toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o transferir material genético.
- **Cultivo celular:** Se refiere al resultado del crecimiento “in vitro” de células obtenidas de organismos multicelulares.
- **Bioseguridad:** Conjunto de técnicas, procedimientos e infraestructura necesarios para controlar el riesgo sanitario ante la exposición a agentes potencialmente infecciosos.

- **Riesgo:** Corresponde a la probabilidad de ocurrencia de un evento, normalmente asociado a un daño, lesión o enfermedad.
- **Riesgo sanitario:** Aquel inferido a partir del análisis del riesgo de infección existente para un receptor humano a escala individual y poblacional.
- **Contención:** Aplicación de medidas y procedimientos seguros para manejar material infeccioso, alérgico o tóxico en el medio donde es manipulado o conservado.

FACTORES FÍSICOS

Directores del módulo:

Claus Behn T. Doctor en Medicina. Médico-Cirujano.
Facultad de Medicina. Universidad de Chile

Eduardo Cerda D. PhD © Máster en Ergonomía. Kinesiólogo.
Laboratorio de Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile

Asesores técnicos:

Carolina Rodríguez H. PhD © Máster en Ergonomía. Kinesiólogo.
Laboratorio de Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.
VitaErgo Ltda.

Leonidas Cerda D. PhD © Máster en Ergonomía. Kinesiólogo.
Laboratorio de Ergonomía. Facultad de Medicina. Universidad de Chile

Colaboradores:

Adolfo Campusano V. Ms Educación. Kinesiólogo. Ingeniero en PRL.
Instituto Seguridad Laboral (ISL)

Rodrigo Pinto R. Diplomado en Ergonomía. Kinesiólogo.
Asociación Chilena de Seguridad (ACHS)

Abel Celedón O. Master en Ergonomía. Ingeniero Experto en Prevención
de Riesgos. EsoTec.

CAPÍTULO 1: Introducción	338
1.1 Concepto de Carga Física de Trabajo	
1.2 Definiciones	
1.3 Cómo Afecta al Ser Humano	
CAPÍTULO 2: Modelo de Evaluación	349
2.1 Análisis Sistémico de la Carga Física de Trabajo	
2.2 Identificación de Factores de Riesgo	
2.3 Evaluación de Factores de Riesgo	
2.4 Metodologías Recomendadas para el Estudio de los Factores de Riesgo Físicos	
2.5 Metodologías Complementarias para el Estudio de los Factores de Riesgo Físicos	
CAPÍTULO 3: Manejo Manual de Carga	373
3.1 Introducción	
3.2 Normas Nacionales e Internacionales	
3.3 Metodología de Evaluación	
CAPÍTULO 4: Posturas Forzadas y Mantenidoas	376
4.1 Introducción	
4.2 Normas Nacionales e Internacionales	
4.3 Metodología de Evaluación	
CAPÍTULO 5: Movimiento Repetitivo	381
5.1 Introducción	
5.2 Normas Nacionales e Internacionales	
5.3 Metodología de Evaluación	
CAPÍTULO 6: Carga Bioenergética	384
6.1 Introducción	
6.2 Normas Nacionales	
6.3 Metodología de Evaluación	
CAPÍTULO 7: Evaluación de la Carga Física de Trabajo	389
7.1 Introducción	
7.2 Criterio de Evaluación	
Glosario de Términos Seleccionados	394
Referencias Bibliográficas	396

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo es dar a conocer antecedentes técnicos que permitan identificar y evaluar (valorar) los principales factores de riesgo de naturaleza física de una actividad laboral.

1.1.- Concepto de Carga Física de Trabajo

Se define “Carga Física de Trabajo” como el conjunto de requerimientos físicos biomecánicos y bioenergéticos a los que está sometido el trabajador durante la jornada laboral (NTP 177). Desde esta perspectiva, el trabajo muscular puede ser clasificado de acuerdo a los siguientes requerimientos físicos: manejo manual de carga, posturas estáticas, movimientos repetitivos y trabajo físico dinámico, este último caracterizado por actividades que soliciten para su ejecución grandes grupos musculares y movimiento de la masa corporal del trabajador. Con el propósito de puntualizar la relación entre carga física de trabajo y respuesta individual, en la Imagen 5.1 se representa el concepto modificado de stress-strain de Rutenfranz (1981) y modelo de CoBaSSaE (2001). (Louhevaara et al. 2005)

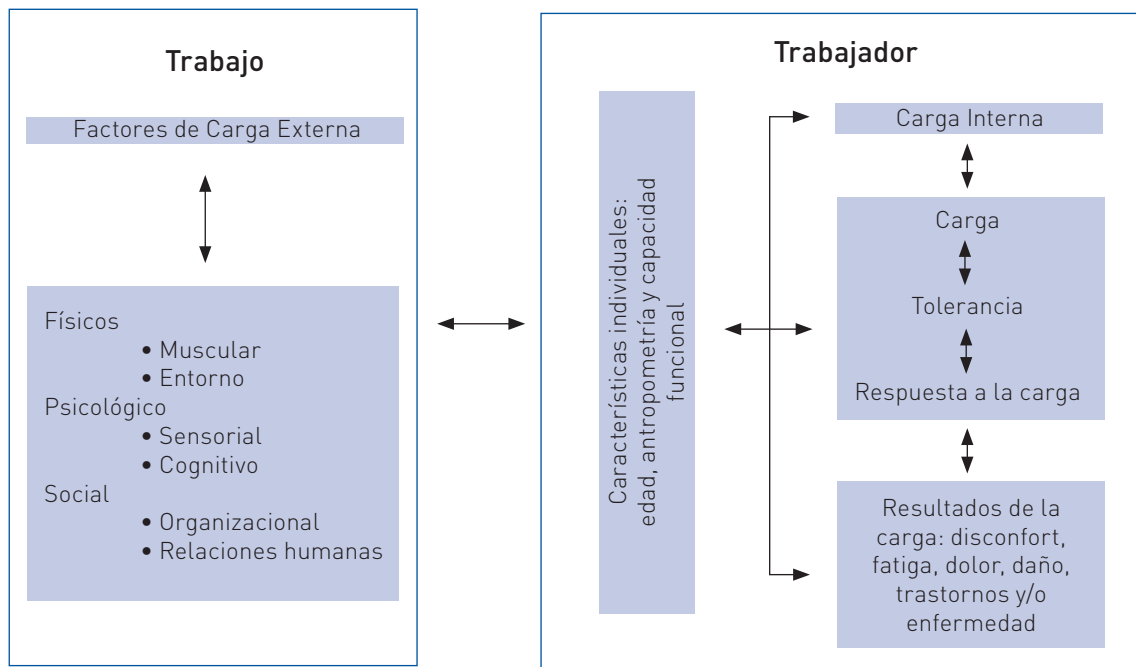
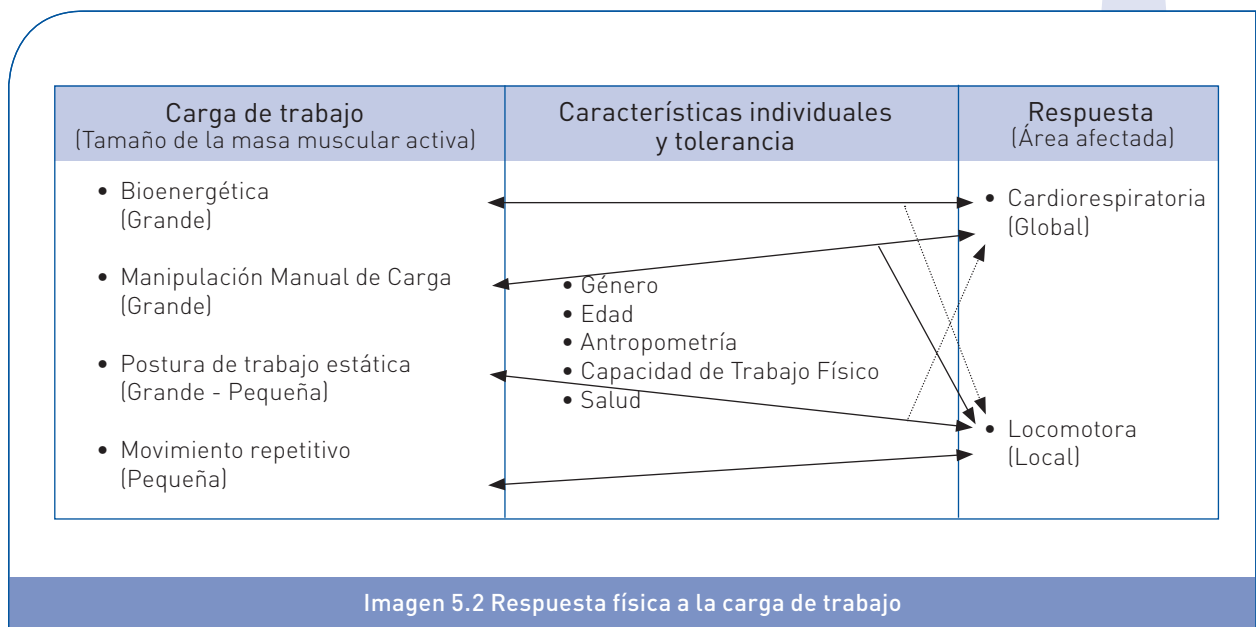


Imagen 5.1 Relación entre carga física de trabajo y la respuesta individual

En este modelo se considera que las características individuales y la tolerancia orgánica modelan la respuesta humana durante la exposición, a diferentes factores de carga externa. Se destaca que esta última está representada por los factores físicos, psicológicos y sociales presentes en los puestos de trabajo, los que inciden sobre la persona y desencadenan respuestas físicas o cognitivas, las que se clasifican como cargas internas. Influyen también en esas respuestas factores ambientales (temperatura, humedad, etc.) y factores organizacionales (frecuencia, regímenes de pausa-descanso, entre otros).

Entendiendo como se define este concepto y con el propósito de establecer un marco de referencia general para el estudio de la carga física de trabajo, se consideran dos tipos de carga: biomecánica y bioenergética. La respuesta física a estas cargas se expresa como cardiorespiratoria y/o locomotora (local), según sea el tipo de esfuerzo realizado y el tiempo de exposición. Este modelo se representa en la Imagen 5.2 adaptado desde modelo de Louhevaara (1992). (Louhevaara et al. 2005):



Como se puede observar, este modelo destaca también factores condicionantes en esta relación, tales como sexo, edad, antropometría, capacidad de trabajo físico y condiciones de salud.

CARGA FÍSICA DE TRABAJO:

Conjunto de requerimientos físicos (biomecánicos y bioenergéticos) a los que está sometido el trabajador durante la jornada laboral.

1.2.- Definiciones

En esta sección, se describen los conceptos relevantes para el estudio de la carga física de trabajo:

1.2.1.- Carga biomecánica

Se define como el conjunto de requerimientos físicos originados por el movimiento mecánico en los sistemas vivos, especialmente en el aparato locomotor, representados fundamentalmente por el manejo manual de carga, posturas (mantenidas y/o forzadas) y movimientos repetitivos. Las exigencias impuestas pueden establecerse dentro o fuera de los límites fisiológico y biomecánicos, sobrepasando o no las capacidades físicas de la persona (NTP 629, Kumar 1999, Louvehaara et al 2005):

- **Manipulación manual de carga:** según la Ley N° 20.001 sobre el “Peso Máximo de Carga Humana”, se define como cualquier labor que requiera principalmente el uso de fuerza humana para levantar, sostener, colocar, empujar, portar, desplazar, descender, transportar o ejecutar cualquier otra acción que permita poner en movimiento o detener un objeto. A su vez, se entiende como “Carga” a cualquier objeto, animado o inanimado, que se requiera mover utilizando fuerza humana y cuyo peso supere los 3 kilogramos. (Mintrab 2008).
- **Posturas:** Se define como la orientación del cuerpo en el espacio. Para mantener tal orientación por encima de un período de tiempo, los músculos deben desarrollar fuerzas para contrarrestar las cargas externas, como la fuerza de gravedad (Pheasant et al. 2006). Se clasifican como postura mantenida (o estática) o como postura forzada.
- **Movimientos repetitivos:** Se observan en tareas repetitivas, donde la persona está constantemente repitiendo el mismo ciclo de trabajo y/o las mismas acciones técnicas e involucran el mismo grupo o grupos musculares sinérgicos (ISO 11228-3: 2007).

1.2.2.- Carga bioenergética

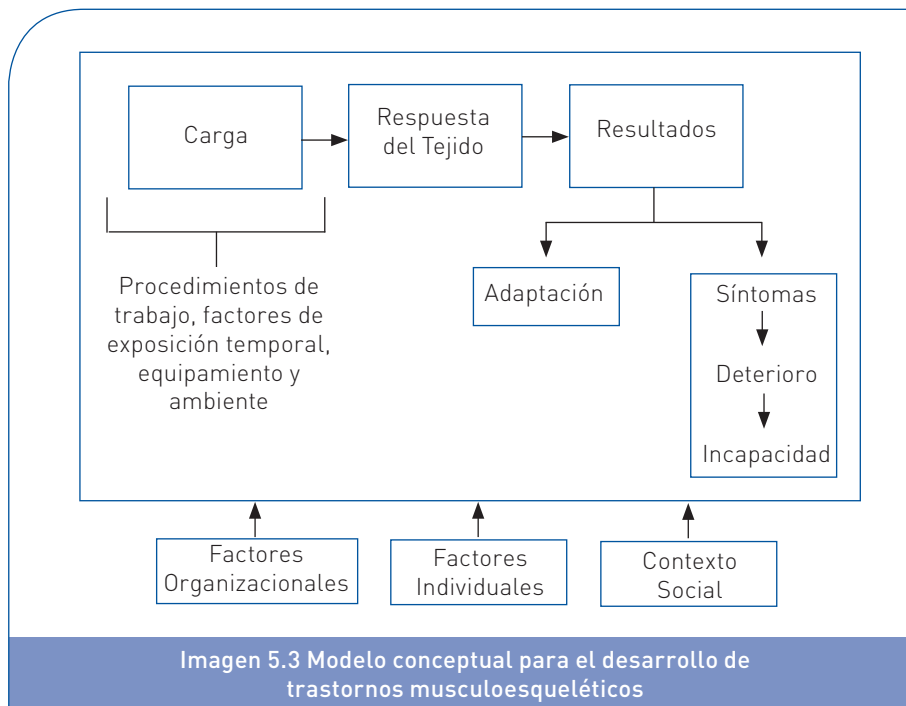
Se define como la energía requerida por el organismo humano para efectuar un determinado trabajo. Esta energía se vincula con el consumo de oxígeno requerido para satisfacer la demanda de ATP, para así desarrollar dicho trabajo. El consumo de oxígeno en cuestión se asocia a la capacidad o potencia aerobia individual (Astrand et al. 1992).

1.3.- Efecto en las Personas

La carga física de trabajo afecta a las personas dependiendo de la naturaleza de la tarea, de los factores físicos involucrados, del entorno, del ambiente y de factores individuales, tales como sexo, edad, condiciones de salud, entre otros.

1.3.1.- Relación entre factores de riesgo en el trabajo y trastornos musculoesqueléticos

La respuesta del aparato locomotor (tejidos) a la exposición a factores de riesgo (estrés o carga) puede estar dada por una respuesta adaptativa, una lesión aguda o también una crónica. Esta respuesta de los tejidos está condicionada por el tiempo de exposición y el tipo de factor de riesgo al cual está expuesta la persona (Marras et al. 2009; Sierra 2006). El conocimiento de los factores de riesgo (físicos, ambientales, psicosociales y de la organización del trabajo), su multidimensionalidad y la fracción atribuible respecto a la ocurrencia de trastornos musculoesqueléticos es relevante para el diseño de medidas preventivas (Marras et al. 2009; Punnet et al. 2004). El proceso de desarrollo de trastornos musculoesqueléticos se esquematiza en siguiente modelo conceptual (Marras et al. 2009):



La espalda y las extremidades superiores son los segmentos que están particularmente más expuestos a factores de riesgos físicos con elevada fracción atribuible para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, donde se destacan el manejo manual de carga, las vibraciones (de cuerpo entero y segmentaria) y la repetición asociada a fuerza. Esto se muestra en las tablas siguientes (Punnet et al. 2004):

Tabla 5.1 Fracción atribuible de factores de riesgo relacionado con el trabajo y trastornos musculoesqueléticos en espalda	
Factor de riesgo	Fracción Atribuible
Manipulación manual de carga	11-66%
Inclinación y rotación frecuente	19-57%
Carga física pesada	31-58%
Postura estática de trabajo	14-32%
Vibración de cuerpo entero	18-80%

Tabla 5.2 Fracción atribuible de factores de riesgo físicos relacionado con el trabajo y trastornos musculoesqueléticos en extremidad superior	
Factor de riesgo	Fracción Atribuible
Repetición	53-71%
Fuerza	78%
Repetición y fuerza	88-93%
Repetición y frío	89%
Vibración	44-95%

TRASTORNOS MUSCULO ESQUELÉTICOS Y FACTORES DE RIESGO:

A nivel mundial y nacional los trastornos musculoesqueléticos representan un problema de salud relevante desde el punto de vista individual, social y económico. Se asocian a este tipo de trastornos, los factores físicos relacionados con los puestos de trabajo, así como también los factores ambientales, psicosociales y de la organización del trabajo

1.3.2.- Manejo manual de carga

El Manejo Manual de Carga se considera como un factor de riesgo relevante en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos que podría influir en el desgaste prematuro y/o envejecimiento precoz. Sin embargo, las características de la carga manipulada, en cuanto a tamaño, peso, formas de agarre, así como también posturas y técnicas de manipulación, frecuencia, tiempo de exposición y la combinación de estos factores, inciden en el riesgo de este tipo de trastornos.

En ese sentido, se estima que la fracción atribuible del manejo manual de carga en la incidencia de trastornos a nivel dorsolumbar, alcanza un 66% (Punnet et al. 2004). Aunque el problema musculoesquelético asociado fundamentalmente al manejo de carga se localiza a nivel de columna, la presencia de este factor de riesgo también se asocia a lesiones de extremidad superior, contusiones y heridas (Helander 2006b; Mintrab 2008).

1.3.3.- Posturas mantenidas y/o forzadas

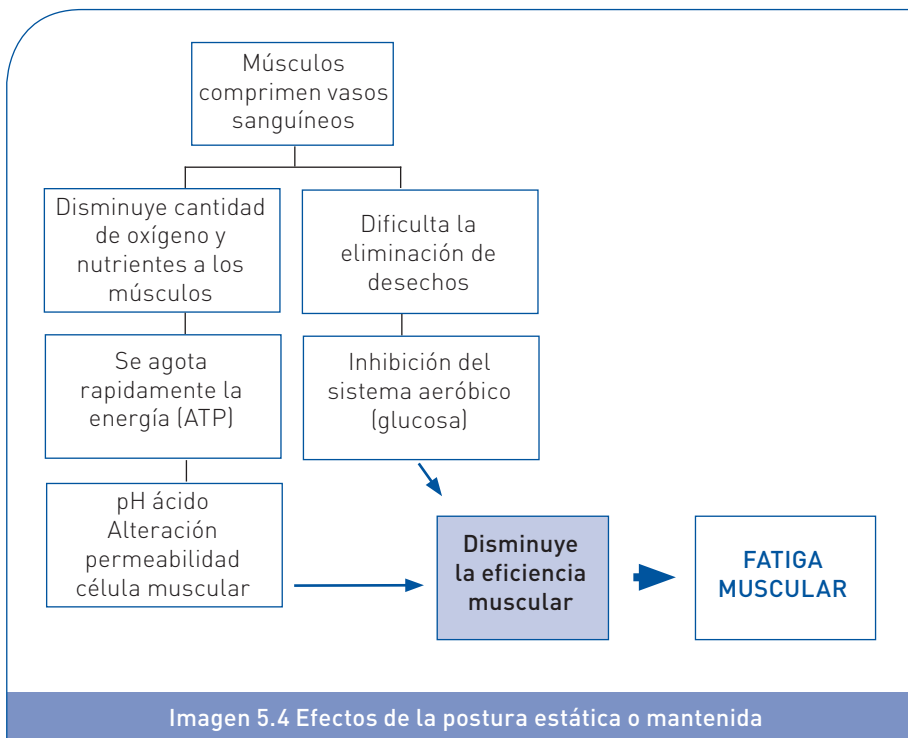
La postura es un factor importante a considerar en el diseño de métodos y puestos de trabajo, pues se asocia a la generación de fatiga, disconfort y/o daños a los tejidos (Chung et al. 2003). Atendiendo a la naturaleza del esfuerzo involucrado, se ocupa la siguiente clasificación:

a) Posturas estáticas (Mantenidas): Esfuerzos físicos sostenidos, donde los músculos se mantienen contraídos durante un período de tiempo, realizando contracciones isométricas para mantener una postura específica (Grandjean et al. 1977).

b) Posturas forzadas: Posturas que generan sobrecarga biomecánica de las estructuras musculoesqueléticas involucradas. En otras palabras, son aquellas que se adoptan en rangos extremos de las articulaciones. Por ejemplo: postura "arrodillado", muy frecuente en tareas del sector de la construcción o de mantenimiento (Chung et al. 2003).

Los efectos de las posturas mantenidas y/o forzadas se pueden expresar a través de la fatiga muscular, disconfort y/o daños a los tejidos:

a) Fatiga: La contracción muscular mantenida genera una disminución de la circulación sanguínea, y en consecuencia, una disminución del aporte de oxígeno a los tejidos y el retiro de desechos metabólicos de los mismos, con lo que la eficacia del trabajo muscular se ve afectada, generando fatiga. En la siguiente imagen se describe la secuencia de eventos en la generación de la fatiga muscular debido a posturas mantenidas (Astrand et al. 1992):



b) Discomfort: El grado de discomfort dependerá del nivel, duración y variación de la carga debida a posturas mantenidas y/o forzadas, el que puede expresarse a nivel general o en segmentos del cuerpo (Kee et al. 2003). Además, vinculado a la percepción subjetiva de la persona, el discomfort aumenta linealmente con la prolongación en el tiempo de la postura mantenida (Miedema et al. 1997).

c) Trastornos musculoesqueléticos: En casos de exposición prolongada, se pueden producir trastornos musculoesqueléticos, provocando molestias a nivel de espalda baja y piernas durante la postura sentado o de pie, y de extremidades inferiores en la posición de pie principalmente (Rodríguez et al. 2007; Sjogaard et al. 2006). En esa lógica, algunos estudios han descrito que este tipo de posturas pueden ocasionar trastornos en músculos, tejido conjuntivo, tendones, cápsulas y ligamentos (Grandjean et al. 1977; Helander 2006c).

En el diagrama de la Imagen 5.5 se describe la sucesión de eventos acumulativos, donde se observa la secuencia de afección del sistema musculoesquelético, tanto del músculo propiamente tal, como del tendón, originando la disfunción funcional del sistema. Los trastornos acumulativos provocan una percepción de dolor a nivel de la articulación y/o a nivel muscular, generando reacciones del organismo, tales como contractura muscular, reducción de la movilidad, disminución de la fuerza, entre otros (modelo adaptado de Chaffin et al. 1991):

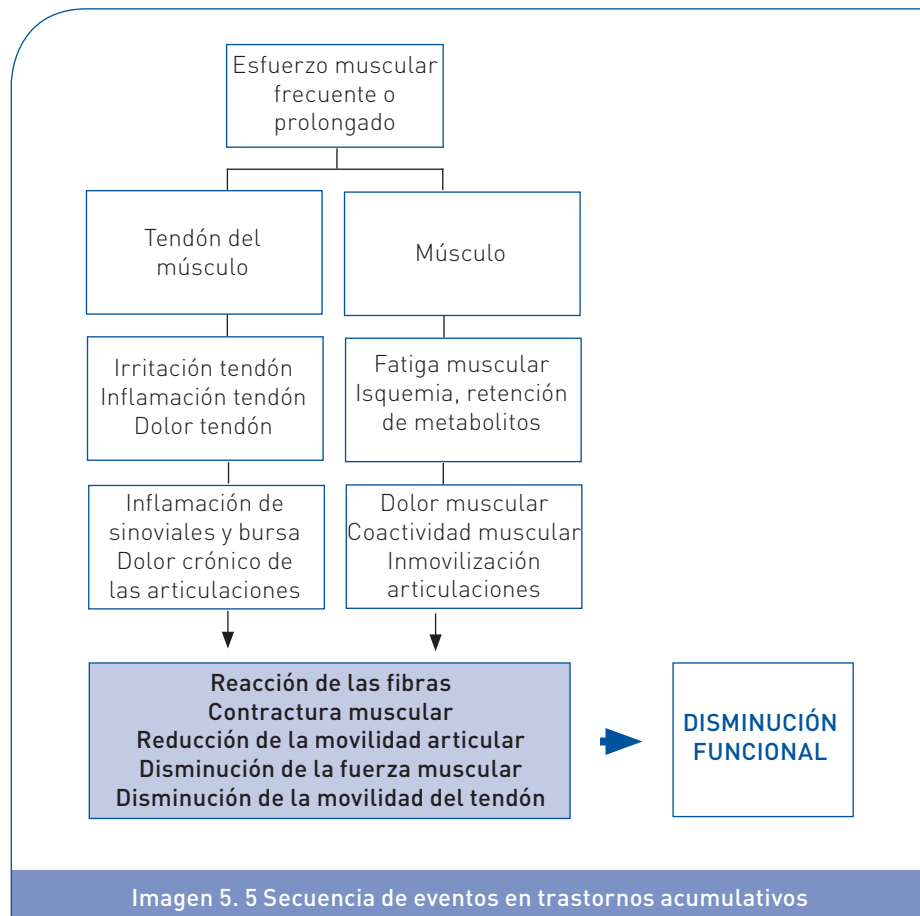


Imagen 5. 5 Secuencia de eventos en trastornos acumulativos

1.3.4.- Movimiento repetitivo

Los trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo, tienen una relación directa con la presencia de repetitividad de los movimientos, describiéndose un fenómeno de causa-efecto con algunas patologías de extremidad superior. Éste es un tema relevante de Salud Ocupacional, debido a la alta exposición a movimientos repetitivos en diversos sectores productivos, tanto a nivel nacional como internacional (Colombini et al. 2004.; Dirección del Trabajo 2007; Dirección del Trabajo 2009).

