



TESIS DOCTORAL

**TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS DE
ORIGEN LABORAL EN ACTIVIDADES
MECÁNICAS DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN. INVESTIGACIÓN MEDIANTE
TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DIRECTA,
EPIDEMIOLÓGICAS Y SOFTWARE DE ANÁLISIS
BIOMECÁNICO**

Vanesa Zorrilla Muñoz

**Departamento de Ingeniería Mecánica,
Energética y de los Materiales**

2012



TESIS DOCTORAL

**TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS DE
ORIGEN LABORAL EN ACTIVIDADES
MECÁNICAS DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN. INVESTIGACIÓN MEDIANTE
TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DIRECTA,
EPIDEMIOLOGÍCAS Y SOFTWARE DE ANÁLISIS
BIOMECÁNICO**

Vanesa Zorrilla Muñoz

**Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los
Materiales**

Conformidad de los Directores:

**Fdo: María Teresa Miranda
García-Cuevas**

**Fdo: Irene Montero
Puertas**

**Fdo: Rafael Lorente
Moreno**

2012

A

Marc

“Aunque un pobre llegue a rico, seguirá sufriendo las mismas enfermedades que afectan a los pobres, como resultado de la opresión que sufrió en el pasado”.

Eduard Punset

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar en estas líneas mi agradecimiento a las personas e instituciones sin cuya colaboración no hubiera sido posible la realización de esta tesis.

Es por ello, que me gustaría agradecer a María Teresa Miranda García-Cuevas e Irene Montero Puertas, la constante dedicación, profesionalidad, apoyo científico y los consejos que me han brindado. Tampoco podría olvidar expresar mis agradecimientos a Rafael Lorente Moreno, por su compromiso constante, sus orientaciones en mi proyecto y su apoyo moral y desinteresado. Sin él, la parte de medicina de este trabajo no hubiera sido posible.

A Sebastián Rojas Rodríguez que me animó a comenzar mis estudios en la Escuela de Ingenieros Industriales de Badajoz.

A todos los trabajadores de instalaciones mecánicas que se prestaron voluntarios en mi proyecto. Sin vosotros no hubiera sido nunca capaz de entender el propósito de este estudio.

A mi familia que está tan orgullosa de mí y a mis parientes fallecidos que siempre lo estuvieron.

A mis amigos y amigas que siempre me habéis apoyado y comprendido.

A mis compañeros y compañeras del Máster en Seguridad y Salud de la Universidad de Extremadura, que tanto me habéis ayudado y siempre habéis sido tan gratos conmigo.

Y a todos y todas los que de alguna forma habéis contribuido a hacer posible la realización de esta tesis. Muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA Y EPÍGRAFE	III
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ABREVIATURAS	XXI
ABSTRACT	25
RESUMEN.....	27
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	29
1.1. Alcance del trabajo	29
1.2. Generalidades	32
1.3. Antecedentes y definición del problema.....	33
1.4. Objetivos, hipótesis de trabajo y desarrollo de la investigación....	42
1.5. Descripción de capítulos.....	45
CAPÍTULO 2. VALORACIÓN DEL DOLOR EN LOS TME'S	49
2.1. Introducción	49
2.2. Clasificación del dolor	50
2.2.1. Clasificación en función de la evolución	50
2.2.2. Clasificación en función de los mecanismos	51
2.3. Paradigmas del dolor y control motor.....	52
2.3.1. Neurofisiología y neuroanatomía del dolor	55
2.3.2. Activación y sensibilización de los nociceptores periféricos.....	56

2.3.2.1.	Transmisión del impulso nervioso a la médula espinal y modulación del dolor en la médula espinal.....	57
2.3.2.2.	Sensibilización del sistema nocicepción/dolor e integración de la respuesta...	59
2.4.	Medición y valoración del dolor	61
2.4.1.	Escala de Clasificación Verbal	62
2.4.2.	Escala de Puntuación Numérica	63
2.4.3.	Cuestionario de McGill	63
2.4.4.	Cuestionario de Saint-Antoine.....	66
2.4.5.	Índice de Discapacidad de Oswestry	67
2.4.6.	Técnica Body Part Discomfort.....	68
2.4.7.	Cuestionario Nórdico	68
2.4.8.	Cuestionario general según Maitland o Mapa de Dolor	71
2.4.9.	Anamnesis del dolor	71
2.4.9.1.	Dolores articulares degenerativos.....	72
2.4.9.2.	Dolores articulares inflamatorios	72
2.4.9.3.	Dolores musculares.....	73
2.4.9.4.	Dolores de ligamentos.....	74
2.4.9.5.	Dolores de la superficie de apoyo deslizante.....	74
2.4.9.6.	Dolores nerviosos de tipo neurálgico	75
2.4.9.7.	Dolores nerviosos de tipo vegetativo	75
2.4.9.8.	Dolores vasculares	76
2.4.9.9.	Dolores de origen vertebral de tipo radicular	77
2.4.9.10.	Dolores de origen vertebral procedentes del segmento vertebral del tipo seudorradicular (de Brügger).	77

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE TME'S OCUPACIONALES79

3.1.	Introducción	79
3.2.	Lesiones a nivel de los tendones.....	84
3.2.1.	Tendinitis del manguito rotador, bicipital y calcárea.....	84
3.2.2.	Tendinitis de la porción larga del bíceps braquial	86
3.2.3.	Peritendinitis/tenosinovitis/sinovitis	86
3.2.4.	Tenosinovitis estenosante o enfermedad "De Quervain".....	86
3.2.5.	Epicondilitis.....	87
3.2.6.	Epitrocleititis	88
3.2.7.	Tendinitis tricipital	88
3.2.8.	Dedos en gatillo o en resorte.....	88
3.2.9.	Tendinitis aquilea	89
3.2.10.	Tendinitis rotuliana o de la pata de ganso.....	89
3.2.11.	Otras tendinitis de la muñeca y mano	90
3.3.	Lesiones a nivel de nervios.....	91
3.3.1.	Síndrome del túnel carpiano.....	91
3.3.2.	Síndrome del canal de Guyon o del túnel cubital o ulnar.....	92
3.3.3.	Síndrome del túnel radial.....	92
3.3.4.	Síndrome del pronador redondo.....	93
3.3.5.	Síndrome del opérculo torácico.....	93
3.3.6.	Radiculopatía cervical	94
3.3.7.	Síndrome del túnel tarsiano y del túnel tarsiano anterior.....	95
3.3.8.	Ciatalgia o radiculopatía lumbar.....	95

3.4.	Lesiones musculares.....	96
3.4.1.	Contractura muscular.....	97
3.4.2.	Síndrome del dolor miofascial y puntos gatillo miofasciales.....	98
3.4.3.	Miositis osificante.....	98
3.4.4.	Tensión muscular cervical.....	98
3.4.5.	Lumbalgia mecánica o dolor lumbar mecánico simple.....	99
3.5.	Lesiones vasculares o neurovasculares.....	99
3.5.1.	Aneurisma de la arteria cubital.....	100
3.5.2.	Síndrome de Raynaud.....	101
3.6.	Lesiones a nivel articular, lesiones ligamentosas, lesiones capsulares o de las bolsas sinoviales.....	101
3.6.1.	Enfermedad articular degenerativa o artrosis.....	101
3.6.2.	Bursitis subcutáneas prerotuliana y olecraniana.....	102
3.6.3.	Bursitis profunda anserina, prepatelar, gastrocnemio-semimembranosa y retrocalcánea.....	102
3.6.4.	Lesiones crónicas de meniscos.....	104
3.6.5.	Ganglión carpiano.....	104
3.6.6.	Lesiones ligamentosas.....	104
CAPÍTULO 4. MODELOS EXPLICATIVOS DE MECANISMOS QUE PRODUCEN EL DESARROLLO DE PATOLOGÍAS MUSCULOESQUELÉTICAS OCUPACIONALES.....		107
4.1.	Introducción.....	107
4.2.	Modelo de Armstrong.....	107
4.3.	Modelo conceptual relacionado con la carga de trabajo.....	108
4.4.	Modelo de la National Research Council (NRC) y el Institute of Medicine (IOM).....	109
4.5.	Teoría de Interacción Multivariada.....	112
4.6.	Modelo sobre consideración de Sistemas en Ergonomía.....	113
4.7.	Hipótesis de Cenicienta.....	116
4.8.	Teoría de la interacción de los factores de riesgo.....	119
4.9.	Co-Operative for Optimization of industrial production system regarding Productivity and Ergonomics.....	120
4.10.	Dificultades en la estimación de los TME's.....	121
4.11.	Teorías estratégicas y multimetodológicas.....	123
4.11.1.	Modelo de Malchaire.....	123
4.11.2.	Modelo multifactorial adaptado.....	125

