



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA Y HOMEOPATÍA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN SALUD OCUPACIONAL,
SEGURIDAD E HIGIENE**

ANÁLISIS DE RIESGOS ERGONÓMICOS EN EL PROCESO DE EMPAQUE PRIMARIO DE TABLETAS EN UN LABORATORIO FARMACÉUTICO

T E S I S

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

P R E S E N T A

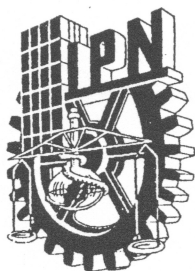
TANIA KARINA PONCE SERNA



DIRECTOR DE TESIS

M. en C. ENRIQUE LÓPEZ HERNÁNDEZ

MÉXICO D.F., 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

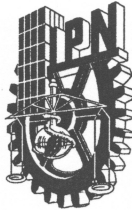
CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **México, D.F.**, el día **07** del mes de **septiembre** del año **2011**, el (la) que suscribe **Ponce Serna Tania Karina**, alumno(a) del Programa de **Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene**, con número de registro **B081733**, adscrito a la **Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de **M. en C. Enrique López Hernández**, y cede los derechos del trabajo intitulado “**Análisis de riesgos ergonómicos en el proceso de empaque primario de tabletas en un laboratorio farmacéutico**”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

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

Tania Karina Ponce Serna

Nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 16:00 horas del día 16 del mes de diciembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de La ENMYH para examinar la tesis titulada:

**"ANÁLISIS DE RIESGOS ERGONÓMICOS EN EL PROCESO DE EMPAQUE
PRIMARIO DE TABLETAS, EN UN LABORATORIO FARMACÉUTICO"**

Presentada por el alumno:

Ponce

Apellido paterno

Serna

Apellido materno

Tania Karina

Nombre(s)

Con registro:

B	0	8	1	7	3	2
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene

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

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

M. en C. Enrique López Hernández

Dr. en C. José
Waizel Bucay

Dr. en C. César Augusto
Sandino Reyes López

Dr. en C. Absalom
Zamorano Carrillo

M. en C. Ma. del Carmen
López García

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

D. en C. César Augusto
Sandino Reyes López



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA NACIONAL DE INGENIERÍA
Y HOMEOPIATAS
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Agradecimientos

A ti, mi Dios, porque he sentido siempre tu protección.

A la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, por abrirme sus puertas para seguir ampliando mi horizonte y mejorar mi capacidad de servicio.

A mi queridísimo padre Pedro Ponce, porque seguirá siendo un lucero en mi vida, guía e inspiración en mi carrera profesional por siempre.

A mis amados madre y hermano, Rosita Serna y Peter Ponce, por arroparme todos los días con su natural espíritu amoroso y hacerme inmensamente feliz. Ambos son mi fortaleza.

Al entrañable M. en C. Enrique López Hernández, mi director de tesis, por su paciencia para enriquecer este trabajo, y ser un ejemplo de dedicación y generosidad en el ardua labor de la docencia.

A la Ing. Química Cristina Huesca Barnetche por darme las facilidades necesarias para continuar mi desarrollo profesional y apoyarme siempre que lo he necesitado.

A mis tíos y primos, gracias por su amor incondicional. Muy especialmente a mi tía Carmelita y mi primo Cris por creer en mí y estar siempre presentes.

CONTENIDO

Índice de tablas y figuras	iv
Glosario y abreviaturas	1
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Antecedentes	14
1.1 Trabajos de investigación previos	14
1.2 Condiciones de la organización estudiada durante la investigación	18
1.3 Generalidades del área de Acondicionamiento	20
1.4 Descripción del proceso de empaque primario de tabletas	22
1.5 Condiciones de seguridad e higiene en las áreas de proceso al momento de iniciar el estudio	27
2 Marco Teórico	29
2.1 Incidencia de trastornos osteomusculares en la industria farmacéutica	29
2.2 El trabajo físico y su impacto al sistema osteomuscular	32
2.2.1 Levantamiento manual de cargas	35
2.2.2 Sobrecarga postural	41
2.3 Análisis inicial de peligros y riesgos ergonómicos	48
2.4 Evaluación de riesgos por levantamiento manual de cargas	50
2.4.1 El método NIOSH	50
2.4.2 El método INSHT	59
2.4.3 Cálculo del riesgo de levantamiento y aplicación de factores de corrección	63
2.5 Evaluación de riesgos por sobrecarga postural: método OWAS	65
3 Procedimiento de estudio	71
3.1 Consideraciones preliminares	71
3.2 Análisis ergonómico inicial	72
3.3 Evaluación del levantamiento manual de cargas	76
3.4 Evaluación de las posturas forzadas	79

3.5	Ponderación de la factibilidad de los controles de riesgo recomendados	80
4	Resultados y discusión	83
4.1	Resultado de la evaluación ergonómica inicial en las actividades laborales del operador de empaque primario	83
4.2	Identificación de tareas con el riesgo ergonómico más elevado y evaluación de sus peligros específicos	86
4.2.1	Evaluación del levantamiento manual de cargas	87
4.3	Riesgos por sobrecarga postural	93
5	Conclusiones y recomendaciones	97
6	Limitaciones en el estudio y propuesta para un trabajo futuro	101
	Bibliografía	103
	Apéndice A. Tabla de resultados del análisis ergonómico inicial	108
	Apéndice B. Fotografías del levantamiento manual de cargas	110
	Apéndice C. Fotografías de posturas forzadas	114

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Factores de peligrosidad en el manejo manual de materiales de acuerdo al INSHT.....	37
Tabla 2. Consideraciones en la aplicación de algunos métodos de análisis postural.....	45
Tabla 3. Criterios para identificar el tipo de agarre de la carga levantada en el método NIOSH.....	54
Tabla 4. Clasificación de la duración de la tarea de levantamiento de cargas en el método NIOSH.....	55
Tabla 5. Cálculo de los seis factores para la ecuación del límite de peso recomendado, conforme a NIOSH.....	57
Tabla 6. Factor de frecuencia (FM) para el método NIOSH.....	58
Tabla 7. Factor de agarre (CM) para el método NIOSH.....	58
Tabla 8. Factor de desplazamiento vertical para el método INSHT.....	61
Tabla 9. Factor de giro para el método INSHT.....	62
Tabla 10. Factor de agarre para el método INSHT.....	62
Tabla 11. Factor de frecuencia para el método INSHT.....	63
Tabla 12. Grado de riesgo del levantamiento.....	64
Tabla 13. Factores de corrección para el PTR (peso teórico máximo).....	65
Tabla 14. Posiciones corporales individuales del método OWAS.....	67
Tabla 15. Categorías de riesgo para códigos de postura del método OWAS.....	68
Tabla 16. Niveles de riesgo, en el método OWAS, de las posiciones individuales del cuerpo según su frecuencia relativa.....	70
Tabla 17. Acciones correctivas por nivel de riesgo postural en el método OWAS.....	70
Tabla 18. Criterio para asignar la probabilidad de ocurrencia de los riesgos ergonómicos.....	73
Tabla 19. Criterios de jerarquización para el análisis ergonómico inicial.....	75
Tabla 20. Niveles de jerarquización del riesgo ergonómico inicial.....	75
Tabla 21. Análisis de ventajas y debilidades de los métodos NIOSH e INSHT, para la evaluación del levantamiento manual de cargas.....	77
Tabla 22. Ponderación de criterios de factibilidad por tiempo y costo.....	81
Tabla 23. Identificación del P,T: Códigos del puesto “operador de empaque” y número de trabajadores.....	84
Tabla 24. Distribución de las tareas del proceso de empaque primario, por nivel de riesgo ergonómico.....	87

Tabla 25. Mediciones para la evaluación por levantamiento de cargas.	90
Tabla 26. Factores calculados para el levantamiento de cargas.	91
Tabla 27. Límite de peso recomendado para las cargas levantadas.	91
Tabla 28. Valor "LPR" corregido para el 95% de la población.	92
Tabla 29. Reporte de posturas, frecuencia y nivel de riesgo.	93
Tabla 30. Reporte de códigos de postura, frecuencia y nivel de riesgo.	94
Tabla 31. planes de acción recomendados, factibilidad y prioridad.	100
Tabla 32. Análisis del puesto de trabajo desde la perspectiva ergonómica.	108

FIGURAS

Figura 1. Arreglo de maquinaria y equipo en una bahía de empaque.	21
Figura 2. Proceso de empaque primario de tabletas.	23
Figura 3. Incidencia de lesiones ocupacionales en la industria farmacéutica en Inglaterra.	30
Figura 4. Ocupaciones con mayor incidencia de accidentes de trabajo por fuerzas mecánicas inanimadas en México.	30
Figura 5. Porcentaje de días perdidos en el laboratorio farmacéutico a nivel mundial y su origen.	31
Figura 6. Trabajo estático y dinámico.	33
Figura 7. Valores "H", "V" y "A" en el método NIOSH.	51
Figura 8. Tipo de agarre de la carga levantada manualmente en el método NIOSH.	53
Figura 9. Peso teórico recomendado (PTR) por zona de manipulación de la carga, de acuerdo al INSHT.	60
Figura 10. Procedimiento de evaluación de los peligros y riesgos ergonómicos. .	72
Figura 11. Criterios para priorizar la implementación de controles de exposición.	82
Figura 12. Mapeo de riesgos ergonómicos del proceso de empaque primario de tabletas.	85
Figura 13. Fotografía que muestra un pAsillo estrecho en la Bahía de empaque evaluada.	88
Figura 14. Medición de valores "H" y "V" en un levantamiento de cargas.	89
Figura 15. Postura "2 1 4 2" con riesgo alto.	95
Figura 16. Equilibrio y campo de visión afectados durante un levantamiento de cargas.	96

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

La descripción de los términos que a continuación se presentan corresponde al significado usado en este trabajo de tesis, y pueden no concordar con las definiciones encontradas en diccionarios de uso común, de forma que en algunos casos se incluyen referencias adicionales que la autora consideró relevantes para obtener más información.

GLOSARIO

Accidente de trabajo. Es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se presente. Quedan incluidos en la definición anterior los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar de trabajo y de éste a aquél (Ley Federal del Trabajo, 2006, artículo 474).

Análisis de riesgos. En inglés *risk analysis*, es la evaluación científica en términos cualitativos y/o cuantitativos de la ocurrencia de eventos adversos, resultantes de la exposición de un trabajador a una particular forma de materia o energía y de la posibilidad de que produzcan lesión, enfermedad o pérdida de la vida. Frecuentemente involucra tres elementos: evaluación de riesgos o *risk assessment*, administración del riesgo o *risk management*, y comunicación de riesgos o *risk communication* (American Industrial Hygiene Association [AIHA], 2006).

Bahía de empaque. Término usado en el laboratorio farmacéutico donde se realizó la investigación de campo para denominar a cada uno de los cuartos donde se realiza el empaque primario y/o secundario de medicamentos.

Bipedestación. Postura corporal parado en ambos pies.

Blistera. Maquinaria usada en la industria farmacéutica para encerrar un medicamento en una cavidad formada por una película plástica, película de aluminio o la combinación de ambos, mediante un proceso de sellado en caliente o en frío. La cavidad donde se resguarda el producto es conocida como *blister* o ampolla, de donde se derivan los términos en inglés *blister packaging* (empaque de ampolla) y *blistering machine* (máquina ampolladora). Sin embargo, las acepciones en español más comunes en el ámbito industrial son empaque de “blisteado” y (máquina) “blistera”, respectivamente, y son las que se usan en este trabajo de tesis (Neopackaging, 2010).

Bursitis del olecranon. Llamada también "codo del lanzador de dardos", se trata de una dolorosa hinchazón bajo la piel. La bolsa sinovial que protege el vértice del codo se inflama, provocado por apoyarse en el codo, por ejemplo, al tirar o navegar. Puede infectarse, lo que aumenta el dolor y provoca enrojecimiento de la piel y fiebre.

Bursitis prerrotuliana. Una bursa es una bolsa cerrada y llena de líquido que funciona como superficie de amortiguación y deslizamiento para reducir la fricción entre los tejidos del cuerpo. Cuando una bursa se inflama, la condición se llama bursitis. La bursitis prerrotuliana es entonces la inflamación de la bursa de la rótula, ubicada en la parte anterior de la rodilla.

Carga. Es cualquier objeto susceptible de ser movido, incluyendo la manipulación de personas o de animales, y que requiera del esfuerzo humano para colocarlo en su posición definitiva. Para tareas de levantamiento se considera que toda carga cuyo peso sea igual o mayor de 3 Kg puede presentar un riesgo significativo y amerita una evaluación (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2003).

Carga manual. Es la actividad manual que desarrolla un trabajador empleando su fuerza física, tanto de forma directa (levantamiento, colocación) como indirecta (empuje, tracción, desplazamiento). Incluye el transporte o mantener la carga alzada, donde el peso sea totalmente soportado por un trabajador, o con el auxilio de carretillas, diablos, patines o alguna otra herramienta no energizada (INSHT, 2003; Secretaría del Trabajo y Previsión Social [STPS], 2000).

Control administrativo. Políticas, procedimientos estandarizados, prácticas de trabajo, capacitación y adiestramiento, controles de acceso, rotación de turnos y equipo de protección personal, que son establecidos por el patrón con el objetivo de disminuir la exposición a un peligro, o el riesgo de trabajo (AIHA, 2006; *Association of Canadian Ergonomists*, 2009a).

Control de ingeniería. Cambios físicos en un proceso o equipo, o la instalación de equipo auxiliar, con el objetivo de encerrar, aislar, bloquear, capturar o atenuar la dispersión de un peligro para mantenerlo dentro de límites aceptables (AIHA, 2006).

dB(A). Es el símbolo del decibel ponderación A, una unidad de nivel sonoro medido con un filtro para conservar solamente las frecuencias más dañinas para el oído humano (STPS, 2001).

Empaque primario de medicamentos. Primer nivel de empaque de un medicamento. El material de empaque primario está en contacto directo con el producto, su objetivo es el de ofrecer una protección hermética, inerte y en algunos casos estéril, contra factores externos que pueden afectar la actividad farmacológica del medicamento, como son: aire, humedad, luz, microorganismos o contaminantes diversos. Algunos ejemplos de empaque primario son *blisters*, frascos, sobres, jeringas, tubos, viales, ampollitas, entre otros (Neopackaging, 2010).

Empaque secundario de medicamentos. Segundo nivel de empaque de un medicamento semiterminado. En este caso el material de empaque no está en contacto directo con el medicamento y algunas de sus funciones son: proteger el empaque primario de daños físicos, proporcionar algún grado de aislamiento contra temperaturas extremas, agrupar empaques primarios de acuerdo a la presentación para comercialización, contener información adicional para el consumidor final, entre otros. Los tipos de empaque secundario más comunes son cajillas, sobres, bolsas, contenedores térmicos (Neopackaging, 2010).

Enfermedad de trabajo. Es todo estado patológico en el trabajador, que puede ser reversible o irreversible, asociado con la exposición crónica y no controlada a un peligro de tipo físico, químico, biológico, ergonómico o psicosocial, que tenga su origen o motivo en el trabajo, o en el medio en que el trabajador presta sus servicios (AIHA, 2006).

Epicondilitis. Conocida también como “codo del tenista”, es una patología caracterizada por dolor en la cara externa del codo, sobre el epicóndilo, prominencia ósea más externa del codo, como resultado de una tensión mantenida o por sobreesfuerzos repetidos.

Ergonomía. Es una disciplina científica y multidisciplinaria que estudia la interacción del ser humano con los elementos de un sistema, y después intenta construir o adaptar el sistema a las necesidades, capacidades, características y habilidades del ser humano. La ergonomía es preventiva cuando se aplica a la planeación y diseño del medio ambiente laboral, y correctiva cuando se desea mejorar las condiciones de trabajo actuales; sin embargo, en ambos casos su objetivo final es contribuir a evitar accidentes y enfermedades laborales, así como ayudar a disminuir la fatiga del trabajador e incrementar la comodidad (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* [ACGIH], 2008; *Association of Canadian Ergonomists*, 2009; Instituto de Biomecánica de Valencia [IBV], 2000; Osborne, 1990).

Evaluación de riesgos. El estudio de los riesgos laborales presentes en una organización, desde su detección, exposición y efectos, hasta su caracterización integral, con el propósito de prevenir o controlar sus potenciales efectos nocivos. En este proceso, la información o la experiencia acerca de la causa y el efecto son integrados a través de cuatro etapas (*Health and Safety Executive* [HSE], 2006; López, 2008):

- 1) Identificación o reconocimiento del riesgo.
- 2) Evaluación de la exposición.
- 3) Evaluación de la dosis-respuesta.
- 4) Caracterización del riesgo.

Exposición. Es el contacto directo de un trabajador con un peligro de tipo físico, químico, biológico, ergonómico o psicosocial. Las exposiciones ocupacionales ocurren por diferentes vías, incluyendo: inhalación, ingestión, inyección, contacto superficial o absorción a través de la piel, y radiación a todo el cuerpo (AIHA, 2006).

Fatiga: Es la pérdida o disminución de la capacidad para trabajar, resultado de la actividad que la precede. Se encuentra frecuentemente asociada a una disminución en la productividad o efectividad en el trabajo. La fatiga es un estado tanto físico como mental (*Association of Canadian Ergonomists*, 2009a).

Herramientales: Son específicamente las piezas de la blistera que están en contacto directo con las tabletas y/o que ayudan a la formación del *blister*.

Manejo de materiales. Es la acción de levantar, bajar, jalar, empujar, trasladar y estibar, de forma manual o con la ayuda de maquinaria, las materias primas, subproductos, productos terminados o residuos (STPS, 2000).

Nivel de exposición a ruido (NER). Es el nivel sonoro promedio, ponderación A, referido a una exposición de 8 horas (STPS, 2001).

Nivel sonoro A (NS_A). Es el nivel de presión acústica instantánea medido con la red de ponderación A de un sonómetro normalizado (STPS, 2001).

Nivel sonoro continuo equivalente (NSCE). Es la energía media integrada a través de la red de ponderación A, a lo largo de un periodo de medición (STPS, 2001).

Peligro ocupacional. Una entidad química, radiológica, térmica, física o biológica que puede ocasionar efectos dañinos a la salud de un trabajador expuesto. Se puede manifestar como una circunstancia, condición, situación, materia o energía presente en el medio ambiente laboral (AIHA, 2006; *Association of Canadian Ergonomists*, 2009a).

Puesto de trabajo. Una posición u ocupación ostentada por una o más personas en una organización. En la jerarquía organizacional de los centros de trabajo, un proceso o departamento frecuentemente contiene uno o más puestos de trabajo, y una o más tareas o actividades laborales son a menudo asignadas a cada puesto de trabajo. El puesto de trabajo está relacionado también con los medios de producción (AIHA, 2006).

Quick Win: El término es frecuentemente empleado en el contexto de proyectos *Kaizen* o *Lean Six Sigma*, y su interpretación es “mejora rápida” que puede ser implementada con recursos limitados. Por su parte, la palabra *Kaizen* es de origen japonés, su significado es “cambio para mejorar” y es un método orientado a la mejora acelerada y continua. El término *Six Sigma* se refiere a una estrategia de administración de negocios, también dirigida a la mejora en flujos de proceso.

Riesgo de trabajo. Es la probabilidad de que un trabajador experimente un efecto(s) adverso(s) en su estado de salud, en función del nivel de exposición (frecuencia, duración) y de la magnitud del peligro. Para calificar un riesgo, desde el punto de vista de su gravedad, se valoran conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo (AIHA, 2006; *Association of Canadian Ergonomists*, 2009a; INSHT, 1995).

Sedestación anterior. Posición sentado hacia adelante, la carga depende del ángulo de la espalda respecto del plano de sustentación.

Sedestación intermedia. Posición sentado en un ángulo aproximado de 90° respecto del plano de sustentación.

Síndrome del túnel carpiano. Es una enfermedad caracterizada por la compresión del nervio mediano a nivel del túnel carpiano. El nervio mediano está encargado de llevar y traer información sensitiva y motora de una parte del antebrazo y de la mano. El túnel por el que transcurre dicho nervio está formado por los huesos de la muñeca y un fuerte ligamento. Además del nervio mediano, por dicho túnel transcurren los tendones de los músculos flexores de los dedos.

Tenosinovitis de la estiloides radial. También es conocida como enfermedad de Quervain, es una inflamación de la envoltura de la vaina del tendón abductor largo y extensor corto del pulgar. Afecta con mayor frecuencia cuando existe el antecedente de actividad repetitiva sobre la mano o traumatismo sobre la región.

Trastorno osteomuscular. También frecuentemente llamado desorden de trauma acumulativo (CTDs por sus siglas en inglés *Cumulative Trauma Disorders*). El término se refiere a un desorden crónico en músculos, tendones o nervios, causado por esfuerzos repetitivos, movimientos rápidos, fuerzas de elevada magnitud, estrés por contacto, posturas extremas, vibraciones y/o bajas temperaturas; todos ellos relacionados con el trabajo (ACGIH, 2008a, capítulo *Ergonomics: Musculoskeletal disorders*; *Association of Canadian Ergonomists*, 2009a).

ABREVIATURAS

ACGIH:	Del inglés <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i> , es una organización estadounidense, basada en membresías, cuyo principal objetivo es recolectar, validar y publicar información y datos relacionados con la práctica de la higiene industrial.
AIHA	Del inglés <i>American Industrial Hygiene Association</i> , es una organización no lucrativa, que reúne profesionistas en Higiene industrial internacionalmente.
ENMH	Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, IPN, México.
EPR:	Evaluación Postural Rápida.
HEPA:	Del inglés <i>High Efficiency Particle Arresting</i> , el término se aplica para medios filtrantes de partículas cuya eficiencia es del 99.97%.
HSE:	Del inglés <i>Health and Safety Executive</i> , es un instituto británico para la seguridad y salud laboral.
IMSS:	Instituto Mexicano del Seguro Social.
INSHT:	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en España.
IPN:	Instituto Politécnico Nacional, en México.
LEST:	Del francés <i>Laboratoire de Économie et Sociologie du Travail</i> , creadores de un método de análisis de las condiciones de trabajo.
MAPFRE:	Método creado por la fundación española MAPFRE.
NIOSH:	Del inglés <i>National Institute of Occupational Safety and Health</i> , instituto norteamericano de seguridad y salud ocupacional.
OIT:	Organización Internacional del Trabajo.
OWAS:	Del inglés <i>OVAKO Working Posture Analysis System</i> ; donde OVAKO OY es una industria privada finlandesa dedicada a la producción de barras y perfiles de acero que, en los años setentas desarrolló el método OWAS para la evaluación de los riesgos posturales, con el objetivo de mejorar sus procedimientos de trabajo.

- PAPR:** Del inglés *Powered Air Purifying Respirator*. Es un tipo de protección respiratoria requerido de acuerdo al Límite de Exposición Ocupacional para los activos farmacéuticos manejados y a la concentración de polvos en el medio ambiente laboral.
- PEO:** Del inglés *Portable Ergonomic Observation*, método ergonómico para evaluar la carga musculoesquelética, secuencia, duración y frecuencia de las posturas.
- PROFEPA:** Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, en México.
- REBA:** Del inglés *Rapid Entire Body Assessment*, método ergonómico de evaluación postural aplicable a todo el cuerpo.
- RULA:** Del inglés *Rapid Upper Limb Assessment*, método ergonómico de evaluación postural específico para miembros superiores.
- SASST:** Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el Trabajo, en México.
- STPS:** Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en México.
- UNAM:** Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de tesis es identificar, medir y evaluar los peligros de tipo ergonómico a los que se expone el “operador de empaque” durante el proceso de empaque primario de tabletas en un laboratorio farmacéutico. En el estudio se incluyó a todos los operadores de empaque que participan en el proceso antes mencionado, sin diferenciar su edad, sexo o antigüedad.

El procedimiento de estudio inició con la identificación y un análisis inicial de riesgos ergonómicos, aplicando el método “Análisis de puesto” (López, 2009) en el proceso seleccionado. Este estudio reveló que el levantamiento manual de cargas y las posturas forzadas representan un riesgo elevado específicamente en la tarea de ensamble-desensamble de la blistera.

A continuación se evaluó el levantamiento de cargas con un procedimiento propuesto por la autora, que consistió en la combinación de la “ecuación de levantamiento de NIOSH revisada” (*National Institute of Occupational Safety and Health* [NIOSH], 1994) con el concepto del “peso teórico recomendado” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2003). Por otra parte, las posturas de trabajo forzadas fueron evaluadas con el método OWAS. Los resultados obtenidos en ambos casos fueron niveles de riesgo altos y la necesidad de implementar controles para prevenir los efectos adversos a la salud en los “operadores de empaque”.

Los controles de riesgo sugeridos se priorizaron con base en su factibilidad de implementación; para ello se ponderó cualitativamente tanto su costo económico, como el tiempo requerido para completar los planes de acción. De esta forma se determinó que cinco controles, de un total de ocho, podían realizarse con recursos existentes en el centro de trabajo y en un periodo de tiempo menor a un mes; para los tres restantes, se estimó un máximo de seis meses y una inversión de menos de diez mil pesos para su instalación.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to identify, measure and evaluate the ergonomic hazards to which the "packaging operator" is exposed, during the process of tablets' primary packaging, in a pharmaceutical laboratory. The study included all packing operators involved in the above process, without distinction of age, sex or seniority.

The study procedure began with the identification and an initial ergonomic risks analysis, applying the method "Job position analysis" (López, 2009) to the selected process. This study showed that manual lifting and awkward postures pose a high risk specifically in the task of "blistering machine assembly-disassembly".

Then, it was evaluated the lifting of weights with a procedure proposed by the author of this thesis, by means of the combination of the "revised NIOSH lifting equation" (*National Institute of Occupational Safety and Health* [NIOSH], 1994) with the concept called "recommended limit weight" (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2003). Stressful postures were evaluated with the OWAS method. The obtained results for both assessments were high-risk levels and the need to implement controls for preventing adverse health effects in "packaging operators."

The suggested risk controls were prioritized based on their feasibility of implementation, for it was weighted qualitatively both the economic cost, and the time required to complete action plans. Therefore it was found that five controls, among a total of eight, could be done with existing resources in the workplace and within a time period of less than one month; for the remaining three, it was estimated up to six months and an investment of less than ten thousand pesos for their installation.

INTRODUCCIÓN

La industria farmacéutica es frecuentemente relacionada con peligros de tipo químico por la naturaleza misma de sus procesos, pero no está exenta de peligros de tipo ergonómico que pueden llegar a ser igual de relevantes debido a que las actividades manuales continúan siendo muy comunes en este sector, tanto en áreas de proceso, como de mantenimiento o servicios auxiliares (*Health and Safety Executive* [HSE], 2010).

Por otro lado, al momento de concluir esta investigación no se encontraron publicadas estadísticas mexicanas orientadas a los peligros ergonómicos específicos del sector farmacéutico a nivel nacional. No obstante, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) reportó durante el año 2009 en la “Memoria estadística de salud en el trabajo”¹ un total de 5,188 casos de “dorsalgias”, de los cuales el puesto de “operador de máquinas herramientas” contribuyó con 402, y el de “embaladores manuales y otros peones de la industria manufacturera” sumó 251 casos. Ambos tipos de ocupaciones están comúnmente presentes en los procesos de fabricación y empaque de medicamentos.

Al respecto del laboratorio farmacéutico donde se llevó a cabo la investigación de campo, no estuvo disponible un análisis de tendencias de los motivos de atención médica, ni de los accidentes o enfermedades de trabajo ocurridos durante los años 2000 al 2010, que permitiera conocer la incidencia de lesiones osteomusculares o desórdenes de trauma acumulativo asociados a peligros ergonómicos ocupacionales.

De esta forma, la justificación para este trabajo partió del hecho de que la autora labora como Coordinadora de Higiene Industrial en el laboratorio antes mencionado, donde los miembros de la Comisión de Seguridad e Higiene reportaron reiteradamente que en el proceso de empaque primario los operadores manipulan piezas pesadas con formas y dimensiones que dificultan su manejo, y que también adoptan posturas incómodas y realizan ajustes a la maquinaria en

¹ Cuadro VI.16. Accidentes de trabajo según ocupación, tipo de lesión y sexo.