El músculo estriado, cuando es estimulado en altas frecuencias de movimiento durante un tiempo determinado, muestra signos de deterioro en su estructura, lo que se observa por la degeneración de la fibra muscular. Por otro lado, los músculos que son estimulados de manera intermitente presentan menos signos de degeneración (Visser et al. 2006). Se han encontrado indicadores de inflamación no agudos en personas con trastornos musculoesqueléticos de extremidad superior, junto con la presencia de tejido fibroso y mediadores anti-inflamatorios, lo que sugiere la presencia previa de episodios inflamatorios a causa de la exposición a movimiento repetitivo (Visser et al. 2006). La secuencia de eventos fisiológicos provocada por los movimientos repetitivos obedece también al esquema planteado en la Imagen 5.5.

1.3.5.- Carga bioenergética

Una elevada carga de tipo bioenergética se expresa a través de la llamada "Carga Cardiovascular de Trabajo", la que puede tener efecto sobre las personas en forma de Fatiga. En esta situación, la fatiga se define como una deficiencia de energía en relación a la demanda por efecto del trabajo, comprometiendo la estructura y la función del organismo. En consecuencia, constituye una señal que indica el límite entre lo fisiológico y lo patológico. El traspaso de este límite genera una perturbación de la homeostasis que puede afectar el desempeño en forma reversible o irreversible, y sus manifestaciones pueden ser subjetivas y objetivas (Astrand et al. 1992):

a) Fatiga general: Sus manifestaciones pueden ir desde la percepción de esfuerzo hasta la extenuación. La percepción subjetiva de la fatiga física en jornadas laborales de 8 horas ocurre cuando la carga excede el 30% a 40% de la capacidad de trabajo durante este período. Para comprender esto, es importante tener claro que la capacidad de trabajo físico depende, en condiciones habituales, básicamente del consumo máximo de oxígeno. El oxígeno representa el factor limitante en cuanto a la disponibilidad energética en forma de ATP de origen aeróbico. Una deficiencia de este gas conlleva la estimulación del Sistema Nervioso Simpático que, a su vez, aumenta el aporte de oxígeno y con ello la disponibilidad energética a través de un aumento del débito cardíaco, dado por el producto de la frecuencia cardíaca y volumen expulsivo del corazón. Por lo tanto, si se agota este recurso, se llega al consumo máximo de oxígeno; y si el aporte de oxígeno no satisface la demanda de este gas para producir energía, se da un estado de fatiga.

b) Fatiga muscular local: Puede originarse por efecto de un trabajo estático o dinámico. Desde un punto de vista mecánico, la fatiga muscular local se puede expresar a través de una disminución de la fuerza y/o de la fuerza máxima. Desde un punto de vista fisiológico, es el resultado de una cadena de eventos metabólicos, cambios estructurales y bioenergéticos, debido a la insuficiencia de oxígeno y nutrientes aportados por la circulación sanguínea. Influyen también estos cambios en la eficiencia del Sistema Nervioso (Cifrek 2009).

FATIGA Y TRABAJO:

Una elevada carga de tipo bioenergético se expresa a través de una elevada carga cardiovascular. Si el aporte de oxígeno por esta vía no satisface la demanda de este gas para producir energía se origina un estado de fatiga

1.3.6.- Presiones anormales

La capacidad de trabajo dada por la disponibilidad de oxígeno depende del ambiente físico, a través de parámetros como la presión atmosférica. Hay ambientes de trabajo en que la presión ambiental está aumentada (Hiperbaria) o está disminuida (Hipobaria). La primera es característica de trabajos en profundidades (por ejemplo, faenas de buceo), mientras que la segunda es característica del ambiente de altura (por ejemplo, faenas mineras).

A una determinada temperatura la cantidad de un gas está dada por la multiplicación de su presión por su volumen. Para el caso del oxígeno, su proporción con respecto a los demás gases que componen el aire, se mantiene constante (21% en volumen). Sin embargo, con la altura disminuye la presión ambiental y, con ello, el producto de la presión y su volumen, vale decir, la cantidad disponible de oxígeno. Para compensar esta disminución de la cantidad disponible de oxígeno en el ambiente el organismo hiperventila y aumenta el flujo de sangre que genera el corazón (Débito Cardíaco). Como se dijo anteriormente, si se agotan estos recursos, se llega al consumo máximo de oxígeno, comenzándose a utilizar los mencionados recursos compensatorios, en condiciones hipobáricas aún en reposo. Ello implica una limitación de estos recursos fisiológicos que, a su vez, repercute en una disminución del consumo máximo de oxígeno en estas condiciones. Esto, al final, involucra que el mencionado límite (de un 30 a 40% del consumo máximo de oxígeno durante una jornada laboral de 8 horas) se alcance más precozmente. Ello automáticamente permite evaluar la carga bioenergética en la altura con el mismo método con que se evalúa a nivel del mar.

En consideración de esta situación y de la gran variabilidad interindividual que se observa en cuanto a la limitación del consumo máximo de oxígeno en condiciones hipobáricas, en esta guía se prescinde en fijar límites artificiales de altura geográfica para evaluar los efectos de la hipobaria en la carga de trabajo. Más bien se opta por considerar como criterio el porcentaje de la capacidad de trabajo físico requerido de cada caso en

cuanto a la tolerancia a la hipobaría, prefiriendo la medición ad hoc de la frecuencia cardíaca como un referente para evaluar el porcentaje comprometido del consumo máximo de oxígeno en una condición hipobárica específica ¹.

a) Condiciones de hipobaría: Como se planteó, a medida que aumenta la altura geográfica, disminuye la presión atmosférica (barométrica) y, con ello también, la presión parcial de oxígeno. Se define la hipoxia como esta falta de oxígeno en relación con la demanda de ATP, y si ésta es por efecto de una disminución de la presión barométrica y sus consecuencias, se denomina hipoxia hipobárica. Ésta última conlleva una hiperventilación que, en consecuencia, implica una mayor eliminación de CO₂. La falta relativa de CO₂ y el aumento correspondiente del pH en los líquidos corporales (alcalosis respiratoria), disminuye la capacidad para el transporte de oxígeno en el organismo. En condiciones de hipoxia hipobárica aumenta, además, la producción de especies reactivas del oxígeno (radicales libres) que, junto con inducir un estrés oxidativo, acentúan la hipoxia por aumentar la demanda de ATP. El control de la alcalosis respiratoria y del estrés oxidativo contribuirían a aumentar la tolerancia al trabajo en altura.

Además de la disminución en la disponibilidad de oxígeno en la altura, disminuye también la temperatura y la humedad ambiental. A lo anterior, se agrega la dificultad para conciliar el sueño, tanto por efecto de la hipoxia hipobárica como por la relación con los sistemas de trabajo en turnos aplicados usualmente en lugares remotos ubicados a gran altura, provocando insomnio durante el período de reposo que luego conlleva somnolencia durante el período laboral. Ello, a su vez, afecta el desempeño físico y mental, predisponiendo así a una condición de fatiga, con las correspondientes consecuencias en cuanto a accidentalidad y productividad.

El sistema de trabajar en turnos implica, para operarios de faenas a gran altura, una exposición intermitente a la hipoxia hipobárica, cuyos efectos a mediano y largo plazo están aún en estudio. El impacto del conjunto de estos factores implica un aumento en la carga bioenergética que afecta la capacidad de trabajo en la altura. La evaluación de esta carga debe ser efectuada de acuerdo a los criterios arriba establecidos.

¹ No obstante, la Comisión Ergonómica Nacional y la Comisión de Apelaciones han considerado en sus dictámenes que a una exposición por sobre los 3.500 msnm, la gran mayoría de las personas sufren las consecuencias de una discrepancia entre todo aumento en la demanda de energía y la disminución en el aporte de oxígeno en la altura, con la consiguiente sobrecarga del aparato cardiovascular.

b) Condiciones de hiperbarie: Por cada 10 metros de profundidad, la presión a la que se somete un individuo al bucear aumenta en una atmósfera², pudiendo implicar diferencias de presión en relación con cavidades cerradas que puede haber en la persona que se sumerge (oído medio, senos paranasales, bulas pulmonares, etc.). La tensión generada en los diversos tabiques intermedios puede dar lugar a dolor, e incluso a daño (barotrauma). Junto con aumentar la presión total, aumenta también la presión parcial de cada uno de los gases que componen la mezcla que respira el buzo.

Entendiendo la relación directa entre el aumento de la presión del gas y la acentuación de la cantidad en que éste se disuelve en un líquido (Ley de Henry), una descompresión brusca tiene por consecuencia que el nitrógeno disuelto en los líquidos corporales a gran profundidad reaparezca en forma de burbujas en la sangre, lo que puede derivar en un daño neurológico (paraplejia, accidente vascular encefálico etc.) y/o articular (bends).

Por su parte, el aumento de la presión parcial de oxígeno conlleva un daño oxidativo que afecta particularmente al pulmón y al cerebro, que es seguido por procesos inflamatorios. Esto puede causar secuelas estructurales (fibrosis) y funcionales en el cerebro, ya que se respira O₂ puro en presiones aumentadas, pudiendo darse más allá de los 10 metros de profundidad. Este "envenenamiento" por oxígeno puede acelerarse por una actividad física fuerte a grandes profundidades, iniciándose con contracciones musculares y respiración espasmódica, y finalizando con inconsciencia y convulsiones. En términos fisiológicos, lo que ocurre es que no se disocia el oxígeno de la hemoglobina durante su paso a través del lecho capilar, teniendo como resultado una retención de CO₂ en los tejidos y acidosis (Astrand et al. 1992a).

Debido a que el trabajo expuesto a factores de riesgo de hiperbarismo involucra elevados riesgos para la salud de los trabajadores, y en relación con lo antedicho, Apud y colaboradores (2002) describe como trabajo pesado, aquél que se realiza a una profundidad mayor a 35 m.

² 1 atmósfera es equivalente a la presión que ejerce la atmósfera terrestre al nivel del mar.

CAPÍTULO 2: MODELO DE EVALUACIÓN

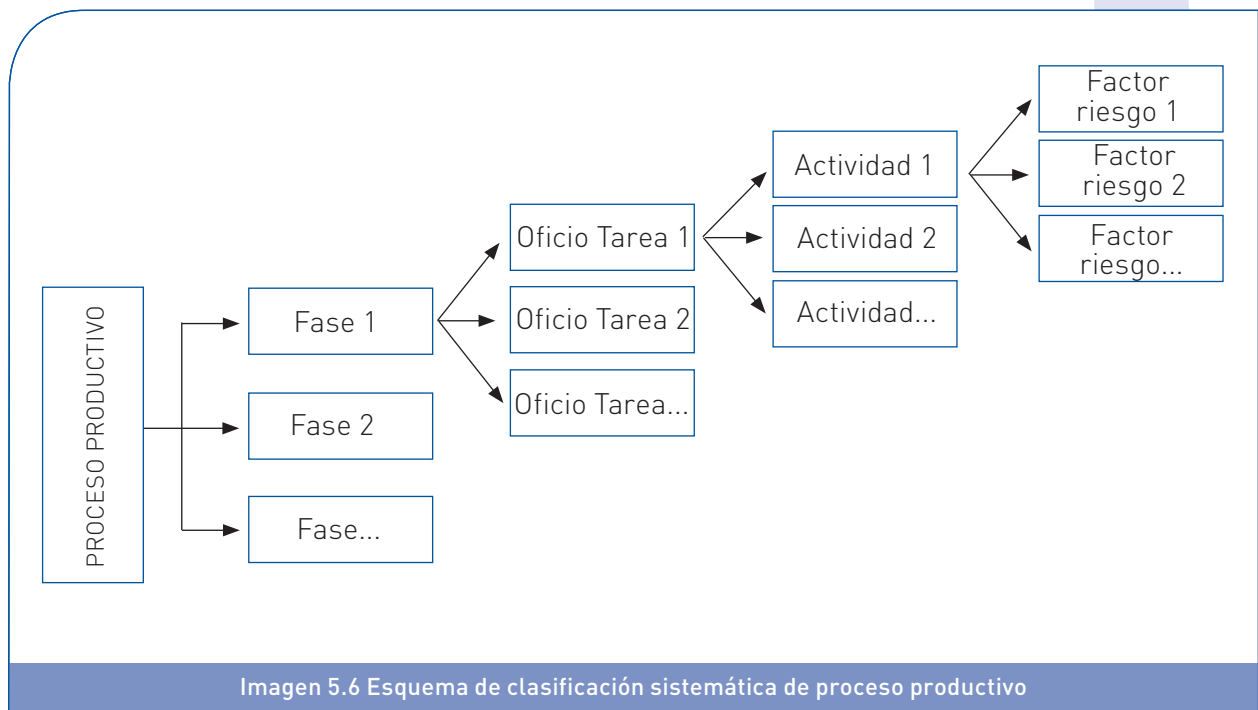
En esta sección, la evaluación de la carga física se plantea en función de metodologías recomendadas y complementarias. Este esquema se aplica para minimizar el error en la discriminación de factores de riesgo y precisar la evaluación. Debe recordarse que todos los métodos poseen fortalezas y debilidades, y que deberían ser aplicados por profesionales entrenados y capacitados para ello.

El presente modelo de evaluación contempla tres etapas:

- Análisis sistémico
- Identificación de factores de riesgo
- Evaluación de factores de riesgo

2.1.- Análisis Sistémico de la Carga Física de Trabajo.

El análisis sistémico se orienta a la clasificación del proceso productivo (fases, operaciones, oficios, tareas y actividades involucradas) y su objetivo es obtener un mapa ilustrativo de las principales tareas, así como de sus actividades y acciones específicas involucradas en el proceso. Las evaluaciones se deberían realizar en relación a los factores de riesgo involucrados en las diferentes tareas y actividades (Buchholz et al. 1996; Forde et al. 2004; Cerda 2006). La Imagen 5.6 esquematiza esta idea (ver módulo evaluación integrada):



Según este gráfico, en primera instancia se debe acotar el proceso productivo en el cual se realiza la evaluación. Luego, se define la o las fase/s a ser estudiadas del proceso y se realiza la clasificación de los oficios y tareas involucradas en cada una de ellas. Detectadas todas las tareas, se deben desglosar las actividades que se realizan para llevar a cabo la tarea y los factores de riesgo que se relacionan con cada una de ellas. Finalizada la clasificación sistemática del proceso, se procede a utilizar el diagrama de decisiones de este módulo (ver Capítulo 7) y, con ello, definir la o las metodología/s a utilizar en la evaluación objetiva en el puesto de trabajo.

2.2.- Identificación de Factores de Riesgo

Corresponde a la identificación de los factores físicos mencionados en la etapa previa, donde se aplica el diagrama de decisión que destaca los principales criterios para alcanzar un enfoque convergente hacia los procedimientos adecuados de evaluación. Por lo tanto, el factor de riesgo principal y, fundamentalmente, las múltiples variables incidentes determinan la utilización de las diferentes metodologías, considerando las limitaciones declaradas por cada una de ellas.

2.3.- Evaluación de Factores de Riesgo

La evaluación de los factores de riesgos físicos se realiza una vez seleccionada la metodología adecuada, considerando las múltiples variables incidentes en el proceso productivo, oficios y tareas, y procesando también las limitantes de estudio en terreno, como de la disponibilidad de recursos. En esta Guía se enfatiza en un modelo dinámico y objetivo, y a fin de cumplir con dicha condición, se protocoliza la evaluación de cada uno de los factores físicos detectados en terreno, mediante la aplicación de la metodologías apropiadas y/o que constituyan norma en nuestro país.

El criterio para el juicio del riesgo de cada uno de los factores físicos evaluados (Biomecánicos y/o Bioenergéticos) se determina en base a la clasificación de parámetros específicos, niveles de riesgo y de acción recomendados, obtenidos según la metodología, y su valoración en la escala de Trabajo Pesado.

Por su parte, en el ámbito de la Ergonomía se han desarrollado y propuesto un amplio conjunto de métodos que se orientan a la evaluación de la carga física de trabajo. Éstos se clasifican de la siguiente forma:

a) Informes de autoevaluación: Pueden ser usados para recolectar datos de exposición en el puesto de trabajo tanto de factores físicos como de naturaleza psicosocial, incluyendo entrevistas y cuestionarios.

b) Métodos de observación : Han sido desarrollados para que el evaluador observe sistemáticamente la exposición en el puesto de trabajo y registre sus características en plantillas predefinidas para determinar el riesgo presente en las tareas. Estas metodologías evalúan diferentes factores físicos en el trabajo, destacándose factores de riesgo biomecánicos tales como Manipulación Manual de Cargas, Movimientos Repetitivos y Posturas Mantenido y Forzadas. A modo de ejemplo, en la Tabla 5.3 se señalan algunas de las principales metodologías utilizadas para la evaluación de condiciones de trabajo, aceptadas por la comunidad internacional (David 2005, Takala 2010):

Metodología	Postura	Carga / Fuerza	Frecuencia Movimiento	Duración	Descanso	Vibración	Otros	Referencia
OWAS	X	X						Karhu et al. 1977
RULA	X	X	X					McAtamney y Corlett. 1993
Ecuación NIOSH	X	X	X	X	X		X	Waters et al. 1993
OCRA	X	X	X	X	X	X	X	Occhipinti 1998
REBA	X	X	X				X	Hignett y McAtamney 2000
MAC	X	X	X				X	Monnington et al. 2003

Como se observa, la valoración de las distintas variables depende de la metodología utilizada. Algunos métodos sólo permiten consignar variaciones posturales de segmentos del cuerpo, aunque la mayoría evalúa factores físicos críticos. Las variables clasificadas en la última columna de la derecha "otros" pueden estar representadas por la presencia de compresiones mecánicas, uso de guantes, condiciones ambientales, equipamiento, trabajo en equipo, demandas visuales, factores individuales y psicosociales.

c) Métodos de medición directa: Son aplicados mediante sensores colocados directamente en los sujetos para medir las variables de exposición en el trabajo. Dichos métodos miden diversos parámetros relacionados con análisis cinemático articular, dinamometrías, ritmo cardíaco, consumo de oxígeno y actividad electromiográfica, entre otros. La Tabla 5.4 presenta los principales atributos de algunos de estos métodos (David 2005, Chaffin 1991, Astrand 1992):

Tabla 5.4 Métodos de medición directa		
Técnica	Principal Característica	Utilidad
Lumbar Motion Monitor	Electrogoniómetro triaxial	Medición de postura y movimiento de espalda
Electrogoniómetro	Registro de la postura de articulación en uno o dos planos	Análisis cinemático articular
Electromiografía de superficie	Registro de la actividad electromiográfica	Estimación de la variación de la fuerza y fatiga
Dinamometría	Sensores de presión	Medición de fuerza
Sistema optoelectrónico	Aplicación de modelos biomecánicos	Análisis cinemático articular
Monitoreo Continuo del Ritmo Cardíaco con Sistemas Portátiles	Registro continuo del ritmo cardíaco, incluyendo frecuencia y variabilidad	Estimación indirecta del consumo de oxígeno
Medición directa del VO ₂	Medición más aproximada de la carga bioenergética	Estimación del nivel de fatiga

2.4. Metodologías Recomendadas para el Estudio de los Factores de Riesgo Físicos

A continuación se describirán los factores de riesgo que se relacionan con carga física, así como las metodologías que corresponden para su evaluación. En todos los casos, la utilización de uno u otro método, tal como se ha señalado, dependerá de sus limitaciones y de los niveles de objetividad que pueden ser alcanzados según la naturaleza del proceso productivo y de las tareas relacionadas.

2.4.1. Manipulación manual de carga

Para la evaluación de este factor de riesgo, se recomiendan las metodologías exigidas a nivel nacional por la Ley N° 20.001 y el Decreto Supremo N° 63, incluyéndose también algunas complementarias en esta misma sección. La tabla siguiente especifica lo señalado:

* La evaluación mediante métodos de medición directa, considera también la disponibilidad de un Laboratorio móvil en terreno.

Tabla.5.5 Evaluación de tareas con manipulación manual de cargas (David 2005) (Métodos de observación)			
Técnica	Principal Característica	Utilidad	Referencia
MAC *	Flujo de cuadros para evaluar los principales factores de riesgo en tareas con manipulación manual de carga. (levantamiento, descenso y transporte).	Evaluación de factores de riesgo para tareas de manipulación manual de carga (levantamiento, descenso individual y/o grupal y transporte)	Monnington et al. 2003
Tablas de Liberty Mutual*	Evaluación mediante tabla de tareas con manipulación manual de carga (empuje y arrastre)	Evaluación de factores de riesgo para tareas con manipulación manual de cargas de empuje y arrastre	Snook y Ciriello 1991
Ecuación NIOSH**	Medición de posturas relacionadas con la carga biomecánica para la manipulación manual de carga (levantamiento y descenso).	Identificación de factores de riesgo y valoración en tareas con manipulación manual de cargas. (levantamiento y descenso).	Waters et al. 1993
REBA**	Categorización de posturas y fuerza, con niveles de acción para la valoración	Evaluación de cuerpo entero para tareas dinámicas	Hignett & McAtamney 2000
ISO 11228-1:2003 **	Conjunto de normas que evalúan y establecen recomendaciones para tareas que involucran manipulaciones manuales de carga.	Estimación del riesgo para la salud en tareas con levantamiento y transporte de cargas	ISO 11228-1:2003
ISO 11228-2:2007 **	Conjunto de normas que evalúan y establecen recomendaciones para tareas que involucran manipulaciones manuales de carga.	Estimación del riesgo para la salud en tareas con empuje y arrastre.	ISO 11228-2:2007
Métodos de Medición directa**	Aplicados mediante sensores, los cuáles son colocados directamente en los sujetos para medir las variables de exposición en el trabajo	Miden diversos parámetros relacionados con análisis cinemático articular, dinamometrías, ritmo cardíaco, consumo de oxígeno y actividad electromiográfica, entre otros	Ver Tabla 5.4

* Método de valoración recomendado y exigido a nivel nacional (Ley N° 20.001 y D.S. N° 63)

** Métodos complementarios.

A continuación se exponen detalles de las metodologías calificadas como exigidas por la legislación nacional:

a) Método MAC (Manual Handling Assessment Chart): Es una metodología que se ocupa en la evaluación de tareas de levantamiento, descenso y transporte de carga, con el propósito de determinar el nivel de riesgo y de acción. El documento nacional de referencia es la "Guía Técnica para la Evaluación y Control de los Riesgos – Manejo o Manipulación Manual de Carga", del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (2008).

Este método fue publicado en el año 2003 por Health & Safety Executive (HSE) de Inglaterra, con el objetivo de proveer a las personas dedicadas a la prevención, una herramienta de fácil manejo y aplicación en campo, por lo que está orientada a la evaluación rápida en terreno, utilizando una escala aditiva para valorar factores de riesgo y un código de colores. Se basa en criterios psicofísicos, biomecánicos y del entorno físico. Los pasos a seguir para la aplicación de esta metodología se resumen a continuación (Monnington et al. 2003):

- Realizar la observación de la tarea.
- Seleccionar el tipo apropiado de análisis:
 - Levantamiento y descenso individual.
 - Levantamiento y descenso grupal.
 - Transporte de carga.
- Seguir el diagrama de flujo indicado para determinar el nivel de riesgo de cada factor evaluado. Para cada uno se aplica las tablas de valoración correspondiente.
- Obtener el puntaje total del riesgo sumando los puntajes individuales de cada factor.
- Clasificar el puntaje total obtenido en las tablas de valoración de niveles de acción.