CAPÍTULO 5. TEORÍAS DE MÉTODOS DE ANÁLISIS ERGONÓMICO...127

5.1.	Introducción	127
5.2.	Teoría de métodos de observación directa	127
5.2.1.	Listas de verificación	127
5.2.1.1.	Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer	129
5.2.1.2.	Risk Filter de la Health & Safety Executive	129
5.2.1.3.	Lista de chequeo desarrollada por la Occupational Safety and Health Administration	130
5.2.1.4.	Quick Exposure Check for Work related Musculoskeletal Risk	130
5.2.1.5.	Lista de chequeo del American Standard Institute	131
5.2.1.6.	Lista de verificación de la Intel Corporation	132
5.2.1.7.	Lista de chequeo del Joyce Institute Training Design Team	132
5.2.1.8.	Washington State Ergonomics Checklists	133
5.2.1.9.	Lista de chequeo de Keyserling	133
5.2.1.10.	Fiche d'Identification des Facteurs de Risques liés a la Manutention	134
5.2.1.11.	Australian Code of Practice	135
5.2.2.	Métodos de análisis detallado	136
5.2.2.1.	Factores de riesgo biomecánicos	137
5.2.2.2.	Rapid Upper Limb Assessment	147
5.2.2.3.	Rapid Entire Body Assessment	149
5.2.2.4.	Ovako Working Analysis System	152
5.2.2.5.	Loading on the Upper Body Assessment	153
5.2.2.6.	Asociación Española de Normalización y Certificación	154
5.2.2.7.	Método del Ministerio de Sanidad y Consumo de España	156
5.2.2.8.	Posture Targetting	157
5.2.2.9.	Posture, Activity, Tools and Handling	159
5.2.2.10.	Método desarrollado por Swat	160
5.2.2.11.	Método de evaluación de Armstrong	161
5.2.2.12.	Occupational Repetitive Action	161
5.2.2.13.	Job Strain Index	163
5.2.2.14.	Modelo del Cubo	164
5.2.2.15.	Arbouw	166
5.2.2.16.	Normas de la Organización Internacional de Normalización	167
5.2.2.17.	Guía del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo	169
5.2.2.18.	Ecuación del National Institute of Occupational Safety and Health	170
5.2.2.19.	Método de Indicadores Clave	173
5.2.2.20.	Tablas de Evaluación de la Manipulación Manual	177
5.2.2.21.	Assessment Repetitive Tasks Tools	178
5.2.2.22.	Upper Limbs Expert Tool	179
5.2.2.23.	Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung	179
5.2.2.24.	Rodgers Muscle Fatigue Analysis	180
5.2.2.25.	Método de la Norma ISO 11226	181
5.2.2.26.	Método para realizar la evaluación de la postura en función de la posición de la mano	182
5.2.2.27.	Work Rest Model	183
5.2.2.28.	Método Psicofísico o tablas de Snook y Ciriello	183
5.2.2.29.	Tablas publicadas por la Worldwide de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists	184
5.2.2.30.	Hand Arm Risicobeoordelings Methode	185

5.3.	Teoría de métodos directos de análisis biomecánico	186
5.3.1.	Técnicas de análisis biomecánico	186
5.3.1.1.	Técnicas de estudio de cinemática articular	186
5.3.1.2.	Técnicas de estudio de fuerzas internas y externas.....	187
5.3.2.	Métodos directos de análisis biomecánico	187
5.3.2.1.	Ergo/IBV del Instituto Biomecánico de Valencia.....	188
5.3.2.2.	Firsbeat Technologies.....	189
5.3.2.3.	Portable Ergonomic Observation	189
5.3.2.4.	RAMSIS	190
5.3.2.5.	Hands Relative to the Body	190
5.3.2.6.	Videofilmteknik för Registrering och Analys	190
5.3.2.7.	Arbetsanalys	191
5.3.2.8.	Ergonomics Analysis.....	192
5.3.2.9.	Postural workload evaluation system by Chung	193
5.3.2.10.	3D Static Strength Prediction Program	193
5.3.2.11.	MAPFRE	194
5.3.2.12.	ERGOWEB	194
5.3.2.13.	Video-och Datorbaserad Abetsanalys	194
5.3.2.14.	Task Recording and Analysis on Computer.....	195
5.3.2.15.	Industrial Lumbar Motion Monitor	196
5.3.2.16.	Método desarrollado por Wells	196
5.4.	Teoría de métodos epidemiológicos descriptivos.....	196
5.4.1.	La investigación de accidentes	197
5.4.2.	La entrevista.....	198
5.5.	Teoría de métodos epidemiológicos analíticos	199
5.5.1.	Estudio analítico procedente de los casos etiológicos definidos en la literatura	199
5.5.2.	Estudio analítico de casos y controles.....	200
5.6.	Teorías de métodos globales de análisis de las condiciones del trabajo	201
5.6.1.	Método desarrollado por la Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse	201
5.6.2.	Método desarrollado por el Laboratoire de Economie et Sociologie du Travail	202
5.6.3.	Método desarrollado por la Régie Nationale d'Usines Renault	203
5.6.4.	NASA Task Load Index.....	203
5.6.5.	ERGOS	203
5.6.6.	FAGOR	204
5.6.7.	Método de la Agence Nationale pour L'Amélioration des Conditions de Travail .. l.....	204
5.6.8.	Método de Malchaire e Indesteege.....	205
5.6.9.	MAPFRE	205
5.6.10.	Ergonomic Workplace Analysis	205
CAPÍTULO 6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	207	
6.1.	Introducción	207
6.2.	Selección de la muestra de estudio y toma de datos.....	207

6.3.	Métodos utilizados	209
6.3.1.	Normalización de métodos utilizados	211
6.3.2.	Fase 1. Definición de procesos y actividades	214
6.3.3.	Fase 2. Métodos de observación directa	217
6.3.4.	Fase 3. Métodos directos de análisis biomecánico.....	219
6.3.4.1.	Software ERGO/IBV	220
6.3.4.2.	Software 3DSSPP	221
6.3.5.	Fase 4a. Métodos epidemiológicos descriptivos.....	222
6.3.5.1.	Descripción de la metodología de la investigación de accidentes y EP	222
6.3.5.2.	Descripción de la entrevista	225
6.3.6.	Fase 4 b. Métodos epidemiológicos analíticos.....	231
6.3.6.1.	Metodología para el estudio analítico de casos etiológicos procedentes de la literatura	231
6.3.6.2.	Metodología para el estudio de casos y controles	232
 CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		235
7.1.	Introducción	235
7.2.	Resultados de la definición de procesos y actividades	235
7.2.1.	Redes de climatización.....	240
7.2.2.	Maquinaria y tubería frigorífica	243
7.2.3.	Redes eléctricas para los equipos de climatización.....	245
7.2.4.	Redes de tubería de PCI	248
7.2.5.	Albañilería fina	250
7.3.	Resultados de los métodos de observación directa	252
7.3.1.	Resultados de los métodos de observación directa por actividades	255
7.3.2.	Redes de climatización.....	257
7.3.3.	Maquinaria y tubería frigorífica	260
7.3.4.	Redes eléctricas para los equipos de climatización.....	263
7.3.5.	Redes de tubería de PCI	266
7.3.6.	Albañilería fina	268
7.4.	Resultados de los métodos directos de análisis biomecánico....	271
7.4.1.	Software ERGO/IBV 9.1.	271
7.4.2.	Software 3DSSPP 6.0.5.	276
7.5.	Resultados epidemiológicos descriptivos	278
7.5.1.	Resultados de la investigación de accidentes y EP	279
7.5.2.	Resultados de la entrevista	286
7.6.	Resultados epidemiológicos analíticos.....	297
7.6.1.	Descripción de TME´s y actividades asociadas	297
7.6.1.1.	Tendinitis (del manguito rotador, bicipital, calcárea...)	297
7.6.1.2.	Tendinitis de la porción larga del bíceps braquial	298
7.6.1.3.	Peritendinitis/tenosinovitis/sinovitis	298
7.6.1.4.	Tenosinovitis estenosante o enfermedad de Quervain	299
7.6.1.5.	Epicondilitis	299
7.6.1.6.	Epitrocleititis	300
7.6.1.7.	Tendinitis tricpital	300
7.6.1.8.	Dedos en gatillo o en resorte.....	300
7.6.1.9.	Tendinitis aquiliana	301
7.6.1.10.	Tendinitis rotuliana o de la pata de ganso.....	301

7.6.1.11.	Otras tendinitis de la muñeca y mano.....	301
7.6.1.12.	Síndrome del túnel carpiano (STC)	301
7.6.1.13.	Síndrome del Canal de Guyon o del túnel cubital o ulnar	302
7.6.1.14.	Síndrome del túnel radial o atrapamiento del canal ulnar	302
7.6.1.15.	Síndrome del pronador redondo	303
7.6.1.16.	Síndrome del opérculo torácico	303
7.6.1.17.	Radiculopatía Cervical	303
7.6.1.18.	Síndrome del túnel tarsiano y del túnel tarsiano anterior	304
7.6.1.19.	Ciatalgia o radiculopatía lumbar	304
7.6.1.20.	Contractura muscular.....	305
7.6.1.21.	Síndrome del dolor miofascial y puntos gatillo miofasciales (trigger point)	305
7.6.1.22.	Miositis osificante	305
7.6.1.23.	Tensión muscular cervical.....	305
7.6.1.24.	Lumbalgia mecánica o dolor lumbar mecánico simple	306
7.6.1.25.	Aneurisma de la arteria cubital o síndrome del martillo hipotenar.....	306
7.6.1.26.	Síndrome de Raynaud	306
7.6.1.27.	Enfermedad articular degenerativa u osteartrosis	307
7.6.1.28.	Bursitis subcutáneas prerotuliana y olecraniana	307
7.6.1.29.	Bursitis profunda anserina, prepatelar, gastrocnemio-semimembranoso y retrocalcánea	307
7.6.1.30.	Lesiones crónicas de meniscos	308
7.6.1.31.	Ganglión carpiano	308
7.6.1.32.	Lesiones ligamentosas.....	308
7.6.2.	Resumen de descripción de TME´s, actividades y factores de riesgo	309
7.6.3.	Estudio de casos y controles	315