² Nota Técnica de Prevención. Son publicaciones periódicas del INSHT, cuyo objetivo es facilitar el acceso a

espacios reducidos. Además, se sabe que no se cuenta con un programa de ergonomía en las áreas operativas.

Por tal motivo resultó de interés, tanto para la autora como para el laboratorio farmacéutico, determinar si las condiciones de trabajo del proceso de empaque primario representan un peligro ergonómico para los operadores de empaque, cuyos riesgos deban ser controlados .

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

- ¿Existen peligros de tipo ergonómico durante las actividades del operador de empaque, en el proceso de empaque primario de tabletas?
- De ser así, ¿cuál es la magnitud del peligro y cuáles sus efectos posibles en la salud de los operadores de empaque?

OBJETIVO GENERAL:

- Identificar, medir y evaluar los peligros de tipo ergonómico que pudieran generarse durante las actividades del puesto de operador de empaque, en el proceso de empaque primario de tabletas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Realizar una evaluación ergonómica en las actividades laborales del operador de empaque primario.
- b) Identificar las tareas con el grado de riesgo ergonómico más elevado y evaluar sus peligros específicos.
- c) Desarrollar y proponer controles de exposición para la tarea con el mayor nivel de peligrosidad.

El **procedimiento** empleado durante la investigación inició con un análisis de peligros ergonómicos, aplicando el método del “Análisis del puesto” (López, 2009); después se realizó la evaluación del levantamiento de cargas, donde se planteó la combinación de dos métodos, uno publicado por NIOSH (1994) y otro por el INSHT (2003); enseguida se evaluaron las posturas forzadas aplicando el método OWAS; finalmente se propusieron medidas de control que se priorizaron respecto a su factibilidad de implementación considerando dos criterios cualitativos.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes de este trabajo, donde se abordó como aspecto de estudio los peligros de tipo ergonómico en diferentes áreas laborales. Asimismo, se incluyeron las condiciones en que se

encontraron el objeto de estudio y el área de trabajo en la empresa seleccionada para realizar la investigación de campo.

En el marco teórico, capítulo segundo, se describe la importancia de los trastornos osteomusculares en la industria farmacéutica, así como lo más relevante para esta investigación en cuanto a riesgos de tipo ergonómico, sus efectos en el trabajador, métodos de análisis y evaluación de los peligros y riesgos relacionados.

En el tercer capítulo se detallan el procedimiento, el tipo de investigación realizada, la población de estudio, los métodos de análisis y evaluación aplicados, así como los mecanismos y recursos empleados para el trabajo de campo.

Los resultados obtenidos se pueden consultar en el capítulo cuarto, donde también se realiza el análisis de los mismos en relación con las referencias teóricas.

El quinto capítulo presenta las conclusiones de este trabajo respecto al problema planteado y a los objetivos perseguidos, así como las recomendaciones para el control de los riesgos evaluados.

Las limitaciones encontradas para realizar el estudio, así como algunas propuestas para trabajos futuros, se exponen en el capítulo sexto.

Finalmente, el Apéndice A contiene la tabla de resultados del análisis ergonómico inicial, el Apéndice B muestra el archivo fotográfico que se empleó para realizar el análisis de riesgos por levamiento manual de cargas, y en el Apéndice C se localizan las fotografías más relevantes del análisis de riesgos por posturas forzadas.

1 ANTECEDENTES

1.1 Trabajos de investigación previos

Durante la búsqueda bibliográfica se pudo apreciar que actualmente está en boga la ergonomía como tema de investigaciones a nivel licenciatura y posgrado. De entre los trabajos consultados, se presenta un breve análisis de cinco tesis que ayudaron a delimitar apropiadamente el presente estudio. Estas fuentes de información resultaron de particular interés, ya sea por su procedimiento de diagnóstico inicial de los peligros de tipo ergonómico, por las herramientas de evaluación ergonómica empleadas o debido a las conclusiones y recomendaciones de sus autores.

La investigación realizada por Zaragoza (2009) es una tesis de maestría y lleva por título “Determinación de factores causales del síndrome del túnel del carpo en un grupo de trabajadoras para la implementación de un programa preventivo”; ésta fue realizada en la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía (ENMH) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y se enfoca en identificar las causas y factores más frecuentes de los síndromes de trauma acumulativo (STA) en los trabajadores del área de acondicionamiento de una empresa farmacéutica, así como implementar y evaluar un programa preventivo.

Con este objetivo, Zaragoza inicia resaltando la ausencia de antecedentes estadísticos, tanto de incidencia de STA, como de enfermedades laborales en la industria farmacéutica, y continúa fundamentando la importancia del problema con antecedentes internacionales relevantes.

Por otra parte, el marco teórico incluyó los métodos de análisis ergonómico RULA y OWAS, y describió la problemática en la industria farmacéutica respecto de los desórdenes de miembros superiores y las actividades manuales relacionadas en el área de acondicionamiento. Además se incluyeron recomendaciones de especialistas del Reino Unido para algunas actividades manuales frecuentes.

El procedimiento consistió de un estudio de prevalencia y retrospectivo de STA en el área de acondicionamiento del centro de trabajo, posteriormente se llevó a cabo la observación y evaluación de posturas y movimientos repetitivos en la misma área, culminando con la identificación de medidas de control.

Los resultados obtenidos confirmaron que los peligros ergonómicos dieron origen a STA, trauma acumulativo de mano y casos que evolucionaron a síndrome del túnel del carpo (STC). Particularmente interesante es una de las conclusiones de Zaragoza que resalta que las trabajadoras mujeres presentaron un riesgo mayor de desarrollar STC y efectos irreversibles. Este hecho contribuyó a que en el procedimiento del presente estudio se incluyera un factor de corrección para los análisis de riesgos por levantamiento de cargas ejecutados por mujeres.

Otra investigación realizada en la ENMH, fue la tesis de maestría “Análisis de posturas y movimientos en las extremidades superiores en el puesto de cortador de piso de una compañía llantera” (Almanza, 2007), cuyos objetivos fueron evaluar el grado de urgencia en el que se encontraban tales posturas y movimientos, así como determinar si podían producir estrés físico.

Para tal propósito se realizó en primer lugar la caracterización del puesto de trabajo “cortador de piso” y de las estaciones de trabajo donde se ejecutan las actividades relacionadas. También se identificaron las posturas adoptadas con las extremidades superiores, se realizó un registro fotográfico de ellas y la medición de los tiempos ciclo en diferentes operaciones unitarias. De este reconocimiento inicial se encontraron múltiples tareas con movimientos repetitivos y re-trabajos, y se indicó que éstos, además de ser un factor de riesgo, también contribuyeron a una baja productividad.

Posteriormente Almanza explicó que, a su criterio, el método RULA es muy general y decidió aplicar primero la ingeniería de métodos de trabajo, específicamente un cursograma analítico y sinóptico que le permitió describir con mayor detalle las actividades del trabajador, y así determinar cuáles posturas serían analizadas después con el método RULA. Los resultados obtenidos fueron niveles de urgencia elevados para la mayoría de las posturas de trabajo, por lo que se recomendaron diferentes medidas de control, desde una mejor organización de las estaciones de trabajo, hasta el rediseño de maquinaria y equipo.

Particularmente fueron de utilidad para el presente estudio los comentarios de Almanza respecto a la aplicación del método RULA en puestos laborales con múltiples operaciones unitarias y posturas.

Por otro lado, en la tesis de maestría “Importancia de la ergonomía en los centros de trabajo (Caso Práctico)” realizada en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Torres (2001) reportó como objetivos: analizar las características físicas del trabajador típico de la Ciudad de México, mediante estudios antropométricos aplicados a una población de personal sindicalizado que labora en una planta de ensamble automotriz, así como analizar las condiciones actuales de la planta de ensamble y su congruencia con las características físicas de la población laboral.

En la introducción se hizo referencia a más de un propósito de investigación, entre los cuales destacaron: desarrollar e implementar una metodología de análisis antropométrico y ergonómico en la planta de ensamble automotriz, identificar e instalar mejoras de bajo costo en el proceso de ensamble automotriz, reducir los tiempos ciclo e incrementar la productividad como una consecuencia de la reducción de la fatiga laboral, y estandarizar el proceso de reclutamiento de nuevo personal.

Durante el desarrollo del trabajo primero se documentó muy ampliamente las diferentes herramientas de análisis de la ergonomía del trabajo (diferenciándola de la ergonomía del producto y la ergonomía cognoscitiva) y de la antropometría; sin embargo, no se mencionó el criterio empleado para elegir las herramientas que fueron aplicadas en la investigación. De esta forma, el enfoque del procedimiento se orientó a la evaluación antropométrica de aproximadamente 1600 operadores pertenecientes a cinco áreas críticas del proceso de ensamble automotriz, también se detallaron las etapas del análisis y evaluación de resultados, así como la caracterización de los operadores en grupos similares.

A partir de los resultados obtenidos se formularon recomendaciones para mejorar la distribución espacial de algunas herramientas y equipo de trabajo, y colocar plataformas para facilitar el alcance vertical de una mayor proporción de la población. Además se incluyó una propuesta de reubicación de los operadores entre las cinco áreas de proceso, considerando principalmente su estatura y alcance horizontal, de forma que se redujeran los riesgos por estiramientos y posturales.

El análisis antropométrico realizado por Torres también podría ser aplicado para investigar la necesidad de adaptar, a la población mexicana, algunos métodos de evaluación ergonómica que utilizan dimensiones corporales como parte de los parámetros de análisis de riesgos. La invitación para un trabajo de investigación futuro, relacionado con esta problemática, se plantea en el capítulo sexto del presente estudio.

La tesis de maestría “Estudio de factores de riesgo ergonómico que afectan el desempeño laboral de usuarios de equipo de cómputo en una Institución Educativa” (Ramos, 2007) realizada en la ENMH, tuvo como objetivos identificar y evaluar factores de riesgo ergonómico en puestos de trabajo con equipo de cómputo, y el propósito de plantear alternativas de mejora para reducir los riesgos.

En el marco teórico se describió claramente el alcance y limitaciones de diferentes métodos de análisis ergonómicos; información que sirvió como una base sólida para fundamentar los criterios de selección del método aplicado al análisis de cada estación de trabajo.

El procedimiento de evaluación de riesgos ergonómicos inició con un diagnóstico situacional del centro educativo, a continuación se analizaron individualmente la iluminación, temperatura, diseño y distribución de los puestos de trabajo. Se continuó aplicando los métodos NIOSH, OWAS, RULA, LEST y MAPFRE a una muestra de 35 trabajadores en la misma institución educativa.

En los resultados, Ramos hizo énfasis en que el mobiliario y distribución del puesto de trabajo fue uno de los puntos más ineficientes, en comparación con los parámetros de referencia de la literatura especializada. Por tanto, se plantearon lineamientos para el diseño inicial o rediseño de futuras estaciones de trabajo, resaltando puntos críticos para evaluar periódicamente y prevenir la recurrencia.

Por último, el capítulo de conclusiones fue presentado de manera concreta, haciendo una relación con el objetivo perseguido y su respectiva conclusión. Este trabajo de tesis constituyó una referencia muy completa puesto que aplicó varios métodos de evaluación ergonómica internacionalmente reconocidos de una forma bastante detallada y organizada, además de tener una clara estructura de la información.

En la tesis de maestría “Diagnóstico Ergonómico de los Trabajadores en la Industria de la Construcción” (Montes de Oca, 2007) desarrollada en la ENMH, se planteó como problema de investigación la pertinencia de realizar un diagnóstico ergonómico para determinar si existía correlación entre los factores de riesgo de trabajo y el número de accidentes y lesiones ocurridos en la industria de la construcción en México; en consecuencia el objetivo fue elaborar un diagnóstico ergonómico para identificar los factores de riesgo de los trabajadores y elaborar recomendaciones para minimizar los accidentes y lesiones.

Montes de Oca utilizó variadas herramientas de identificación y análisis de peligros de tipo físico, químico, actos y condiciones inseguras; sin embargo, el diagnóstico ergonómico se abordó someramente y se presentó como una de las herramientas de análisis la encuesta, para recabar la apreciación de los trabajadores sobre la severidad de los peligros de tipo ergonómico a los que estaban expuestos.

También hubiera sido muy interesante que, una vez realizado el diagnóstico, el trabajo se volviera a enfocar en los peligros ergonómicos y en su evaluación, para determinar si existía correlación o no con los accidentes y lesiones registrados en el lugar de estudio. Así, el trabajo resultó enriquecedor para el presente estudio por la identificación de variadas oportunidades de mejora, sencillas y de muy bajo costo en las diferentes etapas del proceso.

1.2 Condiciones de la organización estudiada durante la investigación

El laboratorio farmacéutico donde se llevó a cabo este trabajo de tesis se dedica a la investigación, desarrollo, manufactura y comercialización de medicamentos y vacunas. Específicamente la investigación de campo se realizó en la planta de manufactura ubicada al sur de la Ciudad de México, donde las actividades productivas se dividen en:

- manufactura de medicamentos en tableta,
- empaque primario y secundario de medicamentos en tableta, y
- empaque secundario de vacunas e inyectables.

En esta planta laboran aproximadamente 250 empleados de base y 100 empleados cuya contratación es temporal. Durante el periodo en que se realizó el trabajo de campo sólo existió un turno de trabajo diurno de 8 horas en las áreas de

producción y dos turnos de trabajo de 8 horas, uno diurno y otro nocturno, en las áreas de mantenimiento y servicios, aunque estos horarios cambian de acuerdo a la demanda comercial.

La compañía cumple con estándares nacionales e internacionales de calidad, salud ocupacional, seguridad e higiene industrial y protección al ambiente. Específicamente la planta México, además de seguir lineamientos corporativos estrictos, está certificada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) como “Industria Limpia” durante 6 años consecutivos, por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) como “Industria Segura” por 7 años consecutivos, y forma parte del grupo de empresas de 3^{er} nivel en el Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SASST).

Los mecanismos de evaluación de los programas de seguridad, higiene y salud ocupacional, consisten en: auditorías internas anuales, realizadas por los miembros de la comisión de seguridad e higiene, de supervisores y gerentes conforme a la “NOM-019-STPS-2011 Constitución, organización, integración y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene” (STPS, 2011); auditorías regulatorias, efectuadas a juicio de las autoridades competentes; auditorías corporativas cada tres años; y un programa de observación al comportamiento en seguridad e higiene, que permite la participación de los empleados en la identificación de actos inseguros, la retroalimentación inmediata entre compañeros de trabajo y el reporte de condiciones inseguras al área de seguridad e higiene.

Al momento de completar esta investigación no se identificó un programa de ergonomía implementado sistemáticamente, que involucre el reconocimiento, evaluación y control de este tipo de riesgos; aunque sí se satisfizo la norma oficial mexicana “NOM-006-STPS-2000 Manejo y Almacenamiento de Materiales - Condiciones y Procedimientos de Seguridad” (STPS, 2006) en lo referente a la manipulación manual de cargas, y también se han realizado algunas evaluaciones ergonómicas en el área de manufactura.

En cuanto al programa de capacitación y adiestramiento del personal, el laboratorio farmacéutico desarrolló matrices de entrenamiento por puestos de trabajo y un sistema para dar seguimiento al cumplimiento conforme a la periodicidad requerida. En estas matrices estuvieron incluidos tres temas de entrenamiento relacionados con la ergonomía, con periodicidad anual: “manipulación manual de cargas”, “ergonomía en el laboratorio” y “ergonomía en la oficina”.

En lo referente a las habilidades profesionales del personal del área de Seguridad, Higiene y Ecología, en el periodo en que se desarrolló la investigación de campo (enero 2009 a diciembre 2010), el laboratorio farmacéutico en estudio otorgó facilidades a los integrantes para capacitarse en ergonomía y comenzar el desarrollo de un programa en el mismo tema.

1.3 Generalidades del área de Acondicionamiento

En la planta México del laboratorio farmacéutico se realiza la manufactura y empaque de medicamentos. A continuación se listan las principales operaciones unitarias que ocurren en cada uno de ellos:

- Manufactura de tabletas:
 - Dispensado de materia prima.
 - Mezclado seco y lubricación.
 - Granulación húmeda, secado y lubricación.
 - Tableado o compresión de tabletas.
 - Recubrimiento de tabletas.
- Empaque de medicamentos:
 - Empaque primario y secundario de tabletas.
 - Empaque secundario de vacunas e inyectables.

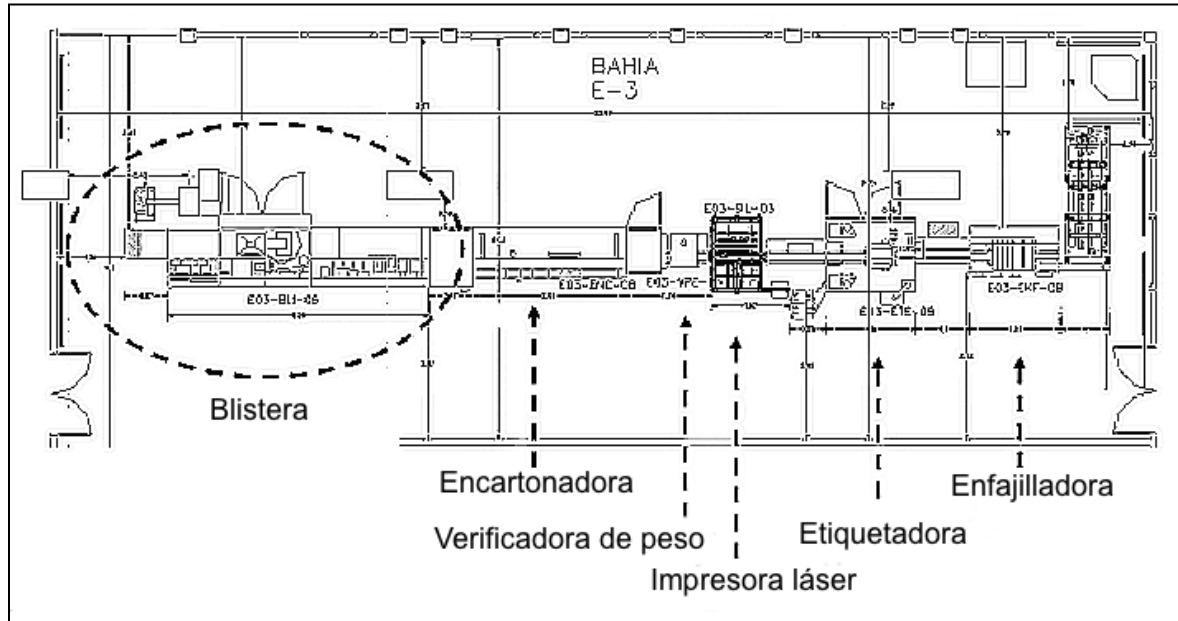
Particularmente en el área de acondicionamiento se lleva a cabo el empaque primario y secundario de tabletas en 7 bahías de empaque. Las bahías operan de forma independiente una de la otra y también están separadas físicamente por muros y puertas para prevenir la contaminación cruzada de los medicamentos, y para controlar el acceso a cada una de estas áreas.

Ahora bien, en 6 de las 7 bahías se realiza tanto el empaque primario como el secundario de tabletas, y sólo existe una bahía que se dedica exclusivamente al empaque secundario de medicamento semiterminado que puede consistir de: *blisters* con tabletas, frascos o viales con vacunas, otros inyectables en su contenedor primario.

Las 6 bahías donde se realiza tanto el empaque primario como el secundario de tabletas tienen arreglos de maquinaria similares. En la Figura 1 se presenta la distribución de maquinaria y equipo más frecuente, que consta de:

- La **blistera**, ubicada al inicio de la línea de proceso, es donde se alimentan tabletas y se lleva a cabo la formación de *blisters*. En este equipo en específico se realiza el empaque primario.

FIGURA 1. ARREGLO DE MAQUINARIA Y EQUIPO EN UNA BAHÍA DE EMPAQUE.



Distribución de maquinaria y equipo en una de las bahías del laboratorio farmacéutico en estudio, donde se realiza tanto el empaque primario como el secundario de tabletas. La "blistera" es un equipo exclusivo para el empaque primario. Desde la "encartonadora" hasta la "enfajilladora" ocurre el empaque secundario. Adaptado de "Plano de la Bahía E-3", archivos del laboratorio farmacéutico donde se realizó la investigación de campo, 2009.

- El **sistema de visión**, donde se revisa el llenado de las cavidades del *blister* y la integridad física de las tabletas.
- La **encajilladora** forma pequeñas cajas de cartón donde entra un número determinado de *blisters* y el instructivo del medicamento. En esta etapa inicia formalmente el empaque secundario de tabletas.
- La **verificadora de peso** confirma que cada cajilla contenga el número de *blisters* requerido y un instructivo.
- La **impresora láser** graba en la cajilla información del número de lote, caducidad y precio máximo al público.
- La **etiquetadora** coloca el *tamper*, o etiqueta de seguridad, a las cajillas para proteger su contenido.

- La **enfajilladora** forma paquetes de cajillas de medicamento. Estos paquetes son acomodados manualmente en cajas de cartón corrugado que se envían al almacén de producto terminado. Con esta etapa concluye el empaque secundario de las tabletas.

1.4 Descripción del proceso de empaque primario de tabletas

Esta investigación se enfoca en la evaluación de los peligros de tipo ergonómico en el proceso de empaque primario de tabletas, que consiste básicamente en la operación y limpieza de la blistera realizada por los operadores de empaque.

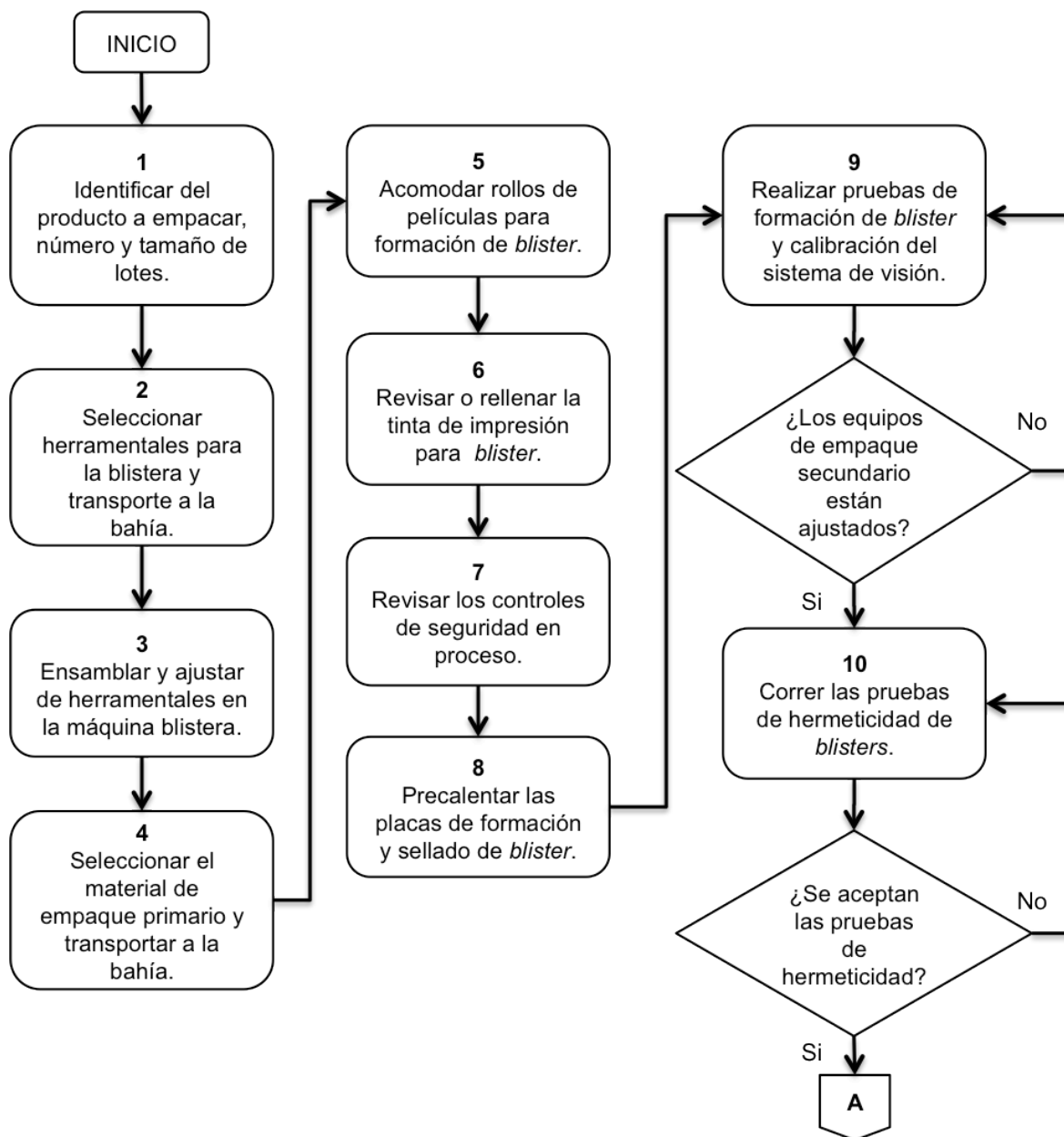
En la Figura 2 se presentan las principales etapas de este proceso, que a continuación se describe con más de detalle. Las actividades son realizadas por el operador de empaque a menos que se indique otra cosa.

El empaque primario de tabletas inicia con la identificación del producto a acondicionar y de los herramientas necesarios para dicho producto. Existe un conjunto de herramientas específico para el empaque de cada medicamento y sus diferentes presentaciones. La selección y transporte de los herramientas, así como el ensamble de la blistera es completamente manual.

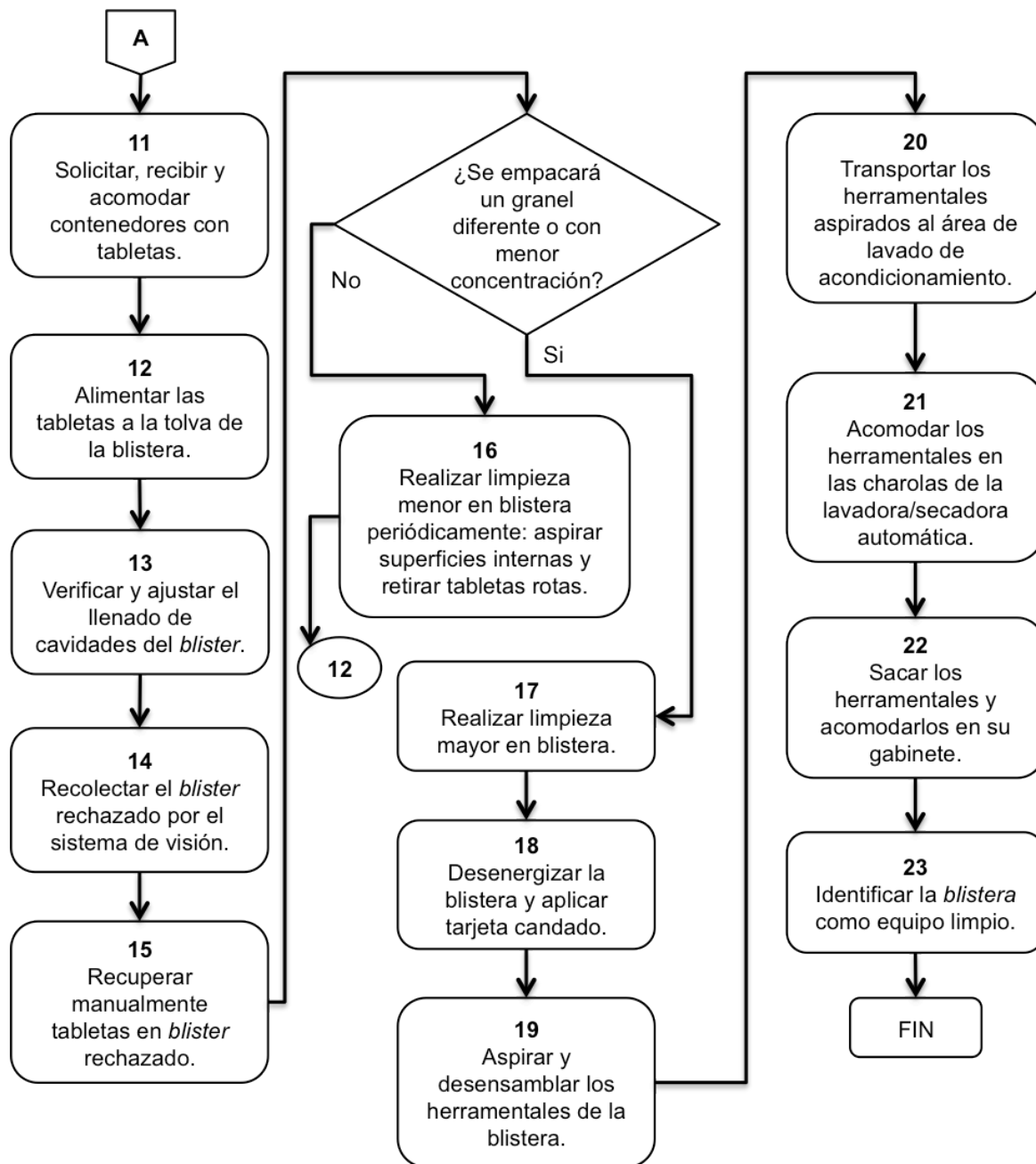
A continuación se realiza el transporte y montaje de las películas para la formación del *blister*; su presentación es en rollos de aluminio o de algún tipo de plástico, con variadas dimensiones y pesos, que son comúnmente conocidos como “bobinas”. La manipulación de las bobinas también es manual y para transportar algunas de las piezas más pesadas se cuenta con un carrito auxiliar. Para estas dos actividades, correspondientes a las etapas 3 y 5 de la Figura 2, la comisión de seguridad e higiene solicitó que se evaluara si el manejo de cargas es seguro, debido a que los herramientas y bobinas se perciben como muy pesados por los operadores de empaque, y recientemente ocurrió una lesión en una mano (pellizco con laceración) durante el ensamble de una placa de calentamiento en la blistera.