Las categorías de riesgo, de acuerdo a la metodología MAC, se establecen según la siguiente clasificación (Monnington et al. 2003):

Tabla 5.6 Clasificación de las categorías de riesgo	
Nivel de riesgo	Acciones
Bajo	Se debería considerar la vulnerabilidad de ciertas personas, como mujeres o trabajadores jóvenes.
Moderado	Aunque no existe una situación de riesgo alto, es recomendable examinar la tarea cuidadosamente.
Alto	Se requiere introducir mejoras pronto. Esta situación podría exponer a riesgo de lesión de espalda a una proporción significativa de trabajadores.
Muy Alto	La tarea evaluada podría representar riesgo serio de lesiones de espalda, por lo que debería analizarse cuidadosamente para introducir mejoras.

En este método, la valoración se realiza mediante tablas y criterios preestablecidos donde el técnico debe determinar, en base a su observación y criterio, cuál de las consideraciones se asemeja más a la realidad. Se debe seguir el flujograma dispuesto en la metodología y consignar la valoración por cada uno de los factores. Finalmente, el evaluador debe sumar los valores individuales de cada factor, obteniendo uno global, que se clasifica en la tabla de niveles de acción. La Tabla 5.7 enuncia los factores de riesgo evaluados para cada tipo de tarea:

Tabla 5.7 Clasificación de los elementos a evaluar	
Tipo de Tarea	Elementos
Tareas de levantamiento y descenso individual	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de la carga y frecuencia. • Distancia entre las manos y la región lumbar. • Región vertical de levantamiento/descenso. • Torsión y lateralización de tronco. • Restricciones posturales. • Acoplamiento mano-objeto. • Superficie de trabajo (piso). • Factores ambientales complementarios.
Tareas de levantamiento y descenso en grupo	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de la carga y número de trabajadores que ejecutan la tarea (máximo 4 personas) • Distancia entre las manos y la región lumbar • Región vertical de levantamiento/descenso • Torsión y lateralización de tronco • Restricciones posturales • Acoplamiento mano-objeto • Superficie de trabajo (piso) • Factores ambientales • Comunicación, coordinación y control de los trabajadores que ejecutan la tarea
Tareas de transporte de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de la carga y frecuencia de traslados • Distancia entre las manos y la región lumbar • Carga asimétrica • Restricciones posturales • Acoplamiento mano-objeto • Superficie de tránsito (piso) • Factores ambientales • Distancia de traslado • Obstáculos en la ruta

Una vez aplicada la metodología MAC, el evaluador debe obtener la clasificación, en base a los niveles de acción determinados (Mintrab 2008).

b) Tablas de Liberty Mutual: Según la legislación vigente, esta metodología se utiliza en la evaluación de tareas de empuje y arrastre. Este método fue desarrollado, actualizado y publicado en 1991 por Liberty Mutual Research Institute for Safety, ocupando criterios psicofísicos, fisiológicos y antropométricos (Snook y Ciriello 1991). El documento nacional de referencia es la misma Guía Técnica mencionada en el punto anterior, y los pasos a seguir para su aplicación se resumen a continuación:

- Seleccionar las tablas adecuadas, según la tarea a evaluar (empuje o arrastre)
- Determinar el sexo del trabajador involucrado en la tarea.
- En campo, obtener los siguientes parámetros:
 - Distancia de empuje o arrastre.
 - La frecuencia de empuje o arrastre.
 - La altura de aplicación de la fuerza.
 - La fuerza aplicada (se recomienda el empleo de dinamómetros de fuerza).
- En las tablas del método, los valores en negrita indican que se excede criterio fisiológico para 8 horas.
- Determinar la fuerza máxima aceptable para fuerza inicial y para fuerza de sustentación, mediante las tablas predefinidas por la metodología. Los valores máximos aceptables de fuerza, expresados en Kilogramos-fuerza (Kg-f), aparecen tabulados según tipo de tarea (empuje o arrastre), sexo del trabajador y porcentajes de población laboral protegida (90%, 75%, 50%, 25% y 10%).

Una vez efectuada la evaluación con la metodología, el técnico debe obtener la clasificación en base a la fuerza máxima aceptable y el porcentaje de población que se pretende proteger, mediante las tablas definidas por la institución mencionada.

2.4.2. Postura mantenida y/o forzada

Para la evaluación de este factor de riesgo se recomienda el estudio cualitativo y cuantitativo de las diferentes posturas adoptadas durante la tarea. Para determinar la carga física de trabajo se recomienda la aplicación de diferentes técnicas, tales como métodos de observación y de medición directa. Para aplicar estos métodos, se requiere que el observador estime la desviación angular de uno o varios segmentos del cuerpo en el espacio, analizando si se encuentran fuera de la posición neutral y/o de confort.

Los métodos recomendados y complementarios para la evaluación de la carga física de trabajo en tareas con posturas mantenidas y/o forzadas se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5.9 Tabla resumen evaluación carga postural			
Técnica	Principal Característica	Utilidad	Referencia
OWAS*	Muestro en tiempo de posturas y fuerza	Registro y análisis de postura de cuerpo entero	Karhu et al. 1977
RULA*	Categorización de posturas de cuerpo y fuerza, con niveles de acción para valorar	Valoración de extremidad superior	McAtamney & Corlett 1993
REBA**	Categorización de posturas y fuerza, con niveles de acción para la valoración	Evaluación de cuerpo entero para tareas dinámicas	Hignett & McAtamney 2000
ISO 11226:2000**	Determinar la aceptabilidad de trabajar en posturas mantenidas o constantes	Especificación de límites de ángulos de segmentos corporales en trabajo con posturas constantes.	ISO 11226:2000
Métodos de Medición directa**	Aplicados mediante sensores, los cuáles son colocados directamente en los sujetos para medir las variables de exposición en el trabajo	Miden diversos parámetros relacionados con análisis cinemático articular, dinamometrías, ritmo cardíaco, consumo de oxígeno y actividad electromiográfica, entre otros	Ver Tabla 5.4

* Método de valoración recomendado.

** Métodos complementarios.

A continuación se exponen detalles de las metodologías calificadas como recomendadas:

a) Método OWAS (Ovako Working Analysis System): Fue desarrollado para la valoración de la carga física postural, basándose en la observación directa del trabajador mientras realiza su actividad laboral (Wilson et al. 2005, Karhu et al. 1977). En la evaluación del riesgo en tareas con posturas mantenidas y forzadas, además de la fuerza que realiza la persona, se valoran los siguientes elementos:

- Postura extremidad superior.
- Postura extremidad inferior.
- Postura columna.
- Peso de la carga.
- Frecuencia de aparición de posturas.

De esta forma, los pasos a seguir para la aplicación de esta metodología son:

- Realizar observación de la tarea.
- Seleccionar el ciclo de trabajo:
 - Dividir el ciclo de trabajo en fases.
 - Medir la duración del ciclo
 - Calcular cuánto tiempo se tiene que filmar y observar la tarea (registro de 30 a 60 segundos durante 20 - 40 minutos). Se ha estimado que el error límite en los valores medios de 100 observaciones es del 10%.
- Analizar las posturas, colocando los códigos según segmento corporal
- Analizar la frecuencia de aparición de cada postura y su riesgo.
- Clasificar el puntaje total obtenido, según los códigos de postura y según frecuencia de aparición de éstas para valorar niveles de acción.

Luego, de acuerdo a esta metodología, las categorías de acción se establecen según la siguiente clasificación:

Tabla 5.10 Categorías de acción método OWAS	
Nivel	Medidas de acción
Nivel 1	No requiere medidas correctivas
Nivel 2	Medidas correctivas en un futuro cercano
Nivel 3	Medidas correctivas en lo antes posible
Nivel 4	Medidas correctivas lo antes posible

b) Método RULA (Rapid Upper Limb Assessment): Propuesto por McAtamney y Corlett (1993), evalúa el riesgo a que están expuestos los trabajadores que realizan tareas asociadas a los tres factores que más tienen repercusión en el riesgo de trastornos musculoesqueléticos de extremidad superior que son la postura, la fuerza y la característica del trabajo muscular realizado. No obstante, no contempla la valoración de factores ambientales como el frío y las vibraciones. El riesgo es evaluado considerando dos grandes grupos que tienen diferentes comportamientos frente a los trabajos repetitivos, a saber:

- **Extremidades Superiores:** Incluye, de manera separada, a hombro, codo y muñeca, cuyos datos son valorados en una tabla de manera combinada.
- **Cuello-Tronco-Piernas:** Se realiza lo mismo para este segmento.

En una primera instancia, el método propone elegir la peor postura observada en las tareas presentes en los puestos de trabajo y de cada una de ellas analizar, a través del registro en una hoja de campo, la información recabada. El resultado final se expresa en acciones o medidas a tomar para evitar el riesgo, considerando 4 opciones para las posturas analizadas. Éstas derivan en las categorías expresadas en el cuadro siguiente:

Puntaje final	Categoría de Acción
1-2	Aceptable
3-4	Se requiere pronta investigación
5-6	Se requiere pronta investigación y cambios a la brevedad
7	Se requiere investigación y cambios inmediatos

Por su parte, los métodos REBA, Medición Directa y Norma ISO son descritos en el capítulo de Métodos Complementarios.

2.4.3. Movimiento repetitivo

Las metodologías a ser empleadas en la evaluación de este factor de riesgo deben considerar factores biomecánicos, de exposición y organización del trabajo (Visser et al. 2006). Para el estudio de tareas con movimiento repetitivo, al igual que en el caso del estudio de las posturas forzadas, se recomienda la aplicación de diferentes técnicas, tales como métodos de observación y de medición directa.

Los métodos que se recomiendan para la evaluación de la carga física de trabajo en tareas con movimientos repetitivos son los siguientes:

Tabla.5.12 Evaluación de tareas con movimiento repetitivo

Técnica	Principal Característica	Utilidad	Referencia
OCRA Check List*	Método semi detallado que determina de manera sencilla la frecuencia de acciones técnicas, repetitividad, posturas incómodas, fuerza, factores adicionales, falta de periodos de recuperación y duración de la tarea repetitiva. Es un método cuantitativo	Puntaje de evaluación integrada para varios tipos de trabajo	Occhipinti 1998 ISO 11228-3:2007
Strain Index**	Índice combinado de seis factores de exposición para tareas	Evaluación para el riesgo de trastornos musculoesqueléticos de extremidad superior	Moore y Garg 1995
ISO 11228-3:2007**	Presenta una estimación simple del riesgo observado en tareas con baja carga y alta frecuencia de movimientos. Este metodología dirige según el riesgo encontrado a metodologías más detalladas para la evaluación y valoración del riesgo.	Evaluación del riesgo para tareas que involucran la extremidad superior.	ISO 11228-3:2007
Métodos de Medición directa**	Aplicados mediante sensores, los cuáles son colocados directamente en los sujetos para medir las variables de exposición en el trabajo	Miden diversos parámetros relacionados con análisis cinemático articular, dinamometrías, ritmo cardíaco, consumo de oxígeno y actividad electromiográfica, entre otros	Ver Tabla 5.4

* Método de valoración recomendado.

** Métodos complementarios.

A continuación se exponen detalles de la metodología calificada como recomendada:

a) OCRA Check List (Occupational Repetitive Actions): Puede utilizarse de manera práctica a través de su lista de chequeo o bien pasar a un análisis más exhaustivo de las acciones repetitivas cuando sea necesario. La lista de chequeo puede ser de rápida aplicación y servir de manera importante para decidir el camino de la evaluación y las decisiones a tomar. El OCRA analítico puede tomar tiempo (unas tres horas como refieren los mismos autores) y debe ser aplicado por personas con experiencia (Colombini et al. 2004., Occhipinti 1998). Es por esto que, como método, se aconseja utilizar la lista de chequeo para la evaluación previa y, de los resultados de ésta, considerar la aplicación de otras metodologías para movimientos repetitivos contemplados en este capítulo.

La lista de chequeo de OCRA describe un puesto de trabajo y estima el riesgo intrínseco, como si un trabajador lo utilizara toda la jornada laboral; por lo tanto, a través de su aplicación se podrá determinar cuáles son los puestos de trabajo que presentan, por sus características estructurales y organizativas, un riesgo "ausente", "leve", "medio" o "elevado", independiente de la presencia o no de trabajadores. Esto es útil en la valoración del trabajo pesado, ya que permite sostener la idea de que un trabajador se ha visto expuesto a una cierta condición laboral por un tiempo determinado. Además, proporciona una información preliminar que permitirá decidir los pasos a seguir en la evaluación.

Entendiendo lo anterior y según la lógica de esta Guía Técnica, los resultados de su aplicación se traducen como se muestra en la tabla siguiente:

Resultado de la lista de chequeo	Nivel de Riesgo
≥ 22,5	Riesgo Alto
14,1 - 22,5	Riesgo Medio
11,1 - 14	Riesgo Leve
7,6 - 11	Riesgo Muy Leve
0 - 7,5	Riesgo Aceptable

Los métodos Strain Index, Métodos de Medición Directa y Norma ISO son descritos en el capítulo Métodos Complementarios.

2.4.4. Carga bioenergética

En reposo y en condiciones ambientales ideales, el organismo humano gasta en energía aproximadamente una kilocaloría por minuto (Kcal/min), lo que equivale a un consumo de aproximadamente 250 ml de oxígeno por minuto ($VO_2 = 250$ ml/min). Medir el VO_2 que se emplea en relación con una cierta actividad sirve, por lo tanto, como orientación para determinar el gasto energético que esta actividad implica³. Para determinar el esfuerzo que exige un trabajo específico, se requiere medir el gasto de energía en relación a la capacidad del organismo para generar el ATP requerido por esta demanda.

En términos prácticos, esto significa medir el VO_2 durante una determinada actividad en relación al consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) del sujeto en cuestión. Actualmente es posible valorar el VO_2 en cada ciclo respiratorio (breath by breath) mediante equipos portátiles diseñados para ser aplicados en terreno, aunque ello no implica que siempre tenga que ser medido en forma directa con estos equipos. Pese a todo, la miniaturización posible en la actualidad, sigue siendo necesario el uso de mascarilla y tubos para guiar el aire inspirado y espirado, lo que conlleva molestias para una aplicación prolongada. El VO_2 se puede evaluar también en forma indirecta a través del registro del ritmo cardíaco.

La utilización de la frecuencia cardíaca en la evaluación requiere, sin embargo, calibrar previamente esta relación en cada sujeto, realizando un determinado programa de trabajo en un ergómetro. Para ello, se ejecutan tres ejercicios de intensidad creciente y se grafica la frecuencia cardíaca en función del consumo de oxígeno. Luego, se extrapola la recta obtenida y se determina el VO_2 virtual que se obtendría al alcanzar la frecuencia cardíaca estimada como máxima, considerando la edad. Una vez "calibrado" en términos de ritmo cardíaco, a través del nomograma ajustado de Astrand y Rodahl (1992), el VO_2 puede ser monitoreado, en forma continua, en prácticamente toda condición de terreno mediante los sistemas portátiles (Sistema Polar). Estos sistemas pueden aplicarse, por lo general, sin afectar el trabajo habitual.

³También puede ser usado como un Método Complementario para la evaluación de factores de riesgo de Manipulación Manual de Carga, Posturas Mantenidas y/o Forzadas y Movimientos Repetitivos.

Los métodos que se recomiendan para la evaluación de la carga física bioenergética se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5.14 Evaluación de tareas con carga bioenergética			
Técnica	Principal Característica	Utilidad	Referencia
Monitoreo Continuo del Ritmo Cardíaco con Sistemas Portátiles*	Registro continuo del ritmo cardíaco, incluyendo frecuencia y variabilidad.	Estimación indirecta del consumo de oxígeno.	Astrand y Rodahl 1992
Medición del VO ₂ **	Medición más aproximada de la carga bioenergética	Estimación del nivel de fatiga	Louhevaara y Kilbom 2005

* Método de valoración recomendado.

** Métodos complementarios.

A continuación se exponen detalles de la metodología calificada como recomendada:

- **Monitoreo continuo del ritmo cardíaco:** El Ritmo Cardíaco evaluado en forma continua durante toda la jornada laboral, puede indicar el esfuerzo que ésta implica y, con ello, el impacto que representa para el caso individual. Equipos tipo polar permiten actualmente registrar en forma continua la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad del ritmo cardíaco. En relación con un trabajo liviano o moderado, la FC aumenta durante los primeros dos o tres minutos, para luego alcanzar un valor elevado, pero estable (steady state), que se puede mantener constante durante horas. En el caso que la FC tienda a seguir aumentando sin alcanzar un equilibrio, cabe esperar un pronto cese del trabajo por efecto de la fatiga.

Por lo tanto, la Carga Cardiovascular (CC) representa el porcentaje en el cual aparece comprometida la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCR) por la diferencia entre la frecuencia cardíaca observada durante el trabajo (FC trabajo) y la frecuencia cardíaca observada durante el reposo (FC reposo). La FCR equivale a la diferencia entre la frecuencia cardíaca máxima (FC máxima) y la FC reposo. En términos aproximados, la FC máxima corresponde a la diferencia numérica entre los 220 latidos por minuto y la edad en años del sujeto. Esta relación se resume en la siguiente ecuación:

$$\%CC = \frac{FC \text{ trabajo} - FC \text{ reposo}}{FC \text{ máxima} - FC \text{ reposo}} \times 100$$

En consecuencia, se puede considerar como trabajo pesado todo aquél en el cual el promedio de la “FC trabajo menos la FC reposo” monitoreado durante la jornada laboral, supera el 30% de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (Wu y Wang 2002).

El fundamento para utilizar la frecuencia cardíaca en sus diversas expresiones para monitorear la Carga Cardiovascular, se basa en la estrecha relación entre función cardíaca y consumo de oxígeno. La CC se aproxima al grado en que se compromete el VO₂ máximo (VO₂ máx) por el VO₂ observado durante el trabajo (VO₂ trabajo). Esta relación se resume en la siguiente ecuación (Louhevaara et al. 2005):

$$\%VO_2 \text{ máx} = \frac{VO_2 \text{ trabajo} - VO_2 \text{ reposo}}{VO_2 \text{ máximo} - VO_2 \text{ reposo}} \times 100$$

A similitud de lo expresado en forma de FC, el “VO₂ trabajo” promedio en un período laboral de 8 horas, no debería exceder el 30-40% del VO₂ máximo (Louhevaara et al. 2005).

2.5. Métodos Complementarios para el Estudio de los Factores de Riesgo Físicos

Los métodos complementarios seleccionados para ser utilizados en la evaluación de los factores físicos en la presente Guía Técnica, se clasifican según el factor que se va a evaluar. A continuación, se exponen los métodos según factor de riesgo:

Tabla.5.15 Métodos complementarios de evaluación				
Método objetivos complementarios	Factor de Riesgo Biomecánico			Factor de Riesgo Bioenergético
	Manipulación Manual de Carga	Postura Forzada / Mantenido	Movimiento Repetitivo	
Ecuación NIOSH	X			
REBA	X	X		
Strain Index			X	
Electromiografía	X	X	X	
Análisis Cinemático Articular	X	X	X	
Monitoreo Continuo del Ritmo Cardíaco con Sistemas Portátiles	X	X	X	
Medición VO ₂				X
ISO 11228-1:2003	X			
ISO 11228-2:2007	X			
ISO 11226:2000		X		
ISO 11228-3:2007			X	

Para la aplicación de las metodologías complementarias es preciso contar con la asesoría de un profesional capacitado. Los resultados obtenidos mediante estos métodos respaldarán aquellos resultados que se alcancen mediante los métodos de evaluación recomendados.

2.5.1. Métodos observacionales

A continuación se presenta un resumen de los principales atributos de estas metodologías:

a) Ecuación NIOSH: Evalúa el riesgo de trastornos dorsolumbares en tareas de levantamiento, determinando el nivel de acción para la adopción de medidas preventivas (Waters 2006). Fue actualizada y publicada en 1993 por la National Institute of Safety and Health (NIOSH) y se basa en criterios biomecánicos, fisiológicos y psicofísicos, considerando lo siguiente:

- Criterio biomecánico: fuerza compresiva nivel L5/S1.
- Criterio fisiológico: límite de fatiga muscular y gasto energético.
- Criterio psicofísicos: considera la aceptación del levantamiento por parte de los trabajadores.

Esta metodología realiza el cálculo del Límite de Peso Recomendado en la tarea estudiada, a través de un modelo multiplicativo de variables, planteado de la siguiente forma:

$$\text{LPR} = \text{CC} \times \text{FH} \times \text{FV} \times \text{FD} \times \text{FA} \times \text{FF} \times \text{FC}$$

Donde:

LPR = Límite de Peso Recomendado (peso de la carga que todo trabajador sano puede levantar durante un período sustancial de tiempo, hasta 8 horas, sin incrementar el riesgo de dolor lumbar)

CC = Constante de Carga

FH = Factor Horizontal

FV = Factor Vertical

FD = Factor de Desplazamiento vertical

FA = Factor de Asimetría

FF = Factor de Frecuencia

FC = Factor de Acoplamiento

De acuerdo con este modelo y en condiciones ideales, el peso máximo que se debiera levantar es de 23 Kg. Hasta este valor, el riesgo se considera significativamente bajo. También se define el Índice de Levantamiento como la relación entre el peso de la carga levantada y el Límite de Peso Recomendado, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{IL} = \text{L} / \text{LPR}$$

Donde:

IL = Índice de Levantamiento

L = Peso Levantado

LPR = Límite de Peso Recomendado

Según el criterio NIOSH, existe un riesgo creciente de dolor lumbar cuando este IL es mayor a 1. Así, una vez efectuada la evaluación con esta ecuación, el técnico debe obtener la clasificación en base a los niveles de acción siguientes (Waters et al. 1993):

Tabla 5.16 Categoría de acción de acuerdo a nivel de riesgo	
Índice de Levantamiento (IL)	Descripción
≤ 1	Sin riesgo
$1 < IL \leq 3$	Riesgo moderado
> 3	Riesgo crítico

b) REBA (Rapid Entire Body Assessment): Se define como un instrumento de análisis postural que fue desarrollado por la necesidad percibida de trabajar con posturas imprevisibles encontradas en la asistencia médica, sector servicios e industria (Hignett et al. 2000). Las metodologías de base utilizadas fueron:

- Ecuación de NIOSH
- Escala de Percepción Subjetiva de Borg
- Método OWAS
- Body Part Discomfort Survey de Corlett & Bishop
- Método RULA

El objetivo de este método es generar un estudio de las posiciones en diversas tareas y su base conceptual divide al cuerpo en segmentos, que luego son codificados y puntuados individualmente, en relación a planos de movimientos. Esta metodología provee un sistema de puntaje causado por actividad muscular estática, dinámica, cambios rápidos, posturas inestables e importancia de agarres. La puntuación se obtiene mediante tablas predefinidas, ya sea para aspectos específicos o para un puntaje final por zona evaluada. Finalmente, en esta metodología se clasifica la urgencia de acción en relación al riesgo hallado en la tarea estudiada.

Para evaluar, se debe seleccionar la postura más representativa por repetición o por su exigencia, por lo que se debe obtener la siguiente información:

- Ángulos formados por diferentes partes del cuerpo (tronco, cuello, piernas, brazo, antebrazo y muñeca): in situ o con fotografías.
- Carga en kilogramos.
- El tipo de agarre.
- Característica de la actividad desarrollada por el trabajador (estática, dinámica, movimientos bruscos y/o posturas inestables).

Una vez aplicada la metodología REBA, el evaluador debe obtener la clasificación en base a los niveles de acción determinados, mediante la tabla definida por Hignett y McAtamney (2000):

Tabla 5.17 Nivel de riesgo y nivel de acción de acuerdo a puntaje total REBA

Puntaje total	Nivel de Riesgo	Nivel de acción	Descripción nivel de acción
1	Aceptable	0	No necesario
2-3	Bajo	1	Puede ser necesario
4-7	Medio	2	Necesario
8-10	Alto	3	Necesario pronto
4	Muy alto	4	Actuación inmediata

c) Strain Index: Esta metodología parte de la premisa que no es la exposición lo riesgoso, sino que depende de la manera cuantitativa con que se presentan dichos factores o variables durante los periodos de trabajo (Moore et al. 1995). Para su aplicación, se deben cumplir las siguientes etapas:

- Observación de la tarea y recolección de datos
- Asignar la clasificación
- Determinar los factores multiplicadores
- Calcular el Strain Index
- Interpretar los resultados

El Strain Index se obtiene de la multiplicación de seis variables consideradas, obteniéndose un puntaje numérico (SI del trabajo) según la siguiente ecuación:

$$SI = IE \times DE \times EM \times PM \times VE \times DD$$

Donde:

IE = Intensidad del Esfuerzo
 DE = Duración del Esfuerzo por ciclos
 EM = Esfuerzo por Minutos
 PM = Postura de Muñeca
 VE = Velocidad del Esfuerzo
 DD = Duración de las Tareas por Día

Por lo tanto, el puntaje obtenido representará una situación referente al riesgo de la tarea realizada que se correlaciona con el riesgo de desarrollar trastornos de la extremidad superior, según la siguiente escala de valoración:

Tabla 5.18 Puntaje final Strain Index

Puntaje	Decisión
$SI \leq 3$	Tarea segura
$3 < SI < 7$	Tarea probablemente riesgosa
$SI \geq 7$	Tarea peligrosa

Debe considerarse que las tareas que presentan un puntaje superior a 5 se relacionan con trastornos musculoesquelético de extremidades superiores.