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES..... 319

8.1. Conclusiones sobre definición de procesos y actividades319

8.2. Conclusiones derivadas de la aplicación de los métodos de observación directa319

8.3. Conclusiones derivadas de la aplicación de técnicas de análisis biomecánico mediante software específico.....322

8.4. Conclusiones derivadas de la aplicación de métodos epidemiológicos descriptivos323

8.5. Conclusiones del resultado de la aplicación de métodos epidemiológicos analíticos.....324

8.6. Conclusiones finales y líneas futuras324

8.6.1.	Hipótesis de trabajo	324
8.6.1.1.	Hipótesis 1	324
8.6.1.2.	Hipótesis 2	325
8.6.1.3.	Hipótesis 3	326
8.6.1.4.	Hipótesis 4	326
8.6.1.5.	Hipótesis 5	326
8.6.2.	Objetivos de trabajo	327
8.6.2.1.	Objetivo 1	327
8.6.2.2.	Objetivo 2	327
8.6.2.3.	Objetivo 3	327

8.6.2.4. Objetivo 4.....	328
8.6.2.5. Objetivo 5.....	328
8.6.2.6. Objetivo 6.....	328
8.6.2.7. Objetivo 7.....	329
8.6.3. Líneas futuras.....	329

ANEXOS333

Anexo I: entrevista estructurada para la identificación de signos de trastornos musculoesqueléticos.....	333
---	------------

Anexo II: listado de códigos y causas	336
--	------------

Anexo III: ficha para la descripción de la investigación de accidentes de trabajo y EP	338
---	------------

Anexo IV: tabla para el diagrama de procesos.....	339
--	------------

BIBLIOGRAFÍA.....	341
--------------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA MULTIMETODOLÓGICA PARA LAS INSTALACIONES MECÁNICAS EN EDIFICIOS.	211
TABLA 2. TABLA DE CONVERSIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE RIESGO PARA LAS PUNTUACIONES FINALES.....	214
TABLA 4. REPRESENTACIÓN DE MÉTODOS UTILIZADOS EN FUNCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	219
TABLA 5. MATRIZ DE POSIBLE RELACIÓN ENTRE FACTOR BIOMECÁNICO Y ENFERMEDAD TME.	232
TABLA 6. RELACIONES ENTRE ACTIVIDADES Y GRUPOS DE TRABAJO.	237
TABLA 7. DIAGRAMA DE PROCESOS DE REDES DE CLIMATIZACIÓN (CHAPA Y FIBRA DE VIDRIO).	241
TABLA 8. DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LAS ACTIVIDADES DEL MONTAJE DE CONDUCTOS (REJILLAS, COMPUERTAS, TOBERAS.....)	242
TABLA 9. DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍA FRIGORÍFICA (CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍA).	244
TABLA 10. DIAGRAMA DE PROCESO PARA LAS ACTIVIDADES DE MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍA FRIGORÍFICA (EVAPORADORAS).	245
TABLA 11. DIAGRAMA DE PROCESO PARA LAS ACTIVIDADES DE MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍA FRIGORÍFICA (CONDENSADORAS).....	245
TABLA 12. DIAGRAMA DE PROCESO DE REDES ELÉCTRICAS PARA LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN.	247
TABLA 13. DIAGRAMA DE PROCESO SOBRE LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍA DE PCI	249
TABLA 14. DIAGRAMA DE PROCESO DE ALBAÑILERÍA FINA (CONSTRUCCIÓN DE PAREDES Y MURETES).	251
TABLA 15. DIAGRAMA DE PROCESO DE ALBAÑILERÍA FINA (CANALÓN DE PVC Y TOLDOS).....	251
TABLA 16. DIAGRAMA DE PROCESO DE ALBAÑILERÍA FINA (RECIBIDO Y ACABADO DE COMPUERTAS).....	252
TABLA 17. RESULTADOS DE LOS MÉTODOS DE OBSERVACIÓN DIRECTA.	256
TABLA 18. ACTIVIDADES SEGÚN CODIFICACIÓN OWAS Y NIVELES.	274
TABLA 19. RESUMEN DE RESULTADOS SEGÚN EL SOFTWARE DEL IBV.	275
TABLA 20. RESULTADOS EN LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE 3DSSPP 6.0.5.	278
TABLA 21. INVESTIGACIÓN DE ENFERMEDAD PROFESIONAL. BURSITIS OLECRANIANA.	279
TABLA 22. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE DE TRABAJO. LUMBALGIA.	281
TABLA 23. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE DE TRABAJO. LUMBALGIA.	282
TABLA 24. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE DE TRABAJO. CONTRACTURA MUSCULAR.	283
TABLA 25. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE DE TRABAJO. CONTRACTURA MUSCULAR.	284
TABLA 26. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE DE TRABAJO. CIATALGIA.....	285

TABLA 27. RESUMEN DE LA ENFERMEDAD Y ACCIDENTES INVESTIGADOS.....	286
TABLA 28. REPRESENTACIÓN DE FACTORES Y TME'S.....	310
TABLA 29. REPRESENTACIÓN ENTRE ACTIVIDADES Y TME.....	311
TABLA 31. LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS REGISTRADAS (PARA N=34 ENTREVISTADOS Y N=15 CASOS).....	316
TABLA 32. RESULTADOS DE CASOS Y CONTROLES MEDIANTE EPIDAT 3.1.....	318

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROBLEMAS DE SALUD OCUPACIONALES. EU27.....	38
FIGURA 2. TIPOS DE EXPOSICIÓN A FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO, POR SECTOR Y OCUPACIÓN.....	38
FIGURA 3. REGISTRO DE DATOS DE PROBLEMAS MUSCULOESQUELÉTICOS (ÓSEO, ARTICULAR Y MUSCULAR) EN %. EU27.	39
FIGURA 4. PROBLEMAS DE SALUD, DOLOR DE ESPALDA Y DOLORS MUSCULARES, POR SECTOR.....	40
FIGURA 5. MOLESTIAS MUSCULOESQUELÉTICAS MÁS FRECUENTES POR SECTOR DE ACTIVIDAD.....	40
FIGURA 6. TEORÍA DE LA NEUROMATRIZ, ADAPTADO DE MELZACK.....	53
FIGURA 7. TEORÍA DE LA REALIDAD-REALIDAD VIRTUAL DE WALL.....	54
FIGURA 8. MODELO DE EVITACIÓN DEL MIEDO DE VLAYEN Y LINTON.....	54
FIGURA 9. VÍAS CENTRALES DEL DOLOR DESDE EL NÍVEL MEDULAR HASTA LOS CENTROS NERVIOSOS SUPERIORES.....	55
FIGURA 10. CORTE TRANSVERSAL QUE MUESTRA UNA SÍNTESIS DE LAS ESTRUCTURAS EN DIVERSOS SEGMENTOS DE LA MÉDULA ESPINAL Y LA FORMACIÓN DE UN NERVIIO ESPINAL.....	58
FIGURA 11. ESCALA DE BORG DE CLASIFICACIÓN VERBAL DEL DOLOR (A) Y ESCALA VERBAL DE CLASIFICACIÓN DEL DOLOR (DE LA ESCALA DE ROLAND MORRIS) (B).....	62
FIGURA 12. ESCALA DE PUNTUACIÓN NUMÉRICA. ADAPTADA DE LA ESCALA CR19 DE BORG.....	63
FIGURA 13. CUESTIONARIO DE DOLOR DE MCGILL.....	65
FIGURA 14. FORMA ABREVIADA DEL CUESTIONARIO DE DOLOR DE MCGILL.....	65
FIGURA 15. CUESTIONARIO DE DOLOR DE SAINT-ANTOINE.....	66
FIGURA 16. CUESTIONARIO DE OSWESTRY.....	67
FIGURA 17. REGIONES DE SUBDIVISIÓN DE LA TÉCNICA BODY PART DISCOMFORT (BPD).....	68
FIGURA 18. CUESTIONARIO NÓRDICO.....	70
FIGURA 19. CLASIFICACIÓN DE LESIONES MÁS FRECUENTES SEGÚN REGIONES AFECTADAS.....	82
FIGURA 20. CLASIFICACIÓN DE LESIONES MÁS FRECUENTES SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LAS PATOLOGÍAS.....	83
FIGURA 21. MODELO CONCEPTUAL DEL DESARROLLO DE LOS TME'S PROPUESTO POR ARMSTRONG.....	108
FIGURA 22. MODELO CONCEPTUAL RELACIONADO CON LA CARGA DE TRABAJO.....	109
FIGURA 23. MODELO CONCEPTUAL DE LOS MECANISMOS FISIOLÓGICOS Y FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA GENERACIÓN DE TME'S.....	110
FIGURA 24. MODELO CONCEPTUAL DE LAS POSIBLES CAUSAS E INFLUENCIAS DE LA GENERACIÓN DEL TME OCUPACIONAL.....	111
FIGURA 25. DIAGRAMA DE TEORÍA DE INTERACCIÓN MULTIVARIADA.....	113