Durante la etapa 6 se revisa el cartucho de la tinta de impresión y se rellena de ser necesario. El material de relleno es un polvo y en esta empresa se documentó que no existe un potencial de dispersión significativo del mismo hacia la zona de respiración del operador de empaque.

FIGURA 2. PROCESO DE EMPAQUE PRIMARIO DE TABLETAS.



Proceso de empaque primario de tabletas en el laboratorio farmacéutico en estudio. Fuente: elaboración propia a partir de la investigación de campo, 2009.



Continuación de la Figura 2. Proceso de empaque primario de tabletas en el laboratorio farmacéutico en estudio. Fuente: elaboración propia a partir de la investigación de campo, 2009.

La etapa 7 consiste en realizar una revisión y aprobación de los siguientes controles de seguridad en proceso: guardas de maquinaria, sistemas de paro automático por apertura de guardas y botones de paro de emergencia.

Después se precalienta y ajusta la maquinaria (etapa 8) con apoyo de los mecánicos, y se realizan pruebas de formación del *blister* (etapa 9). Enseguida se toma una muestra aleatoria de *blisters* recién formados, y a su vez se les realizan otras pruebas de hermeticidad (etapa 10) sumergiendo los *blisters* en una solución con tinta indicadora y aplicando vacío. Cuando ambos resultados son satisfactorios se “libera” la línea para iniciar el empaque del medicamento.

Los “operadores de cuartos de materiales” transportan hacia las bahías tarimas con contenedores de tabletas y otros materiales de empaque, utilizando un patín hidráulico en la etapa 11. También acomodan estos materiales en su lugar designado dentro de cada bahía.

En la etapa 12 los operadores se colocan el equipo de protección personal requerido para manipular tabletas a granel, que consta de respirador purificador de aire motorizado (PAPR) con filtros de alta eficiencia para partículas (HEPA), guantes de látex y bata desechable. Para el uso de protección respiratoria se requiere la aprobación médica y solo algunos operadores de empaque están autorizados. La tarea consiste en alimentar las tabletas a la blistera por medio de una de las siguientes dos opciones disponibles:

- Realizar un cuchareo de las tabletas y transportarlas desde el contenedor de origen hasta la tolva de la blistera, para esto el operador se sube a un banco para alcanzar la tolva. Esta tarea es completamente manual.
- Cargar el saco de tabletas que está dentro del contenedor de origen y verter las tabletas al recipiente de la columna de elevación, operar la columna y vigilar el ascenso y acoplamiento de este recipiente con la tolva de la blistera, subirse a una plataforma y abrir manualmente la válvula de descarga. La columna de elevación sólo está disponible en tres de las seis bahías.

En las etapas 13 a la 15, periódicamente se revisa y ajusta el llenado de las cavidades del *blister* con tabletas, de ser necesario estas se acomodan manualmente. También se recolectan de forma manual las tabletas con defecto y los *blisters* rechazados. Las cavidades de los *blisters* rechazados se abren, ya sea manualmente o con un “desemblistador”, y se recuperan las tabletas en buen estado, el resto se desecha y envía al área de destrucción. El desemblistador es

una herramienta manual con puntas agudas que al cerrarse rompe todas las cavidades simultáneamente, y no puede utilizarse siempre debido a que los blisters tienen dimensiones diferentes.

Ahora bien, en la Figura 2 se hace mención a dos tipos de limpiezas: la menor y la mayor (ver etapas 16 a 22). La limpieza menor (etapa 16) se realiza periódicamente durante el acondicionamiento de un producto o cuando ocurre un cambio de concentración de una menor a otra mayor del mismo producto; consiste en retirar mediante aspirado el exceso de polvo y las tabletas rotas de la superficie de la blistera, para evitar mal funcionamientos en el equipo y mantener un área de trabajo limpia y ordenada.

Por otro lado, la limpieza mayor es necesaria cuando se realiza el cambio de concentración de mayor a menor del mismo producto, cuando ese mismo producto requiere un cambio de presentación, o cuando se va a acondicionar un medicamento diferente. Cabe aclarar que las blisteras del laboratorio farmacéutico donde se realizó el estudio tienen múltiples componentes eléctricos y electrónicos que no están aislados por completo, por tanto está prohibida la limpieza directamente con agua u otro tipo de líquidos, ya que esto originaría un alto riesgo de corto circuito, posible electrocución y/o daño irreparable al equipo.

Así, la limpieza mayor se realiza en dos etapas: primero se aspira el polvo de las superficies de la blistera (etapas 17 a 19), se desensamblan los herramentales que están en contacto directo con el medicamento y estos se aspiran uno por uno, las piezas son depositadas en un carrito de transporte que después se paletiza con plástico autoadherible y se etiqueta como “equipo sucio”.

El segundo paso (etapas 20 a 22) lo llevan a cabo los “operadores del cuarto de lavado” y consiste en introducir los herramentales desarmados a una lavadora/secadora automática. Concluido el ciclo, manualmente se sacan las piezas, se depositan en un carrito limpio y se sanitizan con pequeñas cantidades de alcohol etílico. Las piezas limpias se depositan manualmente en uno de los tres equipos de almacenamiento “Kardex”, cuyas charolas suben y bajan automáticamente de forma que el operador siempre trabaja al nivel de su cintura evitando manipular cargas a diferentes niveles. Es relevante mencionar que en el laboratorio farmacéutico se realizó la evaluación ergonómica de esta actividad y el equipo “Kardex” fue uno de los controles de ingeniería implementados.

Las blisteras también están incluidas en un programa de mantenimiento preventivo que puede realizarse únicamente después de una limpieza mayor, para

evitar que las piezas en contacto directo con producto se contaminen y que los mecánicos estén expuestos a los polvos de activos farmacéuticos. El procedimiento para realizar el mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo no formó parte del alcance de este trabajo.

Una vez concluido el mantenimiento, en la etapa 23 los operadores de empaque realizan una limpieza general a la bahía y proceden a ensamblar la blistera nuevamente con los herramientas limpios necesarios. La blistera y la bahía finalmente se etiquetan como “equipo limpio” y “área limpia”.

1.5 Condiciones de seguridad e higiene en las áreas de proceso al momento de iniciar el estudio

En la planta México del laboratorio farmacéutico se cumplen requerimientos normativos y corporativos en cuanto a ventilación, temperatura, humedad relativa, iluminación y ruido. Todos ellos están relacionados tanto con buenas prácticas de fabricación como con la seguridad e higiene en el trabajo.

En cuanto a ventilación general, las áreas de manufactura y empaque son mantenidas con presión negativa con respecto a los pasillos, para impedir la contaminación cruzada entre los diferentes productos. Por otro lado, el aire inyectado en estas mismas áreas es cien por ciento fresco y cuenta con sistemas de filtrado de alta eficiencia o tipo HEPA tanto en inyección como en extracción, para prevenir el ingreso de partículas contaminantes para los procesos, y la salida de partículas contaminantes para el medio ambiente, respectivamente.

Ciertos equipos de proceso, incluidas las blisteras, tienen sistemas de extracción localizada que cumplen una doble función: por un lado mantienen condiciones de humedad y temperatura estrictas que la ventilación general no puede garantizar, y por otro contribuyen a disminuir la cantidad de polvo generado y dispersado al medio ambiente de trabajo, fungiendo así como un control de ingeniería para la exposición a partículas sólidas de medicamentos.

Como se dijo anteriormente, la humedad relativa y la temperatura son controladas en varias áreas de proceso con el objetivo principal de evitar la degradación de productos, pero esto también es benéfico para el personal pues tales condiciones cumplen con las recomendaciones de la STPS (2008) que, en la guía de referencia número uno de la “NOM-001-STPS-2008 Edificios, locales,

instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad”, sugiere los siguientes parámetros de cumplimiento voluntario, para comodidad de los trabajadores:

- Humedad relativa del aire entre el 20% y 60%.
- Temperatura del aire de $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ para épocas de ambiente frío, y $24.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para épocas calurosas.
- Velocidad media del aire que no exceda de 0.15 m/s en épocas de ambiente frío, y de 0.25 m/s en épocas calurosas.
- Renovación del aire por lo menos de 5 veces por hora.

En el laboratorio farmacéutico también se cumple con los límites mínimos permisibles de iluminación establecidos por la STPS (2008a) en la “NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”. Específicamente las bahías de empaque cuentan con un mínimo de 300 luxes y valores de reflexión menores a 60% en superficies de trabajo.

En cuanto a los requerimientos de la STPS (2011) publicados en la “NOM-011-STPS 2001 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”, en las bahías de empaque los operadores tienen niveles de exposición a ruido (NER) entre 80 a 84 dB(A), y por tanto se implementó un programa de conservación de la audición conforme a la misma norma y estándares corporativos.

Durante los mantenimientos, el ensamble-desensamble de la blistera y las limpiezas generales del área, el nivel sonoro (NS_A) medido es de hasta 76 dB(A) pues no hay equipos en funcionamiento; sin embargo, durante el uso de una aspiradora para limpiar herramientas el nivel sonoro continuo equivalente ($NSCE$) medido ha sido hasta de 87 dB(A), aunque es un ruido intermitente y con duración máxima de 10 a 15 minutos por periodo.

2 MARCO TEÓRICO

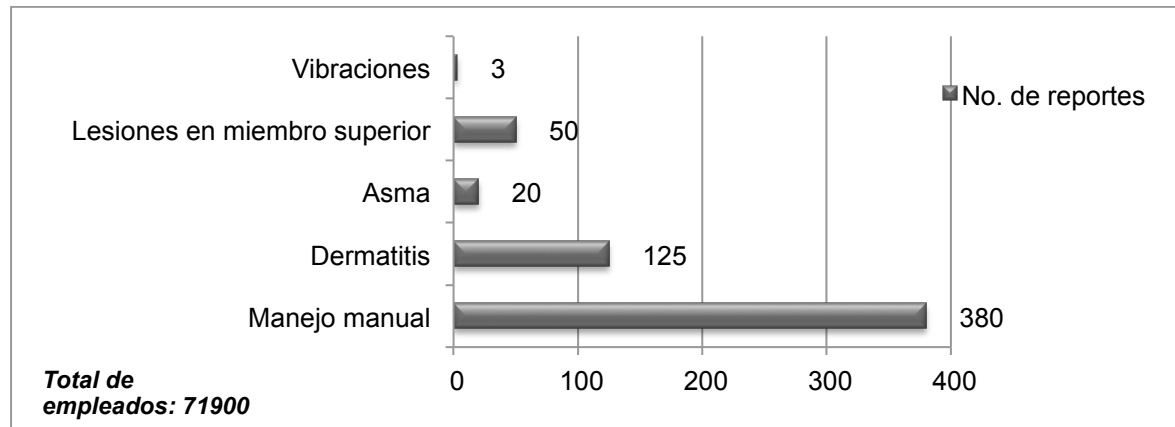
2.1 Incidencia de trastornos osteomusculares en la industria farmacéutica

Los trastornos del sistema osteomuscular son un problema de salud que actualmente están relacionados con la mayoría de los tipos de ocupaciones en Europa. Casi el 24 % de los trabajadores de la Unión Europea afirma sufrir dolor de espalda y hasta un 39 % se queja de dolores musculares (*European Agency for Health and Safety at Work*, 2007). De acuerdo a la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, este tipo de padecimientos no solo pueden afectar a cualquier trabajador, sino que además producen sufrimiento personal y disminución de ingresos, representando un costo elevado para las empresas y las economías nacionales.

En la industria farmacéutica a nivel mundial se ha incrementado la atención e importancia que se da a la ergonomía. Particularmente en Inglaterra, durante el periodo del 2001 al 2004, los incidentes por manejo manual de cargas y lesiones de miembro superior ocuparon el primer y tercer lugar respectivamente en sus estadísticas específicas de lesiones en el sector farmacéutico (*Health and Safety Executive [HSE]*, 2004), como se muestra en la Figura 3.

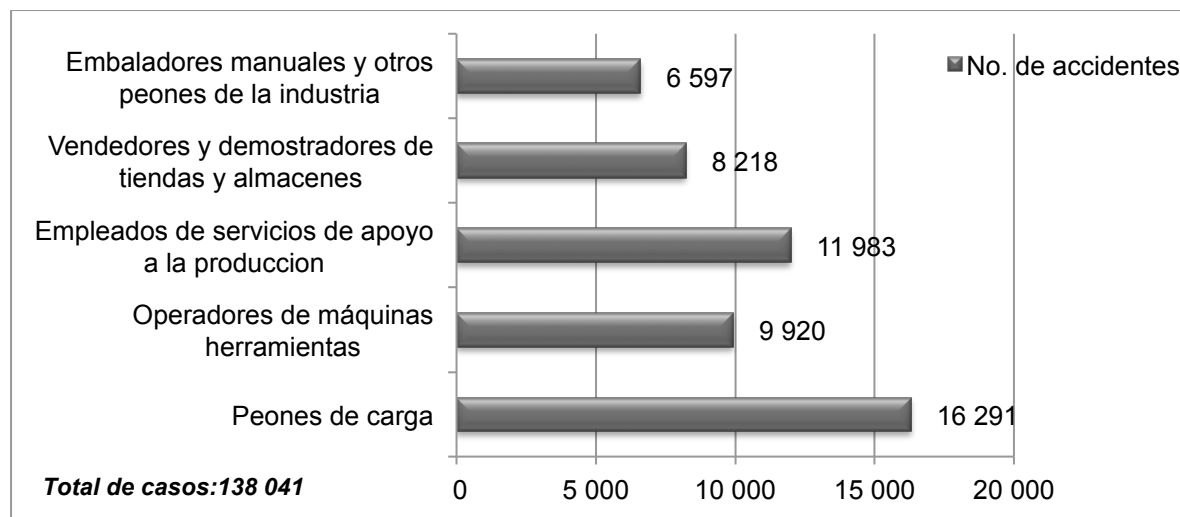
Ante la ausencia de información similar en México a nivel nacional, se recurrió a la “Memoria estadística de salud en el trabajo” publicada por el IMSS para el año 2009 y, aunque no hay una segregación de los casos reportados específicamente por empresas farmacéuticas, la información obtenida sobre accidentes de trabajo por fuerzas mecánicas inanimadas, resultó interesante y se presenta a continuación. El IMSS emplea en sus estadísticas la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-88) establecida por la Organización Internacional del Trabajo (OIT). De esta clasificación se tomaron como referencia las siguientes dos ocupaciones que están muy relacionadas con las actividades propias de los operadores de empaque del laboratorio farmacéutico en estudio: “operador de máquinas herramientas” y “embaladores manuales y otros peones de la industria manufacturera”.

FIGURA 3. INCIDENCIA DE LESIONES OCUPACIONALES EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN INGLATERRA.



El manejo manual de cargas ocupa el primer lugar de incidencia entre las lesiones ocupacionales reportadas por la industria farmacéutica en Inglaterra durante los años 2001 a 2004, de acuerdo a las estadísticas de lesiones en el giro farmacéutico basadas en RIDDOR (*Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulation*). Tomado de "Injury statistics in the pharmaceutical industry", HSE, 2004.

FIGURA 4. OCUPACIONES CON MAYOR INCIDENCIA DE ACCIDENTES DE TRABAJO POR FUERZAS MECÁNICAS INANIMADAS EN MÉXICO.



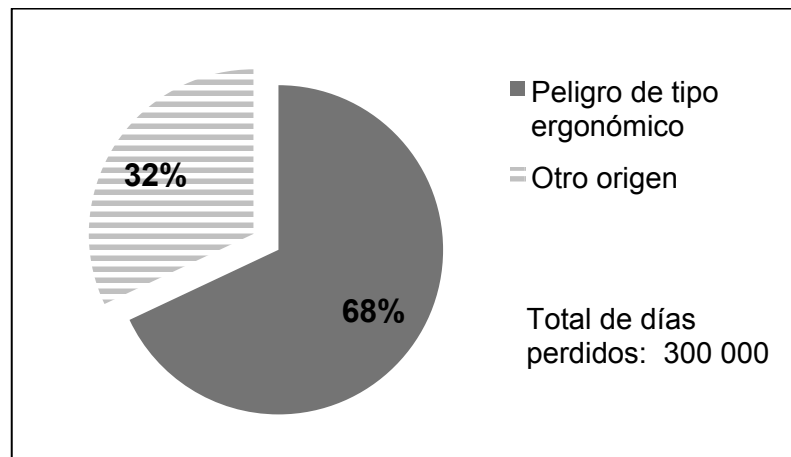
Las ocupaciones de "operador de máquinas herramientas" y "embaladores manuales" están relacionadas con las actividades del puesto de "operador de empaque" en el laboratorio farmacéutico donde se realizó el estudio, y también se encuentran dentro de los cinco primeros lugares de incidencia de accidentes por fuerzas mecánicas inanimadas en México. Tomado de "Memoria Estadística de Salud en el Trabajo - Cuadro VI.18. Accidentes de trabajo según ocupación, causa externa y sexo", IMSS, 2009.

En la Figura 4 se observa que en el año 2009 se reportó al IMSS un total nacional de 138,041 casos de accidentes de trabajo atribuidos a exposición a fuerzas mecánicas inanimadas, donde el puesto de “operador de máquinas herramientas” contribuyó con 9,920; y el de “embaladores manuales y otros peones de la industria manufacturera” sumó 6,597 casos; ubicándose en el tercer y quinto lugar respectivamente de un total de 16 diferentes ocupaciones incluidas en la estadística.

Por otro lado, el corporativo del laboratorio farmacéutico donde se realizó el estudio dio a conocer que en el año 2008 se registró un total de 300,000 días perdidos a nivel mundial por lesiones y enfermedades laborales. Como se aprecia en la Figura 5, el 68% del total tuvo su origen en peligros de tipo ergonómico.

A pesar de que el corporativo no comunicó cuales fueron los puestos de trabajo con mayor incidencia, esta información fue decisiva para que se iniciara el desarrollo de lineamientos para la identificación, evaluación y control de peligros y riesgos ergonómicos, que deberán ser aplicados internacionalmente en toda la división de manufactura.

FIGURA 5. PORCENTAJE DE DÍAS PERDIDOS EN EL LABORATORIO FARMACÉUTICO A NIVEL MUNDIAL Y SU ORIGEN.



Los peligros de tipo ergonómico dieron origen al 68% del total acumulado de días perdidos a nivel mundial en el laboratorio farmacéutico en estudio. Tomado de “Estadísticas corporativas de accidentabilidad” en la organización estudiada, 2008.

2.2 El trabajo físico y su impacto al sistema osteomuscular

Aún en los países industrializados los trabajadores continúan realizando actividades que requieren ejercer un esfuerzo muscular importante. Incluida la industria farmacéutica, la automatización de procesos frecuentemente no ocurre al cien por ciento, y actividades como limpieza y mantenimiento, entre otras, suelen ser predominantemente de tipo manual.

Estas actividades manuales pueden darse en la forma de trabajos físicos convencionalmente pesados, como manejo y transporte de materiales, pero no son los únicos, actualmente muchos trabajos se han vuelto más estáticos, asimétricos, sedentarios y obligan al trabajador a mantener una misma postura por tiempo prolongado.

Así, desde el punto de vista de la ergonomía, el trabajo osteomuscular puede dividirse para su estudio en trabajo muscular dinámico y trabajo muscular estático (Oborne, 1990; Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1998).

En el trabajo dinámico los músculos implicados en el movimiento se contraen y relajan rítmicamente, de forma que el flujo sanguíneo que llega a los músculos aumenta para satisfacer las necesidades metabólicas. Este aumento del flujo sanguíneo se logra incrementando el bombeo del corazón, reduciendo el flujo que llega a las áreas inactivas, como los riñones y el hígado, y aumentando el número de vasos sanguíneos abiertos en la musculatura que están interviniendo en el trabajo. La frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y el consumo de oxígeno en los músculos aumentan en relación directa a la intensidad del trabajo. También se incrementa la ventilación pulmonar, debido a la mayor profundidad de las respiraciones y a una frecuencia respiratoria más elevada.

Al contrario, en el trabajo estático la contracción muscular no produce movimientos visibles, por ejemplo en una extremidad, y se inhibe la circulación sanguínea, pero sí ocurre un aumento en la presión interior del músculo; lo que, junto con la compresión mecánica, termina por ocasionar una oclusión parcial o total de la circulación. En consecuencia, el aporte de nutrientes y de oxígeno al músculo, así como la eliminación de productos metabólicos finales del mismo, quedan obstaculizados.

FIGURA 6. TRABAJO ESTÁTICO Y DINÁMICO.



Comparación entre el trabajo estático y el dinámico, y sus efectos en la respiración, frecuencia cardíaca, presión sanguínea y fatiga muscular. Figura tomada de "Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo", versión en idioma español, OIT, 1998.

Por este fenómeno, en los trabajos estáticos los músculos se fatigan con más facilidad que en los trabajos dinámicos, como se muestra en la Figura 6, y es recomendable que toda actividad muscular sea intermitente para permitir el flujo de sangre y reducir la posibilidad de una "deuda de oxígeno" (OIT, 1998).

El trabajo osteomuscular de cierta intensidad, frecuencia y duración también tiene un efecto de acondicionamiento físico porque favorece la tonicidad,

flexibilidad, fuerza y resistencia. En este caso, la carga estática y/o dinámica no supera la capacidad física de la persona, y el cuerpo se adapta y recupera rápidamente después de terminado el trabajo. Pero, si la carga muscular es demasiado elevada y sobrepasa la resistencia del organismo, ocurrirá una lesión inmediata o se producirá fatiga, se reducirá la capacidad de trabajo y la recuperación será más lenta, o se presentará un daño temporal o permanente.

Cuando la carga muscular es repetida y/o prolongada, como en los movimientos repetitivos y las posturas forzadas, ésta puede dar origen a desórdenes de trauma acumulativo.

La versión más reciente de la “Lista de enfermedades profesionales de la OIT” fue publicada por la OIT el 25 de marzo de 2010, y sustituye a la versión 2002. La nueva lista menciona una serie de enfermedades profesionales reconocidas internacionalmente, desde las causadas por agentes químicos, físicos y biológicos, hasta aquellas de origen respiratorio y de la piel, trastornos del sistema osteomuscular y cáncer ocupacional. Se incluyen además puntos abiertos que permiten el reconocimiento del origen profesional de enfermedades que no figuran en la lista base, siempre y cuando se haya establecido un vínculo entre la exposición laboral y las enfermedades contraídas por el trabajador.

Específicamente se citan las siguientes enfermedades relacionadas con el sistema osteomuscular:

- Tenosinovitis de la estiloides radial debida a movimientos repetitivos, esfuerzos intensos y posturas extremas de la muñeca.
- Tenosinovitis crónica de la mano y la muñeca debida a movimientos repetitivos, esfuerzos intensos y posturas extremas de la muñeca.
- Bursitis del olecranon debida a presión prolongada en la región del codo.
- Bursitis prerrotuliana debida a estancia prolongada en posición de rodillas.
- Epicondilitis debida a trabajo intenso y repetitivo.
- Lesiones de menisco consecutivas a periodos prolongados de trabajo en posición de rodillas o en cuclillas.
- Síndrome del túnel carpiano debido a periodos prolongados de trabajo intenso y repetitivo, que implique vibraciones, posturas extremas de la muñeca, o una combinación de ellos.
- Otros no mencionados en los puntos anteriores, cuando se haya establecido científicamente, o por métodos reconocidos, un vínculo

directo entre la exposición a factores de riesgo laboral y los trastornos del sistema osteomuscular del trabajador.

De acuerdo a la OIT (2010), esta versión “representa el último consenso mundial sobre las enfermedades que son aceptadas internacionalmente como causadas por el trabajo y sirve como modelo para el establecimiento, examen y revisión de las listas nacionales de enfermedades profesionales”. Además se menciona que la población trabajadora y nuestras familias resultamos beneficiados con la actualización, sin embargo es importante no perder de vista que la identificación oportuna y prevención del riesgo son los verdaderamente invaluable, puesto que se evita que el daño ocurra.

El grado de carga física que experimenta una persona durante un trabajo muscular depende entonces de: el tamaño de la masa muscular que interviene, del tipo de contracciones musculares (estáticas o dinámicas), la intensidad de las contracciones, y de las características individuales del trabajador, como su estado de salud.

A continuación se profundiza un poco más sobre los peligros específicos del levantamiento manual de cargas, un trabajo dinámico, y de la adopción de posturas forzadas, un trabajo estático.

2.2.1 Levantamiento manual de cargas

Puesto que la capacidad de adaptación del cuerpo humano es limitada, uno de los objetivos de la ergonomía ha sido precisamente determinar límites aceptables para el trabajo muscular, que eviten la fatiga, lesiones y enfermedades. Por tanto, la interrogante obligatoria es qué cantidad de trabajo físico puede esperarse que realice una persona razonablemente. Para intentar dar respuesta entran en acción los siguientes tres criterios (Instituto de Biomecánica de Valencia [IBV], 2000, p. 6):

- Criterio biomecánico. Toma en consideración qué magnitud en peso puede manipular un ser humano sin producirse daños en su organismo, por ejemplo en forma de distensión muscular, deterioro de los discos intervertebrales, problemas articulares, etc.
- Criterio fisiológico. Se evalúan las magnitudes en peso que se pueden manejar sin que esto represente un esfuerzo excesivo para

los pulmones, en la forma de una respiración difícil, hasta el extremo del jadeo.

- Criterio psicofísico. Considera qué cantidad supone una persona que puede manipular cómodamente.

Examinar estos tres criterios es importante porque cada uno de ellos comprende reacciones totalmente diferentes en el organismo de la persona. No obstante, la relevancia de cada criterio en el medio ambiente laboral no siempre es la misma y depende de las circunstancias en que se dé el trabajo.

Así, por ejemplo, con trabajadores de nuevo ingreso o cuando ocurre un cambio en el medio ambiente o en los medios de producción, será relevante conocer cómo se siente la persona con ese trabajo: criterio psicofísico. Por el contrario, si la fuerza que se debe ejercer es de gran magnitud entonces la preocupación principal será evitar que los músculos y articulaciones se sobrecarguen y resulten lesionados: criterio biomecánico. Por otro lado, si la tarea tiene gran intensidad entonces también será relevante la capacidad aeróbica de la persona: criterio fisiológico.