2.5.2. Métodos de medición directa

La selección de cada uno de los métodos de medición directa depende de la naturaleza de la tarea y del objetivo de la valoración, por lo que los criterios de evaluación se establecen según los parámetros de cada metodología. A continuación se plantean criterios de valoración como directrices a ser empleadas en el respaldo técnico para la calificación de trabajos pesados en la medida que estas técnicas puedan ser aplicadas in situ:

Tabla 5.19 Criterios de valoración en técnicas de medición directa

Técnica	Principal Característica	Utilidad	Referencia
Análisis cinemático articular	Variación angular	Límites establecidos según normativa ISO	ISO 11226:2000
Electromiografía	Porcentaje de la fuerza muscular máxima o porcentaje de la máxima contracción voluntaria (%MVC)	No debería aplicarse más del 40% de la fuerza muscular máxima en un trabajo repetitivo.	Astrand & Rodahl 1992
VO ₂ (consumo de oxígeno)	VO ₂ trabajo	VO ₂ trabajo promediado en un período laboral de 8 horas no debería exceder el 30-40% del VO ₂ máx.	Louhevaara & Kilbom 2005

368

Es importante destacar que para su aplicación, es preciso contar con la asesoría de un profesional competente.

A continuación se presenta un resumen de los principales atributos de estas metodologías:

a) Análisis cinemático articular (Análisis 2D o 3D): Tiene como objetivo estudiar el movimiento de los segmentos corporales de manera independiente de las fuerzas y momentos que lo provocan. La descripción del movimiento de estos segmentos incluye la cuantificación de posiciones, velocidades y aceleraciones (Dempsey y Munro 2006). Para el estudio del movimiento, se debe aplicar un tiempo de muestreo, definido según la tarea a estudiar, y diferentes técnicas de registro, a fin de observar el movimiento y la actividad en base a las posibilidades de estudio en terreno. A continuación se mencionan las principales técnicas:

- **Sistema de captura de movimiento (3D):** Son sistemas avanzados de captura de movimiento (sistemas digitales), comúnmente integrados por cámaras, marcadores y software de análisis, que tienen como objetivo localizar el movimiento del segmento determinado en el espacio y obtener las características de éste, como ángulos, velocidades angulares y fluidez de movimiento. Se seleccionan los segmentos a ser estudiados mediante técnicas y protocolos predefinidos por especialistas capacitados para ello. En ese sentido, la información del análisis del movimiento está dada en base a excursión angular en dos o tres planos de movimiento, frecuencia de movimiento, variables de velocidad y aceleración angular.

- **Electrogoniometría (2D):** Sensores llamados electrogoniómetros se aplican directamente sobre los segmentos corporales, mediante protocolos y técnicas predefinidas. Ésto aumenta la fiabilidad de las mediciones, ya que evalúa básicamente los desplazamientos angulares de los segmentos estudiados. La cuantificación de las variaciones de diferentes segmentos, permite comparar las posturas definidas en métodos observacionales de evaluación. En ese sentido, la información del análisis del movimiento está dada en base a excursión angular en dos planos de movimiento (análisis 2D), frecuencia de movimiento, variables de velocidad y aceleración angular.

- **Lumbar Motion Monitor:** Técnica desarrollada para responder a la necesidad de poseer un método práctico para evaluar los componentes dinámicos de los factores de riesgo de los trastornos dorsolumbares en entornos laborales (Marras et al. 2006). El instrumento de medición es un electrogoniómetro triaxial que actúa como un exoesqueleto liviano y que se posiciona directamente sobre la columna lumbar, alineado con la misma, midiendo instantáneamente su posición. Los datos obtenidos son convertidos en señales digitales y registradas en un microcomputador, que luego son procesados para calcular posición, velocidad y aceleración de la columna en los tres planos del movimiento, en función del tiempo.

b) Electromiografía de superficie (EMGs): Es una herramienta muy valiosa para determinar el nivel de actividad eléctrica y la fatiga muscular en estudios de campo. Técnicamente y a fin de detectar la fatiga, se analizan cambios en los parámetros de amplitud y frecuencia de la señal eléctrica inducida en la musculatura con sobrecarga durante el desarrollo de la tarea. Para aplicar esta técnica es necesario conocer la tarea y musculatura bajo estudio mientras dure el período de trabajo (Luttmann et al. 2000, Yassierli y Nussbam 2009). Por otra parte, el esfuerzo realizado puede ser medido mediante la relación entre la actividad electromiográfica obtenida en la evaluación de la máxima contracción voluntaria (MCV) previo a la tarea y la actividad electromiográfica durante su ejecución, representado por el % de MCV (Winter 1996).

Se ha descrito que, en promedio durante la jornada laboral, no debería aplicarse más del 40% de la fuerza muscular máxima en un trabajo repetitivo, donde el tiempo de cada contracción muscular es aproximadamente la mitad del tiempo de cada período de relajación (Astrand et al. 1992).

A partir de lo anterior, las principales ventajas de esta técnica de estudio son (Cifrek et al. 2009):

- Técnica no invasiva.
- Aplicable in situ.
- Monitorea a tiempo real durante del desarrollo del trabajo.
- Capacidad para monitorear fatiga de musculatura particular.
- Correlación entre cambios bioquímicos y fisiológicos en músculos durante la fatiga.

c) Medición del VO_2 máximo: Esta variable puede ser determinada midiendo el máximo consumo de oxígeno frente a un trabajo máximo o en base a la medición de la frecuencia cardiaca en pruebas de esfuerzo sub-máximos. Asimismo, la carga de trabajo puede ser estimada directamente durante el desarrollo de la actividad, realizando la medición del consumo de oxígeno con equipos de lectura directa del VO_2 ; o de manera indirecta, registrando el ritmo cardíaco durante la jornada laboral, mediante el uso de un cardiorfrecuenciómetro (tipo polar).

Esta última manera tiene la ventaja de ser más accesible, debido a la masificación de estos equipos en la vida cotidiana y al hecho que la frecuencia cardiaca puede ser extrapolada al consumo de oxígeno mediante tablas que demuestran la linealidad del comportamiento entre ambos. Esta extrapolación puede ser realizada hasta alcanzar frecuencias cardiacas de 170 pulsaciones por minuto. Sin embargo, estas estimaciones deben ser individualizadas respecto a los comportamientos diferenciados entre personas para los parámetros antes mencionados y otros importantes como la edad, el sexo, el entrenamiento físico, el estado emocional y las condiciones ambientales donde se trabaje (Astrand 1992).

Para la interpretación de los resultados obtenidos en cada uno de los métodos de medición directa se debe contar con equipo adecuado y el soporte técnico de un profesional capacitado.

2.5.5 Normas ISO

a) ISO 11228-1:2003 Ergonomía - Manejo manual. Parte 1: Levantamiento y transporte: Este capítulo es parte de un conjunto de normativas que establecen recomendaciones para tareas que involucran manipulaciones manuales de carga. Realiza una aproximación para estimar el riesgo para la salud en tareas con levantamiento y transporte de carga, para los cuales se proponen límites recomendados, basados en investigaciones del área de epidemiología, biomecánica, fisiología y del ámbito psicofísico.

Este modelo considera también tiempo de exposición, intensidad y frecuencia de la tarea.

La norma no incluye dentro del espectro de evaluación el sostener objetos (sin caminar), empujar o arrastrar carga, levantamiento con una mano, manejo manual de carga sentado y manejo manual de carga por dos o más personas. Además, esta parte está basada en jornadas laborales de 8 horas y no analiza la condición de tareas combinadas.

b) ISO 11228-2:2007 Ergonomía - Manejo manual. Parte 2: Empuje y arrastre: El riesgo en tareas de empuje y arrastre se estima en base al conocimiento actual de la relación entre trastornos musculoesqueléticos y este tipo de factor de riesgo, proveyendo dos métodos para identificarlo y proponiendo algunas recomendaciones para reducirlo. La estimación del riesgo en esta norma se fundamenta, entonces, en los siguientes aspectos:

- Biomecánicos: Se basan en los esfuerzos, las capacidades de fuerza individual y el riesgo de lesión.
- Fisiológicos: Toman en cuenta el gasto energético y los límites de fatiga.
- Psicofísicos: Consideran la percepción de los trabajadores de esfuerzo aceptable, fuerzas y discomfort.

Esta norma provee una lista de chequeo simple y tablas psicofísicas, con las cuales se puede realizar una evaluación rápida de la tarea. Este check list no sólo direcciona la evaluación del riesgo y de los valores límites, sino también a los pasos para reducirlo. Las tablas psicofísicas proveen el promedio de fuerzas aceptables, considerando altura de manipulación, distancia y frecuencia, tanto para hombres como para mujeres. La evaluación global de este método indica dos niveles: aceptable (verde) o no aceptable (rojo). Si este método es insuficiente, se indica utilizar otro de mayor complejidad, el que plantea tres zonas para determinar el riesgo (verde, amarillo y rojo).

c) ISO 11226:2000 Ergonomía - Evaluación de trabajo con posturas estáticas: Esta normativa especifica los límites recomendados para trabajo en posturas mantenidas, con o sin uso de fuerza, teniendo en cuenta ángulos corporales y tiempos de exposición. Su contenido está basado en el conocimiento ergonómico actual, siendo susceptible a cambios según la futura investigación.

El procedimiento de evaluación considera varios segmentos del cuerpo y articulaciones de manera independiente. Contempla sólo los ángulos de cuerpo y sus recomendaciones posteriores son basadas principalmente sobre riesgos para sobrecargar estructuras pasivas de cuerpo, como ligamentos, discos de cartílago y intervertebrales. Su resultado puede llevar a la conclusión de “aceptable” o “no recomendado”.

d) ISO 11228-3:2007 Ergonomía - Manejo manual. Parte 3: Manipulación de bajas cargas a alta frecuencia: Esta norma provee una guía para la identificación y la evaluación de los factores de riesgo asociados a las tareas de alta frecuencia de ejecución y manejo de cargas de baja magnitud. Las recomendaciones para el control del riesgo para la salud están basadas en evidencia científica validada de estudios en el ámbito de la fisiología y la epidemiología.

La metodología consiste en la aplicación de una lista de chequeo inicial para la evaluación general del riesgo observado en la tarea. Según lo encontrado en esta primera etapa, se procede a la aplicación de una metodología de evaluación más específica. Para este propósito, luego se recomienda una extensa lista de metodologías validadas.

CAPÍTULO 3: MANEJO MANUAL DE CARGA

3.1. Introducción

El estudio de este factor físico es complejo, debido a la diversa naturaleza de las tareas presentes en los distintos sectores productivos. Aquellas con ciclos de trabajo largos, poco definidos y con múltiples variables incidentes exigen un estudio detallado y sistemático.

Sin embargo, gran parte de los métodos de análisis de tareas con manejo manual de carga se han orientado a la evaluación de elementos individuales y a la extrapolación de estos resultados a situaciones globales. Tal enfoque en la actualidad representa una limitante importante en el análisis de tareas en diferentes sectores productivos. En este sentido, no existe un método o norma que sea aplicable en todas las situaciones. Es por ello que en esta Guía Técnica se propone un modelo dinámico que implica aplicar metodologías recomendadas y complementarias, para así obtener una evaluación más objetiva posible.

3.2. Normativas Nacionales e Internacionales

Un resumen de las normativas nacionales e internacionales vigentes para el estudio del manejo manual de carga es el siguiente:

- Normas nacionales:
 - Ley N° 20.001 que regula el “Peso máximo de carga humana”.
 - Decreto Supremo N° 63 que regula la aplicación de la Ley N° 20.001
 - Guía Técnica Manejo Manual de Carga (MINTRAB 2008)
- Normas internacionales:
 - ISO 11128-1:2003. Ergonomics - Manual Handling. Part 1: Lifting and Carrying.
 - ISO 11128-2:2007. Ergonomics - Manual Handling. Part 2: Push and Pulling.
 - EN 1005-2:2003. Safety of machinery. Human physical performance. Part 2: Manual handling of machinery and components parts of machine.

3.3. Metodología de Evaluación

La evaluación de las tareas con manejo manual de carga tiene como objetivo identificar y evaluar factores de riesgo físicos, calificando los puestos de trabajo en relación a la presencia y la exposición, junto con establecer medidas de prevención. La aplicación de una u otra metodología dependerá del tipo de manipulación realizada, de las características del proceso productivo, de las características de los ciclos de tareas y de las múltiples variables incidentes en el puesto de trabajo.

Hay que tener en cuenta que la naturaleza de los trabajos modernos, constituidos por tareas y por patrones de tiempos complejos, limitan la efectividad de la evaluación de los métodos observacionales y, por ende, el desarrollo de estrategias de prevención (Dempsey y Mathiassen 2006).

Debido a esta complejidad, en esta Guía Técnica el análisis se realiza ocupando un Diagrama de Decisión (ver el Capítulo 7) que orienta al evaluador en la aplicación de las diferentes metodologías existentes. Para estos propósitos, la evaluación de las tareas donde existe manejo manual de carga se lleva a cabo en cuatro etapas, que se describen a continuación:

- **Etapa 0:** El evaluador debe considerar los resultados de la aplicación de la lista de verificación inicial (Ver Módulo 1). Si existe la presencia de tareas con manejo manual de carga, se debe analizar las limitaciones descritas en cada una de las metodologías disponibles para valorar el riesgo, con el propósito de seleccionar la(s) más adecuada(s) para la evaluación.
- **Etapa 1:** Evaluación del cumplimiento de la normativa vigente, relativa a la Ley N° 20.001 y la aplicación de su Reglamento (Decreto Supremo N° 63). Esta se debe realizar según lo dispuesto en la “Guía Técnica de Evaluación de Riesgos de Manejo Manual de Carga” (Mintrab 2008), derivada de dichas normativas. Se ocupa el Método MAC para tareas individuales o grupales que involucren levantamiento, descenso y transporte, y en el caso de aquellas que involucren empuje o arrastre, se utilizan las tablas de la Liberty Mutual. En el primer caso, la interpretación de los resultados se basa en el nivel de acción entregado por el método; mientras que para el segundo, corresponde al límite aceptable según proporción de población protegida.
- **Etapa 2:** Dependiendo de la naturaleza del proceso productivo y las limitaciones de las metodologías, se realiza el estudio con métodos complementarios, para obtener una visión más objetiva del riesgo.
- **Etapa 3:** Clasificación de la carga física relativa al desarrollo de la manipulación manual de carga, en función de lo expuesto en el Capítulo 7 de este módulo.

La imagen siguiente resume lo planteado:

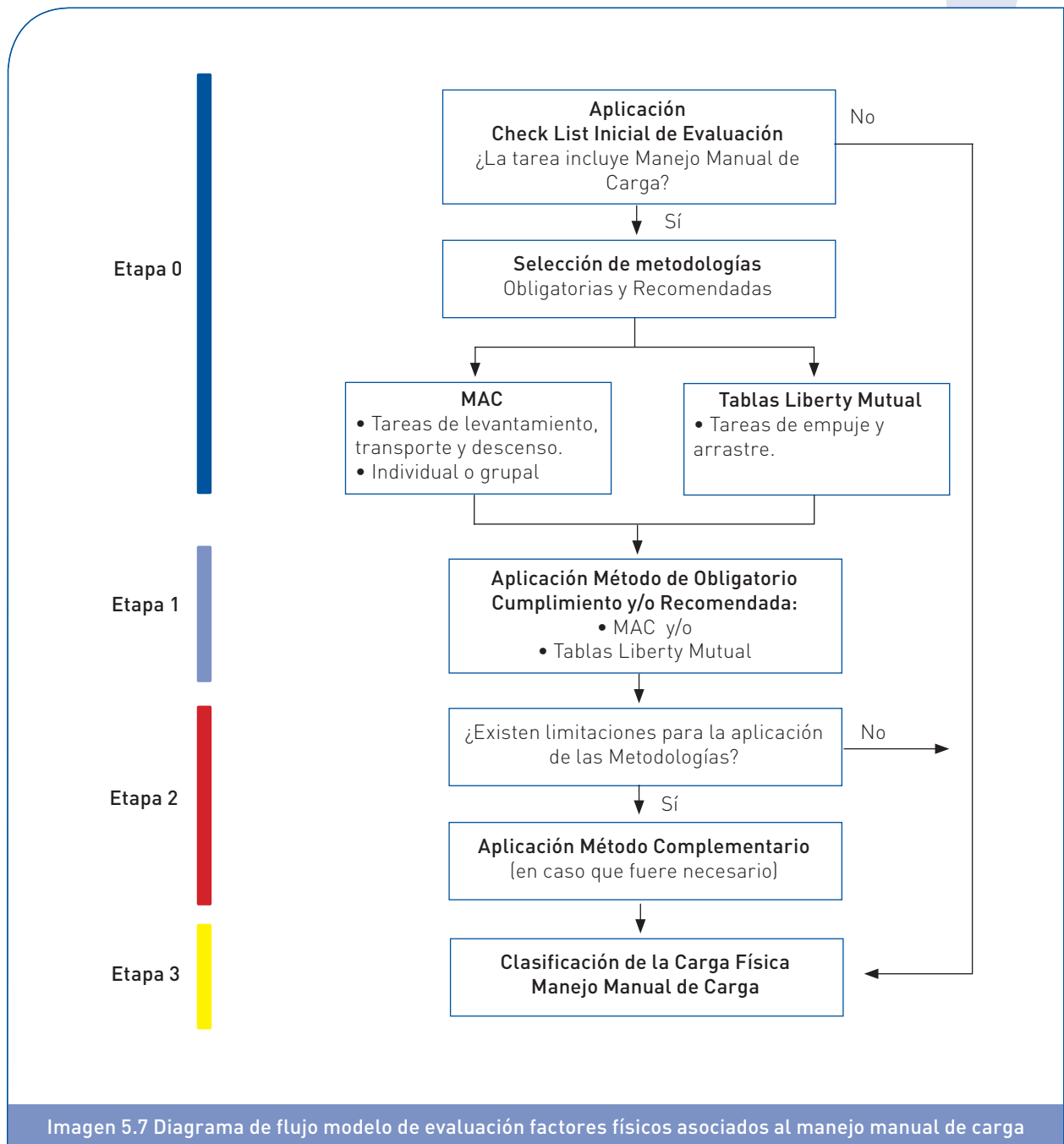


Imagen 5.7 Diagrama de flujo modelo de evaluación factores físicos asociados al manejo manual de carga

CAPÍTULO 4: POSTURAS MANTENIDAS Y/O FORZADAS

4.1. Introducción

Para mantener una postura determinada es necesario el control motor, con músculos que se ajusten a las demandas determinadas por el centro de gravedad. Por lo tanto, debe estar constantemente ajustándose para sostenerla dentro de su área de sustentación, ayudado por otros sistemas, como el visual y el vestibular.

La postura puede ser definida como la orientación de las partes del cuerpo en el espacio. Para sostenerla por encima de un período de tiempo, los músculos deben ser usados para contrarrestar las fuerzas externas sobre las partes del cuerpo (Pheasant et al. 2006). Además, puede estar influenciada por diversos factores, tal como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5.20 Factores que influyen en la postura que adoptan relacionados con la postura que adoptamos

Factores Neurofisiológicos	Factores Psicosociales	Factores Biomecánicos	Factores del Puesto de Trabajo	Factores Individuales
<ul style="list-style-type: none"> • Tono Muscular • Reacciones de equilibrio • Reacciones de enderezamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Aptitud (emocionales y personalidad) • Relación con entorno laboral (jefe, colegas, etc.) • Relación con entorno familiar y amigos 	<ul style="list-style-type: none"> • Centro de gravedad • Palancas • Momento • Sistema músculo esquelético 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientales: frío, calor, etc. • Dimensionales: mobiliario, máquinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Edad • Peso • Estatura • Índice de masa corporal

Estos factores influyen de manera directa o indirecta en la adopción de la postura a lo largo del día y de la noche. En el caso de una persona en su puesto de trabajo, la postura que adopta está determinada por la relación entre sus dimensiones corporales y las dimensiones del espacio de trabajo (Pheasant et al. 2006). Si una posición se mantiene de manera prolongada en el tiempo produce carga estática, como sucede con la postura bípeda mantenida que genera contracción principalmente de las extremidades inferiores y de otras partes del sistema musculoesquelético, como la espalda.

En un puesto de trabajo, sería imposible definir todos los tipos de posturas que existen, ya que una persona podría estar sentado, de pie, arrodillado, con los brazos en alto, entre otras muchas más, según las características propias de la actividad o tarea. Lo que sí se puede definir es el tiempo mantenido en aquellas posturas relevantes. En este contexto, el tipo de postura determinará la musculatura necesaria para cumplir con dicha función, que se puede clasificar en dos grandes ámbitos:

a) Postura Estática: Si es mantenida en el tiempo. Se utilizan principalmente los músculos antigravitatorios, donde la actividad muscular se realiza sin modificar la longitud del músculo. La Norma ISO 11226:2000 la define como el “mantener posturas de trabajo sobre 4 segundos, aplicado a variaciones pequeñas o inexistentes, sobre un nivel de fuerza fijo desarrollado por músculos y otras estructuras del cuerpo.”

b) Postura Dinámica: Si implica cambios en el tiempo. Se utiliza la musculatura realizando contracción lenta, rápida o explosiva, y generando modificación de la longitud del músculo.

Por su parte, las **posturas forzadas** se presentan cuando las articulaciones adoptan posturas en rangos extremos, fuera de la posición neutra, generando una carga biomecánica creciente en las estructuras anatómicas involucradas. Esto tiene relación con el rango de movimientos que requiere el gesto técnico que producen sobrecarga de los músculos, tendones y huesos, con respecto a la variación de los ángulos de la articulación. El ángulo exacto en el que se encuentra la mejor ventaja mecánica y fisiológica puede variar algo de articulación en articulación; aunque generalmente la posición de rangos medios es percibida como de bajo esfuerzo para su desarrollo. Esto es designado como el riesgo de alejarse de la posición neutra, es decir, las desviaciones fuera del rango medio, hacia cualquiera de los lados, podría representar un incremento del riesgo. En la siguiente imagen se observa que, a medida que se produce un alejamiento del rango articular neutral, puede aumentar el riesgo (Kumar 1999):

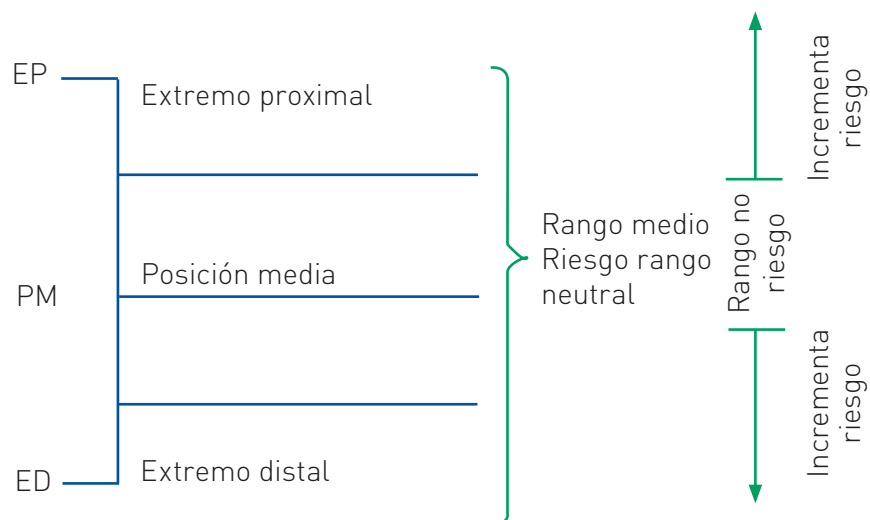


Imagen 5.8 Relación empírica entre rango de movimiento y riesgo de lesión

Según lo descrito y en función de lo planteado en la Norma ISO 11226, se pueden extrapolar algunas posturas que son consideradas aceptables, como lo indican las tablas siguientes:

Tabla 5.21 Posturas aceptables por segmento corporal según ISO 11226

Segmento corporal	Tipo de Postura	Grados habilitantes
Postura de Tronco	Postura simétrica de tronco	• 0°
	Inclinación de tronco (flexión)	• 0° a 20° • 20 a 60° con apoyo de tronco • Menor a 0° con apoyo de tronco
	Postura sentada	• Manteniendo la curvatura lumbar (lordosis)
Postura de cabeza	Postura simétrica de cuello	• 0°
	Inclinación de cabeza	• 0 a 25° • Menor a 0° (con apoyo)
	Flexo-extensión de cuello	• 0 a 25°
Hombro y extremidad superior	Postura cómoda de extremidad superior	
	Elevación de extremidad superior	• 0 a 60° con apoyo de brazo • 20° a 20°
	Hombro elevado	• No
Antebrazo y mano	Flexión/extensión extrema de codo	• No
	Pronación/supinación extrema de antebrazo	• No
	Postura extrema de muñeca	• No
Postura extremidad inferior	Flexión extrema de rodilla	• No
	Flexión y extensión extrema de pie	• No
	Posición de pie	• No, excepto cuando usa asiento sentado de pie (buttock rest), flexión de rodilla
	Posición sentada	• Ángulo de rodilla 90° y 135°

378

Tabla 5.22 Indicaciones de los límites de las articulaciones de rangos de movimientos según ISO 11226:2000

Parámetro Postural	Rango Límite de Movimiento
Rotación externa de Brazo	90°
Flexión de Codo	150°
Extensión de Codo	10°
Pronación de Antebrazo	90°
Supinación de Antebrazo	60°
Abducción radial de Muñeca	20°
Abducción ulnar de Muñeca	30°
Flexión de Muñeca	90°
Extensión de Muñeca	90°
Flexión de Rodilla	40°
Dorsoflexión de Tobillo	20°
Flexión Plantar de Tobillo	50°

La hiperflexión e hiperextensión articular son consignadas como posturas forzadas, ya que en ambos casos involucra rangos extremos o límites de las articulaciones (flexión y extensión). Las posturas más recurrentes en puestos de trabajo son la de las extremidades superiores sobre los 90° de flexión.