FIGURA 26. MODELO CONCEPTUAL DE SISTEMAS PARA EL PAPEL DE LOS FACTORES CONCEPTUALES.	114
FIGURA 27. ¿DÓNDE OPERAN LOS FACTORES INDIVIDUALES EN EL TRANSCURSO DEL DESARROLLO DE UN TME?.....	116
FIGURA 28. MODELO CONCEPTUAL DE LA PATOFISIOLOGÍA DE LOS TME'S EN LOS MIEMBROS SUPERIORES.	118
FIGURA 29. INTERACCIÓN DE LAS VARIABLES.	119
FIGURA 30. MODELO COPE SOBRE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN ERGONÓMICA Y TME'S..	120
FIGURA 31. EJEMPLOS DE TME'S OCUPACIONALES Y FACTORES BIOMECÁNICOS QUE INCREMENTAN EL RIESGO DE QUE SE PRODUZCA LA PATOLOGÍA.	121
FIGURA 32. LA ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DEPENDE DE LA FORMA EN QUE LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS SON IDENTIFICADOS.....	122
FIGURA 33. TABLA DE ETAPAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN.	124
FIGURA 34. CLASIFICACIÓN MÉTODOS DE RIESGO DORSO LUMBAR POR NIVEL DE DIFICULTAD.	125
FIGURA 35. RESUMEN DE LAS LISTAS DE VERIFICACIÓN.	128
FIGURA 36. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN POR OBSERVACIÓN DIRECTA.....	136
FIGURA 37. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA PUNTUACIÓN FINAL EN EL MÉTODO RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA).....	149
FIGURA 38. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA PUNTUACIÓN FINAL EN EL MÉTODO RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA).	150
FIGURA 39. DIAGRAMA DE POSTURE TARGETTING.....	158
FIGURA 40. VARIABLES BÁSICAS Y SU INFLUENCIA EN LAS SITUACIONES DE TRABAJO CON HERRAMIENTAS MANUALES.	165
FIGURA 41. MODELO DEL CUBO PARA LA EVALUACIÓN ERGONÓMICA.....	166
FIGURA 42. DIAGRAMA DE DECISIONES	170
FIGURA 43. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE VIDAR.....	195
FIGURA 44. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS ERGONÓMICOS (DE EVALUACIÓN DE FACTORES BIOMECÁNICOS)	210
FIGURA 45. REPRESENTACIÓN DE LOS MÉTODOS SELECCIONADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES OBJETO DE ESTUDIO.	218
FIGURA 46. PANTALLA EN USO DE 3DSSPP 6.0.5.....	221
FIGURA 47. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE REDES DE CLIMATIZACIÓN.	240
FIGURA 48. DIAGRAMA DE FLUJO SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS REDES DE TUBERÍA Y EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN.	243
FIGURA 49. DIAGRAMA DE FLUJO SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE REDES ELÉCTRICAS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN.	246
FIGURA 50. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE TUBERÍA DE PCI	248
FIGURA 51. DIAGRAMA DE FLUJO DE ALBAÑILERÍA.	250
FIGURA 52. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE CLIMATIZACIÓN CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE POSTURAS FORZADAS, ESTÁTICAS Y ESTÁTICAS PURAS.....	258

FIGURA 53. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE CLIMATIZACIÓN CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS REPETITIVOS.	258
FIGURA 54. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE CLIMATIZACIÓN CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MANIPULACIÓN MANUAL, TRANSPORTE Y LEVANTAMIENTO DE CARGAS. .	259
FIGURA 55. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE CONDUCTOS CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE FUERZA Y ESFUERZO FÍSICO.	260
FIGURA 56. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE CONDUCTOS CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE POSTURAS ESTÁTICAS, FORZADAS Y ESTÁTICAS PURAS.	261
FIGURA 57. DIAGRAMA DE FLUJO DE DE MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍA FRIGORÍFICA Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS REPETITIVOS.	262
FIGURA 58. DIAGRAMA DE FLUJO DE DE MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍA FRIGORÍFICA Y RESULTADOS (MMC, TRANSPORTE, LEVANTAMIENTO DE CARGAS Y EMPUJE).	262
FIGURA 59. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍA FRIGORÍFICA Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE FUERZA Y ESFUERZO FÍSICO.	263
FIGURA 60. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES ELÉCTRICAS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE POSTURAS FORZADAS, ESTÁTICAS Y PURAS.	264
FIGURA 61. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES ELÉCTRICAS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS REPETITIVOS.	265
FIGURA 62. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES ELÉCTRICAS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE FUERZA Y ESFUERZO FÍSICO.	265
FIGURA 63. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE TUBERÍA DE PCI Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE POSTURAS FORZADAS, ESTÁTICAS Y ESTÁTICAS PURAS.	266
FIGURA 64. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE TUBERÍA DE PCI Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS REPETITIVOS.	267
FIGURA 65. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE TUBERÍA DE PCI Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MMC, TRANSPORTE, LEVANTAMIENTO DE CARGAS Y EMPUJE.	267
FIGURA 66. DIAGRAMA DE FLUJO DE REDES DE TUBERÍA DE PCI Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE FUERZA Y ESFUERZO FÍSICO.	268
FIGURA 67. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE ALBAÑILERÍA FINA Y RESULTADOS DEL POSTURAS FORZADAS, ESTÁTICAS Y ESTÁTICAS PURAS.	269
FIGURA 68. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE ALBAÑILERÍA FINA Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS REPETITIVOS.	269
FIGURA 69. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE ALBAÑILERÍA FINA Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MANIPULACIÓN MANUAL, LEVANTAMIENTO Y TRANSPORTE DE CARGAS.	270
FIGURA 70. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE ALBAÑILERÍA FINA Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE FUERZA Y ESFUERZO FÍSICO.	270
FIGURA 71. FOTOGRAFÍA QUE REPRESENTA LA PARTE DE UNIÓN DEL CODO ENTRE EL OLÉCRANON (ULNA) Y HÚMERO. SE OBSERVA LA CÁPSULA Y LA BOLSA SINOVIAL [446].	280
FIGURA 72. BURSITIS OLECRANIANA DE ETIOLOGÍA TRAUMÁTICA [447].	280
FIGURA 73. ÁRBOL DE CAUSAS NÚMERO 2.	281
FIGURA 74. ÁRBOL DE CAUSAS NÚMERO 3.	282
FIGURA 75. ÁRBOL DE CAUSAS NÚMERO 4.	283

FIGURA 76. ÁRBOL DE CAUSAS NÚMERO 5.	284
FIGURA 77. ÁRBOL DE CAUSAS NÚMERO 6.	285
FIGURA 78. GRUPOS DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA EDAD.....	287
FIGURA 79. REPRESENTACIÓN GRÁFICA EN PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN SEGÚN GRUPOS DE TRABAJO.....	288
FIGURA 80. REPRESENTACIÓN DE PUNTUACIONES DE ACTIVIDADES REALIZADAS A MENUDO Y MUY A MENUDO DURANTE LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS.	289
FIGURA 81. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL TIEMPO TRABAJADO EN EL PUESTO DE TRABAJO.	290
FIGURA 82. FACTORES QUE INCREMENTAN LOS TME´S SEGÚN LOS ENTREVISTADOS.	291
FIGURA 83. TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS PRODUCIDOS POR EL TRABAJO REALIZADO SEGÚN GRUPOS.	292
FIGURA 84. TIEMPO REQUERIDO PARA AUSENTARSE DEL TRABAJO DEBIDO A ALGUNO DE LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS PRODUCIDOS DURANTE LA ACTIVIDAD DE TRABAJO.	293
FIGURA 85. DOLOR QUE NO PROVOCA AUSENCIA Y QUE ESTÁ RELACIONADO CON LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PUESTO DE TRABAJO (N=34).....	294
FIGURA 86. DOLOR QUE NO PROVOCA AUSENCIA Y QUE ESTÁ RELACIONADO CON LAS ACTIVIDADES REALIZADAS, REPRESENTADO POR GRUPOS.....	294
FIGURA 87. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TEMPORIZACIÓN DE LAS MOLESTIAS.....	295
FIGURA 88. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DURACIÓN DEL EPISODIO.....	296
FIGURA 89. ESCALA DE CLASIFICACIÓN DE LAS MOLESTIAS PRODUCIDAS.	296
FIGURA 90. MODELO DEL ÁRBOL DE CAUSAS.....	338

ABREVIATURAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ACT	Análisis de las Condiciones del Trabajo
AET	Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
ANACT	Agence Nationale pour L'Amélioration des Conditions de Travail
ANSI	American Standard Institute
AR	Arm reach
ARBAN	Arbetsanalys
ART	Assessment of Repetitive Task of the upper limbs
Back-EST	Back-Exposure Sampling Tool
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BPD	Body Part Discomfort
CAD	Computer Aided Design
COPE	Co-operative for Optimization of industrial production systems regarding Productivity and Ergonomics
CTDs	Cumulative Trauma Disorders
DTA	Daño por Traumatismo Acumulado
DUE	Distal Upper Extremity
EMG	Electromiografía
ENSIDESA	Empresa Nacional Siderúrgica
ENF	Estudios Neurofisiológicos
EP	Enfermedad Profesional
EPI	Equipo de Protección Individual
ESAW	European statistics of accidents at work
ESWC	European Survey on Working Conditions
ERGAN	Ergonomics Analysis
EUROSTAT	Statistical Office of the European Communities
EU-LFS	European Union Labour Force Survey

EU-OSHAS	European Agency for Safety and Health at Work
EWA	Ergonomic Workplace Analysis
EWM	Ergonomic Workplace Method
EWSC	European Working Conditions Observatory
FC	Frecuencia Cardíaca
FIFARIM	Fiche d'Identification des Facteurs de Risques liés a la Manutention
HADA	Herramienta de Análisis y Diseño Asistido
HAL	Hand Activity Level
HARM	Hand Arm Risicobeoordelings Methode
HARBO	Hands Relative to the Body
HSE	Health and Safety Executive
HSL	Health & Safety Laboratory (HSL)
IASP	International Association for the Study of Pain
IBV	Instituto de Biomecánica de Valencia
IC	Intervalo de Confianza
ICP	Índice de Carga Postural
INRS	L'Institut National de Recherche et Sécurité
IOM	Institute of Occupational Medicine
ISO	International Organization for Standardization
ILO	International Labour Organisation
IT	Incapacidad Temporal
JET	Job Evaluator Toolbox
KIM	Key Indicator Method
HARBO	Hands Relative to the Body
LASI	Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik
LEST	Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail
LISOS	Ley sobre Infracciones y sanciones en el Orden Social.
LPRL	Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
LUBA	Loading on the Upper Body Assessment
MA	Medioambiente
MAC	Manual Handling Assessment Chart
MFA	Muscle Fatigue Analysis

MIC	Método de Indicadores Clave
MHL	Manual Handling Load
MHT	Maximum Holding Time
MMC	Manipulación Manual de Cargas
MSC	Ministerio de Sanidad y Consumo
MSDs	Work-related musculoskeletal disorders
MSK	Musculoskeletal
NASA-TLX	NASA Task Load Index
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NPF	Normalized Peak Force
NRC	National Research Council
OCRA	Occupational Repetitive Actions
ODQ	Oswestry Disability Questionnaire
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OS	Overuse Syndromes
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PATH	Posture, Activity, Tools and Handling
PCI	Protección contra incendios
PDA	Personal Digital Assistant
PEO	Portable Ergonomic Observation
PLIBEL	Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer
PVC	Policloruro de vinilo
QDSA	Questionnaire Douleur Saint-Antoine
QEC	Quick Exposure Check for Work related Musculoskeletal Risks
RAE	Real Academia Española
REBA	Rapid Entire Body Assessment
REC	Remaining Endurance Capacity
REFA	Reichsausschußfür Arbeitszeitermittlung
RM	Resonancia Magnética
RNUR	Régie Nationale d'Usines Renault
RSI	Repetitive Strain Injury
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
SN	Sistema Nervioso

SNC	Sistema Nervioso Central
SPA	Servicio de Prevención Ajeno
SR	Shoulder Height
STO	Síndrome opérculo torácico
STC	Síndrome del túnel carpiano
STR	Síndrome del túnel radial
SST	Seguridad y Salud en el Trabajo
SSPP	Static Strength Prediction Program
SZW	Soziale Zakenn en Werkgelegenheid
TRAC	Task Recording and Analysis on Computer
TLV	Threshold Limit Value
TLX	Task Load Index
TME	Trastorno musculoesquelético
TME's	Trastornos musculoesqueléticos
TMS	Troubles Musculosquelettiques
UE	Unión Europea
UEx	Universidad de Extremadura
UEMDs	Upper Extremity Muscle Disorders
ULET	Upper Limbs Expert Tool
ULDs	Upper Limb Disorders
UNE	Una Norma Española
VCC	Vibraciones de cuerpo completo
VIRA	Videofilmteknik för Registrering och Analys
VIDAR	Video-och Datorbaserad Abetsanalys, a video and computer based method for ergonomic assessment
WMSD	Work Musculoskeletal Disorders
WR-model	Work Rest-model
WRMSD	Work-related Musculoskeletal Disorders

ABSTRACT

Work related musculoskeletal disorders (WRMSDs) comprise for decades a special research case of the construction sector and have risen major attention in the EU member countries. The research has made a considerable progress about those occupational disorders in construction works, processes, and activities during recent decades, although, the subsectors of construction sector are still remaining a pending matter.

This research aims to explore and evaluate activities carried out specific tasks dedicated to mechanical installations works in buildings. The data collected covers a sample of 150 workers in a high building under construction in Spain during a 12-month period spanning from April 2010 to March 2011. The research analysis was conveyed in a special work environment including material handling equipment in order to reduce or eliminate biomechanical risk factors. Hence, this consideration reflects major ergonomics advantages in the development of the study.

Work tasks have been identified and included in several groups: Construction and installation of ducts, construction and installation of machinery and pipe store aiming the construction of the air conditioning systems including the installation equipment (evaporators and condensers), fire protection assembly line, electrical installations aiming the installation of electrical networks for the distribution to the air conditioning systems, and fine masonry (stucco plaster).

Once, the processes, activities, and risk factors are defined, the research applied various techniques of direct observation to calculate the exposure level of biomechanical risk factors. In addition, specific software complements the study. The investigation of occupational accidents and diseases collect the development WRMSDs and the description of the causes. Furthermore, the interview survey approaches to obtain complementary data about the investigation of occupational accidents and diseases. Finally, the previous epidemiological literature and the case-control study establish the causes of WRMSDs.

The research demonstrates that mechanical installations workers may develop both - common and uncommon - cases of WRMSDs in the construction sector. In conclusion, the result relates the main causes of low back pain.

RESUMEN

Los trastornos musculoesqueléticos (TME's) en el sector de la construcción constituyen desde décadas un particular caso de estudio y despiertan un gran interés por parte de los países miembros de la UE. Durante las últimas décadas se ha avanzado considerablemente sobre el estudio de TME's ocupacionales relacionados con los trabajos, procesos y actividades del sector de la construcción. Para los subsectores dependientes de este sector continúa siendo una materia pendiente.

En esta investigación se realiza un estudio detallado de algunas de las tareas que se llevan a cabo en el sector de la construcción, concretamente, las relacionadas con los operarios de instalaciones mecánicas. Durante un periodo de 12 meses comprendido entre el mes de abril del 2010 a marzo de 2011 se recogieron datos de una muestra de 150 trabajadores en la construcción de un edificio de gran envergadura en España. El análisis ha sido realizado en un entorno de trabajo en el que se disponía de medios mecánicos para el manejo de cargas, de manera que se propicia la reducción o eliminación de factores de riesgo biomecánico, lo que ha supuesto ventajas de tipo ergonómico en el estudio.

Las tareas fueron identificadas e incluidas dentro de los siguientes gremios: construcción y montaje de redes de conductos para aire acondicionado, construcción y montaje de redes de tubería y maquinaria frigorífica (evaporadoras y condensadoras), redes y montaje de tubería de protección contra incendios, instalaciones eléctricas para los equipos de aire acondicionado y albañilería fina.

Una vez definidos los procesos, actividades y los factores de riesgo, se aplican métodos ergonómicos de observación directa para el cálculo del nivel de exposición a los factores de riesgo biomecánico, a lo que se añade el complemento de uso de software específico. En la investigación de accidentes y enfermedades profesionales se recogen los trastornos musculoesqueléticos ocupacionales desarrollados y las identificación de las causas relacionadas. Como medio adicional, se realiza una entrevista con el fin de obtener una descripción de datos que complete el estudio epidemiológico de la investigación de accidentes y enfermedades profesionales. Finalmente, la aplicación epidemiológica analítica de recopilación de casos previos de la literatura y el estudio de casos y controles permitirán obtener las causas de los TME's ocupacionales.

Los resultados identifican TME's tanto comunes como no comunes al sector de la construcción, siendo interesante la identificación de causas ergonómicas asociadas directamente con TME's que afectan a la zona lumbar o parte baja de la espalda.

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1. Alcance del trabajo

La línea de investigación de este estudio se enmarca dentro de la ergonomía, que como disciplina científica trata del diseño de tareas que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. La ergonomía es la ciencia multidisciplinar que optimiza los tres elementos del sistema humano-máquina-ambiente y para llegar a esto, recurre a métodos de estudio de la persona, la técnica y la organización [1-7].

En relación a la ergonomía y de forma más concreta, el trabajo realizado puede encuadrarse en el ámbito de la ergonomía biomecánica humana ocupacional como dominio de la ergonomía física¹ que concierne a las posturas y movimientos que se desarrollan².

Por otro lado, la investigación realizada se basa en el concepto de que el estudio de campo y el análisis en el propio puesto de trabajo son vitales para el desarrollo ergonómico de los trabajos, la investigación de actividades específicas y la mejora de las interacciones entre las personas y el mundo que las rodea [9].