Por lo antes mencionado, es muy controversial el determinar un único límite de peso recomendado que aplique a todos los trabajadores en todo tipo de circunstancias. Al respecto, la OIT (1967) se enfrentó a la misma complicación cuando publicó el informe “Peso máximo de las cargas que pueden ser transportadas por un trabajador”, y veintiún años después con el artículo “Peso máximo en el levantamiento y transporte de cargas” (OIT, 1988).

En ambos documentos se llevó a cabo una revisión muy interesante de la legislación de los países miembros, incluyendo a México, para concluirse que el concepto de peso máximo es multifactorial y complejo, pues intervienen, además del peso que se levanta y transporta, como mínimo los siguientes factores relacionados con la tarea, además de otros tantos relativos al medio ambiente:

- la distancia a la que se efectúa el transporte,
- el declive de que se trate,
- la cantidad de energía que se consume,
- el porcentaje del tiempo de trabajo que se invierte en el transporte manual y,
- la carga total de trabajo de cada turno.

En la evaluación del esfuerzo físico también influyen el tamaño de la carga, la facilidad relativa con que puede empuñársela, la simetría del esfuerzo y la temperatura del ambiente.

Finalmente, en la reunión número 270 del grupo de trabajo sobre política de revisión de normas de la OIT, en el año de 1997 se evaluó la necesidad de revisar el Convenio 127 sobre el peso máximo, y varios países consideraron importante tomar en cuenta la evolución de la tecnología y las áreas de la salud y seguridad en el trabajo; porque favorecen “un enfoque preventivo e individual de evaluación de los riesgos, en lugar de otro basado en límites fijos y predeterminados” (OIT, 1997).

Por otro lado, el INSHT (2003) también propone la identificación de los peligros que se presentan en la Tabla 1 para tener una perspectiva más completa de la tarea de manejo manual de cargas, aunque no establece como se pueden integrar las condiciones termohigrométricas directamente a la evaluación del riesgo de levantamiento.

TABLA 1. FACTORES DE PELIGROSIDAD EN EL MANEJO MANUAL DE MATERIALES DE ACUERDO AL INSHT.

FACTORES LIGADOS A LA TAREA	Esfuerzo físico Duración de la tarea Frecuencia Postura de manejo Pausas
FACTORES LIGADOS A LA CARGA	Peso Forma y Volumen Asas Tipo de superficie
MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO	Condiciones termohigrométricas

El INSHT emplea los factores ligados a la tarea y ligados a la carga para evaluar el riesgo del levantamiento y calcular el “peso recomendado”. El factor del medio ambiente de trabajo debe ser analizado de forma independiente. Tomado de “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas”, INSHT, 2003.

No obstante, una vez conocido el riesgo por levantamiento manual de cargas, se pueden evaluar de forma independiente la humedad y temperatura del medio ambiente laboral conforme a la normatividad mexicana aplicable: a) NOM-

001-STPS-2008 para las condiciones de confort de la humedad relativa y temperatura del aire; b) NOM-015-STPS-2001 para evaluar condiciones térmicas elevadas o abatidas. Los resultados así obtenidos podrían emplearse para realizar una última priorización entre las tareas con el riesgo de levantamiento más elevado.

Bajo este contexto, los valores de carga máxima establecidos en la Norma Oficial Mexicana “NOM-006-STPS-2000 Manejo y Almacenamiento de Materiales - Condiciones y Procedimientos de Seguridad” resultan permisivos y muy conservadores, dependiendo de las particularidades de la tarea.

A continuación se enlistan los principales requerimientos de la NOM-006-STPS-2000 cuando se desempeñan tareas con manejo manual de cargas:

- el patrón debe proporcionar el equipo de protección personal con el fin de evitar lesiones por sobreesfuerzo muscular o postural,
- al menos cada año practicar exámenes médicos a quienes realicen carga manual de materiales,
- los trabajadores con patologías como enfermedad cardiorrespiratoria, deformidad de columna, deformidad de miembros superiores e inferiores, entre otras, no deberán desempeñar este tipo de actividades,
- las mujeres en estado de gestación y durante las primeras diez semanas posteriores al parto no deben realizar manejo de cargas de forma manual,
- la carga manual máxima permitida es para hombres 50 Kg, mujeres 20 Kg y para menores 35 Kg,
- al cargar objetos mayores de 4 metros de longitud se debe emplear al menos un trabajador por cada 4 metros o fracción y,
- cuando la carga manual sea mayor a lo permitido, se deberán integrar grupos de trabajo para un manejo seguro.

Si bien la norma anterior contiene obligaciones patronales muy importantes, desafortunadamente ésta no incluye algún lineamiento o procedimiento específico para realizar la evaluación del grado de riesgo de las tareas de manejo manual de cargas.

En el ámbito internacional, uno de los procedimientos más ampliamente divulgados para la evaluación del riesgo por levantamiento manual de cargas ha sido la “Ecuación de levantamiento de NIOSH”. Su origen tuvo lugar hace 30 años

cuando NIOSH (1981) publicó un artículo para evaluar el manejo de cargas en el trabajo y propuso una ecuación sencilla para establecer los límites de carga admisibles para cada tarea en cuestión.

Trece años después se concluyó la revisión de dicha ecuación introduciendo nuevos factores: el manejo asimétrico de cargas, la duración de la tarea, la frecuencia de los levantamientos y la calidad del agarre. También se incluyó el cálculo del límite de peso recomendado (LPR) a partir de la multiplicación de siete componentes y el uso de un índice de levantamiento (IL) para la jerarquización del grado de riesgo en tres niveles: limitado, moderado y severo (NIOSH, 1994).

La aplicación de la “Ecuación de levantamiento de NIOSH revisada” (NIOSH, 1994), de acuerdo a sus autores, tiene las siguientes limitaciones principales:

- La ecuación no considera el desgaste fisiológico ni el consumo energético por tareas con levantamiento repetitivo, o combinadas con empuje, arrastre, transporte de cargas, subir escaleras con una carga.
- No se incluyen factores de riesgo por condiciones imprevistas que pueden ocasionar un sobreesfuerzo, como caídas, resbalones, cargas inesperadas, sobreesfuerzos por la inercia del movimiento o levantamientos muy rápidos.
- La ecuación no está diseñada para evaluar tareas donde se realicen levantamientos con una sola mano, de rodillas, ni entre dos o más personas.
- No se puede cuantificar sobreesfuerzos en movimientos donde existan fuerzas inerciales ni aceleración.
- No se consideran ni evalúan condiciones ambientales con temperaturas abatidas o elevadas.

Con todo y limitaciones, organismos como el HSE e INSHT han difundido la aplicación de la “Ecuación de levantamiento de NIOSH revisada”, en la nota técnica de prevención española NTP² 477 (INSHT, 2010) y como parte de las herramientas de análisis de riesgo recomendadas para el Reino Unido (HSE, 2010), respectivamente.

² Nota Técnica de Prevención. Son publicaciones periódicas del INSHT, cuyo objetivo es facilitar el acceso a la información por medio de cuatro colecciones: actividades, técnicas preventivas, gestión preventiva y agentes materiales.

No obstante, estudios posteriores (IBV, 2000; INSHT, 2003) afirman que los criterios planteados por NIOSH para ponderar la severidad del riesgo son demasiado permisivos y pueden estar subestimando la probabilidad del daño. Así, con base en la recopilación de estudios epidemiológicos y la aplicación de herramientas estadísticas se han planteado nuevos métodos de análisis de riesgo con criterios más estrictos.

Tal es el caso del INSHT (2003) que, empleando los principios de la ecuación de NIOSH, desarrolló su propia herramienta de análisis en la “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas”. Esta guía incluye una tabla para determinar el peso máximo teórico con valores en el rango de 25 a 7 Kg, dependiendo de la zona corporal donde se manipule el objeto levantado. Los pesos máximos son válidos en condiciones ideales de carga y van disminuyendo por la multiplicación de cinco factores.

En contraste, NIOSH considera como límite de carga (LC) un valor fijo de 23 Kg, cuyo concepto es similar al peso máximo teórico, y que en condiciones no ideales también disminuye por el efecto de seis factores en este caso. La guía técnica del INSHT además establece criterios más restrictivos para la jerarquización de los tres niveles de riesgo por medio del cálculo del índice de levantamiento (IL).

La ACGIH (2008) por su parte publicó los *Lifting TLVs*, o valores umbral límite para el levantamiento manual de cargas, en la forma de tres tablas que se usan dependiendo de la duración/frecuencia de la tarea y de la postura corporal adoptada durante el levantamiento. Su diseño se realizó aplicando, entre otros, la ley de ergonomía WISHA 2000³ y algunos principios de la ecuación de levantamiento de NIOSH.

De las tablas se obtiene un valor TLV, en el rango de 32 a 2 Kg, que es equivalente a un límite de peso recomendado para la tarea. La ACGIH consideró que tres tablas serían más fáciles de usar que una ecuación, pues a su parecer éstas cubren la variedad de situaciones de levantamiento más comunes. La fortaleza de esta herramienta es el poder realizar un análisis cualitativo rápido o un

³ Esta ley, promulgada por el Departamento del Trabajo de Washington en Norteamérica, ya no es obligatoria, y sin embargo los conceptos que la sustentan aún son referidos en estudios más recientes. Información detallada se puede obtener en la siguiente página electrónica:

<http://www.Ini.wa.gov/Safety/Topics/Ergonomics/ServicesResources/Tools/default.asp>.

diagnóstico inicial, pero tiene la desventaja de no incluir algún lineamiento para determinar niveles de riesgo que ayuden a priorizar la urgencia de intervención.

Conviene recordar que, como ocurre con la mayoría de los peligros laborales, además de las consideraciones asociadas al trabajo también se debe prestar atención a otros factores que no son de tipo ocupacional, pero que contribuyen a incrementar el riesgo ergonómico de una persona y, en tales casos, se debe restringir la exposición a peligros ergonómicos. Algunos de estos factores son: enfermedades preexistentes en articulaciones o de tipo cardiovascular, traumatismos, obesidad, embarazo, edad, nivel de acondicionamiento físico, entre otros. Para este propósito las evaluaciones médicas durante el proceso de contratación, periódicas y previas a la separación laboral, son decisivas.

Particularmente en esta investigación se realizó una combinación de los métodos de evaluación de cargas INSHT (2003) y NIOSH (1994), como una propuesta de análisis de riesgos con un peso máximo teórico más restrictivo, y que también considere en sus resultados protección para la población del género femenino (ver secciones 2.4 y 3.4 para más detalles).

2.2.2 Sobrecarga postural

El término postura proviene del latín “positura”: acción, figura o situación en que se encuentra una persona. La postura corporal se define entonces como la posición de todo el cuerpo o de un segmento de éste en relación con la gravedad, y es el resultado del equilibrio entre la fuerza gravitatoria y las fuerzas musculares ejercidas para mantenerla.

La adopción de toda postura involucra la organización del tronco, de la cabeza y sus extremidades, viéndose influida tanto por hábitos personales como del medio ambiente con el que se interactúa. Por consiguiente, en el ámbito laboral nuestras posturas frecuentemente pretenden facilitarnos el trabajo, ya sea que las adoptemos de forma consciente o inconsciente.

Las posturas ideales son aquellas que producen mínima tensión y rigidez, no son dolorosas, permiten una función articular y muscular eficaz, con buena coordinación, respetan la alineación natural del cuerpo, no alteran el equilibrio ni el ritmo, ocasionan un gasto de energía mínimo y no afectan la sensación de

bienestar en el ser humano. En el ámbito de la ergonomía se les denomina también “neutrales”.

Toda postura tiene un costo fisiológico para la persona, que está relacionado con la carga estática ejercida en músculos, tendones, ligamentos, huesos, el impacto al sistema circulatorio y el gasto energético requerido para mantenerla. Por ejemplo, durante evaluaciones “in vitro” se mostró que las cargas intervertebrales en L3-L4⁴ representaban aproximadamente el 100% del peso del cuerpo en bipedestación, en sedestación intermedia el 140%, y en sedestación anterior del 185 al 250%. Estas cargas son muy elevadas y si se mantienen durante largos periodos de tiempo pueden ocasionar lumbalgias (Prada, 2010).

De acuerdo al INSHT (2011) “una postura de trabajo estática es aquella que se mantiene durante más de 4 segundos y en la que se pueden dar ligeras variaciones alrededor de un mismo nivel de fuerza generado por los músculos y otras estructuras corporales”.

Las posturas forzadas ocasionan que una o varias regiones anatómicas dejen de estar en una posición naturalmente cómoda, o posición neutral, para pasar a otra fija o restringida a causa de hiperextensiones, hiperflexiones y/o hiperrotaciones osteoarticulares, y donde se puede estar aplicando carga en las articulaciones y musculatura de forma asimétrica. Los efectos nocivos al sistema osteomuscular por posturas inadecuadas son de aparición lenta, por lo que se suelen ignorar o subestimar los síntomas, sin embargo, el daño provocado es de tipo acumulativo (IBV, 2000).

La carga osteomuscular es un elemento inevitable para las funciones del organismo, el objetivo es encontrar el equilibrio necesario entre la carga necesaria y la carga excesiva. De acuerdo a la OIT (1998), es importante evaluar y controlar las posturas corporales por cinco razones principales:

1. **La postura es la fuente de la carga osteomuscular.** Los músculos tienen que ejercer fuerzas internas para equilibrar nuestra postura o controlar los movimientos, excepto cuando estamos completamente relajados, sentados o acostados. Además existen fuerzas externas tanto dinámicas como estáticas, debidas por ejemplo al manejo manual de materiales pesados, que se suman a las fuerzas internas

⁴ Las vertebrae lumbares tercera y cuarta funcionan como elementos de palanca muy potentes e importantes para la estabilidad.

del cuerpo creando cargas totales que pueden superar la capacidad biológica.

2. **La postura está en estrecha relación con el equilibrio y la estabilidad.** La postura está controlada por una serie de reflejos nerviosos, en los que la recepción de sensaciones táctiles y visuales procedentes del entorno desempeñan un importante papel. Algunas posturas, como las que se adoptan para alcanzar un objeto distante, son por naturaleza inestables.
3. **La postura es la base de los movimientos precisos y de la observación visual.** Muchas tareas requieren una serie de movimientos finos y hábiles de la mano, acompañados de una observación minuciosa. En estos casos, la postura es crítica para conseguir el objetivo deseado.
4. **La postura es una fuente de información sobre los acontecimientos que tienen lugar en el trabajo.** La observación de la postura puede ser intencionada o inconsciente. Algunos supervisores o trabajadores experimentados pueden asociar una postura con el tipo de actividad que se está realizando, e incluso usarlas como indicador del proceso laboral que se está llevando a cabo.
5. **Las posturas de trabajo inadecuadas** también son uno de los factores de riesgo fundamentales de trastornos osteomusculares, que pueden ir desde malestares ligeros y temporales, hasta problemas severos que ocasionan incapacidades permanentes.

Por otro lado, las posturas de trabajo no han estado sujetas a normas estrictas y específicas, ya sea nacionales o internacionales. Sin embargo, algunos documentos de carácter regulatorio o voluntario hacen referencia a ellas, como:

- La norma oficial mexicana “NOM-006-STPS-2000 Manejo y Almacenamiento de Materiales - Condiciones y Procedimientos de Seguridad”, indica que el patrón debe proporcionar el equipo de protección personal con el fin de evitar lesiones por sobreesfuerzo muscular o postural.
- Los lineamientos de NIOSH (1981) y del INSHT (2003) calculan límites de peso recomendado utilizando como factor importante la posición inicial y final de la carga, es decir, un elemento postural.
- En la Organización Internacional de Normalización y en la Comunidad Europea, las normas y las directivas sobre ergonomía

existentes incluyen aspectos relacionados con los elementos posturales (OIT, 1998).

Para la evaluación del riesgo asociado a cargas posturales se han desarrollado muy diversas herramientas con alcances diferentes. Entre los métodos más comunes se pueden mencionar: EPR para una evaluación general rápida que ayuda a identificar si se amerita un estudio más profundo; OWAS que evalúa combinaciones posturales básicas de brazos, piernas, espalda y carga levantada; REBA por su parte considera posturas más específicas para cuello, miembros superiores, tronco, piernas y también elevación de cargas; RULA está dirigido al análisis particular de miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas); VIRA propone un registro muy detallado, usando incluso la función de cámara lenta en una videgrabadora, dirigido a brazos, cuello y hombros; *POSTURE TARGETTING* se aplica al análisis específico de una postura predominante o de la más crítica; ARBAN se puede enfocar al análisis de todo el cuerpo o por segmentos, obteniéndose curvas de estrés Vs. tiempo para identificar los momentos más importantes de carga estática; PEO es un método basado en observaciones directas o filmadas especialmente para posturas de muy larga duración; entre otros.

El INSHT (2009) publicó un análisis comparativo de varios de los métodos antes mencionados en su nota técnica de prevención “NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural”. Esta es una fuente de información confiable para comprender de manera rápida y resumida las diferencias, alcance y limitaciones de tales herramientas, y estar en posibilidad de seleccionar después bibliografía más especializada.

A continuación se presenta, en la Tabla 2, la comparación entre los criterios de aplicación de seis métodos de análisis postural realizada por el INSHT (2009). Mayor detalle sobre cada método se encuentra disponible directamente en la NTP 452.

TABLA 2. CONSIDERACIONES EN LA APLICACIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS DE ANÁLISIS POSTURAL.

MÉTODO	MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	APLICACIONES	COMENTARIOS
OWAS	• Observar la tarea. • Selección y análisis de las posturas para cada fase de trabajo. • Registrar el tiempo.	• Los resultados del análisis nos indican cuatro niveles de gravedad (donde también se considera el tiempo).	• Para poder reducir la carga y ser más productivo. • Diseño de nuevos puestos. • Reconocimiento ergonómico. • Reconocimiento de la salud laboral. • Investigación.	• Es el método de carga postural aplicado por excelencia. • Fiabilidad alta inter-observadores (el valor de la espalda es más difícil de estimar).
POSTURE TARGETTING	• Observar a la persona. • Seleccionar las posturas más representativas o extremas, o muestrear las actividades.	• Permite graduar cada región en tres o cuatro grados, pero no se valora la postura global.	• Es un método preciso y repetible para registrar la postura de las distintas zonas de todo el cuerpo, sobretudo cuando las posturas se mantienen en períodos largos y repetibles.	• Se puede relacionar fácilmente los resultados con el nivel de severidad de carga postural del puesto.
RULA	• Observar varios ciclos de trabajo. • Seleccionar las posturas más representativas o más extremas. • Registrar las posturas. • Analizar las cargas y el tiempo por observación.	• Se valora en cuatro niveles de acción que requiere distintas intervenciones.	• En gran variedad de operaciones manuales, pantallas de visualización, manufactura, tareas textiles. • Particularmente válido para evaluaciones de puestos que han sido modificados.	• Permite valorar un número importante de operadores con riesgo de trastornos en extremidad superior, y además da información del nivel de carga en distintas partes del cuerpo.

Comparación entre métodos de análisis postural reconocidos por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales en España. Tomado de "NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural", INSHT, 2009.

MÉTODO	MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	APLICACIONES	COMENTARIOS
VIRA	• Seleccionar los puntos (ángulos) a analizar. • Registrar en video desde 2 planos. • Identificar un punto con una tecla y cada vez que hay un cambio presionar, de este modo se registra la postura y duración de la misma. • Repetir el proceso tantas veces como sea necesario.	• Los resultados del análisis son valores de frecuencia y duración de posturas, de cambios y de descansos.	• Método simple para analizar trabajos repetitivos, de ciclo corto o de control visual, cuando no se transportan pesos importantes. • Trabajo sentado. • Se pueden hacer análisis parciales.	• Una desventaja es el tiempo que consume. • Se analiza 4 veces el ciclo de trabajo, y a veces debe hacerse a cámara lenta, lo que puede consumir mucho tiempo. • Incluye análisis de trabajo dinámico.
ARBAN	• Grabar en video la actividad en el lugar de trabajo. • Seleccionar un número de imágenes a intervalos regulares. • Codificar la postura.	• Los resultados pueden presentarse en una curva de estrés/tiempo, por medio de esfuerzo, distribución de estrés, etc., en función de objetivos.	• Análisis de los cambios producidos en cierta fase de trabajo o con ciertas herramientas. • Para comparar procesos de trabajo, y como base para la mejora de los lugares de trabajo. • Análisis de secuencias óptimas de trabajo.	• Al facilitar diferentes tipos de resultados permite observar problemas ergonómicos desde ángulos distintos. • Comparativamente requiere poco tiempo. • El procedimiento está bien documentado y permite reconocimientos complementarios.

Continuación de la Tabla 2. Comparación entre métodos de análisis postural reconocidos por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales en España. Tomado de "NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural", INSHT, 2009.

MÉTODO	MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	APLICACIONES	COMENTARIOS
PEO	• Entrevistar a la persona, seleccionar una lista de categorías y posturas a tener en cuenta, y planificar la observación. Registrar las medidas PEO. • Medir las fuerzas ejercidas. • Revisar los datos recogidos y si es necesario corregir errores.	• Aportar distintas medidas de frecuencia, duración para cada parte del cuerpo. • Un análisis descriptivo simple de ellas. • La estimación de una semana típica de trabajo.	• Aplicable independientemente de la profesión y de la tarea que se realiza. • En trabajos estáticos, caracterizados por la larga duración en la misma postura.	• Se enfatiza la importancia de la entrevista previa con el sujeto. • Establecer una lista de prioridades en función de objetivos, de las categorías más importantes que serán registradas con un mínimo error. • Fiabilidad inter-observador alta.

Continuación de la Tabla 2. Comparación entre métodos de análisis postural reconocidos por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales en España. Tomado de "NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural", INSHT, 2009.

Para el presente estudio, y dado que se estableció como objetivo realizar una evaluación inicial para priorizar los riesgos, resultó de interés también comparar dos métodos de análisis postural de cuerpo completo que han sido ampliamente validados: OWAS y REBA.

Específicamente el método OWAS fue propuesto por los autores finlandeses Osmos Karhu y Björn Trappe, quienes trabajaron en la industria siderúrgica durante la década de los 70. La base de la evaluación consiste en la observación de las tareas, la clasificación sistemática de las posturas de trabajo y tiene como objetivo la evaluación del riesgo de carga postural en términos de frecuencia por gravedad.

Por su parte, el método REBA fue publicado por Sue Hignett y Lynn McAtamney en la revista especializada *Applied Ergonomics* en el año 2000. El desarrollo se realizó aplicando metodologías como el método NIOSH, la Escala de Percepción de Esfuerzo, el método OWAS y el método RULA. Esta herramienta es especialmente sensible con tareas que sufren cambios inesperados de postura, originados por la manipulación de cargas inestables o impredecibles.

El método OWAS presenta la limitación de que permite solo la identificación de un conjunto de posiciones básicas de espalda, brazos y piernas, codifica “códigos posturales” pero no realiza un estudio detallado de la gravedad de cada posición corporal individual; por ejemplo, entre varios ángulos de flexión de rodillas o de espalda. En contraste, el método REBA es mucho más específico pues se deben realizar mediciones de flexión en grados, e incluso se aplica de forma independiente para el lado izquierdo y derecho del cuerpo.

No obstante, cuando se evalúa una tarea por primera vez, el método OWAS es práctico, fácil de usar y confiable (Instituto de Biomecánica de Valencia, 2000)(IBV, 2000); además de ser un método integral para el reconocimiento ergonómico en las primeras etapas de una investigación (INSHT, 2009). Una vez identificadas las posturas críticas, en una segunda fase se puede complementar con otra herramienta especialmente dirigida a la zona corporal que haya sido calificada con el riesgo más elevado. Por consiguiente, en este trabajo de tesis se eligió el método OWAS para realizar la caracterización inicial de los peligros y riesgos posturales.

2.3 Análisis inicial de peligros y riesgos ergonómicos

El método llamado “Análisis del puesto” (López, 2009) se puede aplicar para realizar una caracterización inicial de los peligros y riesgos ergonómicos, y consta de las siguientes cuatro fases:

1. Reconocimiento de riesgos ergonómicos.
2. Evaluación de la exposición.
3. Evaluación de la dosis-respuesta.
4. Caracterización inicial del riesgo ergonómico y selección del método de evaluación específico.

En la FASE 1: RECONOCIMIENTO DE RIESGOS ERGONÓMICOS, se identifican los peligros de tipo ergonómico y sus riesgos asociados, a través de la investigación y análisis del proceso productivo en la organización estudiada. Se requiere la descripción de cada etapa, cada puesto y cada actividad del proceso estudiado. A partir de esta información se puede elaborar un flujograma del proceso y un mapeo de riesgos.

El mapeo de riesgos está conformado por el flujograma más el llamado **PTR** para cada etapa del proceso, que a su vez consiste en: la identificación de

los puestos (**P**), el número de trabajadores por cada puesto (**T**), y los riesgos ergonómicos específicos identificados por cada puesto y por cada actividad (**R**).

Durante la FASE 2: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN se realiza una ponderación cualitativa del contacto directo del trabajador con los peligros de tipo ergonómico, a través de la frecuencia, duración e intensidad del evento.

Así, los pasos a seguir para completar la evaluación de la exposición son:

- Ubicación del agente contaminante/peligro por etapa del proceso.
- Vinculación del agente contaminante/peligro con el puesto y la actividad laboral específica.
- Investigación de la frecuencia y duración de la exposición, por jornada de trabajo.
- Cuando sea factible, investigación de la magnitud del peligro bajo las condiciones de frecuencia y duración antes identificadas. Los métodos empleados para este propósito pueden ser de tipo cuantitativo (medición directa de esfuerzos o del peso de la carga manejada) o semicuantitativo (calcular el número de repeticiones de un movimiento) dependiendo del peligro que deba ser medido.

Para la FASE 3: EVALUACIÓN DE LA DOSIS-RESPUESTA se investigan los efectos de los riesgos ergonómicos identificados en el:

- **Antes** (¿qué provocaron?). Análisis retrospectivo.
- **Ahora** (¿qué están provocando?). Análisis prospectivo.
- **Después** (¿qué pueden provocar?). Análisis inductivo.

Para ello, se recurre a una investigación retrospectiva de tipo epidemiológico para la población expuesta al peligro en cuestión, a los efectos que ocurren en el presente con motivo de la exposición, y al potencial de daño en el futuro de acuerdo a la literatura especializada. También se relacionan los controles de exposición implementados para cada tipo de riesgo ergonómico.

Finalmente, la FASE 4: CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL RIESGO ERGONÓMICO Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN ESPECÍFICO es la síntesis de las etapas previas, para definir:

- La caracterización como tal:
 - Respondiendo a las preguntas: ¿cuáles riesgos?, ¿dónde están?, ¿a cuántos afectan?, ¿haciendo qué les afecta?, ¿cómo les afecta?.

- Se fundamenta en el mapeo de riesgos.
- La jerarquización de cada uno de los riesgos caracterizados, mediante los siguientes criterios:
 - Peligrosidad por condiciones específicas de exposición.
 - Peligrosidad intrínseca.
 - Peligrosidad por cantidad de personal expuesto.
- La selección de los métodos de evaluación ergonómica específicos que deberán ser aplicados en cada caso para:
 - Determinar posteriormente la magnitud del riesgo.
 - Identificar con mayor exactitud donde se requieren controles de exposición y de qué tipo (acciones correctivas inmediatas, controles de ingeniería, controles administrativos, equipo de protección personal).

La jerarquización final se realiza mediante una ponderación de los criterios arriba listados a los que previamente se les asignaron valores numéricos. En el capítulo 3 se explica el procedimiento empleado para realizar tal jerarquización.

2.4 Evaluación de riesgos por levantamiento manual de cargas

2.4.1 El método NIOSH

A continuación se presenta una síntesis del método publicado por NIOSH (1994) para la evaluación del levantamiento manual de cargas, por medio de la “ecuación de levantamiento de NIOSH” y los siete factores que la componen.