Las posturas forzadas pueden estar determinadas por diversos factores: puestos de trabajo mal diseñados, antropometría del trabajador, equipo de protección individual inadecuado, espacios reducidos, características personales (obesidad, estilos de vida, etc.), entre otros. Existen diversos puestos de trabajo donde se requiere realizar posturas mantenidas, presente tanto en procesos industriales como de servicios.

4.2.- Normas Nacionales e Internacionales

Un resumen de las normas nacionales e internacionales vigentes para el estudio de la postura de trabajo es el siguiente:

- Normas nacionales:
 - NCh 2768.Of2003 Ergonomía - Evaluación de las posturas de trabajo estáticas.
- Normas internacionales:
 - ISO 11226:2000 Ergonomics. Evaluation of static working postures.
 - UNE-EN-1005-4:2005. Evaluación de las posturas de trabajo en relación con las máquinas.

4.3.- Metodología de Evaluación

Para los propósitos de esta Guía Técnica la evaluación de las tareas donde existe postura forzada se lleva a cabo en cuatro etapas, que se describen a continuación:

- **Etapla 0:** El evaluador debe considerar los resultados de la aplicación de la lista de verificación inicial (Ver Módulo 1). Si existe la presencia de tareas con posturas mantenidas y/o forzadas, se deben analizar las limitaciones descritas en cada una de las metodologías disponibles para valorar el riesgo, con el propósito de seleccionar la(s) más adecuada(s) para la evaluación.
- **Etapla 1:** Se evalúa aplicando el Método OWAS y/o RULA (Karhu et al. 1977, McAtamney et al. 1993). La interpretación de los resultados está determinada por el nivel de acción o de riesgo asignado por cada una de las metodologías.
- **Etapla 2:** Dependiendo de la naturaleza del proceso productivo y las limitaciones de las metodologías, se realiza el estudio con métodos complementarios, para obtener una visión más objetiva del riesgo.

- **Etapa 3:** Clasificación de la carga física relativa a posturas mantenidas y/o forzadas, según lo expuesto en el Capítulo 7 de este módulo.

La imagen siguiente resume lo planteado:

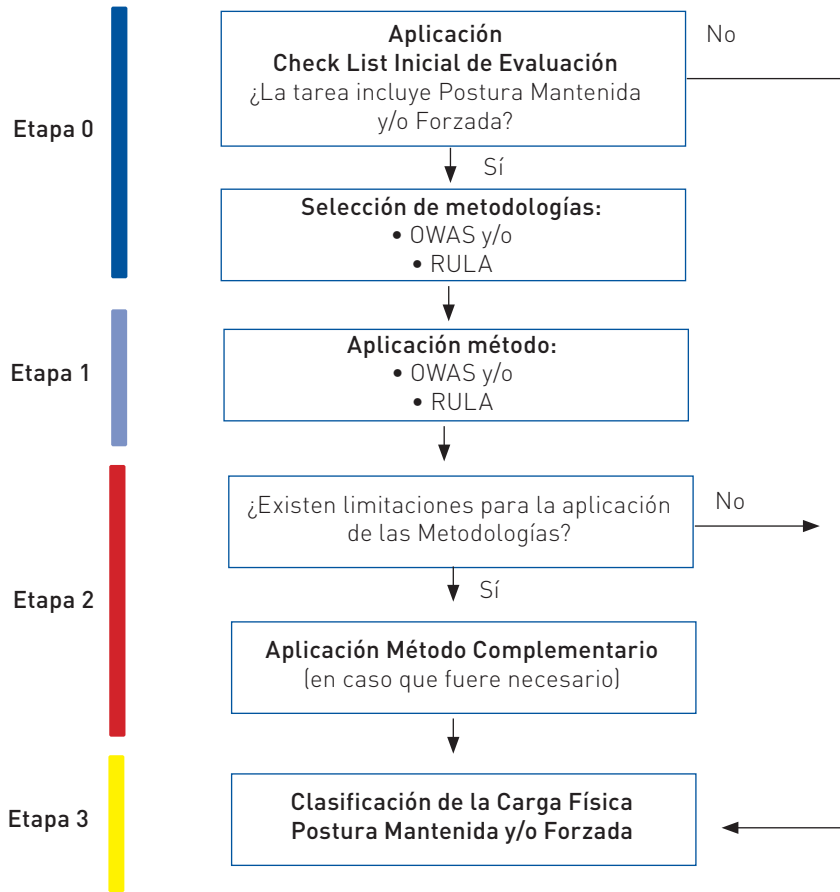


Imagen 5.9 Diagrama de flujo modelo de evaluación factores físicos. Postura mantenida y/o forzada

CAPÍTULO 5: MOVIMIENTOS REPETITIVOS

5.1.- Introducción

El trabajo repetitivo implica patrones de movimiento que involucran los mismos grupos musculares sinérgicos, que se observa en tareas donde la persona está constantemente repitiendo el mismo ciclo de trabajo y las mismas acciones técnicas (ISO 11228-3 2007). Estos patrones motores son utilizados para realizar una acción, actividad u operación, que son condicionados por las características de la tarea. Por lo general, se observan en ciclos de trabajos bien definidos y de corta duración.

Los criterios para determinar si una tarea es repetitiva derivan de los conceptos utilizados por la normativa internacional para este factor de riesgo. Estos pueden ser considerados repetitivos si los patrones motores observados se realizan por más del 50% de tiempo de la duración de un ciclo de la tarea; y altamente repetitivo, si están insertos en un ciclo menor a 30 segundos (Colombini et al. 2004). En este sentido, para la valoración de los riesgos asociados a este tipo de acciones es necesario antes identificar y cuantificar los elementos que se definen a continuación (ISO 11228-3:2007; Colombini et al 2004):

- Repetitividad: Presencia de acontecimientos (ciclos, tipos de posturas) que se repiten en el tiempo, siempre de manera idéntica.
- Frecuencia: Número de acciones técnicas (patrón de movimiento) por unidad de tiempo.
- Fuerza: Esfuerzo físico requerido al trabajador para realizar acciones técnicas.
- Período de recuperación: Pausas efectuadas después de un periodo de acciones realizadas que permite la recuperación del metabolismo muscular. El factor de riesgo viene determinado por la falta de períodos de recuperación o por una duración insuficiente de los mismos.
- Factores complementarios: Todos aquellos factores que pueden incidir en la severidad del riesgo al sumarse a los factores antes mencionados.

Los trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores han sido ampliamente atribuidos a factores de riesgo como carga postural, fuerza y repetición, aumentando el riesgo cuando estos dos últimos factores se presentan juntos. La aplicación de fuerza con baja repetitividad es tan perjudicial como la alta repetitividad con poca aplicación de fuerza (Colombini et al. 2004). Esto obliga a asociar ambos factores al momento de estimar este tipo de riesgo. Por otro lado, las posturas pueden sobrecargar las estructuras como músculos, tendones, ligamentos y articulaciones, las que también deben ser consideradas en esta valoración.

Asimismo y asociado a los factores biomecánicos, se encuentran los factores ambientales, dentro de los cuales destacan las vibraciones, por su efecto adicional frente a los trastornos musculoesqueléticos. El efecto perjudicial estará directamente relacionado con la intensidad, tiempo de exposición y frecuencia.

Actualmente existen metodologías fiables para la valoración de los riesgos asociados a los movimientos repetitivos, entre los que se encuentra el método OCRA Check List y el Strain Index. Ambos incorporan el mayor número de factores a considerar en este tipo de evaluación para la extremidad superior.

Previo a la evaluación, deberán definirse los movimientos realizados, buscando simplificarlos y aislarlos al máximo, a fin de poder establecer cuáles son los momentos de la tarea (ciclos) en donde se encuentran claramente los movimientos repetitivos. Así, podrá valorarse la repetitividad, la frecuencia de las acciones, la fuerza utilizada en los movimientos específicos, las posturas presentes y los factores que pudieran estar agravando la condición.

5.2. Normas Nacionales e Internacionales

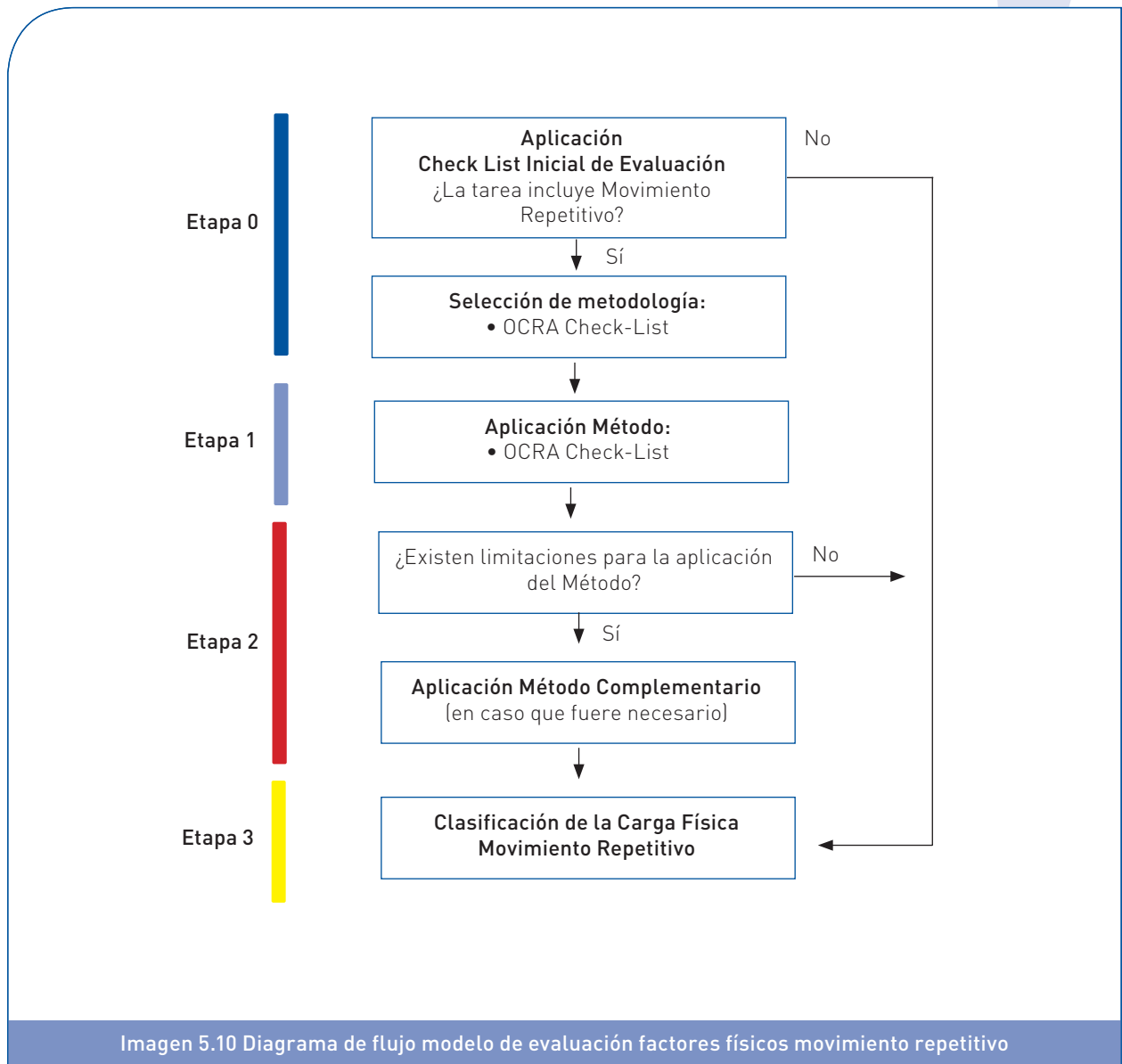
A nivel internacional, gran parte de los países se rigen por las directrices establecidas en la norma ISO 11228-3:2007. Es así como criterios de valoración del método OCRA se ha comenzado a utilizar en la evaluación de este tipo de trabajo.

5.3. Metodología de Evaluación

Para los propósitos de esta Guía Técnica, la evaluación de las tareas donde existe trabajo repetitivo se lleva a cabo en cuatro etapas, que se describen a continuación:

- **Etapla 0:** El evaluador debe considerar los resultados de la aplicación de la lista de verificación inicial (Ver Módulo 1). Si existe la presencia de tareas con movimiento repetitivo, se debe analizar las limitaciones descritas en cada una de las metodologías disponibles para valorar el riesgo, con el propósito de seleccionar la(s) más adecuada(s) para la evaluación.
- **Etapla 1:** Se evalúa aplicando el OCRA Check List. La interpretación de los resultados está determinada por el nivel de acción o de riesgo asignado.
- **Etapla 2:** Dependiendo de la naturaleza del proceso productivo y las limitaciones de las metodologías, se realiza el estudio con métodos complementarios, con el propósito de obtener una visión más objetiva del riesgo.
- **Etapla 3:** Clasificación de la carga física relativa a movimiento repetitivo, según lo expuesto en el Capítulo 7 de este módulo.

La imagen siguiente resume lo planteado:



CAPÍTULO 6: CARGA BIOENERGÉTICA

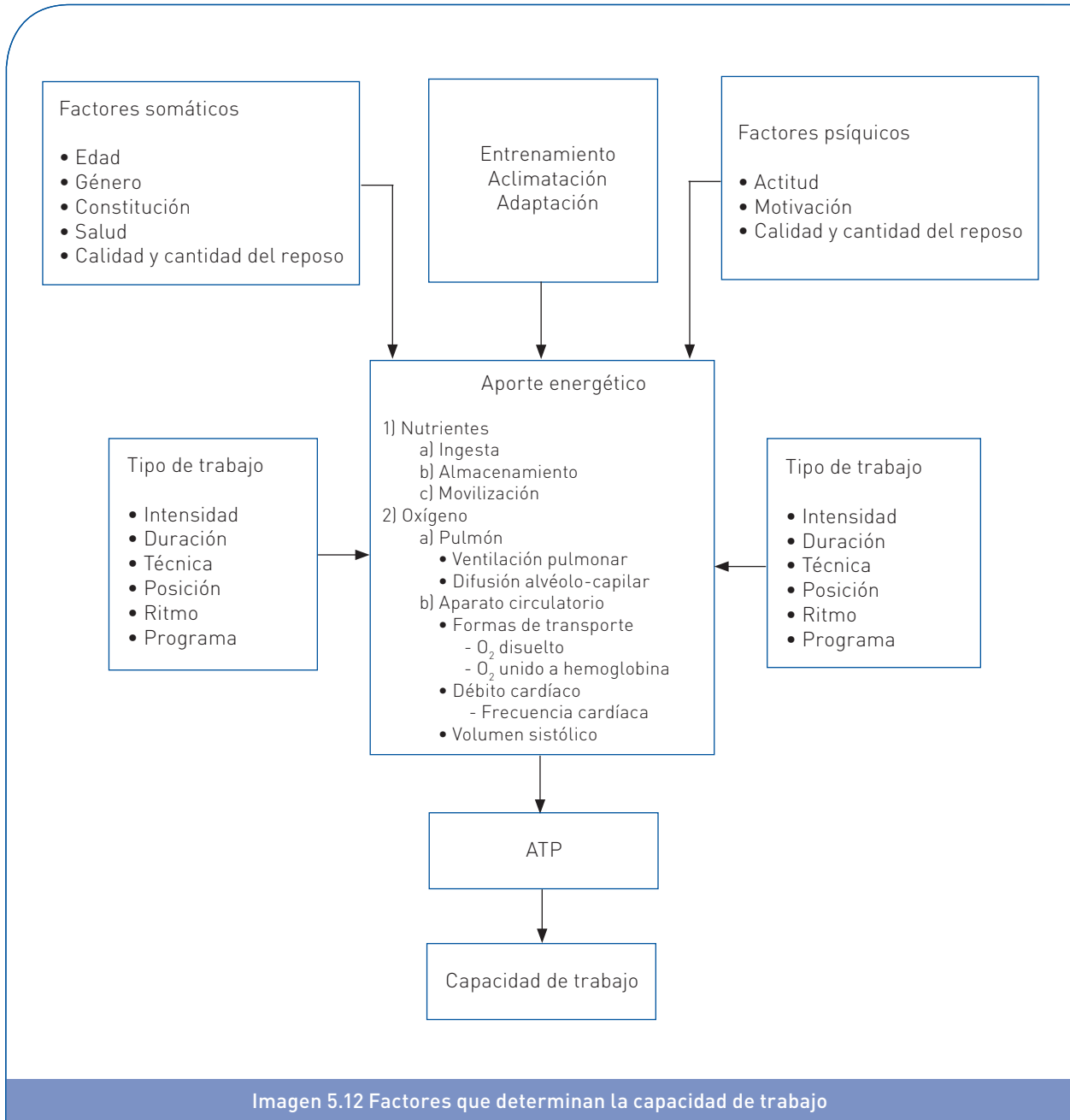
6.1.- Introducción

El trabajo, un producto de fuerza y distancia, es considerado habitualmente en función del tiempo, vale decir, como potencia. Por el contrario, el rendimiento, la relación entre el trabajo realizado y la capacidad para realizarlo, se evalúa casi siempre en forma puntual. La capacidad para realizar trabajo debería también considerarse en función del tiempo, como energía química provista por las mitocondrias en forma de adenosintrifosfato (ATP). La energía contenida en un grupo de nutrientes y liberada por un flujo de oxígeno, que actúa de "comburente", da lugar a un flujo de ATP. Este "flujo de entrada", en cuanto al ATP, es idealmente igual a otro "flujo de salida", dado por la demanda de energía para realizar un trabajo en función del tiempo (Helander 2006a). Por lo tanto, la energía que se requiere para realizar un trabajo en función del tiempo, depende en alto grado de la capacidad para transportar y utilizar el oxígeno, que se define como la "capacidad aeróbica" o "consumo máximo de oxígeno" ($VO_2\text{max}$).

El $VO_2\text{max}$ se puede medir directamente con espirómetros fijos o portátiles en sujetos que realizan un ejercicio con la máxima potencia en un ergómetro (Roberg 2001). Alternativamente, se puede extrapolar el $VO_2\text{max}$ en base al consumo de oxígeno (VO_2) medido durante el desarrollo de pruebas submáximas. En relación con la realización de un determinado trabajo, se puede hacer expresándose entonces como un porcentaje del $VO_2\text{max}$, aunque sigue siendo sólo una evaluación puntual. La capacidad para transportar oxígeno y, con ello, para realizar la mayor parte del trabajo habitual, no sólo varía substancialmente de un sujeto a otro, sino también de un momento a otro en un sujeto dado, dependiendo de las siempre cambiantes influencias endógenas y exógenas (Louhevaara et al. 2005, Astrand et al. 1992). La imagen 5.12 señala los factores que determinan la capacidad de trabajo (Astrand et al. 1992).

En términos bioenergéticos, la definición del grado de intensidad de un trabajo sólo puede ser aproximada. Para evaluar en términos más objetivos el impacto que causa el trabajo en el organismo humano, se requiere un seguimiento de parámetros relevantes durante, al menos, toda una jornada laboral, figurando, entre ellos, el ritmo cardíaco del que actualmente se puede hacer un seguimiento continuo durante la jornada laboral sin afectar el desempeño habitual.

En cuanto a la capacidad para generar ATP, la potencialidad del mecanismo aeróbico es prácticamente ilimitada. Sin embargo, más que la cantidad total de ATP en términos absolutos, lo que importa es la cantidad de energía química que se puede generar por unidad de tiempo, es decir, la capacidad para generar un flujo de ATP al menos equivalente al consumo de energía. Para evaluar la intensidad con que se realiza un trabajo, se requiere evaluar, en principio, el flujo de ATP que se genera en relación al que se consume.



No todo el ATP utilizado requiere de la presencia de oxígeno (origen aeróbico) para su formación, ya que una cantidad menor también puede generarse en ausencia de O_2 (mecanismo anaeróbico): Por cada mol de glucosa, el sistema anaeróbico y el sistema aeróbico generan 2 y 36 unidades de ATP, respectivamente. El mecanismo anaeróbico cobra relevancia cuando los procesos aeróbicos resultan ser insuficientes para cubrir la demanda de ATP. La participación de la vía anaeróbica en cubrir esta demanda conlleva una acumulación de ácido láctico y el desarrollo de fatiga. A partir de este punto, se pierde la linealidad entre frecuencia cardíaca y VO_2 en el llamado umbral anaeróbico, el que se encuentra entre el 50% y el 60% de la capacidad aeróbica, dependiendo del entrenamiento.

Si la carga, en promedio no excede el 40% del VO_2max , se presume que el sujeto puede cumplir su jornada laboral sin fatigarse. En cambio, una jornada laboral de 8 horas que demanda en promedio una carga mayor que el 40% de la capacidad aeróbica individual, se considera como Trabajo Pesado.

El factor limitante para la disponibilidad de ATP de origen aeróbico, por lo general, no está dado por una escasez de nutrientes, sino que depende más bien de la disponibilidad de oxígeno. En consecuencia, la condición de hipoxia se define como la falta de oxígeno en relación a la demanda de ATP de origen aeróbico, y por lo tanto, la disponibilidad de oxígeno para la generación de ATP está dada por la magnitud del flujo con que este gas pueda ser transportado desde el ambiente hasta la mitocondria. Como todo flujo, también depende de:

a) Fuerza motriz: Está dada por la gradiente de presión parcial de oxígeno (PO_2) entre el ambiente y la mitocondria. Esta gradiente disminuye en condiciones de hipobaría, vale decir, cuando disminuye la presión barométrica (por ejemplo, en la altura) y, con ello, la presión parcial de cada uno de los gases que componen la mezcla que llamamos aire. Por otra parte, en condiciones de hiperbaría (por ejemplo, en la profundidad del mar) aumenta la fuerza motriz para el flujo de oxígeno desde el ambiente al organismo y, con ello, la probabilidad que se produzcan efectos tóxicos que el oxígeno puede generar cuando se aporta en exceso.

b) Conductancia: Está dada por toda una cadena de procesos de transporte, tanto por convección (ventilación pulmonar, circulación sanguínea), como por difusión (alvéolo-capilar y capilar-tisular). Al respecto, cabe tener presente que la eficiencia de una cadena no es mayor que la de su eslabón más débil. En consecuencia, pueden darse innumerables condiciones que pueden afectar la eficiencia de cada uno de los eslabones y, con ello, la de toda la cadena de transporte del oxígeno. En el proceso de aclimatación a la altura, cada uno de estos eslabones se ajusta con una velocidad diferente. De ahí que los efectos de la altura frecuentemente se manifiesten, por lo general, con un cierto retardo durante el proceso de aclimatación, que varía de una persona a otra y que también suele variar en un mismo individuo.

Según lo descrito, existen grandes diferencias individuales en la capacidad de trabajo físico, ya que los efectos fisiológicos y psicológicos de la carga bioenergética están determinados por la potencia aeróbica máxima del individuo, el tamaño de la masa muscular comprometida, la posición de trabajo, el ritmo de trabajo/descanso y las condiciones ambientales (Astrand et al. 1992).