De forma específica, se estudian las actividades y tareas desarrolladas en el sector de construcción, en particular, los trabajos realizados por operarios de instalaciones mecánicas en edificios, subsector intrínsecamente relacionado con el sector de la construcción, aunque diferenciado por los propios procesos llevados a cabo.

La selección de la temática analizada viene determinada por la carencia de estudios de esta tipología para el sector mencionado.

Por otra parte, se parte del principio de que los lugares de trabajo y puestos de trabajo estables con un gran número de trabajadores que hacen exactamente lo mismo, es prácticamente cosa del pasado en este tipo de sectores [10]. Por eso, uno de los fines de este estudio será diferenciar los factores de riesgo biomecánicos en relación a las tareas, procesos y actividades que se llevan a cabo en las instalaciones mecánicas en edificios.

Para llegar a un análisis cuantitativo de los factores de riesgos biomecánicos se requiere de la aplicación de una metodología detallada. Ante la carencia de esta metodología por la escasez de estudios en este sector, se plantea como objetivo principal el desarrollo de una técnica multimetodológica que sirva como

¹ La ergonomía física se preocupa de las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas humanas, en tanto que se relacionan con la actividad física [8].

² *Ibidem*.

referencia para el estudio del sector de las instalaciones mecánicas en edificios y otros sectores paralelos³.

Existen estudios sobre el sector de la construcción que indican un grave incremento de trastornos musculoesqueléticos (TME's) asociados a las tareas⁴ que se desarrollan en dicho sector. Se ha demostrado con estos estudios que las causas que los producen están asociadas a los factores de riesgo biomecánico de los procesos⁵ desarrollados [12]. Los TME's ocupacionales incluyen, además, una perspectiva biopsicosocial⁶ que empeora los efectos que pueden producir los factores biomecánicos.

Aún así, a pesar de los estudios realizados para el sector de la construcción, el nexo causa-etilogía es una dimensión desconocida en las instalaciones mecánicas en edificios. Generalmente, se atribuyen consideraciones causales y riesgos tipificados del sector de la construcción que no han sido probados en las instalaciones mecánicas de edificios.

Por lo tanto, este proyecto también se centra en elaborar un nexo causal directo de los (TME's) ocupacionales que afectan a los operarios de las instalaciones mecánicas de edificios.

Adicionalmente, se ha tenido en cuenta que la realidad de cada situación patogénica de TME que afecta a los trabajadores de las instalaciones mecánicas en edificios, será el resultado de una combinación de múltiples factores. De esta forma, las relaciones entre éstos pueden dar lugar a la posibilidad de que la enfermedad se materialice en el tiempo.

El Grupo de investigación ENERMYT del Área de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad de Extremadura (UEX) desarrolla actividades relacionadas con la difusión, la formación y la investigación de la seguridad y salud laboral, entre otras. Así, por ejemplo, en la línea de formación coordina el postgrado oficial "Máster en Seguridad y Salud Laboral", que la autora realizó durante el periodo de formación previo al programa doctoral al que está adscrita denominado "Ingeniería Mecánica", línea de investigación "Seguridad y Salud Laboral". Además, esta tesis nace de la experiencia personal de la autora en gestión de procesos y prevención de riesgos en el sector de las instalaciones mecánicas en edificios. Concretamente, la idea de este trabajo se inició a raíz de la realización de proyectos del área de las instalaciones mecánicas en el norte de España. Para el desarrollo de este estudio fue de especial relevancia el interés personal de la autora por la ergonomía, la medicina preventiva, la prevención de las lesiones musculoesqueléticas, la fisioterapia, la traumatología y la anatomía.

³ Como sectores paralelos, se refiere a aquellos sectores y puestos de trabajo relacionados con instalaciones y no incluidos en este estudio, como pudiera ser el sector de las instalaciones eléctricas de la red general y acometida, control y regulación, instalación de ascensores, puesta en marcha de instalaciones, instalación de acometida enterrada de gas, fontanería, etc.

⁴ Tarea: Trabajo que debe hacerse en tiempo limitado [11].

⁵ Proceso: Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial [11] *ibid*.

⁶ El modelo biopsicosocial es un enfoque participativo de salud y enfermedad que postula que el factor biológico, el psicológico (pensamientos, emociones y conductas) y los factores sociales, desempeñan un papel significativo de la actividad humana en el contexto de una enfermedad o discapacidad [13].

Entre todas las tareas desarrolladas en el sector de las instalaciones mecánicas, este estudio recoge las relativas a:

- a) Tareas de montaje de conductos, cuyo objetivo final es la construcción de redes de climatización completas, incluyendo el montaje de rejillas y/o toberas.
- b) Tareas de montaje de maquinaria y tubería frigorífica, cuyo fin es la construcción de la instalación frigorífica incluyendo la instalación de aquellos equipos que conforman la instalación (evaporadoras y condensadoras).
- c) Tareas de montaje de tubería de protección contra incendios (PCI), cuyo objetivo es la construcción de la instalación de PCI.
- d) Tareas de instalaciones eléctricas, cuyo fin es la instalación de las redes eléctricas que se distribuyen a los sistemas de climatización. Se han excluido de este estudio las redes de suministro a máquinas y general del edificio, ya que éstas forman parte de otros procesos eléctricos de la construcción del edificio.
- e) Tareas de albañilería fina, cuyo objetivo es dar apoyo a las instalaciones de climatización (p.e. construyendo paredes que eviten la entrada de agua en las zonas de instalaciones o instalando toldos de protección), así como el recibido y acabado de las mismas (p.e. el recibido de compuertas cortafuegos o rejillas).

Cabe indicar que aquellas actividades que requieren del uso de medios mecánicos de carga, han sido excluidas, por no ser la base de este estudio.

Adicionalmente, se ha descartado de este estudio la etapa de puesta en marcha de las instalaciones, así como aquellas tareas que requieren la utilización de maquinaria específica para el traslado de materiales (p.e. la grúa de obra), ya que estos trabajos son propios de otros puestos específicos no analizados en esta investigación. Tampoco se incluye las actividades relacionadas con la supervisión de los trabajos ejecutados (actividades propias de jefes de obra y/o encargados).

Por último, este estudio pudiera servir de base para el análisis de otras tareas relacionadas con las instalaciones mecánicas, como pueden ser la instalación eléctrica de la red general en edificios, la construcción y montaje de ascensores o la instalación eléctrica de los equipos de intrusión, instalaciones domóticas, etc.

1.2. Generalidades

Los TME's de origen laboral son alteraciones que sufren estructuras corporales como los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que éste se desarrolla. Tales trastornos afectan principalmente a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, aunque también pueden afectar a las inferiores [14].

La mayor parte de los TME de origen laboral se corresponde con trastornos acumulativos resultantes de una exposición repetida a cargas más o menos pesadas durante un período de tiempo prolongado. No obstante, los TME's también pueden deberse a traumatismos agudos -como fracturas- con ocasión o por consecuencia de un accidente⁷.

En cuanto a la exposición a los riesgos que causan estas afecciones, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido que son el resultado de un número de factores que contribuyen significativamente a su desarrollo, aunque varían en diferente magnitud según las causas de la enfermedad [15]. Los fenómenos que explican estas afecciones, así como las teorías y modelos sobre los TME's serán explicados con detalle en este estudio.

Cabe indicar que los TME's atienden a una etiología multifactorial en sintonía con variables genéticas, ambientales y diversos factores de comportamiento. Debido a esto, como contrapartida, sólo muy pocas enfermedades profesionales (EP) son reconocidas como enfermedades ocupacionales [16]. Sirva como ejemplo que el año 2001 y 2007 las enfermedades musculoesqueléticas reconocidas con mayor prevalencia en Europa fueron el síndrome del túnel carpiano, las enfermedades debidas a sobreesfuerzo del músculo y de las inserciones tendinosas y las enfermedades debidas a sobreesfuerzo de los tendones [17].

En España, el RD 1299/2006 incluye el cuadro de EP contempladas en el Sistema de la Seguridad Social y, en este decreto, se establecen los criterios para la notificación y su registro. Sin embargo, según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) la lista de enfermedades del sistema osteomuscular correspondería en los países miembros de la Unión Europea a listas paralelas que guardan similitud con el Anexo I del RD 1299/2006, aunque se mantienen ciertas diferencias en cada país [18].

Cabe esperar de esta forma, que a pesar de la cantidad de información vinculada a la clasificación de los TME's profesionales, la calidad es desigual y a veces insuficiente e imprecisa en algunos sectores. La propia OIT recomienda que aquellos trastornos del sistema osteomuscular no mencionados en la lista de EP sean incluidos, como revisiones de la misma, cuando se establezca, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacional, un vínculo directo entre la exposición a factores de riesgo que resulten de las actividades laborales y el TME que afecta al trabajador [19].

⁷ Ibidem.

Por otra parte, la OIT confía en que las listas de enfermedades actualizadas incluyan la relación causal entre la enfermedad y un agente, una exposición o proceso de trabajo específicos; que la enfermedad ocurra en relación con el ambiente de trabajo y/o en ocupaciones específicas; que la enfermedad tenga lugar entre grupos de trabajadores afectados con una frecuencia que excede la incidencia media en el resto de la población; y que haya evidencia científica de un patrón bien definido de la enfermedad tras la exposición y verosimilitud de la causa⁸.