I. **Revisar la información de campo que debe recabarse para iniciar la evaluación.**

UBICACIÓN HORIZONTAL DE LA CARGA (H)

- Se mide horizontalmente desde el punto medio entre los tobillos hasta el centro de carga, o punto medio donde las manos sujetan el objeto que es levantado. Ver la Figura 7.
- Si se requiere control significativo de la carga para colocarla en su posición final, entonces se deberá realizar la medición tanto en la

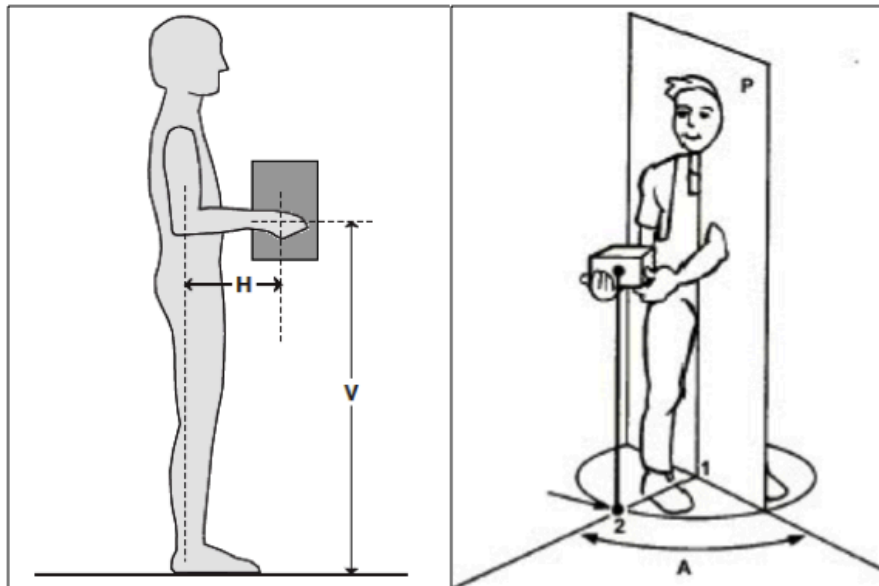
posición inicial como final de levantamiento. En caso contrario solo medir en la posición inicial.

- El valor mínimo aceptado por la ecuación es 25 cm, pues aunque en un inicio los objetos puedan sujetarse más cerca, durante el levantamiento se encuentra interferencia con el mismo cuerpo, como abdomen, piernas, pecho.
- El valor máximo es 63 cm porque con distancias mayores, y considerando que se tenga el alcance en los brazos, es muy difícil hacer esfuerzo y mantener el equilibrio.

UBICACIÓN VERTICAL DE LA CARGA (V)

- Distancia vertical desde el suelo hasta el punto en que las manos sujetan el objeto. Ver la Figura 7.
- Se deberá tomar la medición en la posición inicial de la carga (V1) y también en la final (V2), porque independientemente del control de la carga los dos valores se usan para el procedimiento de cálculo.
- La posición mínima es 0 cm (al nivel del suelo) y la máxima 175 cm (límite superior de alcance vertical para levantar con las dos manos).

FIGURA 7. VALORES "H", "V" Y "A" EN EL MÉTODO NIOSH.



Ubicación horizontal (H) y vertical (V) de la carga durante el levantamiento. Ángulo de asimetría (A), respecto del plano sagital (P), durante la torsión del tronco. Tomado de "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas", INSHT, 2003.

ÁNGULO DE ASIMETRÍA (A)

- Se considera que hay asimetría en la posición de levantamiento cuando la carga se sitúa fuera del plano sagital “P”, ver en Figura 7.
- Ubicar el punto medio entre los tobillos de la persona y trazar una línea (punto 1), luego la posición de la carga y trazar otra línea perpendicular (punto 2), con un transportador medir el ángulo de asimetría “A”.
- Se admiten valores entre 0° y 135°, ángulos mayores son considerados como inaceptables.

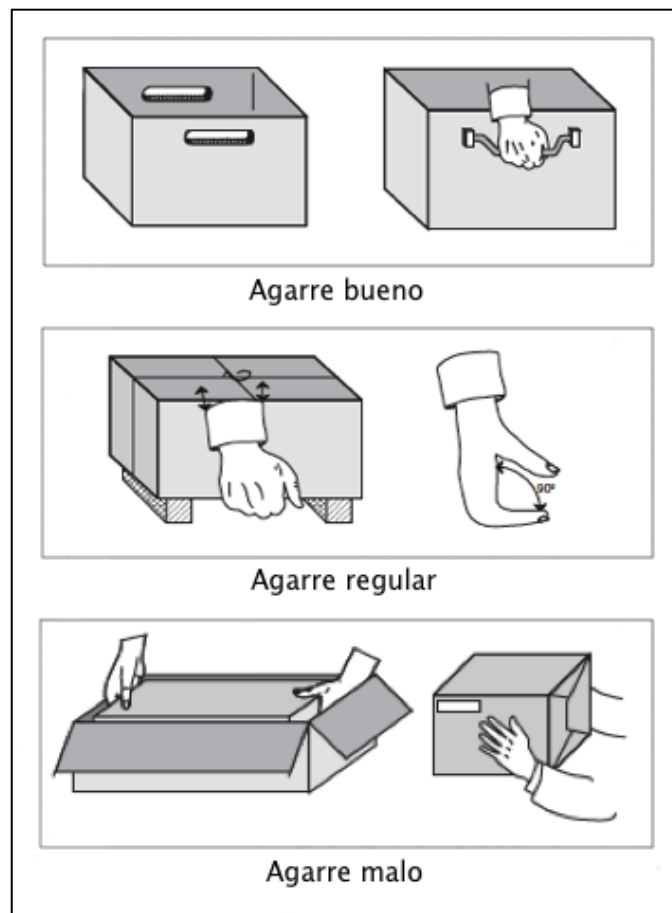
TIPO DE AGARRE DE LA CARGA

- Se clasifica en tres niveles: agarre bueno, agarre regular y agarre malo. En la Figura 8 se presentan ejemplos de cada tipo de agarre y en Tabla 3 se detallan los criterios para clasificarlos.
- Verificar cómo se da el agarre, tanto en la posición inicial como en la final, siempre y cuando la tarea exija tener control de la carga para colocarla en su posición final.
- Otras consideraciones para clasificar el tipo de agarre, de acuerdo a NIOSH, son las siguientes:
 - Nota 1. Un asa con diseño óptimo tiene forma cilíndrica, su longitud es mayor a 11.5 cm y con diámetro entre 2 y 4 cm. Debe existir una holgura para meter la mano de 5 cm y la superficie sin bordes prominentes o filosos y no ser deslizante.
 - Nota 2. Un asidero perforado de diseño óptimo debe tener una forma semioval, con longitud mayor a 11.5 cm, anchura de más de 4 cm y holgura para meter la mano de más de 5 cm. La superficie debe ser suave y, en la zona de agarre, con un espesor superior a 0.6 cm.
 - Nota 3. Una caja o recipiente de diseño óptimo debe tener una longitud frontal menor a 40 cm, altura menor a 30 cm y con una superficie suave pero no deslizante.
 - Nota 4. El trabajador debe poder sujetar una caja con los dedos por debajo de ésta, de forma que la flexión de la palma de la mano sea de 90°.
 - Nota 5. La caja con un diseño subóptimo es aquella cuyas dimensiones no se ajustan a lo especificado en la nota 3, o cuando su superficie es rugosa o deslizante, su centro de

gravedad asimétrico, el contenido inestable o su manejo requiere el uso de guantes para evitar lesiones.

- Nota 6. Una pieza suelta fácilmente asible es aquella que puede ser agarrada cómodamente por el trabajador, abarcándola toda con la mano, sin provocar desviaciones de la muñeca ni requerir una fuerza excesiva.

FIGURA 8. TIPO DE AGARRE DE LA CARGA LEVANTADA MANUALMENTE EN EL MÉTODO NIOSH.



La capacidad de levantamiento se ve disminuida por la facilidad de agarre de la carga. Identificar el tipo de agarre es requerido para después calcular el factor de agarre (CM). Adaptado de "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas", INSHT, 2003.

TABLA 3. CRITERIOS PARA IDENTIFICAR EL TIPO DE AGARRE DE LA CARGA LEVANTADA EN EL MÉTODO NIOSH.

BUENO	REGULAR	MALO
Recipientes u objetos con diseño óptimo, y con asas o asideros perforados de diseño óptimo. Ver notas 1 a 4.	Recipientes u objetos con diseño óptimo pero con asas o asideros perforados de diseño subóptimo. Ver notas 1 a 4.	Recipientes u objetos con diseño subóptimo, piezas sueltas, objetos irregulares difíciles de asir, voluminosos o con bordes afilados. Ver nota 5.
Piezas sueltas o irregulares, que no suelen ir en contenedores, con la condición de que sean fácilmente asibles por la mano. Ver nota 6.	Recipientes u objetos con diseño óptimo pero sin asas ni asideros perforados, piezas sueltas o irregulares en los que el agarre permita la flexión de la palma de la mano sobre los 90°.	Recipientes u objetos deformables.

Traducido de "Applications manual for the revised NIOSH Lifting Equation", NIOSH, 1994.

DURACIÓN DEL LEVANTAMIENTO (D)

- La duración de la actividad se clasifica como: corta duración (menos de una hora), duración moderada (de una a dos horas) y larga duración (más de dos y hasta ocho horas).
- La ecuación de NIOSH no considera tareas de más de 8 horas de duración.
- Para poder hacer la clasificación también se debe tomar en cuenta los conceptos "periodo de trabajo continuo" y "periodo de recuperación"; que nos dan las siguientes tres posibilidades (ver también la Tabla 4):
 - Corta duración: La duración es continua e igual o menor a 1 hora, puede ir seguida de un periodo de recuperación igual o mayor a 1.2 veces la duración de la tarea. Si no se cumple la regla del periodo de recuperación, los dos periodos se suman y se consideran como uno solo. Si la duración total es mayor a 1 hora, la tarea se considera como de duración moderada.
 - Duración moderada: La duración continua de la tarea debe ser mayor a 1 hora, pero menor o igual a 2 horas, y puede ir seguida de un periodo de recuperación igual o mayor a 0.3 veces la duración de la tarea. Si no se cumple esta regla, los dos periodos

se suman y se toma en cuenta la duración total. Si la duración total es mayor de dos horas, se considera que la tarea es de duración larga.

- Larga duración: son periodos de trabajo que duran más de dos horas continuas, hasta un máximo de 8 horas.

FRECUENCIA DE LEVANTAMIENTO (F)

- La frecuencia de levantamiento es el número de elevaciones por minuto, medido en un periodo de tiempo de al menos 15 minutos.
- Si la frecuencia cambia a lo largo de la jornada laboral, se deberá obtener una muestra representativa de ciclos que permita obtener el número de levantamientos por minuto.
- El valor mínimo es 0.2 elevaciones/min y el máximo 15 elevaciones/min.

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LA DURACIÓN DE LA TAREA DE LEVANTAMIENTO DE CARGAS EN EL MÉTODO NIOSH.

TIPO DE DURACIÓN	TIEMPO	RECUPERACIÓN
Corta	$D \leq 1 \text{ hr}$	Al menos 1.2 veces la duración de la tarea
Moderada	$1 \text{ hr} < D \leq 2 \text{ hr}$	Al menos 0.3 veces la duración de la tarea
Larga	$2 \text{ hr} < D \leq 8 \text{ hr}$	No aplica. No se aceptan tareas con duración mayor a 8 horas.

Notas: D = Duración del levantamiento, expresado en horas. Las tareas de levantamiento de cargas con duración mayor a 8 horas son inaceptables desde el punto de vista ergonómico y debe modificarse inmediatamente. Traducido de "Applications manual for the revised NIOSH Lifting Equation", NIOSH, 1994.

II. Realizar la observación de la tarea de forma que se logre identificar, si aplica, cada periodo de levantamiento de forma independiente.

- Antes de realizar mediciones en campo es recomendable filmar algunos ciclos de trabajo para determinar si se trata de una tarea simple o múltiple. En este trabajo de tesis no se presenta el

procedimiento de cálculo múltiple o compuesto, pero de ser necesario se puede consultar el método completo (NIOSH, 1994).

III. Calcular el límite de peso recomendado (LPR) para la tarea evaluada.

La ecuación para el límite de peso recomendado **LPR** se expresa como la multiplicación de la constante de carga **LC** y seis factores más; que en condiciones no ideales de levantamiento disminuyen el valor del peso teórico. La siguiente, también es conocida como “ecuación de levantamiento de NIOSH revisada”:

$$LPR = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad \dots (1)$$

LC: CONSTANTE DE CARGA. Es un peso teórico máximo permitido en las mejores condiciones de levantamiento, es decir con el resto de los factores igual a la unidad, NIOSH fija este valor en 23 Kg.

Al respecto, en la sección 2.2.1 se expuso que esta constante de carga puede ser muy permisiva, y que en estudios más recientes el INSHT (2003) la sustituye por un valor variable denominado “peso teórico”; para más detalles sobre dicho procedimiento ver la sección 2.4.2.

A continuación se explica como obtener los seis factores restantes de acuerdo a NIOSH. Asimismo, en la Tabla 5 se presentan las fórmulas aplicables, todas las unidades son en centímetros, con excepción de **A** que está en grados.

HM: FACTOR DE DISTANCIA HORIZONTAL. Tiene un valor de 1 cuando la carga está cercana al cuerpo y va disminuyendo a medida que se separa de éste.

VM: FACTOR DE ALTURA. Tiene un valor de 1 cuando la carga está situada a 75 cm del suelo y disminuye cuando la carga se ubica por arriba o por debajo de esa altura.

DM: FACTOR DE DESPLAZAMIENTO DE LA CARGA. Primero se calcula **d** que es la distancia de elevación de la carga desde su origen hasta su destino y se calcula como la diferencia entre las alturas verticales inicial (**V1**) y final de la carga (**V2**). Después se sustituye **d** en la fórmula del factor **DM**.

TABLA 5. CÁLCULO DE LOS SEIS FACTORES PARA LA ECUACIÓN DEL LÍMITE DE PESO RECOMENDADO, CONFORME A NIOSH.

	FACTOR	FÓRMULA
HM	Factor de distancia horizontal	$HM = \frac{25}{H} \dots (2)$
VM	Factor de altura	$VM = 1 - (0.003 \times V - 75) \dots (3)$
DM	Factor de desplazamiento de la carga	$d = V1 - V2 \dots (4)$ $DM = 0.82 + \frac{4.5}{d} \dots (5)$
AM	Factor de asimetría	$AM = 1 - (0.0032 \times A) \dots (6)$
FM	Factor de frecuencia	Obtener de Tabla 6
CM	Factor de agarre	Obtener de Tabla 7

Notas: H = ubicación horizontal de la carga; V = ubicación vertical de la carga; d = distancia de elevación de la carga; V1 = altura vertical inicial de la carga; V2 = altura vertical final de la carga; A = ángulo de asimetría. Todas las dimensiones se expresan en centímetros, el ángulo en grados. Traducido de "Applications manual for the revised NIOSH Lifting Equation", NIOSH, 1994.

AM: FACTOR DE ASIMETRÍA. Penaliza las tareas en las que los levantamientos van acompañados de torsión del tronco. Si el ángulo de asimetría es mayor de 135°, no se usa la fórmula y se considera **AM** igual a cero.

FM: FACTOR DE FRECUENCIA. Se obtiene de la Tabla 6 usando el valor **V** (ubicación vertical de la carga), el tipo de duración de la tarea y el valor **F** (frecuencia de levantamiento). Si la frecuencia de levantamiento **F** es mayor a 15 elevaciones/min, entonces el factor de frecuencia **FM** es cero para todos los valores de **V**.

CM: FACTOR DE AGARRE. Es un factor asociado a la facilidad de agarre de la carga y se obtiene de la Tabla 7 usando el **tipo de garre** y la ubicación vertical de la carga **V**.

TABLA 6. FACTOR DE FRECUENCIA (FM) PARA EL MÉTODO NIOSH.

FRECUENCIA (F)	DURACIÓN DEL LEVANTAMIENTO (D)					
	CORTA		MODERADA		LARGA	
	V < 75 cm	V > 75 cm	V < 75 cm	V > 75 cm	V < 75 cm	V > 75 cm
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
> 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Notas: F = frecuencia del levantamiento, expresada en elevaciones/min; D = duración del levantamiento, clasificado conforme a la Tabla 4; V = ubicación vertical de la carga. Traducido de "Applications manual for the revised NIOSH Lifting Equation", NIOSH, 1994.

TABLA 7. FACTOR DE AGARRE (CM) PARA EL MÉTODO NIOSH.

TIPO DE AGARRE	CM	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Malo	0.90	0.90

Notas: V = ubicación vertical de la carga. Traducido de "Applications manual for the revised NIOSH Lifting Equation", NIOSH, 1994.

Una vez calculados los seis factores, éstos y la constante de carga (**LC**) se sustituyen en la ecuación número 1 del límite de peso recomendado (**LPR**). Si la tarea requiere un control significativo de la carga en el destino, el cálculo del **LPR** se realiza tanto en la posición de levantamiento inicial como en la final.

De acuerdo a NIOSH, el **LPR** expresado en kilogramos, representa el peso máximo recomendable que el trabajador debe manipular en las condiciones específicas en que se evaluó la tarea.

2.4.2 El método INSHT

El método propuesto por el INSHT (2003) para evaluar riesgos por levantamiento manual de cargas también consiste en una ecuación para calcular el “peso aceptable”, que se describe como sigue:

$$\text{Peso aceptable} = \text{PTR} \times \text{Desplazamiento vertical} \times \text{Giro} \times \text{Agarre} \times \text{Frecuencia} \dots (7)$$

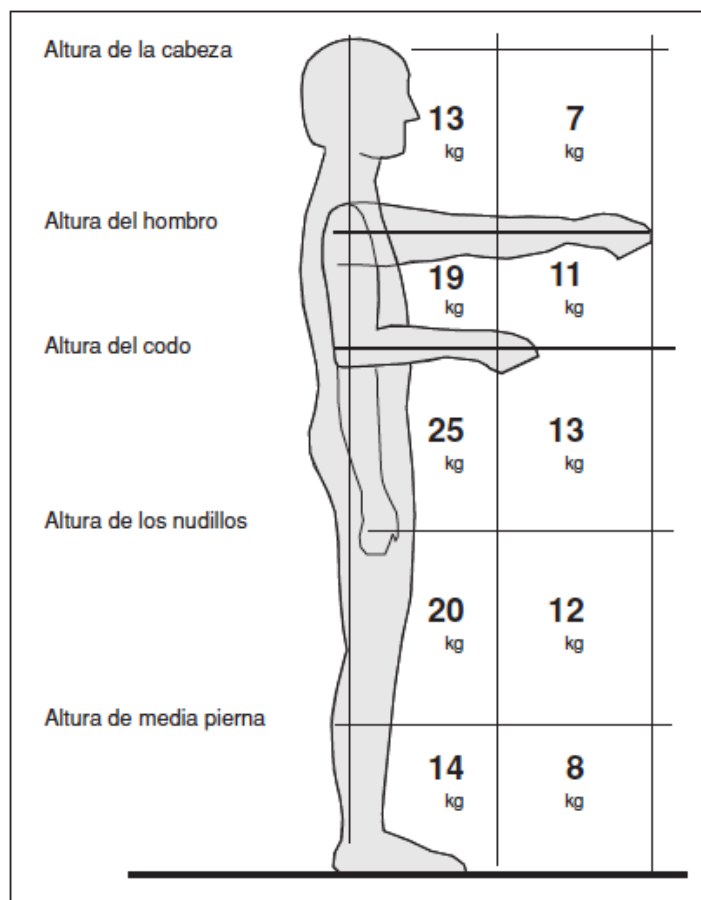
En comparación con el método NIOSH (1994), uno de los cambios más significativos de esta ecuación es el “peso teórico recomendado” (**PTR**) que, a diferencia de la “constante de carga” (**LC**) del método NIOSH, es un valor variable.

Para identificar el **PTR** es necesario conocer el peso de la carga levantada (**PL**), tomando en cuenta los siguientes lineamientos y las zonas de carga que se presentan en la Figura 9:

- Si el peso es mayor de 3Kg entonces se procede a realizar la evaluación, en caso de que sea menor se considera que el riesgo por el levantamiento no es significativo, aunque el INSHT recomienda verificar otro tipo de peligros ergonómicos, como el postural o repetitivo.
- El peso se puede obtener de forma práctica mediante el pesado directo, de forma documental por ejemplo en manuales o etiquetas, e incluso calcularlo.
- Si se manipulan objetos de diferentes pesos, en las mismas condiciones de levantamiento, se deberá registrar el valor máximo y el promedio.
- En función de la posición de la carga con respecto al cuerpo se elige el valor del peso teórico recomendado al inicio del levantamiento.

- Cuando se manipulen cargas en más de una zona, se tomará en cuenta la más desfavorable, para mayor seguridad.
- Cuando la carga se ubique en la transición de una zona a otra, quedará a criterio del evaluador asignar un valor promedio o el peso correspondiente a la zona más desfavorable.

FIGURA 9. PESO TEÓRICO RECOMENDADO (PTR) POR ZONA DE MANIPULACIÓN DE LA CARGA, DE ACUERDO AL INSHT.



El valor del **PTR** se elige identificando la zona predominante de manipulación de la carga. Para una zona en "condiciones ideales de levantamiento" el **PTR** adopta su valor máximo que es de 25 Kg. La penalización mayor ocurre con los brazos hiperextendidos por arriba de los hombros, el **PTR** es entonces de 7 Kg. Tomado de "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas", INSHT, 2003.

El valor numérico de los cuatro factores restantes se toma de diferentes tablas; éstas se incluyen a manera informativa y de comparación, pero no serán aplicadas al presente estudio por los motivos que se exponen en la sección 3.3.

Para obtener el “**factor de desplazamiento vertical**” se consulta la Tabla 8. El INSHT aclara que el desplazamiento ideal es de hasta 25 cm y que el máximo permitido debería ser de 175 cm, ya que esta altura es el límite de alcance para muchas personas.

TABLA 8. FACTOR DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL PARA EL MÉTODO INSHT.

DESPLAZAMIENTO VERTICAL	FACTOR DE CORRECCIÓN
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0.91
Hasta 100 cm	0.87
Hasta 175 cm	0.84
Más de 175 cm	0

Tomado de “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas”, INSHT, 2003.

Es importante resaltar que el valor numérico del factor de corrección es el mismo, si se obtiene de la tabla, o haciendo uso de la ecuación número 5 del método NIOSH (ver Tabla 5). La diferencia radica en que con la ecuación del método NIOSH se obtienen factores de corrección más precisos, y la Tabla 8 está limitada a cinco rangos de desplazamiento vertical.

A continuación, el “**factor de giro**” se obtiene de la Tabla 9. De acuerdo al INSHT (2003) los giros del tronco aumentan las fuerzas compresivas en la zona lumbar, y éste puede ser un motivo por el que sólo se evalúan giros hasta de 90°. En contraste, el método NIOSH (1994) permite la evaluación de un ángulo de giro hasta de 135°.

De forma análoga al caso anterior, si se sustituyen los tres ángulos de giro, que contempla la Tabla 9, en la ecuación número seis correspondiente al **AM**

(ángulo de asimetría) del método NIOSH, se obtendrán los mismos valores numéricos para este factor de corrección.

TABLA 9. FACTOR DE GIRO PARA EL MÉTODO INSHT.

GIRO DEL TRONCO	FACTOR DE CORRECCIÓN
Poco girado (hasta 30°)	0.9
Girado (hasta 60°)	0.8
Muy girado (hasta 90°)	0.7

Tomado de "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas", INSHT, 2003.

Después, en la Tabla 10 se consulta el "**factor de agarre**". Los criterios para determinar si el tipo de agarre de la carga levantada es bueno, regular o malo son esencialmente los mismos para el INSHT y NIOSH; aunque los lineamientos publicados por NIOSH son más detallados y se encuentran en la sección 2.4.1.

Así, la diferencia radica en que NIOSH establece dos grupos para el factor de agarre, uno cuando la distancia vertical **V** es menor a 75 cm, y otro cuando es mayor o igual a 75 cm (ver Tabla 7). Sólo los valores del primer grupo son empleados en el método INSHT como factor de corrección.

TABLA 10. FACTOR DE AGARRE PARA EL MÉTODO INSHT.

TIPO DE AGARRE	FACTOR DE CORRECCIÓN
Agarre bueno	1
Agarre regular	0.95
Agarre malo	0.9

Tomado de "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas", INSHT, 2003.

Finalmente, el “**factor de frecuencia**” se determina con ayuda de la Tabla 11, donde el INSHT considera tres columnas dependiendo de la duración de la manipulación. En contraste, NIOSH proporciona seis columnas, tres de ellas cuando la distancia vertical **V** es menor a 75 cm y las tres restantes cuando **V** es mayor a 75 cm (ver Tabla 6). Los valores numéricos de la Tabla 11 son equiparables a los establecidos por NIOSH. Por otro lado, ambos métodos establecen como frecuencia máxima 15 elevaciones por minuto.

TABLA 11. FACTOR DE FRECUENCIA PARA EL MÉTODO INSHT.

FRECUENCIA DE MANIPULACIÓN	DURACIÓN DE LA MANIPULACIÓN		
	<1 hr/día	> 1 hr y < 2 hr	> 2 hr y ≤ 8 hr
	FACTOR DE CORRECCIÓN		
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez/minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces/minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces/minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces/minuto	0.37	0.00	0.00
> 15 veces/minuto	0.00	0.00	0.00

Tomado de “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas”, INSHT, 2003.

2.4.3 Cálculo del riesgo de levantamiento y aplicación de factores de corrección

Para realizar un análisis cualitativo del grado de riesgo, se recurre al “índice de levantamiento” (**IL**), cuyo cálculo está dado por:

$$IL = \frac{PL}{LPR} \dots (8)$$

Donde: **PL** es el peso de la carga levantada, y **LPR** es: a) el “límite de peso recomendado” calculado con la ecuación de levantamiento de NIOSH (ver sección 2.4.1); y b) el “peso aceptable” calculado por el método del INSHT (ver sección 2.4.2).

TABLA 12. GRADO DE RIESGO DEL LEVANTAMIENTO.

RIESGO	ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO	ACCIONES CORRECTIVAS
Limitado o aceptable	$IL < 1$	Ninguna. La mayoría de los trabajadores no deben tener problemas al ejecutar tareas de este tipo.
Moderado	$1 < IL < 1.6$	La tarea debe rediseñarse. En caso de que no existan soluciones factibles, podría aceptarse esta tarea siempre que se haga énfasis en el entrenamiento del trabajador, el estudio de sus capacidades físicas y la vigilancia a su salud.
Severo	$IL > 1.6$	Es una tarea inaceptable. Es urgente y obligatorio rediseñar la tarea.

El índice de levantamiento (IL) expresa la relación existente entre el peso máximo recomendado por los expertos teóricos y el peso real de la carga que está siendo levantada. Este concepto es usado para asignar el grado de riesgo cuantitativo e implementar acciones correctivas acordes al mismo. Tomado de "Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física", IBV, 2000.

A partir del **IL** calculado, se identifica con la Tabla 12 el nivel de riesgo y el tipo de acciones correctivas recomendadas por el IBV (2000). Las tareas calificadas con un riesgo severo son inaceptables, deberían detenerse inmediatamente hasta implementar acciones correctivas temporales, y a continuación realizar un análisis detallado para el rediseño de la tarea.

De acuerdo al IBV (2000) y al INSHT (2003) las ecuaciones de evaluación de levantamiento de cargas presentadas en las secciones 2.4.1 y 2.4.2 fueron diseñadas para proteger al 85% de la población adulta y sana, donde mujeres y trabajadores más jóvenes pueden ser aún susceptibles a un riesgo residual. Por otro lado, trabajadores que reciben un acondicionamiento físico específico (que incluya trabajo aeróbico y muscular, y que se entiende debe ser vigilado y monitoreado) podrían exponerse a un esfuerzo estático y dinámico mayor.

Para valorar ambos casos, se aplica al **IL** un factor de corrección de acuerdo al tipo de población a proteger. La ecuación para obtener este límite de peso corregido es:

$$\text{LPR corregido} = \text{LPR} \times \text{factor de corrección} \quad \dots (9)$$

En la Tabla 13 se aprecia que el factor requerido para proteger al 95% de la población expuesta es de 0.6, incluyendo mujeres y jóvenes. Por otro lado, el IL se multiplica por 1.6 para incrementar el peso máximo permitido de la carga levantada, apropiado sólo en casos especiales y con trabajadores entrenados.