No obstante, se debe considerar como relevantes los factores de riesgos presentes que se suman al principal, representados por el ejercicio físico al momento de evaluar la carga bioenergética en el trabajador durante el desarrollo de las tareas laborales y el resultado de la evaluación de los Factores Organizacionales, Mentales, Ambientales y Físicos.

6.2.- Normativas Nacionales

Las normativas nacionales vinculadas a esta temática son:

- Decreto Supremo N° 109. Aprueba el reglamento para la calificación y evaluación de los accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.
- Decreto Supremo N° 594. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
- Decreto Supremo N° 132. Reglamento de Seguridad Minera.

6.3.- Metodologías de Evaluación

Para los propósitos de esta Guía Técnica la evaluación de las tareas donde existen exigencias bioenergéticas, se lleva a cabo en cuatro etapas, que se describen a continuación:

- **Etapa 0:** El evaluador debe considerar los resultados de la aplicación de la lista de verificación inicial (Ver Módulo 1). Si existe la presencia de tareas con gasto energético debido a trabajo dinámico, se debe analizar las limitaciones descritas en cada una de las metodologías disponibles para valorar el riesgo, con el propósito de seleccionar la(s) más adecuada(s) para la evaluación.
- **Etapa 1:** Se evalúa mediante Monitoreo Continuo del Ritmo Cardíaco en la jornada laboral con equipos portátiles (tipo Polar). La interpretación de los resultados está dado en base al análisis del promedio de la Frecuencia Cardíaca Observada durante una jornada laboral y los límites establecidos en relación a la Frecuencia Cardíaca de Reserva.
- **Etapa 2:** Dependiendo de la naturaleza del proceso productivo y las limitaciones de las metodologías, se realiza el estudio con métodos complementarios, a fin de obtener una visión más objetiva del riesgo.
- **Etapa 3:** Clasificación de la carga física de trabajo relativa a gasto energético, según lo expuesto en el Capítulo 7 de este módulo.

La imagen siguiente resume lo planteado:

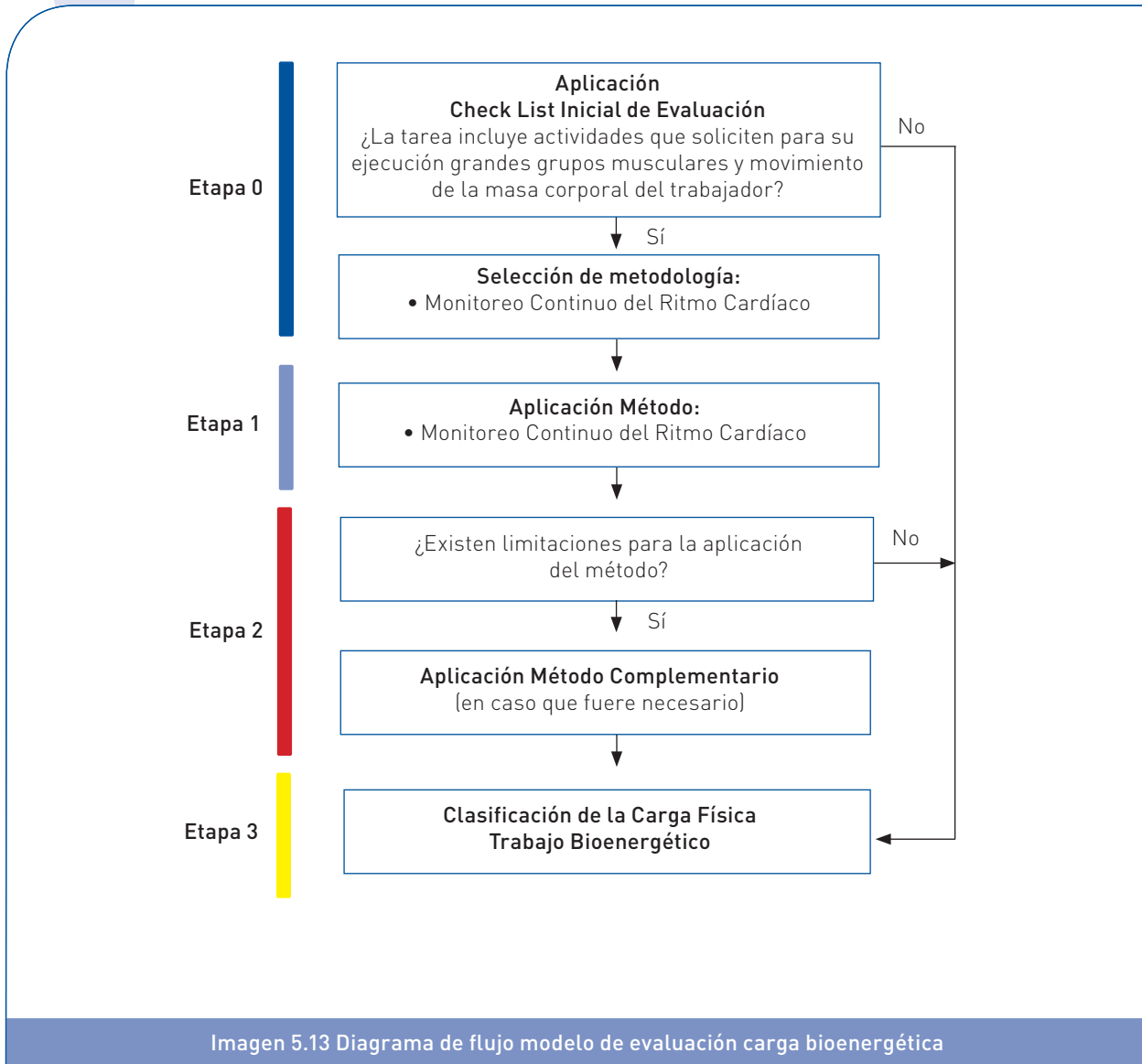


Imagen 5.13 Diagrama de flujo modelo de evaluación carga bioenergética

CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA DE TRABAJO

7.1.- Introducción

Para una adecuada evaluación de la carga física de trabajo se debe tener, previamente, un apropiado conocimiento de la tarea desarrollada y de la organización del trabajo. El proceso de evaluación integrada de factores de riesgo de carga física biomecánica y bioenergética comprende tres etapas, que se describen a continuación:

- **Etapa 0:** Se basa en la identificación de los distintos Factores de riesgo físicos (Biomecánica y Bioenergética), que se lleva a cabo en el comienzo de la aplicación de esta Guía Técnica en la lista de evaluación inicial. Junto a ello, en esta etapa del proceso de evaluación se emplea el Diagrama de Decisión (criterios de decisión), a fin de escoger la metodología adecuada para la evaluación del Factor de Riesgo Físico.
- **Etapa 1:** Considera la evaluación mediante metodologías de obligatorio cumplimiento en base a la normativa chilena y métodos recomendados para la tarea estudiada en cada caso. En esta etapa se evalúa la Carga Física Biomecánica, representada por Manipulación Manual de Carga, Posturas Forzadas y/o Mantenidas y Movimientos Repetitivos (que pueden incidir en la tarea de manera individual o en conjunto); y además, Carga Física Bioenergética. Para su estudio el técnico debe ocupar como referencia lo descrito en este módulo.
- **Etapa 2:** Considera la evaluación del trabajo pesado a partir de los resultados obtenidos de la aplicación de las metodologías recomendadas para cada caso en estudio y su clasificación en la tablas de calificación del Trabajo Pesado que se describen en este apartado.

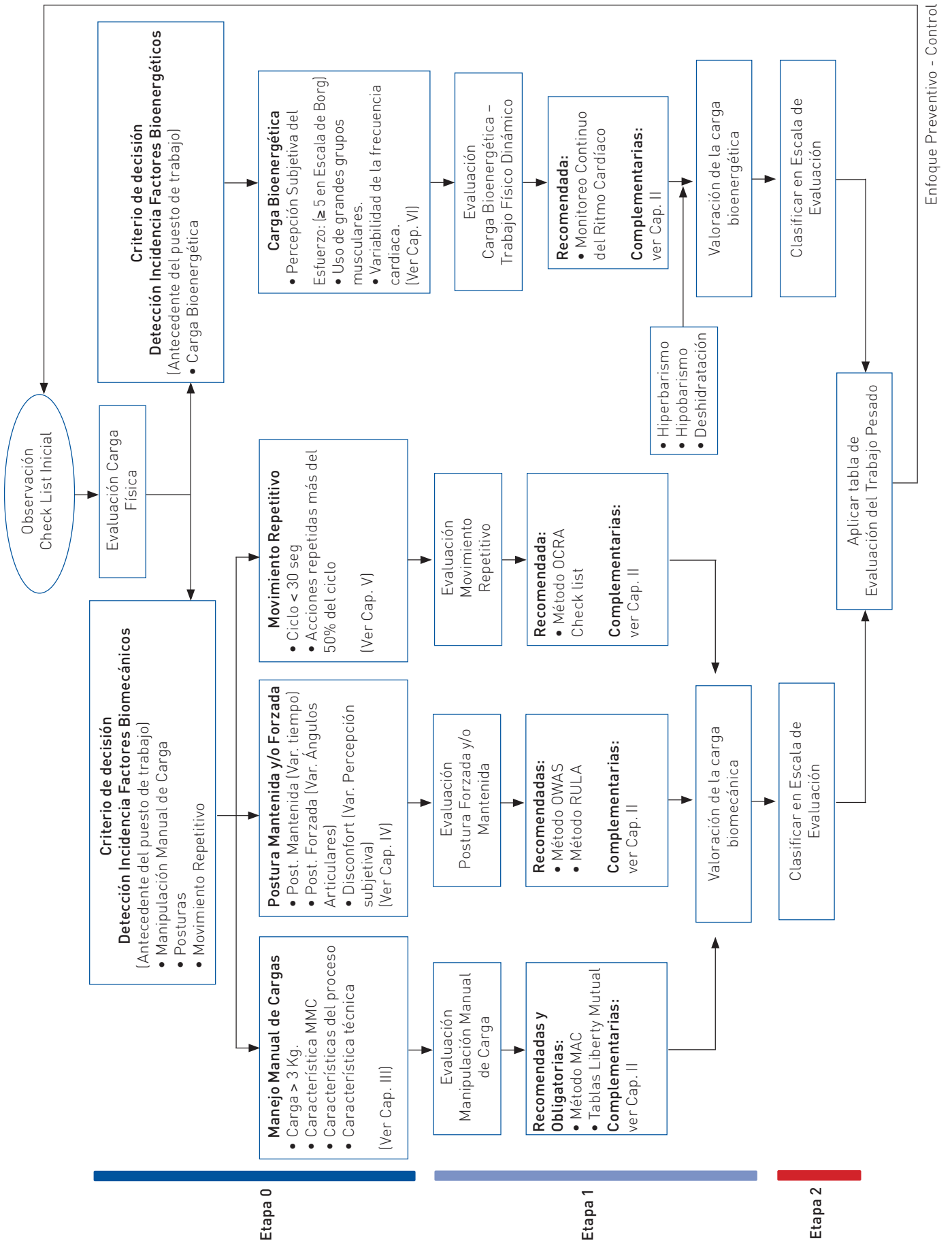


Imagen 5.14 Diagrama de decisión Evaluación de Carga Física

7.2.- Criterio de Valoración

Los resultados que se obtengan en la aplicación de las distintas metodologías propuestas, se clasifican a partir de las siguientes tablas, ordenadas por factor de riesgo:

a) Manejo manual de carga:

Tabla 5.22 Manipulación manual de carga	
MAC	Nivel
1	1
2 y 3	2
4	3
Tablas Liberty Mutual	
Peso permite proteger a 75% de la población expuesta o más.	1
Peso permite proteger entre 75% y 50% de la población expuesta	2
Peso permite proteger a menos del 25%	3
NIOSH	
$IL \leq 1$	1
$1 < IL < 3$	2
$IL \geq 3$	3
REBA	
0	1
1-2	2
3-4	3
ISO 11228-1	
ACEPTABLE Peso real < Límite de Peso Recomendado (población laboral o no laboral, porcentaje de población a proteger y masa de referencia)	1
NO ACEPTABLE Peso real > Límite de Peso Recomendado (población laboral o no laboral, porcentaje de población a proteger y masa de referencia)	3
ISO 11228-2 Método1	
ACEPTABLE Peso real < Peso Recomendado (90% población usuaria)	1
NO ACEPTABLE Peso real > Peso Recomendado (90% población usuaria)	3

b) Postura mantenida y/o forzada:

Tabla 5.23 Postura mantenida y/o forzada	
OWAS	Nivel
1	1
2-3	2
4	3
RULA	Nivel
1	1
2-3	2
4	3
ISO 11226	Nivel
Aceptable	1
No recomendado	3

c) Movimiento repetitivo:

Tabla 5.24 Movimiento repetitivo	
OCRA (Check List)	Nivel
0 - 11	1
11,1 - 22,5	2
> 22,5	3
Strain Index	Nivel
$SI \leq 3$	1
$3 < SI < 7$	2
$SI \geq 7$	3
ISO 11228-3 Método OCRA (evaluación detallada)	Nivel
Sin Riesgo	1
Riesgo Bajo	2
Riesgo	3

d) Carga bioenergética:

Tabla 5.25 Carga bioenergética	
% Frecuencia cardíaca de reserva	Nivel
< 30% frecuencia cardíaca de reserva (Jornada Laboral)	1
$\geq 30\%$ frecuencia cardíaca de reserva (Jornada Laboral)	3
% VO ₂ máx	Nivel
< 30-40% VO ₂ máx	1
$\geq 30-40\%$ VO ₂ máx	3

GLOSARIO DE TÉRMINOS SELECCIONADOS

- **Actividad:** Actos fundamentales para cumplir una tarea, representados por un conjunto de operaciones.
- **Acción técnica:** Conjunto de movimientos de uno o más segmentos corporales que permiten efectuar una operación.
- **Abducción:** Movimiento articular que desplaza el segmento corporal alejándolo del plano medio sagital del cuerpo.
- **Aducción:** Movimiento articular que desplaza el segmento corporal acercándolo al plano medio sagital del cuerpo.
- **Articulación:** Vínculo que subsiste en el esqueleto humano entre cualquiera de sus componentes rígidos, ya sean huesos o cartílagos.
- **Carga:** Cualquier objeto, animado o inanimado, que se requiera mover utilizando fuerza humana y cuyo peso supere los 3 kilogramos;
- **Ciclo de trabajo:** Secuencia de acciones técnicas repetidas siempre de la misma manera.
- **Contracciones isométricas:** Contracción que realiza el músculo, generando tensión, sin producir variación de su longitud.
- **Contractura muscular:** Proceso fisiológico que realiza el músculo desarrollando tensión del mismo y generando o no modificación de su longitud.
- **Extensión:** Movimiento articular que desplaza el segmento corporal hacia atrás del plano frontal.
- **Fase:** Etapa del proceso productivo.
- **Fatiga:** Efectos locales o generales, no patológicos, completamente reversibles después de una recuperación adecuada.
- **Flexión:** Movimiento articular que desplaza el segmento corporal hacia adelante del plano frontal.
- **ISO:** International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización). Editor de estándares internacionales.
- **Manejo o manipulación manual de carga:** Labor que requiera principalmente el uso de fuerza humana para levantar, sostener, colocar, empujar, portar, desplazar, descender, transportar o ejecutar cualquier otra acción que permita poner en movimiento o detener un objeto. No se considerarán así, el uso de fuerza humana para la utilización de herramientas de trabajo menores, tales como taladros, martillos, destornilladores y el accionamiento de tableros de mandos y palancas.

- **Máxima contracción voluntaria:** Tensión máxima que puede generar un músculo al realizar la contracción del mismo.
- **Movimiento elemental:** Operación más pequeña y no subdividible de una operación manual.
- **Oficio:** Ocupación que desarrolla una o más tareas.
- **Operación:** Conjunto de movimientos elementales necesarios para efectuar una transformación sobre un producto.
- **Posición extrema articulación cuerpo:** Posición hacia el final del rango de movimiento, donde existe una carga mecánica en las estructuras pasivas.
- **Postura de Trabajo:** Posición de segmentos corporales y articulaciones al ejecutar una tarea de trabajo.
- **Postura neutra de tronco, extremidades superiores y cabeza:** Tronco recto, extremidades superiores colgando libremente y postura de cabeza, según el Plano de Frankfurt.
- **Rotación interna:** Movimiento de rotación en el eje longitudinal de la articulación hacia adentro del plano medial del cuerpo.
- **Rotación externa:** Movimiento de rotación en el eje longitudinal de la articulación hacia afuera del plano medial del cuerpo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Apud E, Gutiérrez M, Maureira F, Lagos S, Meyer F, Chiang MT. 2002. Guía para la Evaluación de Trabajos Pesados. Con especial referencia a sobrecarga física y ambiental. Universidad de Concepción. Chile.

Astrand P, Rodahl K. 1992. Fisiología Aplicada Al Trabajo. En: Fisiología del Trabajo Físico. Bases Fisiológicas del Ejercicio. 3era edición. Argentina: Panamericana. p. 374-401.

Biometrics Ltd. 1998. Goniometer and Torsiometer Operating Manual. 1-24.

Buchholz B, Paquet, V. 1996. PATH: A Work Sampling-Based Approach to Ergonomic Job Analysis for Construction and Other Non-Repetitive Work. Applied Ergonomics, June; 27 (3):177-187.

Cerda E, Mondelo P, Hernández A, Alvarez E. 2006. Ergonomics in the Construction Sector: The EC2 Method. Proceedings of the IEA Congress; 2006 July 10-14th; Maastricht, The Netherlands: Elsevier.

Chaffin D, Anderson G. 1991. Occupational Biomechanics. 2nd Edition. John Wiley & Sons.

Chung M, Lee I, Kee, D. 2003. Assessment of Postural Load for Lower Limb Postures Based on Perceived Discomfort. International Journal of Industrial Ergonomics. 31 (1):17-32.

Cifrek M, Medved V, Tonkovic S, Ostojic S. 2009. Surface EMG Based Muscle Fatigue Evaluation in Biomechanics. Clinical Biomechanics. 24 (327): 328-340.

Colombini D, Occipinti E, Grieco A. 2004. Evaluación y Gestión del Riesgo por Movimientos Repetitivos de Las Extremidades Superiores. 1era edición. Mutual CYCLOPS UPC.

David G. 2005. Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders. Occupational Medicine.55:190-199.

Dempsey P, Munro M. 2006. Biomechanical Methods for Task Analysis. En: Evaluation of Human Work. 3rd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis. p. 497.

Dempsey P, Mathiassen S. 2006. On the Evolution of Task-Based Analysis of Manual Materials Handling, and its Applicability in Contemporary Ergonomics. Applied Ergonomics.37 (1):33-43

Dirección del Trabajo. Chile. 2007. Quinta Encuesta Laboral. ENCLA 2006. Disponible en: http://www.dt.gov.cl/documentacion/1612/articulos-95152_archivo_fuente.pdf

Dirección del Trabajo. Chile. 2009. Sexta Encuesta Laboral. ENCLA 2008. Disponible en: http://www.dt.gov.cl/documentacion/1612/articulos-95958_archivo_fuente.pdf

Forde M, Buchholz B. 2004. Task Content and Physical Ergonomic Risk Factors in Construction Ironwork. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 34 (4): 319-333.

Grandjean E, Hunting W. 1977. Ergonomics of Posture--Review of various Problems of Standing and Sitting Posture. *Applied Ergonomics*. 8 (3): 135.

Helander M. 2006a. A Guide to Human Factors Ergonomics. 2nd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis.

Helander M. 2006b. Manual Material Handling. En: A guide to Human Factors and Ergonomics. 2nd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis. p. 187.

Helander M. 2006c. Work Posture. En: A Guide to Human Factors and Ergonomics. 2nd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis. p. 167.

Hignett S, McAtamney L. 2000. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*. 31: 201-205.

ISO 11228-1. 2003. Ergonomics - Manual Handling - Part 1: Lifting and Carrying.

ISO 11228-2. 2007. Ergonomics - Manual Handling - Part 2: Pushing and Pulling.

ISO 11228-3. 2007. Ergonomics - Manual Handling - Part 3: Handling of Low Loads at High Frequency.

ISO 11226. 2000. Ergonomics - Evaluation of Static Working Postures. Karhu O, Kansi P, Kuorinka I. 1977. Correcting Working Postures in Industry: A Practical Method for Analysis. *Applied Ergonomics*. 8 (4): 199.

Karhu O, Kansi P, Kuorinka I. 1977. Correcting Working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics*. 8(4): 199-201

Kee D, Karwowski W. 2003. Ranking Systems for Evaluation of Joint and Joint Motion Stressfulness Based on Perceived Discomforts. *Applied Ergonomics*. 34 (2):167-176.

Kumar S. 1999. Selected Theories of Musculoskeletal Injury Causation. En: *Biomechanics in Ergonomics*. London: Taylor & Francis. p. 3-24.

Louhevaara V, Kilbom A. 2005. Dynamic Work Assessment. En: *Evaluation of Human Work*. 3rd Edition: Taylor & Francis. p. 429-451.

Luttmann A, Jäger M, Laurig W. 2000. Electromyographical Indication of Muscular Fatigue in Occupational Field Studies. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 25: 645-660.

Marras W, Fathallah F, Miller R, Davis S, Mirka G. 1992. Accuracy of a three-dimensional lumbar motion monitor for recording dynamic trunk motion characteristics. *Int J Ind Ergon* 9:75-87.

Marras W, Allread W. 2006. Industrial Lumbar Motion. En: *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. London: Taylor & Francis. p. 49.1-49.25.

Marras W, et al. 2009. National Occupational Research Agenda (NORA) Future Directions in Occupational Musculoskeletal Disorder Health Research. *Applied Ergonomics*. 40: 15-22.

McAtamney L, Corlett E. 1993. RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics*. 24: 91-99.

Miedema M, Douwes M, Dul J. 1997. Recommended Maximum Holding Times for Prevention of Discomfort of Static Standing Postures. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 19 (1): 9.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social (Mintrab). 2008. Guía Técnica para La Evaluación y Control de Los Riesgos Asociados al Manejo o Manipulación Manual De Carga. Ley N° 20.001 - D.S N° 63/2005.

Monnington S, Quarrie C, Pinder A, Morris L. 2003. Development of Manual Handling Assessment Charts (MAC) for Health and Safety Inspectors. En: McCabe T, ed. *Contemporary Ergonomics*. London: Taylor & Francis.

Moore J, Garg, A. 1995. The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs for Risk of Distal Upper Extremity Disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 56 (5): 443.

NTP 177. La Carga Física De Trabajo: Definición y Evaluación. Disponible en www.insht.es

NTP 629. Movimientos repetitivos: métodos de evaluación. Método OCRA: actualización. Disponible en www.insht.es

Occhipinti E. 1998. OCRA: A Concise Index for the Assessment of Exposure to Repetitive Movements of the Upper Limb. *Ergonomics*. 41: 1290-1311.

Pheasant S, Haslegrave C. 2006. Workspace Design. En: *Bodyspace. anthropometry, ergonomics and the design of work*. 3rd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis. p. 85-120.

Punnet L, Wegman D. 2004. Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Epidemiologic Evidence and the Debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.14 (1): 13-23.

Roberg R. 2001. An Exercise physiologist's " Contemporary" Interpretations of the "ugly and Creaking Edifices" of the VO2max Concept. *Journal of Exercise Physiology*. 4: 1-44.

Rodríguez C, Cerda E, Hernández A. 2007. Evaluación de La Carga Física del Puesto de Trabajo de Chek-Out de La Bodega Sublim, En La Industria Textil. Universidad Politécnica de Cataluña.

Sierra F. 2006. Is (Your Cellular Response to) Stress Killing You?. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 6: 557-561.

Sjogaard G, Bente J. 2006. Low-Level Static Exertions. En: *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics*. 2nd Edition. Taylor & Francis. p. 14-8.

Snook S, Ciriello V. 1991. The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces. *Ergonomics*. 34 (9): 1197-1213.

Takala et al. 2010. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health* 36 (1), 3-24.

Visser B, Van Dieen J. 2006. Pathophysiology of Upper Extremity Muscle Disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.16: 1-16.

Waters T, Putz-Anderson V, Garg A, Fine L. 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*; 36:749-766.

Waters T. 2006. Revised NIOSH Lifting Equation. En: *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. Boca Raton: Taylor & Francis. p. 46.1-46.28.

Wilson J, Corlett E. 2005. General Approaches and Methods. En: *Evaluation of human work*. 3rd Edition .Boca Raton: Taylor & Francis. p. 430-432.

Winter D. 1996. EMG Interpretation. En: *Electromiography in Ergonomics*. London: Taylor & Francis. p. 119-125.

Wu HC, Wang MJJ. 2002. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*. 45(4): 280-289.