Siguiendo este contexto, no es de extrañar que ante el vacío científico y metodológico que existe en el sector de las instalaciones mecánicas en los edificios, el tratamiento -rehabilitación- recomendado por los servicios de salud se vea seriamente afectado en la aplicación de estándares terapéuticos. Por otra parte, en el sector de las instalaciones mecánicas en edificios apenas se desarrollan diversas terapias sintomáticas, fisioterapéuticas preventivas y evaluaciones ergonómicas específicas por actividades que definan y estudien claramente el tipo de enfermedades musculoesqueléticas que los trabajadores pueden llegar a desarrollar [20].

Por consiguiente, para llevar a cabo este estudio se parte de fuentes procedentes de la literatura médica para asentar las bases de la clasificación de los TME's que afectan al sector. Por otra parte, también se recurre a la metodología epidemiológica para el establecimiento de la relación directa de la causa-efecto de los TME's identificados. Y esto, junto con la aplicación de la técnica multimetodológica, el estudio de los procesos de los puestos de trabajo, la identificación, análisis y la evaluación de riesgos ergonómicos, constituye una metodología que podría ser utilizada como base para la estrategia de herramientas preventivas y durante los procesos de rehabilitación y terapia.

1.3. Antecedentes y definición del problema

Los TME's abarcan una amplia gama de problemas de salud, siendo los de origen laboral un problema fundamental reconocido en el mundo. En general, los TME's constituyen una de las principales causas de lesiones y de discapacidad en los países industrializados y en vías de desarrollo industrial [21-24]. Además, los TME's de origen laboral son uno de los indicadores sociales de salud donde se observa una de las mayores desviaciones entre los países tecnológicamente avanzados y los países emergentes [25].

Los TME's suponen un grave problema en países industrializados⁹ y son un buen ejemplo de las consecuencias que acarrea no tener en cuenta las exigencias de la ergonomía. Constituyen el problema de salud más común en Europa, ya que afectan a millones de trabajadores y son la causa principal de absentismo laboral en prácticamente todos los países miembros de la UE. En algunos Estados, los TME's representan el 40 por ciento de los costos de indemnización al trabajador y hasta el 1,6 por ciento del producto interno bruto (PIB) [26, 27].

⁸ Ibídem.

⁹ Ibídem.

A pesar de esto, se debe reconocer que las mejores estimaciones pueden resultar en una subestimación de los verdaderos costes sociales y económicos, debido a la notificación insuficiente de los accidentes de trabajo y a la falta de reconocimiento de los orígenes profesionales de algunas enfermedades [27]. De hecho, en España esto se puso de manifiesto con la nueva Orden TAS/1/2007, que en relación a la mejora de la notificación de EP plantea como objetivo los requerimientos sobre notificación de accidentes laborales y registros que insta la Unión Europea (UE) y la información normalizada para la Statistical Office of the European Communities (Eurostat) con el fin de establecer la armonización estadística de tareas y facilitar el seguimiento de la salud y la seguridad en el trabajo, así como la eficacia de la reglamentación [28].

En términos relacionados con el sector de la construcción, el RD 1299/2006 (sobre el cuadro de EP en el sistema de la Seguridad Social donde se establecen criterios para su notificación y registro) indica que las lesiones agudas osteomusculares en trabajadores de la construcción dan lugar con frecuencia a síntomas crónicos y los efectos sustanciales de estos síntomas pueden conllevar en el individuo una reducción importante de su calidad de vida [29].

Por otra parte, el problema del desarrollo de TME's ocupacionales en el sector de la construcción es un hecho ancestral. Para comprenderlo y hacer un balance de la situación actual, se describe en los siguientes puntos la cadena evolutiva del Homo Sapiens fundamentada con el desarrollo, a lo largo de los siglos, de actividades vinculadas al sector de la construcción -desde el trabajo de cantero a lo que se conoce hoy en día con el nombre de sector de la construcción y todos aquellos sectores íntimamente relacionados con éste, como son las instalaciones mecánicas en edificios-.

Desde el punto de vista de la cadena evolutiva, es un hecho culminante el que el ser humano haya disfrutado de innumerables ventajas frente a otras especies y entre éstas, tal vez una de las más importantes sea la bipedestación. Este fenómeno ha permitido que los homínidos caminen erguidos desde hace más de 3 millones de años, gracias a la liberación de las extremidades superiores de la locomoción. Además, el fenómeno de la bipedestación ha hecho posible que el ser humano pueda otear el horizonte, lleve una marcha con menor gasto energético y exponga menos superficie corporal al sol [30].

Aun así, para que el Homo Sapiens haya adquirido la capacidad de diseñar utensilios y máquinas, se han sucedido grandes cambios morfológicos. Por una parte, los debidos al experimentar el cerebro modificaciones morfológicas y alteraciones en los patrones de función neuronal [31-33], que a su vez han propuesto alteraciones en el fenotipo cognitivo¹⁰ y el comportamiento social humano en relación con otros primates [35].

Por otra parte, a medida que el cerebro humano aumentó en tamaño y complejidad a través de ciertos linajes de la evolución de los primates, también lo hicieron sus necesidades energéticas, donde los genes implicados en el metabolismo energético aeróbico (sin oxígeno) pudieron haber sido influenciados

¹⁰ Fenómeno cognitivo: hace referencia a la facultad de los organismos de adquirir información, procesar dicha información y elaborar respuestas [34].

bajo la selección positiva de los codificadores de proteínas y de regulación durante la historia evolutiva humana [36].

También se sucedieron los cambios craneales y poscraneales (extremidades y columna), de los cuáles llama particularmente la atención los de tipo biomecánico debidos a la lordosis de la columna lumbar y cervical, la modificación de la pelvis, la modificación del fémur, la modificación de la rodilla (cóndilos, rótula, bandeja tibial) y sistemas estabilizadores de la rodilla, la torsión de la tibia y el fémur, la ubicación del calcáneo bajo el astrágalo, la movilidad del hombro, la movilidad del carpo y de la mano, y la oposición del pulgar [37].

A partir de estas modificaciones evolutivas, el Homo Sapiens ha podido ir desarrollando trabajos artesanales hasta llegar al proceso industrial que se conoce hoy en día. En el sector de la construcción, estos trabajos se llevan ejecutando desde que el Imperio Romano consolidase la técnica de la cantería. Así, mediante el empleo de operarios altamente especializados, con una estricta formación, y la utilización de herramientas muy perfeccionadas, se estuvo en disposición de levantar grandes monumentos.

A comienzos del siglo XV los canteros formaron una verdadera aristocracia dentro de los gremios, organizándose en logias¹¹ y estableciendo dos clases o categorías de obreros: el masón superior o cantero, que es el que trabajaba la piedra, y el inferior o albañil, que no posee la misma formación y que estaba encargado principalmente de colocarla. Dentro del masón superior o cantero, se distinguía entre el artista -que trabaja la piedra blanda de adorno- y el picapedrero -que trabajaba la piedra dura de sillería-. Asimismo, estos gremios contaban con el concurso de un gran número de técnicos pertenecientes a otras corporaciones de oficios: carpinteros, herreros, plomeros, vidrieros, pulidores y, sobre todo, peones y carreteros. Además de mantener una estructura organizativa, utilizaban una simbología adecuada, y requerían de herramientas de trabajo y estructuras autoportantes capaces de soportar el peso de los operarios mediante andamiajes y plataformas superiores, así como ciertos artilugios para elevación de materiales, como son el ergate¹², la cabria y la grúa [38, 39].

Nuestros antepasados canteros, desconocían los factores de riesgo biomecánicos a los que se encontraban expuestos al realizar estos trabajos y no sería hasta el siglo XVIII cuando se reconocerían las primeras EP de la mano de Bernardino Ramazzini (médico italiano que introdujo en el año 1700 su obra más conocida: "De morbis Artificum Diatriba", la cual constituye el primer estudio de las enfermedades relacionadas con los distintos oficios). Ramazzini visitó los lugares de trabajo para observar los procedimientos y técnicas empleados, así como los materiales y las sustancias que se utilizaban en cada oficio, a lo que añadió información de las entrevistas que realizó. En su obra, Ramazzini comienza a esbozar un cuadro de patologías que, con el paso de los años se habían desarrollado entre la población subalterna obrera. Identifica en su estudio, dos importantes grupos de enfermedades, por una parte, las debidas a

¹¹ Del italiano loggia, o galería cubierta, que es la ubicación a pie del edificio donde encontraba el taller.

¹² El ergate consistía en un simple torno de elevación para cargas livianas. Procede de la tradición arcaica y clásica griega, con anterioridad a los aparejos de elevación de poleas.[38].

las sustancias utilizadas, y por otra las debidas a las posiciones y movimientos no fisiológicos del cuerpo [40], constituyendo así el primer pronunciamiento de la existencia de los TME's de origen ocupacional.

Además de esto, la idea de que en el sector de la construcción se desarrollen TME's no es un hecho aislado y ocasional, sino que lleva existiendo a lo largo de los siglos sin que se haya podido establecer una solución definitiva que reduzca significativamente la incidencia¹³ de estas enfermedades.