TABLA 13. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA EL PTR (PESO TEÓRICO MÁXIMO).

	PESO TEÓRICO MÁXIMO	FACTOR DE CORRECCIÓN	% POBLACIÓN PROTEGIDA
EN GENERAL	25 Kg	1.0	85 %
MAYOR PROTECCIÓN (incluyendo mujeres y trabajadores jóvenes)	15 Kg	0.6	95 %
TRABAJADORES ENTRENADOS (en situaciones aisladas)	40 Kg	1.6	Datos no disponibles

Los factores de corrección pueden disminuir o incrementar el “límite de peso recomendado: LPR” o el “peso aceptable” que ha sido calculado a través de un análisis de riesgo por levantamiento manual de cargas. El objetivo es ajustar, cuando sea necesario, los resultados obtenidos a la población expuesta. Tomado de “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas”, INSHT, 2003.

2.5 Evaluación de riesgos por sobrecarga postural: método OWAS

El método OWAS es bastante sencillo, útil y su aplicación proporciona buenos resultados. El fundamento de una buena evaluación es la observación minuciosa de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, permitiendo caracterizar las posibles combinaciones de la posición de la espalda, brazos, piernas y carga levantada.

Para esto, el método agrupa la posición adoptada por tres zonas corporales: espalda, brazos y piernas; y considera la fuerza ejercida simultáneamente por manejo de cargas. De esta forma, cada posición individual del cuerpo y la fuerza tienen asignado un código específico. Ver Tabla 14.

Cabe mencionar que en el estudio original que dio origen a este método, se analizaron otras posiciones como: sentado en el suelo, tumbado, suspendido, pero éstas no fueron codificadas por considerarse de muy poca frecuencia.

Al combinar las posiciones individuales de la espalda, brazos, piernas y la fuerza se obtiene una postura corporal, y en total cada postura analizada recibe 4 códigos. Por consiguiente, en el método OWAS existen 252 combinaciones posibles (4 de espalda x 3 de brazos x 7 de piernas x 3 de fuerza), y cada una de ellas se conoce como “**código de postura**”.

Para cada **código de postura** el grupo de expertos determinó niveles de riesgo en base a cálculos especializados de la carga osteomuscular. En la Tabla 15 se presentan los niveles de riesgo para las 252 combinaciones antes mencionadas. Las categorías de riesgo también son valores numéricos, en orden ascendente donde el “1” corresponde al riesgo menor y el “4” al mayor.

Otro análisis posible en el método OWAS, corresponde a identificar el nivel de riesgo de las posiciones individuales, tomando como base su porcentaje de aparición en la tarea estudiada. Ver Tabla 16. Con esta información se identifica cuál es la zona corporal que recibe la mayor carga estática, y se puede emplear para el rediseño de la tarea, cuando aplique.

Por otro lado, el método recomienda acciones correctivas para cada categoría o nivel de riesgo, como se describe en la Tabla 17.

El procedimiento de evaluación del método OWAS es el siguiente:

1. Determinar si la evaluación a realizar es simple o multifase. Es decir, con el fin de facilitar la observación la tarea puede ser dividida en varias fases o etapas. El código de fase es un valor numérico consecutivo de dos dígitos (01, 02, 03, etc.), esta práctica ayuda a organizar la totalidad de las posturas adoptadas en el ciclo observado.
2. Establecer el tiempo total de observación de la tarea. Se recomienda entre 20 y 40 minutos.
3. Determinar la duración de los intervalos de tiempo en que se dividirá la observación. El método propone intervalos entre 30 y 60 segundos, y

debe haber un mínimo de 10 minutos de descanso entre cada periodo de observación.

4. Identificar las posturas que adopta el trabajador. Para cada postura, determinar la posición de la espalda, los brazos y piernas, así como la carga levantada. Se sugiere la toma de fotografías y/o video para poder analizar las posturas con más detalle y precisión. Sin embargo, cuando esto no sea posible por motivos de confidencialidad, acceso restringido, etc., los datos se recogen en observaciones visuales rápidas a la postura de la espalda, los brazos, las piernas y el uso de la fuerza.

TABLA 14. POSICIONES CORPORALES INDIVIDUALES DEL MÉTODO OWAS.

ZONA CORPORAL	CÓDIGO INDIVIDUAL	DESCRIPCIÓN
Espalda	1	Recta
	2	Inclinada
	3	Girada
	4	Inclinada y girada
Brazos	1	Ambos brazos por debajo del nivel del hombro
	2	Un brazo a/por encima del nivel del hombro
	3	Ambos brazos a/por encima del nivel del hombro
Piernas	1	Sentado
	2	De pie con las dos piernas rectas
	3	De pie, el peso en una pierna recta
	4	De pie con las rodillas flexionadas
	5	De pie con el peso en una pierna y la rodilla flexionada
	6	Arrodillado en una/dos rodillas
	7	Caminando
Fuerza o carga	1	Fuerza menor o igual a 10 Kg
	2	Fuerza entre 10 y 20 Kg
	3	Fuerza mayor de 20 Kg

Por medio de la observación de la tarea, se asigna a cada postura una combinación de 4 valores numéricos. Tres códigos conciernen a la posición adoptada individualmente por las regiones corporales: espalda, brazos y piernas. El cuarto código corresponde a la fuerza ejercida para manipular una carga simultáneamente; cuando no hay manejo de cargas también se asigna el valor "1". Tomado de "Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física", IBV, 2000.

TABLA 15. CATEGORÍAS DE RIESGO PARA CÓDIGOS DE POSTURA DEL MÉTODO OWAS.

		PIERNAS																		
ESPALDA	BRAZOS	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	FUERZA O CARGA (Kg)											
		①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	
		≤10	≤20	>20	≤10	≤20	>20	≤10	≤20	>20	≤10	≤20	>20	≤10	≤20	>20	≤10	≤20	>20	
①	①	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
	②	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
	③	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	
②	①	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	
	②	2	2	3	2	2	3	2	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	
	③	3	3	4	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
③	①	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1	
	②	2	2	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	
	③	2	2	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
④	①	2	3	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	
	②	3	3	4	2	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	
	③	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	

Brazos: ① ② ③

① ② ③

Brazos: ①  ②  ③ 

Cada código de postura recibe un nivel o categoría de riesgo en el método OWAS. Adaptado de "Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física", IBV, 2000.

5. Codificar las posiciones individuales de espalda, brazos, piernas y fuerza, y obtener el "código de postura". A las posturas registradas en cada fase de la tarea se les asigna su respectivo código numérico consultando la Tabla 14. Esta combinación de cuatro números (para espalda, brazos, piernas y fuerza) es el "código de la postura".

Por ejemplo, el código de postura **2143** significaría que el trabajador tiene: la espalda inclinada [2], los dos brazos por debajo del nivel del hombro [1], está de pie con las dos rodillas flexionadas [4] y sosteniendo una carga de más de 20 Kg [3].

6. Asignar la categoría de riesgo para cada "código de postura". Con ayuda de la Tabla 15, identificar las posturas críticas o de mayor nivel de riesgo para los códigos de postura registrados.
7. Calcular el porcentaje de repeticiones o frecuencia relativa de cada posición individual de la espalda, brazos, piernas y fuerza, con respecto a las demás.
8. Determinar, en función de la frecuencia relativa de cada posición, la categoría de riesgo a la que pertenecen las distintas partes del cuerpo (espalda, brazos y piernas), con el fin de identificar aquellas que presentan una actividad más crítica. Usar la Tabla 16.
9. En función de los niveles de riesgo obtenidos, determinar las acciones correctivas y de rediseño necesarias, usando como guía la Tabla 17.

TABLA 16. NIVELES DE RIESGO, EN EL MÉTODO OWAS, DE LAS POSICIONES INDIVIDUALES DEL CUERPO SEGÚN SU FRECUENCIA RELATIVA.

PORCENTAJE DE APARICIÓN		≤10	≤20	≤30	≤40	≤50	≤60	≤70	≤80	≤90	≤100
ESPALDA											
1	Espalda recta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Espalda inclinada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
3	Espalda girada	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
4	Espalda inclinada y girada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAZOS											
1	Los dos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Uno bajo y otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
3	Los dos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PIERNAS											
1	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
2	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
3	De pie sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
4	Rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
5	Una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
6	Arrodillado o en cuclillas	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
7	Caminando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Las posiciones individuales que adoptan espalda, brazos y piernas en cada postura, tienen un nivel de riesgo que denota la magnitud de la carga estática a la que está sometido el cuerpo. Adaptado de "Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física", IBV, 2000.

TABLA 17. ACCIONES CORRECTIVAS POR NIVEL DE RIESGO POSTURAL EN EL MÉTODO OWAS.

RIESGO		EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA OSTEOMUSCULAR	ACCIONES CORRECTIVAS
1	Bajo	Postura normal, neutra, sin efectos dañinos.	No requiere acción. La carga postural es aceptable.
2	Medio	Postura con posibilidad de causar daño.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Alto	Postura con efectos dañinos	Se requieren acciones correctivas lo más pronto posible.
4	Severo	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos	Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.

De acuerdo al nivel de riesgo postural se determina la necesidad de intervenir la tarea implementando acciones correctivas inmediatas, a mediano o largo plazo. Tomado de "Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física", IBV, 2000.

3 PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO

3.1 Consideraciones preliminares

Esta investigación se clasificó como documental y de campo, observacional, de conductas y no experimental. Específicamente para el análisis del riesgo ergonómico, durante el proceso de empaque primario de tabletas, se recurrió a la investigación documental sobre esfuerzos manuales, su impacto al sistema osteomuscular, métodos de evaluación y efectos en el trabajador; y a la investigación de campo para caracterizar el puesto, así como las condiciones de trabajo en el área estudiada.

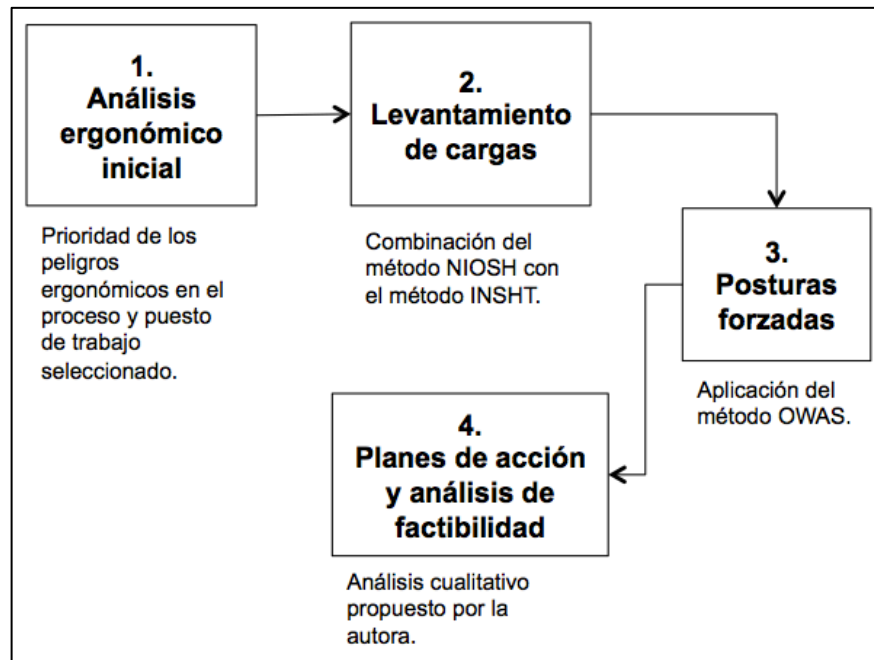
El trabajo se llevó a cabo en un laboratorio farmacéutico dedicado a la manufactura y empaque de medicamentos, ubicado en la zona sur de la Ciudad de México. Específicamente en el área de acondicionamiento, donde se lleva a cabo el proceso de empaque primario de tabletas.

La población de estudio consistió en trabajadores en el puesto de “operador de empaque”, bajo los criterios de inclusión siguientes: todos los operadores de empaque que participen directamente en el empaque primario de tabletas, sin importar edad, sexo o antigüedad. Siendo el criterio de exclusión: personal que, aunque pertenezca al mismo puesto de trabajo, colabore exclusivamente en el empaque secundario de producto semiterminado.

Como recursos materiales fue necesario emplear, durante la evaluación del levantamiento manual de cargas y posturas forzadas, cámara fotográfica, flexómetro y transportador.

Las etapas que tuvo el procedimiento de estudio se pueden observar en la Figura 10, y a continuación se describen con más detalle.

FIGURA 10. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS Y RIESGOS ERGONÓMICOS.



El procedimiento de estudio parte de un análisis ergonómico inicial, donde las tareas identificadas con el mayor nivel de riesgo son analizadas después con métodos específicos para levantamiento manual de cargas y posturas forzadas. Finalmente, las recomendaciones también son priorizadas con base en su factibilidad de implementación. Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

3.2 Análisis ergonómico inicial

Para elaborar el “Análisis del puesto” (López, 2009) desde la perspectiva ergonómica, se realizó la observación del proceso de empaque primario de tabletas y, con la información recabada en campo y de forma documental, fueron completadas las cuatro fases del método.

Específicamente en la FASE 1: RECONOCIMIENTO DE RIESGOS ERGONÓMICOS, se inició con un primer recorrido a las 6 bahías del área de acondicionamiento donde se realiza el proceso de empaque primario de tabletas (ver Figura 2), se consultaron las descripciones de puesto de los operadores de empaque, se entrevistó a 4 supervisores y al gerente del área para comprender los diferentes grados de especialización del puesto y se coordinaron entrevistas con 12 operadores para conocer más a detalle sus actividades.

A cada grado de especialización del operador de empaque se le asignó un código específico y, tanto códigos de puesto, como número de trabajadores, fueron situados en las diferentes etapas de este proceso dentro de un flujograma. Con estas actividades se documentó el **P, T** (puestos de trabajo, número de trabajadores).

El segundo recorrido se enfocó específicamente en identificar peligros y riesgos de tipo ergonómico para cada etapa del proceso de empaque primario. Para esto se consideraron la sobrecarga postural, movilización manual de cargas y los movimientos repetitivos. Esta información también se anexó al flujograma, concluyendo así el **P,T,R** y dando origen al mapeo de riesgos ergonómicos.

Para la FASE 2: EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN, se partió del mapeo de riesgos ergonómicos y, mediante otra visita a las áreas de proceso, se indagó la frecuencia y duración de las diferentes exposiciones. La magnitud o intensidad de los mismos se obtuvo, en su mayoría, mediante la investigación de campo, en otros casos la información no estuvo disponible.

Después, en una tabla que se tituló como “Análisis del puesto de trabajo desde la perspectiva ergonómica” se organizaron las etapas del proceso, los códigos de puestos de trabajo, los peligros ergonómicos presentes y las condiciones particulares de exposición, también se asignó una probabilidad de ocurrencia del riesgo, con base en la frecuencia de tales exposiciones y el criterio que se presenta en la Tabla 18.

TABLA 18. CRITERIO PARA ASIGNAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LOS RIESGOS ERGONÓMICOS.

FRECUENCIA	PROBABILIDAD
$f > 1 \text{ vez/mes}$	Baja
$1 \text{ vez/mes} \geq f > 1 \text{ vez/semana}$	Media
$1 \text{ vez/semana} \geq f \geq \text{diaria}$	Alta

Notas: f = frecuencia de la exposición al peligro ergonómico. Con este criterio se asignó la probabilidad de ocurrencia de los riesgos (o efectos teóricos esperados de la exposición), durante el análisis ergonómico inicial. Elaboración propia a partir del conocimiento adquirido del proceso en la organización estudiada.

En la FASE 3: EVALUACIÓN DE LA DOSIS-RESPUESTA, como parte del análisis retrospectivo se recurrió a entrevistas con el área de Servicio Médico, y a pláticas

con los empleados para conocer los efectos actuales. Para el análisis de los peligros ergonómicos y sus efectos teóricos en la salud en el trabajador, se consultó principalmente la “Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo” (OIT, 1998).

Nuevamente se complementó la tabla del “análisis del puesto de trabajo desde la perspectiva ergonómica” con los diferentes tipos de peligros ergonómicos, sus efectos teóricos probables y los controles de exposición implementados para cada uno de ellos.

Finalmente, para la FASE 4: CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL RIESGO ERGONÓMICO Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN ESPECÍFICO se partió de los efectos potenciales de los peligros, sus condiciones particulares de exposición, cantidad de trabajadores expuestos y controles implementados.

Para jerarquizar los peligros ergonómicos se consideraron los tres criterios siguientes que, a juicio profesional de la autora, fueron los más relevantes: tipo de controles implementados, condiciones particulares de exposición y peligrosidad intrínseca del riesgo. Cada criterio tuvo a su vez parámetros de ponderación a los que se asignaron los valores numéricos.

Cabe mencionar que este concepto de jerarquización es usado originalmente en el método llamado “Diagnóstico situacional modificado” (López, 2008). Para su aplicación al análisis ergonómico inicial, dentro del criterio denominado “tipo de controles implementados”, se usó como parámetro a los “controles de ingeniería” en lugar de la “DL₅₀”. Por otro lado, no se incluyó como un criterio a evaluar la “cantidad de trabajadores expuestos” porque en el área de acondicionamiento el número de personas que realiza cada actividad no tiene una diferencia significativa. El resultado fue la Tabla 19.

Posteriormente se multiplicaron los valores numéricos de los tres parámetros de ponderación seleccionados para cada peligro y al resultado se le llamó “grado de exposición cualitativo”.

Conforme a la Tabla 19, y sus posibles combinaciones numéricas, el valor mayor posible para el “grado de exposición cualitativo” fue de 125 (5 x 5 x 5), y el menor de 3 (1 x 1 x 3). Tomando esto en consideración, la autora elaboró la escala cualitativa de la Tabla 20 para asignar cuatro niveles de riesgo ergonómico: severo, alto, medio y bajo; es decir, realizar la jerarquización de los peligros por su potencial de daño.

TABLA 19. CRITERIOS DE JERARQUIZACIÓN PARA EL ANÁLISIS ERGONÓMICO INICIAL.

CRITERIO	PARÁMETROS			VALOR
Tipo de controles implementados	Equipo de protección personal			5
	Controles administrativos			3
	Controles de ingeniería			1
Condiciones particulares de exposición	Frecuencia	Cantidad de veces/jornada diaria	Menor o igual a 10 veces	3
			Mayor de 10 veces	5
	Duración	Tiempo que dura el contacto con el contaminante	Menor o igual a 8 horas	3
			Mayor de 8 horas	5
	Intensidad o concentración	Valor de la concentración medida	Menor o igual al límite permitido	3
			Mayor del límite permitido	5
Peligrosidad intrínseca del riesgo	Efectos nocivos potenciales	Efectos que no dejan incapacidad física permanente	1	
		Efectos que dejan incapacidad física permanente	3	
		Efectos que pueden causar la muerte	5	

Modificado de "Caracterización del Riesgo", López, 2008.

TABLA 20. NIVELES DE JERARQUIZACIÓN DEL RIESGO ERGONÓMICO INICIAL.

NIVEL DE RIESGO	GRADO DE EXPOSICIÓN CUALITATIVO
Severo	125
Alto	75
Alto	45
Medio	27
Medio	25
Medio	15
Bajo	9
Bajo	3

Elaboración propia para determinar la prioridad de intervención en los riesgos ergonómicos evaluados.

A partir de la caracterización inicial del riesgo ergonómico, se identificaron las tareas con el mayor nivel de peligrosidad, y éstas fueron seleccionadas para continuar con una evaluación más específica por levantamiento manual de cargas o posturas forzadas.

3.3 Evaluación del levantamiento manual de cargas

Para realizar la evaluación del riesgo por levantamiento manual de cargas, primero se analizaron las ventajas y debilidades que los métodos NIOSH (1994) e INSHT (2003) presentaron al aplicarse a esta investigación. En el capítulo 2 se exponen mayores detalles sobre los puntos resaltados en la Tabla 21.

Ahora bien, para el presente estudio se estableció que:

- a) Es muy valioso emplear el **“PTR”** conforme al INSHT, en lugar del **“LC”** del método NIOSH, a fin de realizar un análisis más restrictivo de las condiciones del levantamiento que ocurren fuera de la “zona neutral” del trabajador, y protegerlo en posiciones especialmente vulnerables.
- b) Con base a los recorridos iniciales al área de empaque primario, algunos espacios son estrechos y contribuyen a que el trabajador realice torsiones de tronco mayores a 90° durante ciertos levantamientos. Considerado que el INSHT no considera tales ángulos, es preferible realizar el cálculo del factor de asimetría por medio de la ecuación de NIOSH respectiva.
- c) Existen espacios estrechos para la manipulación de cargas, por tanto tiene mayor utilidad el determinar los factores de frecuencia y agarre tomando en consideración la ubicación vertical de la carga **“V”**, y haciendo uso de las tablas de NIOSH, en lugar de las desarrolladas por el INSHT.

Por tales motivos se propuso la combinación de estos dos métodos reconocidos internacionalmente: la “Ecuación de levantamiento de NIOSH revisada” (NIOSH, 1994) y la “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas” del INSHT (2003).

TABLA 21. ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DEBILIDADES DE LOS MÉTODOS NIOSH E INSHT, PARA LA EVALUACIÓN DEL LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS.

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
NIOSH	• Los factores de corrección se obtienen con ecuaciones matemáticas y producen valores precisos siempre. • La ecuación del factor de asimetría permite evaluar ángulos de torsión de tronco hasta 135°. • Las tablas para determinar los factores de frecuencia y agarre incluyen grupos de valores específicos cuando “V” es mayor o menor a 75 cm.	• “LC” está fijado en 23 Kg y, usada como base de cálculo en la ecuación del levantamiento de cargas, podría estar ofreciendo protección solo a trabajadores adultos, varones, sanos, que practiquen entrenamiento físico continuo; siempre y cuando la tarea se realice de forma esporádica y en condiciones seguras (INSHT, 2003; IBV, 2000). Ver secciones 2.2.1 y 2.4.1.
INSHT	• El “PTR” se establece de acuerdo a la zona corporal en que se realiza el levantamiento, penalizando las posturas fuera de la “zona neutral” del trabajador.	• Los factores de corrección se obtienen de tablas desarrolladas para rangos amplios de valores; por tanto la precisión es menor, comparada con las ecuaciones de NIOSH, para valores intermedios. • El factor de giro solo contempla ángulos de torsión del tronco menores o iguales a 90°. • Las tablas para asignar los factores de frecuencia y agarre son aplicables independientemente del valor de “V”.

Notas: LC = constante de carga en Kg, de acuerdo al método NIOSH (1994); PTR = peso teórico recomendado en Kg, en el método INSHT (2003); V = ubicación vertical de la carga, en ambos métodos. Los métodos NIOSH e INSHT presentaron ventajas y debilidades al tratar de aplicarse a la tarea seleccionada. La tabla resume estos hallazgos. Elaboración propia a partir del marco teórico y los antecedentes en el laboratorio farmacéutico en estudio.

Específicamente, el procedimiento consistió en calcular un límite de peso recomendado a partir del “PTR” del INSHT y los 6 factores de NIOSH restantes. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$LPRm = \mathbf{PT} \times \mathbf{HM} \times \mathbf{VM} \times \mathbf{DM} \times \mathbf{AM} \times \mathbf{FM} \times \mathbf{CM} \dots (10)$$

Donde:

LPRm: es el límite de peso recomendado, y modificado en esta ecuación, para la tarea que está siendo evaluada.

PT: es el peso teórico establecido, conforme al INSHT y la Figura 9, para la posición inicial o final de la carga durante el levantamiento.

HM: Factor de distancia horizontal, conforme a NIOSH, ecuación 2.

VM: Factor de altura, conforme a NIOSH, ecuación 3.

DM: Factor de desplazamiento, conforme a NIOSH, ecuaciones 4 y 5.

AM: Factor de asimetría, conforme a NIOSH, ecuación 6.

FM: Factor de frecuencia, conforme a NIOSH, Tabla 6.

CM: Factor de agarre, conforme a NIOSH, Tabla 7.

La información de campo se obtuvo en la forma de fotografías de las actividades principales, mediciones de la distancia horizontal y vertical de la carga levantada, y también de los ángulos de torsión del tronco del operador. Asimismo, diferentes objetos fueron pesados usando una báscula del área de manufactura.

Una vez calculado el “**LPRm**” con la ecuación 10, se procedió a obtener el índice de levantamiento (**IL**) aplicando la ecuación 8, conforme la sección 2.4.3. Enseguida se asignó el grado de riesgo de cada levantamiento con la Tabla 12 y se identificaron las tareas de levantamiento de cargas con el riesgo más severo.

Después se usó un factor de corrección de 0.6 para los valores de “**LPRm**” y, empleando la ecuación 9, se obtuvo el **LPR corregido**; que se interpretó como límites de carga máxima que protejan al 95 % de la población expuesta, incluyendo mujeres (ver Tabla 13).

Al aplicar este procedimiento es importante repasar las principales limitaciones de la “ecuación de levantamiento de NIOSH revisada”, y conocer las consideraciones de la autora para la adaptación de la ecuación de levantamiento.

Así, de acuerdo a NIOSH quedan fuera del alcance del método las siguientes situaciones:

- Análisis del desgaste fisiológico o consumo energético por tareas con levantamiento repetitivo, o combinadas con empuje, arrastre, transporte de cargas, subir escaleras con una carga.
- Factores de riesgo por condiciones imprevistas que pueden ocasionar un sobreesfuerzo, como caídas, resbalones, cargas inesperadas, sobreesfuerzos por la inercia del movimiento o levantamientos muy rápidos.

- Tareas donde se realicen levantamientos con una sola mano, de rodillas, o entre dos o más personas.
- Actividades realizadas en condiciones ambientales con temperaturas abatidas o elevadas.

Adicionalmente, la modificación propuesta a la evaluación del levantamiento de cargas en la ecuación 10, implica una evaluación de riesgos más estricta, que en esta investigación se dirigió a:

- Actividades donde el espacio restringido para manipular la carga ocasione que sea difícil adoptar posturas reconocidas como seguras, independientemente de la capacitación teórica y el entrenamiento práctico que reciba el trabajador.
- Entornos de trabajo donde es de interés proteger aproximadamente al 95% de la población expuesta, incluyendo mujeres, por la aplicación de un factor de corrección de 0.6 al límite de peso recomendado.

3.4 Evaluación de las posturas forzadas

De entre las técnicas de análisis postural disponibles, se eligió el método OWAS por los siguientes motivos:

- Se trata de la primera evaluación realizada a la tarea y es necesario realizar una caracterización postural inicial,
- Se puede aplicar al análisis del cuerpo completo y considera el factor de carga levantada,
- Permite determinar niveles de riesgo y prioridades de intervención,
- Incluye en su alcance el tipo de posturas que se presentan en el proceso de empaque primario.

En esta etapa del procedimiento, la tarea seleccionada se agrupó en varios periodos de observación. En cada periodo se tomaron fotografías detalladas a fin de poder apreciar los cambios posturales del operador de empaque. Específicamente la cámara fotográfica utilizada se programó, con ayuda de la función “ráfaga”, para tomar una fotografía cada 2 segundos; intervalo de tiempo que se determinó considerando la rapidez con que se realizó la actividad.

Las fotografías fueron analizadas para codificar las posturas de la espalda, brazos, piernas y la carga levantada. Conforme a la Tabla 14 y a los lineamientos

descritos en la sección 2.5, se le asignó un valor numérico a cada postura, y estos valores combinados dieron origen a un “código de postura” para cada fotografía. La información fue organizada y se procedió a identificar el nivel de riesgo para cada “código de postura”, consultando la Tabla 15. Una vez analizada la información de campo se realizó el procesamiento de los datos, con ayuda del programa WinOWAS® (Tampere University of Technology, 1996)(*Tampere University of Technology*, 1996) para calcular las frecuencias de: las posturas por zona corporal, los códigos de postura y sus niveles de riesgo.