Yassierli, Nussbaum M. 2009. Effects of age, gender, and task parameters on fatigue development during intermittent isokinetic torso extensions. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 39 (1): 185-191.

EVALUACIÓN INTEGRADA

Equipo Editor:

Víctor Córdova P. Ingeniero Civil Industrial. Máster en Ergonomía. Departamento de Ergonomía. Asociación Chilena de Seguridad.

Eduardo Cerda D. Kinesiólogo. PhD © Ms Ergonomía. Laboratorio de Ergonomía. Universidad de Chile.

Leonidas Cerda D. Kinesiólogo. PhD © Ms Ergonomía. Laboratorio de Ergonomía. Universidad de Chile.

Carolina Rodríguez H. Kinesióloga. PhD © Ms Ergonomía. Laboratorio de Ergonomía. Universidad de Chile. Vitaergo Ltda.

Contraparte Técnica:

Mauricio Badal Z. Psicólogo. Máster en Ergonomía. Superintendencia de Pensiones.

CAPÍTULO 1: Introducción	404
CAPÍTULO 2: Metodología	404
CAPÍTULO 3: Perfil de la Carga de Trabajo Global	405

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de obtener el Perfil Global de la Carga de Trabajo, este módulo integra las evaluaciones de los Factores Organizacionales, Factores Mentales, Factores Ambientales y Factores Físicos, siendo una expresión gráfica que considera tres niveles, representados por tres colores, tal como se expuso en la Introducción de esta Guía Técnica:

Nivel	Descripción	Calificación	Nivel de acción
1 (Bajo)	Sin riesgo de envejecimiento prematuro o alteraciones de la salud	Trabajo no pesado	No se requiere acciones correctivas, aunque se sugiere revisión si las condiciones de trabajo cambian significativamente
2 (Medio)	Riesgo moderado de envejecimiento prematuro o alteraciones de la salud	Trabajo semipesado	Nivel de alerta. Es recomendable examinar la labor cuidadosamente. Requiere acción correctiva
3 (Alto)	Riesgo elevado de envejecimiento prematuro o alteraciones de la salud	Trabajo Pesado	Requiere implementar acciones correctivas en el corto plazo

La integración se basa en el resumen de los resultados obtenidos en cada uno de los módulos de esta Guía Técnica y que provienen de la aplicación de criterios de decisión y de metodologías específicas en las diferentes áreas, las que entregan estandarización y objetividad en el proceso de calificación de un puesto de trabajo.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

En los cuatro módulos temáticos se presentaron los conceptos, técnicas y metodologías fundamentales que permiten evaluar la carga de trabajo a la que podría estar expuesta una persona durante la ejecución de su labor. Como se ha señalado, el estudio del trabajo pesado es un proceso complejo, que exige un conocimiento suficiente de los componentes del sistema de trabajo (características de las personas, la tecnología empleada, la estructura organizacional y el medioambiente interno y externo). Para sistematizar el análisis de esta información es preciso seguir un proceso de evaluación que integre los factores evaluados y oriente en relación a sus aspectos críticos.

Los usuarios de esta Guía Técnica deben aplicar el presente módulo para la integración de los resultados, para lo cual el evaluador debe considerar las etapas mencionadas en el Módulo Conceptual, es decir:

1. Identificación, descripción de la tarea y del puesto de trabajo (Ver Módulo 1)
2. Identificación preliminar de variables relevantes (Ver Módulo 1)
3. Realizar evaluaciones específicas:
 - a) Factores Organizacionales (Ver Módulo 2)
 - b) Factores Mentales (Ver Módulo 3)
 - c) Factores Ambientales (Ver Módulo 4)
 - d) Factores Físicos (Ver Módulo 5)

Una vez que se han obtenido los resultados de la evaluación de cada una de las variables relevantes, se deben integrar para obtener el Perfil Global de la Carga de Trabajo.

CAPÍTULO 3: PERFIL GLOBAL DE LA CARGA DE TRABAJO

3.1.- Introducción

Como se mencionó, el Perfil Global de la Carga de Trabajo resume e integra los resultados de cada una de las evaluaciones realizadas de los factores en estudio, a partir de las metodologías empleadas, en una escala de 1, 2 o 3 y el código de colores verde, amarillo y rojo, respectivamente.

3.2.- Niveles de Riesgo

3.2.1.- Factores organizacionales

Para evaluar los factores organizacionales se deben aplicar los métodos establecidos en el Módulo 2, ya sea para Factores Psicosociales (SUSES0-ISTAS 21) como para Trabajo en Turnos (Método BESIAK), según sea el caso. Una vez aplicados, se obtiene la equivalencia con la tabla de nivel de carga indicada a continuación:

Carga Organizacional		Nivel		
Factor	Método	1	2	3
Factores Psicosociales	• SUSES0-ISTAS 21	1	2	3
Trabajo en Turnos	• BESIAK	1	2	3

3.2.2.- Factores mentales

Para evaluar los factores mentales se deben aplicar los métodos establecidos en el Módulo 3, según se considere una situación más "subjetiva" de la Carga Mental (NASA-TLX), o bien, si se desea evaluar un aspecto más "objetivo" (Método EWA) de la Carga Mental. Una vez aplicada la metodología que corresponda, se obtiene la equivalencia con la tabla de nivel de carga indicada a continuación:

Carga Mental		Nivel		
Factor	Método			
Carga Mental de Trabajo	• NASA-TLX	1	2	3

3.2.3.- Factores ambientales

Para evaluar los factores ambientales se deben aplicar las metodologías correspondientes para cada uno de los factores ambientales en estudio, establecidas en el Módulo 4. Una vez aplicadas se obtiene la equivalencia con la tabla de nivel de carga indicada a continuación:

Carga Ambiental		Nivel		
Factor	Exposición			
Exposición a Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Con Riesgo de Sordera Profesional (NPS_{eq8h}) • Sin Riesgo de Sordera Profesional (ES) 	1	2	3
Exposición a Vibración	<ul style="list-style-type: none"> • Vibración de Cuerpo Entero ($a_{eq(8)}$) • Vibración de Mano-Brazo ($A_{eq(8)}$) 	1	2	3
Exposición a Iluminación	• Relación de Iluminación, Luminancia y Color	1	2	3
Exposición a Calor	Métodos: <ul style="list-style-type: none"> • Indicador TGBH • Tasa de sudoración • Frecuencia cardiaca 	1	2	3
Exposición a Frío	• Temperatura Ambiente de Trabajo	1	2	3
Exposición a Radiaciones No-Ionizantes	<ul style="list-style-type: none"> • Extrema Baja Frecuencia • Radiofrecuencias • Microondas • Ultravioleta 	1	2	3
Exposición a Radiaciones Ionizantes	• Límite Anual de Dosis Equivalente	1	2	3
Exposición a Agentes Químicos	• Límite Permisible Ponderado	1	2	3
Exposición a Agentes Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Correlación entre: Nivel Bioseguridad • Nivel Contención • Nivel Exposición • Nivel Riesgo Sanitario 	1	2	3

3.2.4.- Factores físicos

Para evaluar los factores físicos se deben aplicar las metodologías correspondientes para cada uno de los aspectos físicos en estudio, establecidas en el Módulo 5. Una vez aplicadas se obtiene la equivalencia con la tabla de nivel de riesgo indicada a continuación:

Carga Física			Nivel		
Factor	Métodos				
Carga Física Biomecánica	Manipulación Manual de Carga	<ul style="list-style-type: none"> • MAC • Tablas Liberty Mutual • Ecuación NIOSH • REBA • ISO 11228-1 • ISO 11228-2 	1	2	3
	Postura Forzada y/o Mantenido	<ul style="list-style-type: none"> • OWAS • RULA • ISO 11226 	1	2	3
	Movimiento Repetitivo	<ul style="list-style-type: none"> • OCRA (Check List) • Strain Index • ISO 11228-3 	1	2	3
Carga Física Bioenergética		<ul style="list-style-type: none"> • % de Frecuencia Cardíaca de Reserva • % de VO2 máx (Hipoobarie-Hiperbarie) 	1	2	3

3.3. Perfil de la Carga de Trabajo

A partir de la información obtenida en la etapa anterior, se obtiene el perfil integrado que refleja el nivel de carga para cada uno de los factores comprendidos en la Ley relacionada con la ejecución de Trabajos Pesados, respecto al puesto de trabajo en cuestión:

PERFIL DE LA CARGA DE TRABAJO				
Empleador				
Nombre Puesto de Trabajo				
Área de Trabajo				
Factores		Nivel		
Carga Organizacional				
Factores Psicosociales		1	2	3
Trabajo en Turnos		1	2	3
Carga Mental				
Carga Mental de Trabajo		1	2	3
Carga Ambiental				
Exposición a Ruido		1	2	3
Exposición a Vibración		1	2	3
Exposición a Iluminación		1	2	3
Exposición a Calor		1	2	3
Exposición a Frío		1	2	3
Exposición a Radiaciones No-Ionizantes		1	2	3
Exposición a Radiaciones Ionizantes		1	2	3
Exposición a Agentes Químicos		1	2	3
Exposición a Agentes Biológicos		1	2	3
Carga Física				
Carga Física Biomecánica	Manipulación Manual de Carga	1	2	3
	Postura Forzada y/o Mantenido	1	2	3
	Movimiento Repetitivo	1	2	3
Carga Física Bioenergética		1	2	3

PRINCIPIOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL

Preparado por:

Universidad de Chile:

Claus Behn T., Eduardo Cerda D., Leonidas Cerda D., Carlos Díaz C.,
Carolina Rodríguez H.

Asociación Chilena de Seguridad:

Salvador Alonso P., Juan Chávez M., Alonso Carrillo M., Víctor Córdova
P., Luis Fuentealba M., Juan Carlos Lizama V., Manuel Moreno J., René
Prado L., Ana María Salazar B., Alejandra Sallato E., José Urnía M.,
Esteban Villarroel C., Rómulo Zúñiga R.

CAPÍTULO 1: Carga Organizacional	414
1.1 Criterios Generales de Salud Ocupacional 1.2 Recomendaciones Acerca del Trabajo en Turnos	
CAPÍTULO 2: Carga Mental	416
2.1 Características de la Tarea 2.2 Soportes de la Tarea 2.3 Pausas 2.4 Capacitación	
CAPÍTULO 3: Carga Ambiental	418
3.1 Exposición a Ruido 3.2 Exposición a Vibración 3.3 Exposición a Iluminación 3.4 Exposición a Calor 3.5 Exposición a Frío 3.6 Exposición a Radiaciones No-Ionizantes 3.7 Exposición a Radiaciones Ionizantes 3.8 Exposición a Agentes Químicos 3.9 Exposición a Agentes Biológicos	
CAPÍTULO 4: Carga Física	428
4.1 Manejo Manual de Carga (MMC) 4.2 Postura Forzada y/o Mantenido 4.3 Movimientos Repetitivos 4.4 Carga Bioenergética 4.5 Criterios Generales de Capacitación	
Bibliografía de Consulta	430

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo es entregar orientaciones que permitan al usuario de esta Guía Técnica conocer principios y criterios fundamentales destinados al mejoramiento ergonómico de las condiciones de trabajo.

La secuencia de la exposición de los temas es la misma adoptada en los módulos temáticos. Algunas fuentes de información relevantes se incluyen en el apartado de Bibliografía de Consulta al final de este módulo.

CAPÍTULO 1: CARGA ORGANIZACIONAL

1.1.- Criterios Generales de Salud Organizacional

En términos generales, una organización se considera saludable si en su gestión están presentes los siguientes principios fundamentales:

a) Logro de objetivos: Lo importante a desarrollar en la organización en este sentido, tiene relación con lo siguiente:

- El trabajador es capaz de fijar sus fines y de definir sus objetivos de acción en forma clara, a través de normas operacionalizadas que permitan la evaluación del cumplimiento de ello.
- Los objetivos son ampliamente comprendidos, aceptados y compartidos por los miembros.
- Existen planes generales y programas específicos para alcanzar las metas y objetivos que están relacionados con el todo.
- Es capaz de poner en acción, por sí mismo, los medios hacia la realización de sus objetivos con la máxima economía energética de manera persistente en el tiempo.
- Existe un mejoramiento en los resultados finales con un decrecimiento en la cantidad de recursos que se utilizan.

b) Ambiente de trabajo: En relación a la mantención de un ambiente interno, es relevante considerar lo siguiente:

- Existe un clima organizacional de confianza con ausencia de amenazas, por lo que sus miembros se sienten libres para señalar las dificultades, ya que esperan que los problemas y los conflictos se traten con una visión optimista en su solución.
- Existe respeto por la integridad del individuo y se ofrece a cada uno de los miembros posibilidades de desarrollo personal, se toman en cuenta sus capacidades afectivas o emocionales, tanto como las cognitivas o intelectuales.
- Existe un ambiente colaborativo de ayuda y responsabilidad mutua. La solidaridad prima sobre la competencia, sin perder de vista los objetivos finales de la organización.
- Cada miembro sabe el rol que juega dentro de la organización con alto sentido de autorresponsabilidad.
- Las decisiones son tomadas de acuerdo a los factores como: habilidad, sentido de responsabilidad, disponibilidad y veracidad de una información, importancia del trabajo, tiempo y desarrollo profesional.
- Se valora el nivel de conocimientos y habilidades para poder aportar en la toma de decisiones.
- Existen sistemas y flujos adecuados de comunicación vertical (ascendentes y descendentes) y laterales, que permitan a los miembros obtener información oportuna y necesaria para el funcionamiento organizacional.

- Los miembros están motivados y sienten satisfacción con su trabajo, entendiendo que, el puesto de trabajo es considerado importante y agradable.
- Los conflictos son considerados importantes para una mejor toma de decisiones y para el crecimiento personal. Son tratados efectivamente en forma abierta y sistemática, solucionándolos mediante la negociación o el proceso de resolución de problemas.

c) Adaptabilidad: En relación a la adaptación al entorno o contexto del trabajador y su equipo, se destaca lo siguiente:

- Posee buenos mecanismos de retroalimentación o “feedback” internos o externos, que le permiten examinar la realidad con objetividad.
- Interpreta adecuadamente circunstancias internas y/o externas que necesitan el enunciado de nuevos objetivos y/o la puesta en marcha de nuevos medios.
- Es capaz de reaccionar con rapidez y de resolver los problemas en relación a los cambios, tanto externos como internos.
- Cuando hay crisis, los miembros cooperan al máximo hasta que desaparece o se controla.
- Facilita la planificación adaptativa que estimule los procesos innovadores y creativos. Hay capacidad de anticipación a situaciones futuras.

1.2.- Recomendaciones Acerca del Trabajo en Turnos

Aunque un horario de trabajo correctamente diseñado podría generar menos alteraciones sobre la salud, seguridad, bienestar y productividad de los trabajadores, no existe un horario ideal, aplicable a todas las situaciones. Cada vez que se modifica un esquema horario, se debe tomar en cuenta aspectos de la vida laboral, familiar y social. En esta sección se presentan algunas recomendaciones orientadas a modificar o mejorar el trabajo en turnos.

a) Trabajo nocturno: El trabajo nocturno debería ser reducido tanto como se pueda, disminuyendo el número de noches laborales consecutivas. Esto podría prevenir las alteraciones de los ritmos circadianos y limitaría la pérdida de sueño.

b) Velocidad de la rotación: Es posible clasificar la velocidad de rotación en dos categorías básicas:

- Sistema de rotación rápido (turnos de dos o tres noches): Es preferible, ya que bajo este sistema, las funciones fisiológicas circadianas se mantendrían en un esquema diurno lo que provocaría menores alteraciones del sueño y la eficiencia en vigilia.
- Sistema de rotación lento (turnos semanales o mayores): Es menos recomendable, puesto que el proceso de adaptación se anularía durante los días libres. Asimismo, la adopción de este esquema podría generar consecuencias más importantes en el ámbito familiar y social.

c) Dirección de la rotación: En general, la dirección de la rotación hacia delante u horaria, es decir, aquella que sigue la secuencia mañana/tarde/noche, es la que menos afectaría la fisiología y el rendimiento humano, al menos en los sistemas de turnos continuos.

d) Sobretiempo y jornadas prolongadas: Las horas de trabajo extraordinarias generan fatiga que se suma a la ocasionada por el trabajo normal, disminuyendo además las horas destinadas al descanso. El horario de trabajo extendido, es decir, aquel que involucra jornadas de 9 a 12 horas, podría ser considerado si se cumplen las siguientes condiciones:

- La carga de trabajo física es baja y permite una labor prolongada
- El sistema de turnos está diseñado para minimizar la acumulación de fatiga
- Existen trabajadores capacitados para cubrir ausencias
- La exposición a agentes ambientales está controlada

e) Flexibilidad de la duración de los turnos: La duración de la jornada laboral debe guardar relación con la carga de trabajo, atendiendo a que el trabajo pesado (físico o mental), el trabajo aburrido y/o monótono son particularmente difíciles en la noche. En estos casos, la duración de los turnos nocturnos debería ser reducida. Cuando los trabajadores tienen un mayor control de su horario laboral, existiendo horarios flexibles o la posibilidad de elegir entre algunas opciones horarias, es posible una mejor aceptación de este trabajo.

f) Horario de comienzo y término del turno: Los horarios flexibles de comienzo y término del turno pueden ser útiles para quienes deben cuidar hijos pequeños o requieren mucho tiempo para su traslado. En principio, se debería evitar el inicio demasiado temprano del turno de mañana, con el propósito de no reducir la duración del sueño previo.

g) Regularidad del esquema horario utilizado: Algunos trabajos tienen un esquema horario muy regular, lo que permite a las personas advertir sus cambios con anticipación y facilitar la programación de actividades domésticas, sociales y recreativas.

h) Capacitación: Es importante difundir buenas prácticas de autocuidado y estilos de vida saludable en las personas que se desempeñan en turnos, incluyendo la aplicación de estrategias personales de higiene del sueño.

CAPÍTULO 2: CARGA MENTAL

A continuación se enuncian algunos criterios generales de equilibrio en la carga mental.

2.1.- Características de la Tarea

La naturaleza, variedad, contenido y exigencia temporal de la tarea son factores relevantes para la determinación de la carga mental de trabajo. En este contexto, la tarea debería tener las siguientes características generales:

- Ser suficientemente variada para mantener la vigilia y activos los potenciales cognitivos de los trabajadores que la realizan.
- Ser suficientemente acotada para permitir el control temporal en su realización.
- Contar con objetivos, jerarquía de objetivos y procedimientos o modos típicos de realización suficientemente reconocibles en el plano práctico que facilita la organización de la actividad.
- Ser significativa para aquellos que la realizan.
- Considerar márgenes de flexibilidad reconocibles que permitan el ajuste de los recursos de individuos con distintas características, así como de variaciones de los estados de las personas que la realizan.

- Tener mecanismos para priorizar y/o derivar las exigencias de la tarea en momentos de sobrecarga.
- Si la tarea implica responsabilidad o toma de decisiones que conlleven impactos sobre los procesos de trabajo y/o personas, quienes la realizan deberían contar con atribuciones y medios acordes.
- Automatizar las tareas altamente rutinarias, que obliguen a pautas conductuales en extremo predecibles y que se realicen en contextos estables.

2.2.- Soportes de la Tarea

La adecuación de los soportes con respecto a los requerimientos efectivos de la tarea y las características de aquellos que la realizan incide sobre la carga mental resultante. En este contexto, los principios generales son los siguientes:

- Incorporación de soportes de información e instrumental adecuados que permitan predecir y responder a sus variaciones relevantes.
- Las herramientas necesarias responden y se adecúan a los requerimientos cognitivos, físicos y de las lógicas efectivas de realización de las tareas.
- Las condiciones ambientales no perturban el acceso a la información que se precisa ni a la realización de acciones requeridas por la tarea.
- La supervisión se dispone a la ayuda, orientación y aprendizaje de las personas.
- Las prácticas típicas están socialmente compartidas con colegas y jefaturas.
- Se propende a modos colaborativos de trabajo.
- Si la tarea requiere el uso de criterio y la toma de decisión ante situaciones que conllevan responsabilidad e impactos, cuenta con instancias de apoyo para consultas, feedback y aprendizaje.
- Si la tarea requiere habituales coordinaciones, se dispone de soportes y mecanismos con criterios reconocibles que favorecen su fluidez.

2.3.- Pausas

Las pausas juegan un rol clave en la reactivación de la vigilia y la atención. En este contexto, los principios generales son los siguientes:

- Se cuenta con pausas que evitan la atención sostenida por más de 3 horas.
- Se dispone de pausas de entre 15 a 20 minutos, particularmente si las tareas a realizar son demandantes en el plano atencional.
- Las condiciones de realización de las pausas permiten el uso libre del tiempo y diversifican el tipo de actividad.
- Existen tanto posibilidades de intercambio social, como espacios personales no sujetos a exposición social.

2.4.- Capacitación

Las competencias son un factor crítico para enfrentar la exigencia y para modular la carga mental resultante. En este contexto, los principios generales son los siguientes:

- La capacitación favorece el desarrollo de estrategias de diagnóstico y resolución de problemas.
- La capacitación facilita la comprensión de las relaciones causales y de pertinencia de los factores intervinientes en la tarea.

CAPÍTULO 3: CARGA AMBIENTAL

Siendo la Higiene Ocupacional el arte de la identificación, evaluación y control de los riesgos para la salud de los trabajadores, causados por múltiples agentes y factores de distinta naturaleza, debe resultar claro para todos que su único objetivo final no es otro que evitar cualquier daño, deterioro o malestar que afecte la salud o bienestar, creando y corrigiendo condiciones y procedimientos de gestión que aseguren su existencia permanente.

El área ingenieril debe poseer el conocimiento y bases suficientes para identificar y evaluar los riesgos, así como de las metodologías y técnicas aplicables según el caso y, luego, estar capacitada para proponer e implementar medidas de prevención o protección que controlen la exposición a los agentes y factores causantes del riesgo (s) según el caso.

No existen reglas definidas para la prevención o protección que se debe establecer en una proposición para controlar la exposición y los riesgos sanitarios en las distintas actividades de los seres humanos; las características específicas de cada situación y el criterio profesional del prevencionista determinan finalmente las medidas de control a emplear, que, junto con la gestión de la empresa al respecto, serán los hitos relevantes de su eficacia como medida preventiva.

Pese a lo anterior existen ciertos principios básicos que resultan aplicables en general y permiten ordenar la forma de analizar cada situación, orientados al control de las emisiones, control de la exposición y tipos de medida de control, que se resumen a continuación.

- **Control de las emisiones de agentes y factores de riesgo:** De acuerdo a las características de las medidas de control, éstas se clasifican en cuatro grupos en relación al punto de actuación sobre las emisiones e influencia en la presencia y/o alcance de los agentes sobre los trabajadores o receptores.

- Medidas de control en la fuente de origen.
- Medidas de control en el medio de transmisión.
- Medidas de control en el receptor.
- Medidas de control administrativas o de gestión.

- **Control de la exposición a agentes y factores de riesgo:** De acuerdo al efecto final que las medidas de control producen en relación con la presencia de los agentes a nivel de los receptores o trabajadores, se clasifican como se presenta continuación:

- Medidas de control que eliminan la exposición al agente(s).
- Medidas de control que neutralizan la exposición al agente(s).
- Medidas de Control que disminuyen la exposición al agente(s).

- **Tipos de medidas de control de los agentes y factores y su exposición a ellos:** Los principios básicos de las medidas de control aplicables a cada situación en relación con los puntos anteriores y la exposición a agentes y factores de riesgos se fundamentan en el hecho de que cualquier trabajo y utilización de materiales, energía, etc. se pueden efectuar en forma sana y segura para las personas y el medio, siendo las principales las siguientes:

- Sustitución, que con mucha frecuencia se omite como posibilidad y se instalan medidas más elaboradas e innecesariamente costosas; sin embargo, cuando es práctico, el reemplazo es el tipo de medida más recomendable y simple para eliminar o disminuir la exposición y los riesgos, siendo su alcance en relación con los materiales y/o energía y la tecnología.
- Cambio del procedimiento o sistema de operación, con la que se debe prestar especial atención a la posibilidad de aparición de nuevos riesgos. Su alcance tiene relación con la tecnología en uso y pensando en la mecanización, automatización u otras formas del trabajo manual en forma total o parcial, así como en agregar elementos de complementación en su ejecución o en la fuente de generación del riesgo, por una parte, y por otra, en el procedimiento de uso de la tecnología existente por parte de la empresa y sus operadores.
- Confinamiento, que no se utiliza con la frecuencia que se debiera, en particular por errores de diseño del proyecto o instalación u omisión de utilización por parte de los usuarios. Muchas operaciones pueden confinarse o encerrarse, impidiendo el escape o presencia de agentes contaminantes en el ambiente.
- Aislamiento, segregación, muchas veces es posible situar la operación en un lugar donde los trabajadores no queden expuestos a los contaminantes y a la vez sus operadores directos en forma total o parcial, ya sea por la vía de las instalaciones y su ubicación, como por la secuencia y otros aspectos de su ejecución.
- Dilución, entendiéndose por ésta la ventilación general en cantidad y calidad suficiente como para diluir los contaminantes a niveles de concentración seguros. Cuando ésta se realiza por medios naturales, no forzados, el control que se puede obtener es solo fortuito y variable, dependiendo de las condiciones climáticas, geográficas, ubicación, etc., pudiendo serlo también la forzada cuando tiene problemas de diseño debido a errores en las bases consideradas.
- Ventilación local por extracción, que se basa en la eliminación del contaminante en la fuente de emisión o en el medio de transmisión cercano, antes de que difunda y/o se disperse en el ambiente del recinto y no alcanzando la zona respiratoria de las personas, aplicando la succión del aire, el encerramiento de los focos de emisión, el desarrollo de velocidades de control y transporte del caso, incluyendo los colectores que resulten necesarios.
- Equipos de protección personal, que resguardan a la persona de los efectos de los agentes contaminantes que se siguen emitiendo, neutralizando o disminuyendo su contacto y/o ingreso al organismo del usuario cuando su selección, uso y mantención son apropiados. Esta medida, en general, se conceptúa como transitoria, temporal, para emergencias y en casos en que no pueden aplicarse o mientras se proyectan y aplican medidas como las anteriores y otras que aseguren el control de los agentes en la fuente o el medio de transmisión.
- Orden y limpieza, aspecto que resulta fundamental en cualquier programa, operación eficiente de una planta y control de los agentes y sus riesgos a nivel de su generación primaria como secundaria.
- Capacitación, el personal debe conocer los riesgos a que se encuentra expuesto en su trabajo y cómo estos se generan y controlan, internalizando los procedimientos establecidos e instrucciones así como su participación activa para evitar, corregir e influir a través de su actuación en la presencia de condiciones, factores y agentes contaminantes. Esta capacitación debe entenderse como genérica y personalizada.

- Gestión, los procesos de producción y sus instalaciones, así como los equipos y sistemas de control instalados, correctamente diseñados e implementados, constituyen sólo el primer paso para el control efectivo de la exposición y sus riesgos. Estos pueden llegar a funcionar deficientemente si no se tiene el cuidado de usarlos y mantenerlos como corresponde y en relación con los parámetros que los hacen eficientes. Esto debe lograrse permanentemente a través de la organización de la empresa y su gestión y de la evaluación periódica de verificación de parámetros y estándares de eficiencia de los sistemas de control instalados y del personal expuesto.

En general, las proposiciones de medidas de control deben ser precedidas de una caracterización descriptiva de los puestos de trabajo e identificación de los agentes y factores presentes en ellos y el ambiente y sus riesgos asociados, que respalden debidamente un plan de mediciones y muestreo representativo de la exposición, cuando es posible medir, o estudio cualitativo de su ingreso o acción sobre el organismo del caso, y respectivos análisis y evaluación de resultados con sus conclusiones que enlacen con las medidas de control, cuya eficacia se deberá evaluar posteriormente con el objeto de recalificar la exposición existente y programas de control de trabajadores expuestos. A continuación, para hacer más gráfico lo anteriormente expuesto, se presentarán por agente (considerados en el Módulo 4), ejemplos de medidas de control en relación con el punto de actuación, cuyos efectos pueden ser variados o específicos en relación con el nivel de control que proveen en el sentido de eliminar, neutralizar o disminuir la exposición y el riesgo asociado, perteneciendo a cualquiera de los tipos señalados.

3.1.- Exposición a Ruido

a) En la fuente:

- Considerar en la selección de maquinarias y equipos, procesos, transporte, etc. la mínima presencia de este agente.
- Reemplazo de fuentes críticas por otras que generen menores emisiones de ruido.
- Reubicación de los equipos críticos.
- Modificación de variables para evitar las resonancias.
- Control de la reducción de la velocidad de las turbulencias, el aislamiento y control de las vibraciones.
- Aplicación de amortiguación y la sustitución de piezas y partes por las que corresponden.

b) En el medio de transmisión:

- Vía sólida: Uso de dispositivos de amortiguación de las maquinarias y entrega de inercia, evitando los contactos entre conductores, equipos generadores de ruido y vibraciones y estructuras portantes.
- Vía aérea: Encerramientos totales o parciales de las fuentes emisoras críticas, aislamiento acústico de los lugares afectados o sobre el sonido reflejado en las superficies (con materiales absorbentes). Implementación de refugios de ruido o cabinas acústicas.

c) En el receptor:

- Capacitación del usuario expuesto y su participación.
- Protección auditiva personal apropiada a las características del ruido existente.

d) En la gestión:

- Modificación de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.
- Limitación de la duración y magnitud de la exposición.
- Programas de mantenimiento de los equipos, lugares y sistemas para controlar su emisión.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.

3.2.- Exposición a Vibración**a) En la fuente:**

- Considerar en la selección de maquinarias, equipos, etc. la mínima presencia de vibración.
- Reemplazo de fuentes críticas por otras que generen menores emisiones de vibración.
- Reubicación de los equipos críticos.
- Reducción de las amplitudes de vibración a niveles aceptables para los operadores.
- Instalación de medios de soporte o manejo con aislación.
- Fundaciones de instalaciones y maquinarias y sus montajes apropiados.

b) En el medio de transmisión:

- Uso de elementos elásticos y de amortiguación.
- Incorporación o eliminación de masas en las zonas donde la vibración se transmite desde las fuentes de origen hacia las personas.
- Suministro de equipo auxiliar que reduzca las amplitudes de vibración, como asientos especialmente diseñados, superficies amortiguadas, etc.

c) En el receptor:

- Capacitación de los expuestos y su participación.
- Protección personal para la exposición a vibración mano-brazo Norma ISO 10819.

d) En la gestión:

- Modificación de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.
- Limitación de la duración y magnitud de la exposición.
- Programas de mantenimiento de los equipos, lugares y sistemas para controlar su emisión.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.

3.3.- Exposición a Iluminación¹**a) En la fuente:**

- El diseño debe considerar la potencia eléctrica suficiente para lograr los niveles de iluminancia y luminancia requeridos por las tareas, así como el color de la luz y rendimiento cromático apropiado.
- Instalar y distribuir luminarias sobre los lugares de trabajo de modo que el haz luminoso caiga lo más vertical posible sobre el puesto y la operación con los apantallamientos del caso.

¹ Incluye las referencias a riesgos de la Región Visible del Espectro.

- Seleccionar o reemplazar lámparas por aquellas que entreguen el color de la luz apropiado a las tareas en lugares interiores.
- Seleccionar o modificar colores de los elementos del puesto que contemplen los contrastes necesarios para la correcta percepción de las operaciones y el medio adyacente y sin deslumbramientos.

b) En el medio de transmisión:

- Considerar apantallamientos y diseños de luminarias que dirijan el flujo luminoso hacia el puesto de trabajo y, a la vez, prevengan deslumbramientos.
- Lograr niveles de iluminancia en el entorno medio y lejano en relación con los necesarios en los puestos de trabajo.
- Seleccionar o modificar colores en el entorno cuya reflexibilidad no constituya fuente de deslumbramiento lejano y aporten a la iluminación general.
- En relación con la luz natural, evitar deslumbramientos, reorientando el puesto con su eje perpendicular al eje de las ventanas.
- Instalar medios de control que impidan que el haz de luz incida en forma directa en el puesto o que regulen su incidencia.

c) En el receptor:

- Capacitación del personal y su participación.
- Vigilancia de características visuales individuales y en relación con demandas de las tareas.
- Protección visual personal en relación con el punto anterior y otras necesidades.

d) En la gestión:

- Programas de mantenimiento de luminarias y lámparas y de su reubicación en relación con modificaciones en los puestos de trabajo.
- Control de la organización del buen uso y estado de las instalaciones de iluminación (verificación). Control de condiciones visuales del personal.

3.4.- Exposición a Calor²

a) En la fuente:

- En los puestos de trabajo donde la radiación solar tiene un aporte significativo, dadas las características constructivas del local o de la nave, el aislamiento de techos y muros es la solución.
- La aislación es la solución cuando proviene de equipos y ductos que operan con temperatura de pared del orden de 50°C o más.
- Regulación de la temperatura y su control en los procesos al nivel estrictamente necesario.
- Descarga de humos y gases de combustión en el exterior.

b) En el medio de transmisión:

- Ventilación natural cuando existen fuentes de calor que crean corrientes convectivas ascendentes que alcanzan los techos, instalando linternas o lucarnas para la salida de este aire caliente.
- Ventilación forzada, que comprende sistemas que inyectan aire fresco sobre los puestos de trabajo y extraen el aire caliente con sistemas localizados o campanas que lo descargan al exterior.
- Salas de control de procesos segregadas y provistas de sistemas de inyección de aire acondicionado, supervisando las operaciones a través de monitores.
- Apantallamientos o escudos de aproximación a fuentes de calor.

²Incluye las referencias a riesgos de la Región Infrarrojo del Espectro.

c) En el receptor:

- Capacitación del personal y su participación, para utilizar debidamente las medidas de control existentes y reconocer los síntomas de exposición a calor para detenerla oportunamente.
- Utilización de indumentaria y equipos de protección en relación con las características de la exposición existente.
- Consumo de agua fresca en relación con su pérdida.

d) En la gestión:

- Mantenimiento de agua fresca en los puestos de trabajo.
- Programación del trabajo para que se comparta el período de exposición entre varios trabajadores.
- Programas de mantenimiento de los equipos y sistemas de control de su emisión.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.

3.5.- Exposición a Frío**a) En la fuente:**

- Los mangos metálicos o partes metálicas de contacto de los medios utilizados recubrirlos con material aislante si se utilizan a temperaturas menores a -1°C .
- Señalizaciones de advertencia sobre superficies a temperaturas menores a -7°C para prevenir a los trabajadores tocarlas con partes de la piel descubiertas.

b) En el medio de transmisión:

- Blindaje del lugar o el uso de corta vientos para reducir el efecto de enfriamiento por velocidad del aire.
- Sensores de regulación de la temperatura.

c) En el receptor:

- Capacitación del personal y su participación, para utilizar debidamente los medios de control y reconocer los síntomas de exposición a frío para detenerla oportunamente.
- Utilización de indumentaria y equipos de protección con resistencia térmica y otros en relación con las características de la exposición existente.
- Utilización de protección respiratoria y ocular a temperaturas menores a -40°C .

d) En la gestión:

- Programas de mantenimiento de los equipos e instalaciones de generación de frío y de control de su emisión.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.
- Programas de realización del trabajo con períodos de trabajo–descanso, cuando la ropa disponible no proporciona el grado de aislamiento térmico necesario, considerando lugares de descanso o recuperación con temperaturas del orden de 20°C .
- Programa de renovación de indumentaria de trabajo en frío.
- Modificación de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.

3.6.- Exposición a Radiaciones No-Ionizantes

a) En la fuente:

- Incorporación de dispositivos de aislación, filtración, blindaje y encerramientos y su respectivo diseño en relación con las características de las emisiones no-ionizantes existentes.
- En la región láser, confinamiento total de la clase 3 ó 4.
- Señalizaciones de advertencia.

b) En el medio de transmisión:

- Control de la distancia entre las fuentes y los trabajadores para mantener la exposición por debajo de los límites recomendados en radiofrecuencias y microondas.
- Utilización de pantallas que cubran el haz para neutralizar el riesgo de exposición ocular peligrosa en emisiones láser 3 ó 4.
- Uso de monitores de exposición continuos.
- Señalizaciones de advertencia.

c) En el receptor:

- Uso de protectores oculares (caretas y antiparras) con distintos grados de protección en la región ultravioleta para emisiones provenientes de fuentes artificiales.
- Utilización de cascos con visores en el caso de soldadura industrial, que, además de proteger los ojos de la ultra violeta, protejan la cara contra la radiación intensa visible e infrarroja.
- Utilización de ropa que cubra el cuerpo y extremidades, además de sombrero o casco con ala ancha para reducir la exposición de cara y cuello, cuando los trabajadores desarrollan sus actividades a la intemperie. De existir inconvenientes suministrar filtros solares para proteger la piel expuesta.
- Uso de monitores personales.
- Capacitación del personal y su participación, para utilizar debidamente los medios de control y reconocer señales para evitar sobre exposición.

d) En la gestión:

- Programas de mantenimiento de los equipos e instalaciones de generación de radiaciones y de control de sus emisiones.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.
- Modificación de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.
- Métodos de trabajo en función de disminuir los tiempos de permanencia y acercamiento a las fuentes de emisión.
- Limitación del acceso o su restricción hacia las fuentes y/o su cercanía.

3.7.- Exposición a Radiaciones Ionizantes

a) En la fuente:

- Incorporación de dispositivos de aislación, filtración, blindaje y direccionamiento del haz en relación con las características de las emisiones ionizantes existentes.
- Selección de equipos implementados en relación con las técnicas y características a cubrir.
- Señalizaciones de advertencia.

b) En el medio de transmisión:

- Señalizaciones de advertencia y/o alarma.
- Apantallamientos que permitan reducir la dosis.
- Utilización de dispositivos o comandos a distancia de las fuentes.
- Combinación del punto anterior con biombos plomados y sus visores.
- Utilización de monitores de exposición continua.
- Cámaras o salas segregadas de la correspondiente a las fuentes con las aislaciones respectivas.
- Muros, puertas y ventanas de las salas con sus respectivas características de aislación para evitar su transmisión a otras dependencias. Delimitación y restricción de zonas y espacios.
- Implementación de sistemas de manejo de radionucleídos, de descontaminación y eliminación de residuos.

c) En el receptor:

- Capacitación del personal y su participación, para utilizar debidamente los medios de control y reconocer señales para evitar sobre exposición.
- Equipos de protección personal necesarios en relación con las características de las emisiones y la exposición (cuerpo, ojos, manos, gónadas, tiroides, etc.).
- Utilización de monitores personales de dosis.

d) En la gestión:

- Programas de mantenimiento de los equipos e instalaciones en que se generan radiaciones ionizantes y de control de sus emisiones interiores y hacia el exterior.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos en relación a diversas técnicas que se aplican (normas de protección radiológica) y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos – dosimetría.
- Modificaciones y adaptaciones de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.
- Almacenamiento y disposición final de residuos radioactivos y equipos dados de baja.
- Limitación del acceso o su restricción a lugares o recintos que contienen y/u operan con fuentes radiactivas.
- Métodos de trabajo en función de disminuir los tiempos de permanencia y acercamiento a las fuentes de emisión.
- Control dosimétrico de todos los expuestos.

3.8.- Exposición a Agentes Químicos**a) En la fuente:**

- Estudio y análisis de los procesos en relación con los productos químicos utilizados y su prescindencia en ellos para su eliminación.
- Con el punto anterior también se considera la posibilidad de reemplazar materiales de características tóxicas por otros inocuos o de menor toxicidad.
- Cambios en la implementación de los procesos que permitan reducir las tasas de emisión de los agentes químicos.
- Instalación de sistemas de ventilación por extracción localizada que actúan directamente sobre las fuentes de emisión de gases, vapores, humos o polvo.

- Instalación de cubiertas, tapas, sellos o encerramientos que permitan confinar las fuentes de emisión.
- Automatización o mecanización de la manipulación directa de productos químicos.

b) En el medio de transmisión:

- Instalación de sistemas de ventilación general para diluir y reducir la concentración de agentes químicos.
- Instalación de cámaras y/o salas segregadas de las fuentes de generación con ventilación general y acondicionada a las características de las tareas y elementos de comando.
- Señalizaciones de advertencia.
- Retiro y disposición de residuos, vertidos y/o derrames, acumulaciones de fugas y envases con restos que constituyen fuentes secundarias que se activan o resuspenden con el movimiento de las personas, medios de transporte, corrientes de aire, etc.

c) En el receptor:

- Capacitación del personal y su participación, para utilizar debidamente los medios de control y reconocer señales para evitar sobre exposición.
- Utilización de equipos de protección personal seleccionados en relación con los agentes químicos identificados y sus características y forma de acción sobre el organismo (protección respiratoria, ocular, guantes, caretas, ropa, etc.).

d) En la gestión:

- Programas de mantenimiento de los equipos e instalaciones en que se generan o puedan generar agentes químicos y de control de sus emisiones.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.
- Modificación de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.
- Métodos de trabajo en función de disminuir los tiempos de permanencia y acercamiento a las fuentes de emisión.
- Limitación del acceso o su restricción hacia las fuentes o su cercanía.
- Búsqueda tecnológica constante para seleccionar materiales, equipos, condiciones de operación y elementos en los puestos de trabajo, considerando también como objetivo que no se generen efectos nocivos en la salud de los trabajadores.
- Planes en relación con actuación y control de emergencias químicas que pudieran generar los productos químicos que se utilizan.
- Disposición final de residuos de productos químicos e intermedios.

3.9.- Exposición a Agentes Biológicos**a) En la fuente:**

- Estudio y análisis de los procesos en relación con los agentes biológicos identificados y su origen y posibilidad de eliminación previa a su ingestión o contacto.
- Cambios en la implementación de los procesos que permitan eliminar o reducir la emisión y/o contacto con los agentes biológicos o productos que los contengan.
- Instalación de sistemas de ventilación por extracción localizada que actúan directamente sobre las fuentes de emisión de agentes biológicos o productos que los contengan y en relación al nivel de bioseguridad de los agentes biológicos.

- Instalación de cámaras, cubiertas, sellos o encerramientos que permitan confinar las fuentes de emisión de agentes biológicos.
- Automatización o mecanización del manejo de agentes biológicos o productos que los contengan.
- Señalizaciones de advertencia.

b) En el medio de transmisión:

- Instalación de sistemas de ventilación general para diluir y reducir la presencia y concentración de agentes biológicos o productos que los contengan.
- Instalación de cámaras y/o salas que aíslan y/o segregan las fuentes de generación de agentes biológicos o los productos que los contienen con ventilación general y/o localizada y acondicionada en relación con las características de las tareas y nivel de bioseguridad de los agentes biológicos, incluyendo la posibilidad de medios de desinfección y sanitización aislados y personalizados.
- Señalizaciones de advertencia y/o alarma.
- Instalación de barreras restrictivas de permanencia, circulación y aislación con otras áreas.
- Retiro y disposición de residuos, derrames y envases que constituyen fuentes de contaminación activas capaces de afectar a los operadores directos como a terceros en relación con su alcance y nivel de bioseguridad.

c) En el receptor:

- Capacitación del personal y su participación, para utilizar debidamente los medios de control y reconocer señales para evitar sobre exposición.
- Utilización de equipos de protección personal de complejidad variada en relación con los niveles de bioseguridad de los agentes biológicos identificados y sus características.
- Utilización de equipos de monitoreo específicos que existan.

d) En la gestión:

- Programas de mantenimiento de los equipos e instalaciones en que se generan o puedan generar agentes biológicos y de control de sus emisiones y/o contactos.
- Control de la organización del cumplimiento de procedimientos establecidos y buen uso y estado de los sistemas de control existentes (verificación). Control de expuestos.
- Modificaciones de los métodos y procedimientos de trabajo. Reglamento interno.
- Métodos de trabajo en función de disminuir los tiempos de permanencia y acercamiento a las fuentes de emisión y en relación con los niveles de bioseguridad de los agentes biológicos.
- Limitación del acceso o su restricción hacia las fuentes en relación con los niveles de bioseguridad.
- Control de los monitoreos.
- Disposición final de residuos, derrames, envases, etc. de agentes biológicos o productos que los contengan en relación con sus niveles de bioseguridad.
- Planes en relación con actuación y control de emergencias biológicas que pudieran generar los agentes biológicos que se manejan y sus niveles de bioseguridad.
- Búsqueda tecnológica permanente para seleccionar equipos, condiciones de operación y elementos en los puestos de trabajo, considerando también como objetivo que no generen riesgos y efectos nocivos en la salud de los trabajadores.

CAPÍTULO 4: CARGA FÍSICA

A continuación se enuncian algunos criterios generales asociadas al control de la carga física de trabajo:

4.1.- Manejo Manual de Carga (MMC)

A nivel nacional, la fuente de información más extensa y detallada en relación al control de este factor de riesgo se encuentra en la “Guía Técnica para la Evaluación y Control de los Riesgos Asociados al Manejo o Manipulación Manual de Carga” del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, publicada el año 2008. En términos generales, los principios de prevención se pueden clasificar en los siguientes ámbitos:

- Aplicación de principios de Ingeniería de Métodos, como análisis del flujo de materiales, análisis y mejoramiento de la disposición de planta, mejoramiento de la asignación de la carga de trabajo, y aplicación de manejo manual en equipo.
- Capacitación para el MMC y para el mejoramiento de las prácticas de almacenamiento de materiales.
- Ajuste de la altura de origen y destino de la carga.
- Mejoramiento de las tareas de empuje y arrastre.
- Control de la torsión, flexión y lateralización.
- Mejoramiento de las vías de transporte, especialmente lo relacionado a señalización, dimensiones de pasillos y zonas de tránsito, control de obstáculos y el uso de rampas.
- Modificación del objeto que se maneja.
- Asistencia mecánica simple (uso de palancas, roce, gravedad).
- Asistencia mecánica compleja (grúas, montacargas, transportadores).

4.2.- Postura Forzada y/o Mantenido

En este ámbito, los principios de prevención generales se pueden enunciar de la siguiente manera:

- Puestos de trabajo diseñados en función de las características antropométricas de los trabajadores usuarios.
- Control de la exposición a puestos de trabajo asociados a carga estática sostenida.
- Organización de regímenes de tiempo de trabajo para esfuerzo muscular sostenido.
- Alternancia postural en el trabajo.
- Establecimiento de pausas cuando no se pueden realizar rotaciones de puestos de trabajo.
- Incorporación de elementos de protección personal para evitar compresiones mecánicas, en caso de mantener postura forzada en posición de rodilla o cuclillas.
- Implementación de herramientas manuales de peso y tamaño adecuado.

4.3.- Movimientos Repetitivos

En este ámbito, los principios de prevención generales se pueden enunciar de la siguiente manera:

- Reducción de los ciclos de trabajo repetitivos, ocupando principios de re-organización del trabajo.
- Incorporación de períodos de recuperación (período de tiempo durante el cual no se realizan acciones técnicas).
- Introducción de acciones disímiles a las tareas repetitivas en el ciclo de trabajo que permitan la recuperación fisiológica de grupos musculares.
- Mecanización o automatización del proceso cuando la carga física no puede ser manejada adecuadamente.
- Reducción o modificación de los levantamientos o agarres de objetos sobre los 900 gramos con el uso de pinza de dedos entre el pulgar y el dedo índice.
- Implementación de puestos de trabajo con herramientas manuales de peso y tamaño adecuado.

4.4.- Carga Bioenergética

En este ámbito, los principios de prevención generales se pueden enunciar de la siguiente manera:

- Mantenimiento de un sistema adecuado de hidratación.
- Control de la frecuencia cardíaca de cada trabajador, principalmente al realizar trabajo en altura.
- Acclimatación de los trabajadores a las nuevas condiciones.
- Implementación de zonas de descanso con temperatura adecuada.
- Uso de vestimentas y ropas de trabajo adecuadas.

4.5.- Criterios Generales de Capacitación

Es recomendable difundir buenas prácticas de trabajo, a lo menos en las siguientes temáticas:

- Técnicas correctas de manejo manual de carga.
- Uso seguro de herramientas.
- Uso adecuado de asistencia mecánica simple y compleja.
- Identificación y control de factores de riesgo asociados a la carga de trabajo física.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2009. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.

Instituto de Salud Pública (ISP). 2007. Guía para la Selección y Control de Protección Respiratoria.

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). 2002. El trabajo por turnos en lenguaje sencillo. DHHS Núm. de Publicación 97-145 [Sp2002]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/97-145sp.html>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Trabajando en Ambientes muy Calurosos. Disponible en: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/86-112sp.html>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Soluciones Simples: Ergonomía Para Trabajadores Agrícolas. Disponible en: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/01-111pd-sp.html>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Elements of Ergonomics Programs. A Primer Based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders. NIOSH Publication No. 97-117. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-117/epstep7.html>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Simple Solutions: Ergonomics for Construction Workers. NIOSH Publication No. 2007-122. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-122/>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling. NIOSH Publication No. 2007-131. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-131/>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Industrial Noise Control Manual. NIOSH Publication No. 79-117. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/79-117pd.html>

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Chile. 2008. Guía Técnica para la Evaluación y Control de los riesgos asociados al Manejo o Manipulación manual de Carga. Disponible en: <http://www.dt.gob.cl/1601/article-95553.html>

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Elements of a Comprehensive RF Protection Program: Role of RF Measurement. Disponible en: www.osha.gov/SLTC/radiofrequencyradiation/element.html