3.5 Ponderación de la factibilidad de los controles de riesgo recomendados

En la experiencia de la autora, la implementación de controles de peligros y riesgos en el ramo farmacéutico depende en gran medida de la factibilidad técnica y económica del cambio, en un periodo específico de tiempo. En palabras resumidas, se deben contestar cuatro preguntas básicas: ¿se puede realizar el cambio?, ¿se garantiza que no hay impacto a la integridad del producto?, ¿en cuánto tiempo se obtendrán resultados?, ¿se tienen recursos para hacerlo?.

Este análisis de factibilidad puede ser tan complejo o sencillo como el cambio en sí mismo, y para ello hay disponibles muy diversas herramientas como: análisis costo-beneficio, administración de proyectos, *Six Sigma*, *Lean manufacturing*, por sólo mencionar algunas.

Para este trabajo de tesis se asumió la factibilidad técnica únicamente en función de si los materiales requeridos están disponibles en el mercado nacional o internacional, y si el cambio puede ser introducido al proceso o actividad en la percepción de los operadores basada en su experiencia operativa (considerando controles que no afectan procesos, equipos o instalaciones).

La factibilidad económica se ponderó entonces a partir de los siguientes costos directos y tiempos de implementación:

- a) Tiempo total requerido para completar la actividad, calculado a partir de:
 - recursos internos, empleados de la compañía.
 - recursos externos, como consultores, contratistas.

b) Costos totales directos:

- de trabajo administrativo u operativo, calculado como horas-hombre.
- costo neto de materiales, herramientas, equipo, necesarios para el cambio.
- de paro de proceso, cuando se requiere el interrumpir las operaciones parcial o totalmente por la intervención a maquinaria, equipo o instalaciones que afectan la producción.
- de pruebas en proceso, cuando es necesario correr ciclos de proceso controlados antes, durante y/o después de la implementación de un cambio, y donde se conoce que no se obtendrá el producto final o no se tiene certeza de que cumplirá con los atributos de calidad establecidos.

En la Tabla 22 se muestran los criterios de tiempo y costo. Como se puede observar, el tiempo mínimo se fijó en un mes, con incrementos de tres meses, hasta el máximo de un año. Esto obedece a que en el laboratorio farmacéutico los presupuestos por áreas se realizan anualmente y los balances financieros cada tres meses.

En la misma tabla, el límite superior del costo corresponde al gasto máximo autorizado que un área, del mismo laboratorio, puede ejercer de su presupuesto para proyectos de mejora. Cifras superiores se tratan como proyectos de capital y siguen un proceso diferente de autorización dentro del laboratorio farmacéutico, que incluye también un análisis costo-beneficio más detallado.

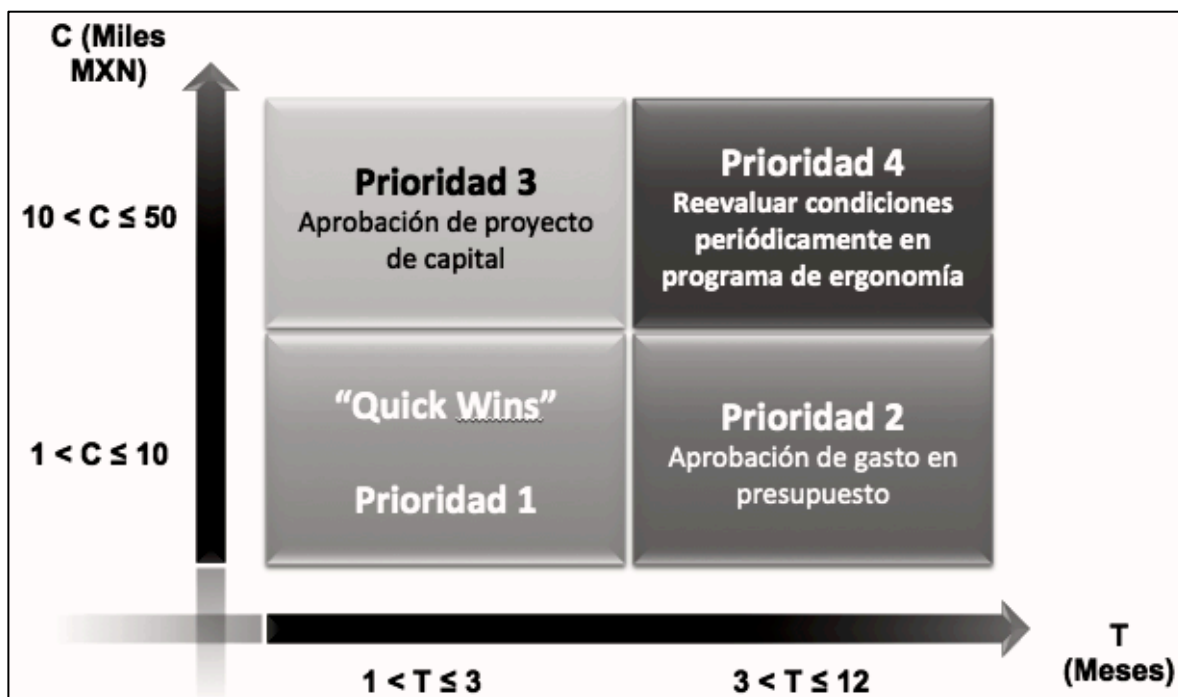
TABLA 22. PONDERACIÓN DE CRITERIOS DE FACTIBILIDAD POR TIEMPO Y COSTO.

CRITERIO	PONDERACIÓN			
	1	2	3	4
Tiempo	≤ 1	$1 < T \leq 3$	$3 < T \leq 6$	$6 < T \leq 12$
Costo	0	Hasta 10	$10 < C \leq 50$	$C > 50$
Prioridad	Por Figura 11, de Tiempo VS Costo			

Notas: T = tiempo expresado en meses; C = costo expresado en miles de pesos mexicanos (MXN).
Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

Por último, la prioridad de intervención se determinó empleando la Figura 11, a partir de los valores de factibilidad de tiempo y costo. La prioridad número uno también recibió el nombre de *Quick Win*, que es un término en inglés aplicado a cambios que se pueden introducir en tareas o procesos de forma rápida y con recursos limitados.

FIGURA 11. CRITERIOS PARA PRIORIZAR LA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES DE EXPOSICIÓN.



Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado de la evaluación ergonómica inicial en las actividades laborales del operador de empaque primario

Como primer objetivo de este trabajo, la evaluación ergonómica inicial en el puesto de operador de empaque y durante el proceso de empaque primario de tabletas, se realizó en cuatro fases que arrojaron los siguientes resultados.

En la FASE 1: RECONOCIMIENTO DE RIESGOS ERGONÓMICOS se encontró que el operador de empaque labora dos turnos de 8 horas cada uno, con una hora para tomar alimentos al inicio o al final de la jornada. A partir de la consulta de descripciones de puesto y de las entrevistas con el personal, se identificaron tres niveles principales de especialización a los que se asignaron los “códigos de puesto” que se presentan en la Tabla 23. Dependiendo de la complejidad del producto y tamaño del lote en cada bahía labora mínimo un operador grado A y otro grado B, un máximo de dos operadores de cada nivel, y los operadores grado C dan apoyo bajo demanda a las 6 bahías.

También se identificó durante el primer recorrido que, en la experiencia de los operadores y supervisores, la bahía E-3 tiene el juego de herramientas más pesados; información que se confirmó pesando las piezas principales. En consecuencia, esta bahía se eligió como el peor escenario para realizar el segundo recorrido, identificar los riesgos ergonómicos, completar el **P, T, R**, y elaborar el mapeo de riesgos ergonómicos que se muestra en la Figura 12.

Para el **P, T, R**, a los peligros ergonómicos observados se les asignaron los siguientes códigos:

- LC: levantamiento manual de cargas.
- PF: posturas forzadas.
- MR: movimientos repetitivos.
- CN: estrés en articulaciones por contacto.
- BP: bipedestación prolongada.

En algunas actividades se identificaron peligros de tipo químico, tales casos estuvieron fuera del alcance de este trabajo y, adicionalmente, el laboratorio contó con análisis de riesgo específicos para ellos.

TABLA 23. IDENTIFICACIÓN DEL P,T: CÓDIGOS DEL PUESTO “OPERADOR DE EMPAQUE” Y NÚMERO DE TRABAJADORES.

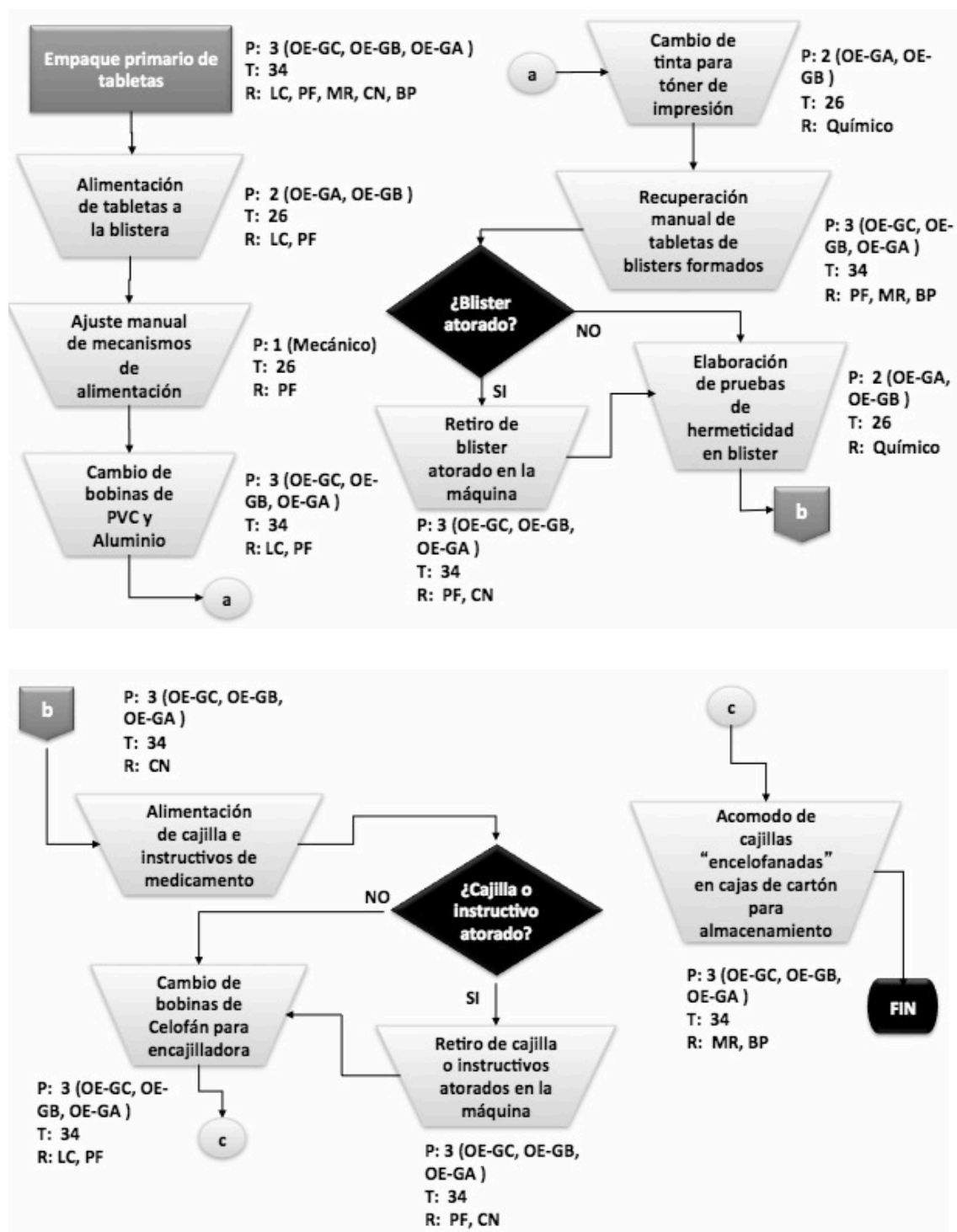
P	GRADO DE ESPECIALIZACIÓN	T
OE-GC	Grado C. Revisores de documentación, empaque manual de blister en cajilla, acomodo manual de cajillas enfajilladas en charolas de cartón.	8
OE-GB	Grado B. Auxiliar en la operación de maquinaria, revisión de controles de seguridad, documentación de proceso, ensamble-desensamble de maquinaria (solo parcialmente por mujeres).	12
OE-GA	Grado A. Responsable de línea tanto en aspectos de calidad como de seguridad, operador principal de maquinaria, identificación de códigos de falla en equipo, ensamble-desensamble de maquinaria (solo parcialmente por mujeres).	14

Notas: P = Códigos asignados a los puestos de trabajo; T = Número de trabajadores en cada puesto.
Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

Para la FASE 2: EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN, durante un tercer recorrido se obtuvieron la frecuencia y duración de las exposiciones a peligros ergonómicos. La magnitud o intensidad del peligro únicamente se estimó de forma preliminar para la manipulación manual de cargas. Al respecto, es importante señalar que en el laboratorio, como una política interna de prevención, no está permitido manipular cargas superiores a 20 Kg de forma manual por una sola persona, y también se trata de minimizar la manipulación de cargas en mujeres.

A continuación, se completó la sección de evaluación de la exposición que se encuentra en la Tabla 32 del Apéndice A, donde se puede consultar el detalle de los resultados obtenidos.

FIGURA 12. MAPEO DE RIESGOS ERGONÓMICOS DEL PROCESO DE EMPAQUE PRIMARIO DE TABLETAS.



Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

Esta segunda fase de la evaluación ergonómica inicial, reveló que para todos los peligros identificados en el proceso de empaque, existe por lo menos un tipo de control de exposición, ya sea de ingeniería, administrativo, o el uso de equipo de protección personal.

En cuanto a la FASE 3: EVALUACIÓN DE LA DOSIS-RESPUESTA, al momento de terminar la investigación de campo, no existieron registros de lesiones osteomusculares, ni diagnósticos de trastornos acumulativos en el proceso de empaque primario de tabletas; sin embargo, sí se presentaron dos casos de dorsolumbalgias en los operadores de empaque primario.

Por otro lado, los efectos probables a la salud en los “operadores de empaque” por la exposición a peligros ergonómicos de acuerdo a la literatura (OIT, 1998), fueron de ocho tipos (ver detalle en la Tabla 32 del Apéndice A):

- síndrome doloroso lumbar,
- cervicalgia,
- tendinitis de miembros superiores,
- tendinitis de muñeca,
- síndrome del túnel del carpo,
- dedo engatillado,
- tenosinovitis de la estiloides radial,
- síndrome del manguito de los rotadores.

4.2 Identificación de tareas con el riesgo ergonómico más elevado y evaluación de sus peligros específicos

Para alcanzar el segundo objetivo planteado, se aplicó la FASE 4: CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL RIESGO ERGONÓMICO Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN ESPECÍFICO de la evaluación ergonómica inicial en el proceso de empaque primario.

De esta forma, se completó la jerarquización de los peligros encontrados, se identificaron las tareas del operador de empaque primario con el riesgo ergonómico más elevado, y también se asignó un método de evaluación ergonómica específico para cada caso.

El detalle de los resultados de esta cuarta fase se encuentra en la Tabla 32 del Apéndice A. Puntualizando, la distribución de las tareas evaluadas por nivel de riesgo ergonómico se presenta en la Tabla 24.

TABLA 24. DISTRIBUCIÓN DE LAS TAREAS DEL PROCESO DE EMPAQUE PRIMARIO, POR NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO.

NIVEL DE RIESGO	TAREA EVALUADA	PELIGRO ERGONÓMICO
Alto	Ensamble- desensamble de herramientas	Levantamiento manual de cargas
Medio	Ensamble- desensamble de herramientas	Posturas forzadas
	Limpieza menor y mayor	Posturas forzadas
	Colocación de bobinas de película para blister	Levantamiento manual de cargas
		Posturas forzadas
	Retiro de blisters atorados o acomodo de película	Posturas forzadas
Bajo	Recuperación de tabletas en blisters dañados	Posturas forzadas
		Movimientos repetitivos
	Alimentación de materia prima	Levantamiento manual de cargas
		Posturas forzadas

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

Conforme a estos resultados, y para completar el segundo objetivo, se continuó con la evaluación de riesgos específica para la tarea de mayor peligrosidad: ensamble- desensamble de herramientas. Puesto que la tarea tiene dos tipos de peligros ergonómicos (levantamiento manual de cargas y posturas forzadas) se tomó la decisión de evaluar ambos, aunque sólo el levantamiento representa un riesgo alto de acuerdo al análisis ergonómico inicial.

4.2.1 Evaluación del levantamiento manual de cargas

La evaluación de riesgos por levantamiento manual de cargas se realizó puntualmente para la tarea de “ensamble-desensamble de herramientas”. Como se mencionó en el tercer capítulo, la Bahía E-3 fue seleccionada como peor escenario por el peso de los herramientas de la máquina blistera.

En esta área se confirmó que dos secciones de los pasillos son estrechos en comparación con el espacio requerido para realizar el ensamble-desensamble de la blistera y las herramientas empleadas, como se aprecia en la Figura 13; lo que ocasiona que el operador de empaque experimente dificultad para adoptar posturas seguras durante los levantamientos, como se muestra en las Figuras 13 y 14.

FIGURA 13. FOTOGRAFÍA QUE MUESTRA UN PASILLO ESTRECHO EN LA BAHÍA DE EMPAQUE EVALUADA.



En la imagen el operador está transportando los herramentales que van a ser colocados en la blistera después de una limpieza mayor. Fuente: Investigación de campo en la organización estudiada.

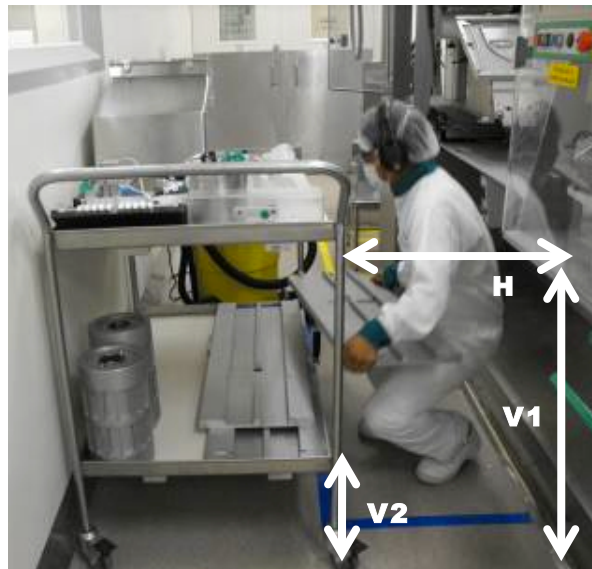
El peso de los herramentales fluctuó entre 0.2 a 36.7 Kg aproximadamente, pero la evaluación de levantamiento de cargas se realizó únicamente para ocho piezas (considerando que el concepto de carga aplicado en este estudio aplica a partir de 3.0 Kg). Así, las piezas incluidas en el alcance fueron: placa de alimentación secciones 1 y 2, tolva de alimentación, placa guía secciones 1, 2 y 3, placa de calentamiento y placa de arrastre. En el Apéndice B se presentan dieciséis fotografías de las posiciones inicial y final adoptadas por el “operador de empaque” en cada levantamiento.

Estas piezas poseen dimensiones y formas que los hacen difíciles de sujetar manualmente, su superficie es deslizante por tratarse de acero inoxidable o aluminio pulidos, con bordes agudos, y ninguna de las piezas contó con asas o

perforaciones. Por tanto a los ocho herramientas se les asignó un tipo de agarre “malo”. Tres de los herramientas más pesados, además representaron un riesgo de pellizco al momento de manipularlos y colocarlos sobre alguna superficie.

En la Figura 14 se ejemplifica la medición de la ubicación horizontal (**H**) y vertical (**V**) de la carga, para un levantamiento donde el operador está colocando una de las placas guía de la blistera en la charola inferior del carro de herramientas. Se procedió de forma similar para los siete eventos restantes.

FIGURA 14. MEDICIÓN DE VALORES "H" Y "V" EN UN LEVANTAMIENTO DE CARGAS.



Fuente: Investigación de campo en la organización estudiada.

Todos los levantamientos fueron penalizados por el ángulo de asimetría (**A**), ya que el carro de materiales sólo podía ser colocado atrás del trabajador y dependió enteramente de su práctica de trabajo el tratar de evitar la flexión del tronco.

La distancia horizontal de la carga (**H**) no representó un peligro significativo, por encontrarse en su mayoría dentro de los 25 cm recomendados por el método NIOSH, ver sección 2.4.1. En contraste, la distancia vertical (**V**) hasta la charola inferior del carro de materiales, si complicó la manipulación de los herramientas porque el operador tiene que flexionar ambas rodillas para lograr

depositar la pieza sobre la superficie del carro y, como se aprecia en la Figura 14, esa postura es inestable.

La duración (**D**) y frecuencia (**F**) de cada levantamiento no fueron completamente óptimos, pero su riesgo puede ser considerado como bajo tomando en cuenta que el periodo completo de levantamiento duró hasta 1 hora y se realizó aproximadamente 0.2 levantamientos/min; ambos parámetros están muy cercanos al valor mínimo considerado por NIOSH (sección 2.4.1).

En la Tabla 25 se presentan las mediciones realizadas en campo para cada uno de los ocho levantamientos.

TABLA 25. MEDICIONES PARA LA EVALUACIÓN POR LEVANTAMIENTO DE CARGAS.

PIEZA	H (cm)	V1 (cm)	V2 (cm)	l d l (cm)	A (grados)	D (hr)	F (lev./min)	AGARRE
1	25	110	90	20	35			
2	25	110	90	20	10			
3	25	110	90	20	35			
4	25	100	30	70	10			
5	25	90	30	60	0	1	0.2	Malo
6	25	100	90	10	35			
7	50	110	90	20	10			
8	50	110	30	80	0			

Notas: H= distancia horizontal de la carga; V1 = distancia vertical de la carga en la posición de origen; V2 = distancia vertical de la carga en la posición destino; d = distancia entre el origen y el destino de la carga en valores absolutos; A = ángulo de asimetría; D = duración del levantamiento; F = frecuencia del levantamiento. Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los resultados.

Por otro lado, el peso teórico recomendado (**PT**) se asignó para la posición inicial de la carga en cada levantamiento, ver Apéndice B, y tomando como referencia el método del INSHT (2003) y la Figura 9 de la sección 2.4.2.

El cálculo de los factores **HM**, **VM**, **DM** y **AM** se realizó conforme a las fórmulas descritas en la Tabla 5 del capítulo dos. El factor de frecuencia **FM** fue obtenido de la Tabla 6, para una duración corta, una distancia vertical inicial **V1** > 75 cm y una frecuencia de 0.2 levantamientos/min, aplicables a todos los casos. Por su parte, el factor de agarre **CM** se tomó de la Tabla 7, para un agarre malo y **V1** > 75 cm, que también aplicó para los ocho eventos.

En la Tabla 26 se resumen los valores calculados para los siete factores de la ecuación de levantamiento de cargas propuesta en este trabajo: **PT**, **HM**, **VM**, **DM**, **AM**, **FM** y **CM**.

TABLA 26. FACTORES CALCULADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE CARGAS.

PIEZA	PT (Kg)	HM	VM	DM	AM	FM	CM
1	19	1	0.895	1.045	0.888		
2	19	1	0.895	1.045	0.968		
3	19	1	0.895	1.045	0.888		
4	19	1	0.925	0.884	0.968		
5	25	1	0.955	0.895	1	1	0.9
6	19	1	0.925	1.270	0.888		
7	11	0.5	0.895	1.045	0.968		
8	11	0.5	0.895	0.876	1		

Notas: PT = peso teórico recomendado expresado en Kg; VM = factor de altura; HM = factor de distancia horizontal; DM = factor de desplazamiento de la carga; AM = factor de asimetría; FM = factor de frecuencia; CM = factor de agarre. Con excepción del "PT", el resto de los valores son adimensionales.

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los resultados.

A partir de los datos anteriores, y empleando la ecuación 10 propuesta en este trabajo, se calcularon los valores del límite de peso recomendado modificado (**LPRm**). También se obtuvieron los índices de levantamiento (**IL**) con la ecuación 8 y los niveles de riesgo correspondiente conforme a la Tabla 12. El compendio de los resultados obtenidos se presenta en la Tabla 27.

TABLA 27. LÍMITE DE PESO RECOMENDADO PARA LAS CARGAS LEVANTADAS.

PIEZA	PESO REAL (Kg)	PT (Kg)	LPRm (Kg)	IL	NIVEL DE RIESGO
1	36.7	19	14.2	2.6	Severo
2	30.0	19	15.5	1.9	Severo
3	21.0	19	14.2	1.5	Moderado
4	13.0	19	13.5	1.0	Moderado
5	10.0	25	19.2	0.5	Aceptable
6	5.0	19	17.8	0.3	Aceptable
7	3.5	11	4.5	0.8	Aceptable
8	3.0	11	3.9	0.8	Aceptable

Notas: PT = peso teórico recomendado; LPRm = límite de peso recomendado modificado; IL = índice de levantamiento. Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los resultados.

En la tabla anterior se hizo evidente que las magnitudes del peso realmente levantado para las piezas número uno, dos y tres, superan por sí mismas el peso teórico recomendado para condiciones ideales de levantamiento. También se observa que el peso de las dos primeras piezas, es el doble del límite de peso recomendado para las condiciones reales de trabajo.

De esta forma, dos levantamientos se clasificaron como “riesgo severo”, otros dos como “riesgo moderado”, y cuatro tuvieron un “riesgo aceptable”. Cabe destacar que estos límites de peso recomendados, y sus respectivos niveles de riesgo, protegen al 85% de la población, de acuerdo al INSHT (ver sección 2.4.2).

Adicionalmente, para evaluar si la actividad es segura para ser ejecutada por mujeres, conforme al INSHT y la Tabla 13, se aplicó un factor de corrección de 0.6. En la Tabla 28 se muestra la corrección a los valores del **LPR** iniciales, y entonces la interpretación del **LPR corregido** es la siguiente: para que el 95% de la población, incluyendo mujeres, realice un levantamiento seguro en las condiciones de trabajo del herramental número 1, éste debería pesar un máximo de 8.5 Kg.

Por tanto, los resultados apuntan a que únicamente el levantamiento de las piezas 5, 6, 7 y 8 son seguros para la mayoría de las “operadoras de empaque” mujeres en el laboratorio farmacéutico en estudio.

TABLA 28. VALOR “LPR” CORREGIDO PARA EL 95% DE LA POBLACIÓN.

PIEZA	PESO REAL (Kg)	LPRm (Kg)	LPR CORREGIDO (Kg)
1	36.7	14.2	8.52
2	30.0	15.5	9.29
3	21.0	14.2	8.52
4	13.0	13.5	8.12
5	10.0	19.2	11.54
6	5.0	17.8	10.70
7	3.5	4.5	2.69
8	3.0	3.9	2.33

Notas: LPR = límite de peso recomendado modificado; LPR corregido = límite de peso recomendado corregido por el factor de protección de 0.6 para proteger al 95% de la población expuesta, incluyendo mujeres. Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los resultados.

4.3 Riesgos por sobrecarga postural

En la tarea del “ensamble-desensamble de herramientas”, realizada en la Bahía E-3, también se evaluó el riesgo por posturas forzadas aplicando el método OWAS. En el alcance de esta etapa se encontraron algunas posturas adoptadas durante el levantamiento de herramientas y también las relacionadas con el aspirado de polvo residual.

Para propósitos de esta evaluación se examinaron 30 fotografías, identificando las posturas individuales de la espalda, brazos y piernas, además de la fuerza ejercida en cada caso (cuantificada por medio del peso de la carga que se manipuló). En la Tabla 29 se presentan las posturas encontradas según la zona corporal, su frecuencia en el periodo de observación de 1 hora, y su porcentaje de aparición. Con este último valor se asignó el riesgo de cada postura individual, conforme a la Tabla 14.

TABLA 29. REPORTE DE POSTURAS, FRECUENCIA Y NIVEL DE RIESGO

ZONA CORPORAL	POSTURA	FRECUENCIA OBSERVADA	PORCENTAJE DE APARICIÓN	NIVEL DE RIESGO
Espalda	Recta	13	43.3	1
	Inclinada	16	53.3	2
	Girada	0	0	0
	Inclinada y girada	1	3.4	2
Brazos	Los dos bajos	27	90.0	1
	Uno bajo y otro elevado	3	10.0	1
	Los dos elevados	0	0	0
Piernas	Sentado	0	0	0
	De pie	17	56.6	1
	De pie sobre una pierna	3	10.0	1
	Rodillas flexionadas	6	20.0	1
	Una rodilla flexionada	2	6.7	1
	Arrodillado o en cuclillas	2	6.7	1
	Caminando	0	0	0
Fuerza	< 10 Kg	14	46.7	No calculado por el método OWAS
	Entre 10 y 20 Kg	15	50.0	
	≥ 20 Kg	1	3.3	

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los resultados.

La información así obtenida puso de manifiesto que ninguna de las posturas individuales, de la espalda, brazos o piernas, ameritan acciones correctivas inmediatas por presentar únicamente niveles de riesgo bajos y moderados. Es importante mencionar que en esta primera etapa, el método OWAS no jerarquiza el riesgo específico por fuerza o carga levantada.

A continuación se realizó la combinación de las posturas individuales para obtener treinta “códigos de postura”, que se organizaron en la Tabla 30. En el Apéndice C se pueden observar fotografías que ejemplifican cada uno de esos códigos posturales.

En esta segunda etapa, se empleó la Tabla 15 para determinar el grado de riesgo de cada “código de postura”, cuyo significado numérico se encuentra en la Tabla 17.

Así, en la Tabla 30 se puede apreciar que la única postura calificada con “riesgo alto” correspondió al código **2 1 4 2**, que representó la combinación de: una espalda inclinada, con ambos brazos debajo del hombro, con las rodillas flexionadas y manipulando cargas entre 10 y 20 Kg (ver Figura 15).

TABLA 30. REPORTE DE CÓDIGOS DE POSTURA, FRECUENCIA Y NIVEL DE RIESGO.

CÓDIGO DE LA POSTURA (ESPALDA/BRAZOS/PIERNAS/ CARGA O FUERZA)	NIVEL DE RIESGO	FRECUENCIA (VECES)	PORCENTAJE DE APARICIÓN
1 1 2 1	1	5	16.7
2 1 2 1	2	5	16.7
1 1 2 3	1	1	3.3
2 1 2 2	2	3	10.0
1 2 2 1	1	3	10.0
2 1 4 2	3	6	20.0
4 1 3 1	2	1	3.3
2 1 3 2	2	2	6.7
1 1 5 2	2	2	6.7
1 1 6 2	1	2	6.7

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los resultados.

FIGURA 15. POSTURA "2 1 4 2" CON RIESGO ALTO.

Ejemplo de una postura evaluada con riesgo alto por el método OWAS. Fuente: Investigación de campo en la organización estudiada.

Resumiendo, el “nivel de riesgo alto” está presente en un 20% del total de la tarea de “ensamble-desensamble de la máquina blistera”, y por tanto es probable que se presenten efectos adversos en la salud del trabajador, además para las seis posturas **2 1 4 2** se requiere implementar acciones correctivas inmediatas.

El “nivel de riesgo medio” correspondió al 43.4% de la tarea, y en tales posturas hay probabilidad de que se produzca algún daño en el operador de empaque, para lo cual se deben programar controles a implementar en un futuro cercano.

Por otra parte, el 36.6% de las posturas tienen un “nivel de riesgo bajo”; por tanto, éstas se consideran como neutras, donde la carga estática que ejercen en el trabajador es aceptable y no se requieren acciones correctivas mientras no ocurra algún cambio.

Finalmente, se pudo constatar que durante la manipulación de algunas piezas de la blistera llegan a combinarse riesgos elevados, tanto por el peso levantado, como por la postura adoptada. En el caso que se muestra en la Figura 16, es un peligro adicional el bajar del banco con una pieza que llega a obstruir el

campo de visión del operador, lo que puede ocasionar pérdida del equilibrio y un riesgo de caída.

FIGURA 16. EQUILIBRIO Y CAMPO DE VISIÓN AFECTADOS DURANTE UN LEVANTAMIENTO DE CARGAS.



Fuente: Investigación de campo en la organización estudiada.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS INICIAL DESDE LA PERSPECTIVA ERGONÓMICA

El análisis ergonómico inicial en el proceso de empaque primario confirmó que durante el ensamble-desensamble de la blistera se tiene exposición a peligros ergonómicos no controlados en su totalidad, y con un caso de riesgo altos por levantamiento de cargas, motivo por el que se prosiguió con su evaluación específica.

Además, el estudio reveló que otras actividades representan peligros de intensidad moderada para el trabajador, ya fuera por levantamiento de cargas, posturas forzadas o movimientos repetitivos. Tales actividades no se incluyeron en el alcance inicial de esta investigación, sin embargo es importante continuar con el seguimiento como parte de proyectos futuros en el laboratorio farmacéutico.

Estos peligros, en su conjunto y de no ser controlados, podrían ocasionar desórdenes de trauma acumulativo en la forma de tendinitis de miembros superiores, síndrome del túnel del carpo, dedo engatillado, tenosinovitis de la estiloides radial y síndrome del manguito de los rotadores; de acuerdo a la literatura especializada.

EVALUACIÓN DEL LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS Y POSTURAS FORZADAS

El procedimiento de evaluación para levantamiento de cargas aplicado, dio como resultado límites de peso recomendado restrictivos, que son congruentes con el objetivo de proteger al trabajador en una condición de trabajo que, por falta de espacio, dificulta de manera importante la manipulación de los instrumentales que son retirados o colocados en la máquina blistera.

Específicamente se encontraron sólo dos levantamientos con “riesgo severo”, dos más con “riesgo moderado” y los cuatro restantes con “riesgo

aceptable”. Sin embargo, de acuerdo a la literatura experta consultada, con esta jerarquización se podría estar protegiendo únicamente al 85% de una población conformada por adultos varones, sanos y entrenados físicamente.

Aplicando los criterios del INSHT y del IBV, se corrigieron los límites de peso recomendados, encontrándose que sólo la mitad de los levantamientos evaluados son seguros para el 95% de la población en general, que incluya también mujeres, varones más jóvenes o adultos mayores.

Por otra parte, las posturas adoptadas durante la misma actividad, y evaluadas con el método OWAS, también calificaron con niveles de riesgo alto, en un 20%; riesgo moderado, en 43.4%; y riesgo bajo, en un 36.6%. Las posturas con el riesgo más elevado, coincidieron precisamente con el momento en que se colocan los herramientas en la charola más baja del carro de transporte.

De esta forma, tanto el levantamiento de cargas como las posturas forzadas, realizadas en las condiciones de trabajo aquí descritas, podrían ocasionar efectos adversos para la salud del trabajador, ya sea en la forma de lesiones o traumatismos acumulativos. Por lo que, a pesar de no existir evidencia de su ocurrencia, es importante dar prioridad a su mitigación a fin de prevenir el daño, o en un momento dado, de limitar la evolución de trastornos crónicos.

Por lo anteriormente expuesto, el método OWAS confirma que el ensamble-desensamble de la blistera también representa un riesgo de carga estática para los operadores de empaque, por la adopción de posturas forzadas durante la manipulación de herramientas.

RECOMENDACIONES

Dada la magnitud del peligro calculado cualitativamente en el análisis ergonómico inicial del proceso de empaque primario de tabletas, se sugiere continuar con la evaluación ergonómica detallada para las tareas de: colocación de bobinas de película para formación de *blister*, por levantamiento de cargas; la recuperación manual de tabletas de *blisters* dañados, por movimientos repetitivos; y la limpieza mayor y menor de la blistera, por posturas forzadas.

Como resultado de la confirmación de los peligros y riesgos ergonómicos presentes en el ensamble-desensamble de la blistera, se propusieron acciones

correctivas inmediatas para los riesgos más elevados, clasificadas como *Quick Wins* con base a su factibilidad técnica, económica y de tiempo de ejecución.

Las actividades propuestas se organizaron en la Tabla 31 de acuerdo a su nivel de factibilidad por tiempo y costo, a partir de estos dos valores, se asignó también la prioridad de implementación. Esto se realizó aplicando el procedimiento descrito en la sección 3.6. La naturaleza de los controles fue administrativa, de uso de equipo de protección personal y de ingeniería.

En cuanto al costo, cuatro de los controles no requieren recursos económicos adicionales para ser implementados, y únicamente al uso de guantes se le asignó una inversión de hasta 10 mil pesos MXN por la cantidad estimada de consumo mensual. Por otro lado, un control administrativo y dos de ingeniería tuvieron prioridad número 2, ya que su implementación puede tomar hasta seis meses, y por su costo estimado se podría requerir autorización en el presupuesto del área de producción.

En su conjunto, las medidas para mitigar los peligros presentes en el proceso son de fácil y rápida implementación, técnicamente son factibles y su uso fue considerado como posible por los “operadores de empaque” que participaron en este estudio. No obstante, es importante involucrar al personal en la evaluación de las medidas finales antes de que éstas sean puestas en práctica.

Implementar acciones correctivas urgentes para la manipulación de herramientas con un peso mayor a 13 Kg, considerar los límites de peso recomendado para el trabajo de mujeres en la tarea evaluada, y mejorar las condiciones de trabajo para el acomodo de estas piezas en la charola más baja del carro de transporte de materiales. Además, también considerar los planes de acción propuestos a continuación en la Tabla 31.

En cuanto a la evaluación de posturas forzadas, es conveniente complementar los resultados aquí obtenidos con el método REBA y RULA, pues fueron identificados diferentes ángulos de flexión en espalda, cuello y manos, cuyo riesgo no fue cuantificado en este trabajo de tesis, debido a las limitaciones del método OWAS mencionadas en el capítulo del marco teórico.

TABLA 31. PLANES DE ACCIÓN RECOMENDADOS, FACTIBILIDAD Y PRIORIDAD.

	TIEMPO	COSTO	PRIORIDAD
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL			
Para mejorar el agarre de las piezas, usar guantes de látex desechables con palma y dedos texturizados, o textiles libres de pelusa con recubrimiento antiderrapante.	1	2 (mensual)	1 Quick Win
CONTROLES ADMINISTRATIVOS			
10 min de ejercicios de calentamiento o estiramiento antes y después de la actividad.	1	1	1 Quick Win
Realizar el manejo de piezas: • Por operadores varones, sanos y entrenados hasta 19 Kg. • Por operadoras mujeres hasta 11 Kg. • Entre dos personas para pesos mayores a los arriba indicados.	1	1	1 Quick Win
Disminuir las posturas de torsión de tronco reubicando el carro transportador, de forma que esté a un costado del trabajador en lugar de atrás de él.	1	1	1 Quick Win
Distribuir los pesos mayores de 10 Kg en el primer entrepaño del carro y las de menor peso en el segundo entrepaño.	1	1	1 Quick Win
Grabar el peso a los herramentales, en una sección visible como esquinas, para facilitar su manejo seguro.	3	2 (única vez)	2
CONTROLES DE INGENIERÍA			
Uso de un pequeño polipasto para las piezas cuyo peso sea mayor de 10 Kg para un operador, o mayor de 20 Kg si la actividad se realiza entre dos personas.	3	2 (única vez)	2
Rediseño de los carros transportadores: • Disminuir el ancho del carro para facilitar la maniobra en los pasillos de la bahía. • Agregar un entrepaño intermedio. • Hacer los entrepaños deslizables y desmontables. • Retirar la cejilla delantera y una lateral de cada entrepaño para facilitar la colocación de piezas y evitar el riesgo de pellizco.	3	2 (única vez)	2

Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

6 LIMITACIONES EN EL ESTUDIO Y PROPUESTA PARA UN TRABAJO FUTURO

Durante la elaboración de este trabajo de tesis fue detectada un área de oportunidad para el desarrollo de investigaciones futuras. Ésta se refiere al análisis del levantamiento manual de cargas y al cálculo de los factores de la “ecuación de levantamiento de NIOSH revisada”, que están basados en estudios antropométricos para individuos anglosajones.

Específicamente, la aplicación directa de este método a la población del laboratorio farmacéutico, pudo contener algunos sesgos en los resultados, que no fueron cuantificados por falta de información disponible. Por ejemplo, si la distancia vertical de la carga (**V**) desde el plano de sustentación es diferente de 75 cm (relacionada con el alcance de los brazos y la estatura del individuo) comienza a penalizarse el levantamiento por considerarse que se está fuera de una zona neutral u óptima.

En contraste con los expertos teóricos (NIOSH, 1994; INSHT, 2003), para algunos de los operadores de empaque que participaron en este estudio, esa posición neutral se encontró a 66 cm del plano de sustentación; distancia que, en el método NIOSH, ya representaría una inclinación en la espalda o la flexión de rodillas que debe ser penalizada.

Al respecto, los resultados del estudio antropométrico de Torres (2001) realizados en México, concluyen que la posición neutral se encuentra a 71 cm del plano de sustentación para evitar flexiones, el alcance horizontal del brazo está entre 62 y 66 cm y la altura del piso a la cintura entre 93 y 98 cm.

Por consiguiente, sería muy interesante el realizar una adaptación del método NIOSH para la población mexicana, haciendo uso de estudios antropométricos existentes, o en su defecto, desarrollar factores de corrección que puedan aplicarse al método original para evaluar riesgos por levantamiento de cargas en personas de baja estatura.

En una segunda etapa de la misma línea de investigación, se podría complementar la adaptación del método con criterios de evaluación dirigidos a trabajadores jóvenes, mujeres y adultos mayores, también de baja estatura; usando como punto de partida los estudios del INHST que fueron referidos en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes impresas

1. Almanza Rodríguez, R. L. (2007). *Análisis de Posturas y Movimientos en las Extremidades Superiores en el Puesto de Cortador de Piso de una Compañía Llantera*. Tesis de Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene, Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía - IPN, México.
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2008). Documentation for the Lifting TLVs. *TLVs and BEIs*. Ohio, EUA: ACGIH.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2008a). *TLVs and BEIs*. Ohio, EUA: ACGIH.
4. American Industrial Hygiene Association. (2006). *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures* (Tercera ed.). Virginia, EUA: AIHA Press.
5. Instituto de Biomecánica de Valencia. (2000). *Evaluación de Riesgos Laborales Asociados a la Carga Física* (Segunda ed.). Valencia, España: IBV.
6. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1995). *Ley 31/1995, 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales*. España: Ministerio de Trabajo e Inmigración.
7. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas*. España: Ministerio de Trabajo e Inmigración.
8. López Hernández, E. (2008). *Apuntes del curso de Higiene Industrial. Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene*. Inédito. México: Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía.

9. López Hernández, E. (2009). *Apuntes del curso Tópicos selectos de ergonomía. Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene*. Inédito. México: Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía.
10. Ley Federal del Trabajo (2006), México.
11. Montes de Oca Martínez, M. Á. (2007). *Diagnóstico Ergonómico de los Trabajadores en la Industria del la Construcción*. Tesis de Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene, Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía - IPN, México.
12. National Institute of Occupational Safety and Health. (1981). *Work Practices Guide for Manual Lifting*. Ohio, USA: NIOSH Publications.
13. National Institute of Occupational Safety and Health. (1994). *Applications manual for the revised NIOSH Lifting Equation*. Ohio, USA: NIOSH Publications.
14. Osborne, D. J. (1990). *Ergonomía en acción* (2a ed.). México: Trillas.
15. Organización Internacional del Trabajo. (1998). Ergonomía. En OIT, *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo en Español* (Cuarta edición ed., Vol. I, pp. 29.1-29.110). Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
16. Organización Internacional del Trabajo. (1967). *Peso máximo de las cargas que pueden ser transportadas por un trabajador*. Ginebra: Journal de Genève.
17. Organización Internacional del Trabajo. (1988). *Peso máximo en el levantamiento y transporte de cargas*. Serie Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo (59), 48.
18. Ramos Flores, A. C. (2007). *Estudio de Factores de Riesgo Ergonómico que Afectan el Desempeño Laboral de Usuarios de Equipo de Cómputo en una Institución Educativa*. Tesis de Maestría, Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía - IPN, México.
19. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008). *NOM-001-STPS-2008 Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centro de trabajo – Condiciones de Seguridad*. México: STPS

20. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2000). *NOM-006-STPS-2000 Manejo y Almacenamiento de Materiales - Condiciones y Procedimientos de Seguridad*. México: STPS.
21. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2001). *NOM-011-STPS-2001 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido*. México: STPS.
22. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2011). *NOM-019-STPS-2011 Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene*. México: STPS
23. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008). *NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. México: STPS
24. Torres Muñoz, A. (2001). *Importancia de la Ergonomía en los Centros de Trabajo (Caso Práctico)*. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón - UNAM, México.
25. Zaragoza Esquinca, M.G. (2009). *Determinación de factores causales del síndrome del túnel del carpo en un grupo de trabajadoras, para la implementación de un programa preventivo*. Tesis de Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene, Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía - IPN, México.

Fuentes no impresas

1. Association of Canadian Ergonomists. (2009). *ACE Website*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2009, de About ergonomics: <http://www.ace-ergocanada.ca>
2. Association of Canadian Ergonomists. (2009a). *ACE Website*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2009, de Ergonomics Glossary: <http://www.ace-ergocanada.ca>
3. European Agency for Safety and Health at Work. (2007). *Fact Sheet 71 en español: Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral*. Recuperado el 27 de Enero de 2009, de <http://osha.europa.eu/en/campaigns/ew2007/campaignmaterials>

4. Health and Safety Executive. (2006). *HSE. Five steps to Risk Assessment*. Recuperado el 11 de Enero de 2011, de <http://www.hse.gov.uk/msd/risk.htm>
5. Health and Safety Executive. (2004). *HSE. Injury Statistics in the Pharmaceutical Industry*. Recuperado el 10 de Octubre de 2010, de <http://www.hse.gov.uk/pharmaceuticals/statistics.htm>
6. Health and Safety Executive. (2010). *HSE. Risk Assessment Tools and Checklists*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2010, de <http://www.hse.gov.uk/msd/backpain/employers/riskassess.htm>
7. Instituto Mexicano del Seguro Social. (2009). *Memoria estadística de salud en el trabajo- Cuadro VI.18 Accidentes de trabajo según ocupación, causa externa y sexo*. Recuperado el 10 de Octubre de 2010, de http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/memoria_est.htm
8. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2009). *NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural*. Recuperado el 17 de Febrero de 2009, de Documentación - Notas Técnicas de Prevención: <http://www.insht.es>
9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2010). *NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH*. Recuperado el Noviembre de 2010, de Documentación - Notas Técnicas de Prevención: <http://www.insht.es>
10. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). *NTP 847: Evaluación de posturas estáticas: el método WR*. Recuperado el 02 de Enero de 2011, de Documentación - Notas Técnicas de Prevención: <http://www.insht.es>
11. Neopackaging. (2010). *Neopackaging: La solución a sus necesidades de empaque*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de <http://www.neo-packaging.com>
12. Prada Pérez, A. (2010). *Artículos salud y deporte*. Recuperado el 02 de Enero de 2011, de Gobierno de España. Ministerio de educación. Edusport.: <http://recursos.cnice.mec.es/edfisica/publico/articulos/>
13. Organización Internacional del Trabajo. (1997). *Consejo de Administración*. Recuperado el 30 de Octubre de 2010, de Seguimiento de las recomendaciones del grupo de trabajo. Reunión 270: <http://www.ilo.org/public/spanish/standards/relm/gb/docs/gb270/prs-1-2.htm>

-
14. Organización Internacional del Trabajo. (2010). *Lista de enfermedades profesionales de la OIT*. Recuperado el 30 de Octubre de 2010, de Program on Safety and Health at Work and the Environment (SAFEWORK): http://www.ilo.org/safework/info/meetingdocs/lang--en/contLang--es/docName--WCMS_125164/index.htm
 15. Tampere University of Technology. (1996). *WinOWAS*. Recuperado el 12 de Junio de 2009, de <http://turva1.me.tut.fi/owas/>

APÉNDICE A. TABLA DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS ERGONÓMICO INICIAL

TABLA 32. ANÁLISIS DEL PUESTO DE TRABAJO DESDE LA PERSPECTIVA ERGONÓMICA.

MEDIOS DE TRABAJO USADOS	ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL PUESTO DE TRABAJO	PELIGROS ERGONÓMICOS				CONDICIONES PARTICULARES DE EXPOSICIÓN			CONTROLES IMPLEMENTADOS			GRADO DE RIESGO CUALITATIVO	NIVEL DE RIESGO
		NATURALEZA	DESCRIPCIÓN	EFFECTO CALCULADO	MÉTODO DE EVALUACIÓN	FREC.	DURACIÓN (min)	MAGNITUD	INGENIERIA	ADMINISTRATIVOS	EPP		
Blistera	Alimentación de materia prima	Levantamiento manual de cargas	Levantamiento de sacos con tabletas y vaciado en la tolva de alimentación.	Sx. Mangüito Rotador / Sx. Doloroso Lumbar	NIOSH, INSHT	1 vez/día	15	Hasta 20 Kg	Columna de levantamiento que se emplea solo para algunos modelos de contenedores de tabletas.	Capacitación en manejo seguro de cargas.	Fajas dorsolumbares son opcionales para ayudar a recordar la postura segura de levantamiento.	Por duración, intensidad y controles: 3x3x1 = 9	Bajo
		Posturas forzadas	Sostener el saco a la altura de los hombros, mientras se vacía el contenido a la tolva.	Sx. Mangüito Rotador	OWAS o REBA	3 veces/día	15	Desconocida				Por frecuencia, duración y controles: 3x3x1 = 9	Bajo
	Limpeza menor y mayor	Posturas forzadas	Estiramiento de tronco y extremidades superiores para poder aspirar el polvo en zonas de difícil acceso.	Sx. Doloroso Lumbar / Cervicalgia/ Tendinitis de miembros superiores / Dedo engatillado	OWAS o REBA	1 vez/día	60	Desconocida	Ninguno.	Capacitación sobre higiene postural.	Ninguno.	Por frecuencia, duración y controles: 3x3x3 = 27	Medio
	Desensamble-ensamble de herramientas	Levantamiento manual de cargas	Carga de herramientas para retirarlos de la blistera y colocarlos en un carro, o viceversa.	Sx. Mangüito Rotador / Cervicalgia / Sx. Doloroso Lumbar	NIOSH, INSHT	3 veces/semana	60	Hasta 36 Kg	Ninguno.	Capacitación en manejo seguro de cargas.	Fajas dorsolumbares son opcionales para ayudar a recordar la postura segura de levantamiento.	Por duración, intensidad y controles: 3x5x3 = 45	Alto
		Posturas forzadas	Torsión del tronco para manipular las piezas mientras se realiza el levantamiento.	Sx. Doloroso Lumbar / Tendinitis de muñecas	OWAS o REBA	3 veces/semana	60	Desconocida				Por frecuencia, duración y controles: 3x3x3 = 27	Medio
	Colocación de bobinas de película para blister	Levantamiento manual de cargas	Carga de bobinas a la altura de los hombros para colocarlas en la blistera.	Sx. Mangüito Rotador	NIOSH, INSHT	1 vez/día	10	Hasta 30 Kg	Para la bobina más pesada un pequeño polipasto.	Capacitación en manejo seguro de cargas.	Fajas dorsolumbares son opcionales para ayudar a recordar la postura segura de levantamiento.	Por duración, intensidad y controles: 3x5x1 = 15	Medio
		Posturas forzadas	Rotación de muñecas mientras se ubica el vástago para acoplar la bonina.	Sx. Tendinitis de muñecas	RULA	1 vez/día	10	Desconocida	Ninguno.			Por frecuencia, duración y controles: 3x3x3 = 27	Medio

TABLA 32. ANÁLISIS DEL PUESTO DE TRABAJO DESDE LA PERSPECTIVA ERGONÓMICA.

Retiro de blisters atorados o acomodo de película	Posturas forzadas	Estiramiento de tronco, inclinaciones, flexión de cuello, torsión de muñecas para liberar el blister dañado.	Sx. Doloroso Lumbar / Cervicalgia/ Tendinitis de miembros superiores	OWAS o REBA	15 veces/día	30	Desconocida	Ninguno.	Capacitación sobre higiene postural.	Ninguno.	Por frecuencia, duración y controles: 3x3x3 = 27	Medio
Recuperación de tabletas en blisters dañados	Posturas forzadas	Inclinación de tronco y cabeza sobre la mesa de trabajo, torsión de muñecas, presión en la punta de los dedos, para romper los blisters y recuperar las tabletas.	Sx. Doloroso Lumbar / Tendinitis de muñecas / Tenosinovitis de la estiloides radial / Dedo engatillado	RULA	1 vez/día	40	Desconocida	Ninguno.	Capacitación sobre higiene postural.	Ninguno.	Por frecuencia, duración y controles: 3x3x3 = 27	Medio
	Movimientos repetitivos	De muñecas y dedos para romper los blisters y sacar las tabletas.	Tenosinovitis de la estiloides radial / Tendinitis de muñecas / Sx. Túnel del carpo / Dedo engatillado	IBV	1 vez/día	40	Desconocida				Por frecuencia, duración y controles: 3x3x3 = 27	Medio

APÉNDICE B. FOTOGRAFÍAS DEL LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS

PIEZA NUMERO	POSICIÓN INICIAL	POSICIÓN FINAL
1 Placa de alimentación	 A worker in a white protective suit, hairnet, and mask is standing in a laboratory, reaching into a piece of equipment to handle a component.	 The worker is leaning forward, holding the component they just handled, preparing to move it.
2 Placa de alimentación sección dos	 The worker is standing and reaching into the equipment to handle a component in a different section.	 The worker is holding a clipboard and pen, likely recording data or checking a list.

PIEZA NUMERO	POSICIÓN INICIAL	POSICIÓN FINAL
3 Tolva de alimentación	 A worker in a white protective suit, mask, and hairnet is standing in a cleanroom, facing a large piece of industrial machinery. The worker is positioned to the left of the machine, ready to begin the task.	 The worker is now positioned further to the right, holding a large, flat, rectangular component. They are standing next to a metal cart that has a large funnel or hopper on it, which is part of the machinery.
4 Placa guía	 The worker is standing and leaning over a metal cart. They are holding a large, flat, rectangular component (the guide plate) with both hands, preparing to move it.	 The worker is kneeling on the floor, placing the large, flat, rectangular component onto a surface. They are positioned to the right of the component, facing it.

PIEZA NUMERO	POSICIÓN INICIAL	POSICIÓN FINAL
5 Placa guía sección dos		
6 Placa guía sección tres		

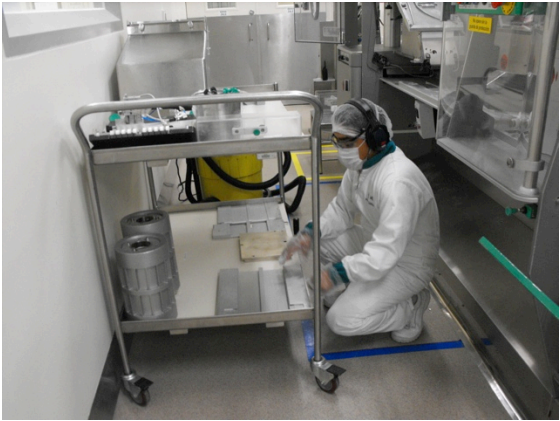
PIEZA NUMERO	POSICIÓN INICIAL	POSICIÓN FINAL
7 Placa de calentamiento		
8 Placa de arrastre		

APÉNDICE C. FOTOGRAFÍAS DE POSTURAS FORZADAS

A continuación se presentan diez fotografías que ilustran los principales tipos de posturas que fueron observadas y evaluadas durante todo el ensamble-desensamble de la máquina blistera. Algunas de ellas coinciden con el levantamiento de cargas, y otras corresponden al aspirado del polvo remanente entre las piezas.

Postura		
Código de postura	1 1 2 1	2 1 2 1

Postura		
Código de postura	1 1 2 3	2 1 2 2
Postura		
Código de postura	1 2 2 1	2 1 4 2

Postura		
Código de postura	4 1 3 1	2 1 3 2
Postura		
Código de postura	1 1 5 2	1 1 6 2