Por estas razones, los Estados Miembros de la UE desde hace años han reconocido la reducción de los accidentes y EP dentro de las actuaciones prioritarias en la política europea [42]. Por una parte, entre los objetivos planteados por la Constitución de la Organización Internacional del Trabajo [43] se incluyen la protección de los trabajadores contra las enfermedades musculoesqueléticas (sean o no profesionales) [44]¹⁴.

Por otra parte, dentro de las Estrategias Comunitarias Europeas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) (p.e. en la estrategia del periodo 2002-2006 o en la estrategia del periodo 2007-2012) se han identificado los TME's como un área importante para reforzar la prevención y reducir cuantitativamente las enfermedades de origen profesional.

¹³ La tasa de incidencia (TI) se refiere a la relación entre el número de nuevos casos a lo largo de un periodo (enfermedades, lesiones, muertes, días de trabajo perdidos, etc.) y la suma de los períodos de riesgo de cada uno de los individuos a lo largo del período que se especifica. Es una tasa porque el denominador se expresa como tiempo-persona [41].

¹⁴ Sobre los trastornos musculoesqueléticos "la UE reconoce el papel central que desempeñará la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible en la aplicación de las decisiones tomadas en Johannesburgo. A este respecto, la UE apoya sin reservas los nuevos métodos organizativos y de trabajo adoptados como consecuencia de las recomendaciones del Secretario General. La UE espera que en los años por venir se apliquen los temas seleccionados" [44].

Para reflejar lo expuesto en los párrafos anteriores, en la **Figura 1**, se exponen los datos publicados por la UE sobre los resultados de la European Union Labour Survey (EU-LFS) del año 2007 [45], donde se muestra la presencia de los TME's ocupacionales en la sociedad europea. Estos datos se corresponden con los últimos registros estadísticos disponibles de los países miembros (excluyendo los registros de Francia). El gráfico representa los datos para hombres, mujeres y la suma de ambos. Se aprecia como los TME's ocupan porcentajes ligeramente más elevados que el resto de EP. Se observa como el porcentaje más elevado está registrado para los TME's que afectan a la espalda, con un 30,78% de trabajadores y un 25,75% de trabajadoras, haciendo un total de 56,53% sobre el total de enfermos ocupacionales. Le siguen los TME's que afectan principalmente a cuello, hombros, brazos o manos, con cerca de un 16,06% de afecciones registradas en hombres y cerca de un 21,68% en mujeres, haciendo una suma total de 37,74%. El siguiente lugar lo ocupan los problemas de salud relacionadas con el estrés, depresión y ansiedad, y nuevamente vuelven a aparecer los problemas de salud relacionados con las afecciones musculoesqueléticas, a nivel de caderas, piernas o pies, donde se ha registrado un 12,81% de afectados, un 11,90% de afectadas, haciendo un total de 24,71%.

En la clasificación por sectores, los datos de la UE ponen de manifiesto que la construcción se encuentra entre los sectores más expuestos a los factores de riesgo -como se observa en la **Figura 2** -con un índice de desviación sobre la media de más de 0,6 puntos (valores mayores de +/- 0,5 suponen una significativa desviación) [46]. Le sigue el sector de la agricultura, también muy afectado por riesgos de tipo ergonómico. En la **Figura 2** también puede destacarse que el sector menos afectado por este tipo de trastornos es el de los servicios financieros.

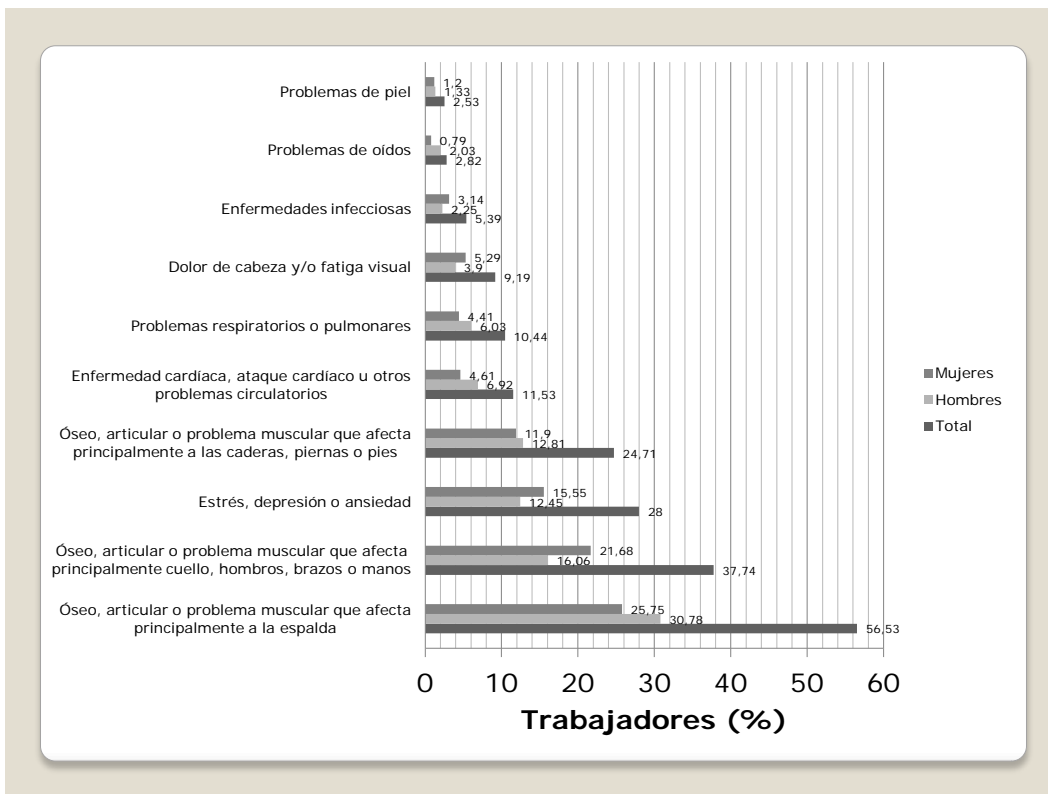


Figura 1. Problemas de salud ocupacionales. EU27 [45].

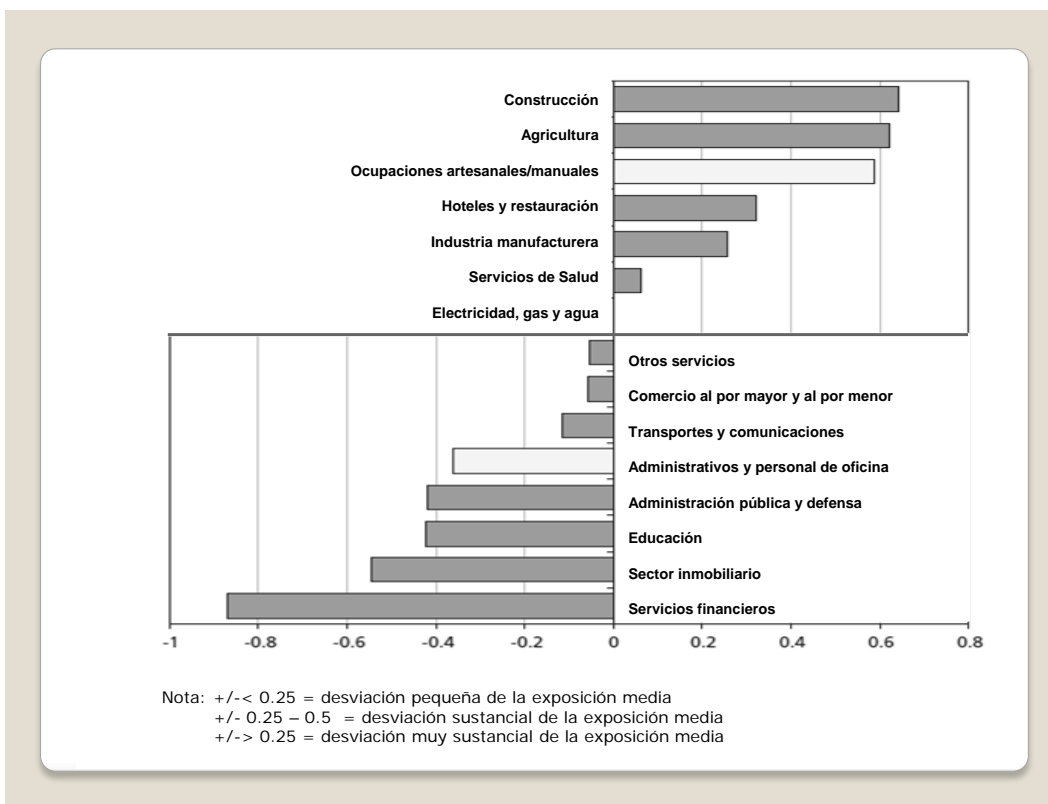


Figura 2. Tipo de exposición a factores de riesgo ergonómico, por sector y ocupación en 2005 [46].

En la **Figura 3** se observa que el sector de la construcción se encuentra entre los sectores con más altos porcentajes de población con problemas musculoesqueléticos de origen laboral, con un porcentaje de 76% en la UE. Los datos son los publicados en la EU-LFS del año 2007 y no incluyen datos relativos a Francia.

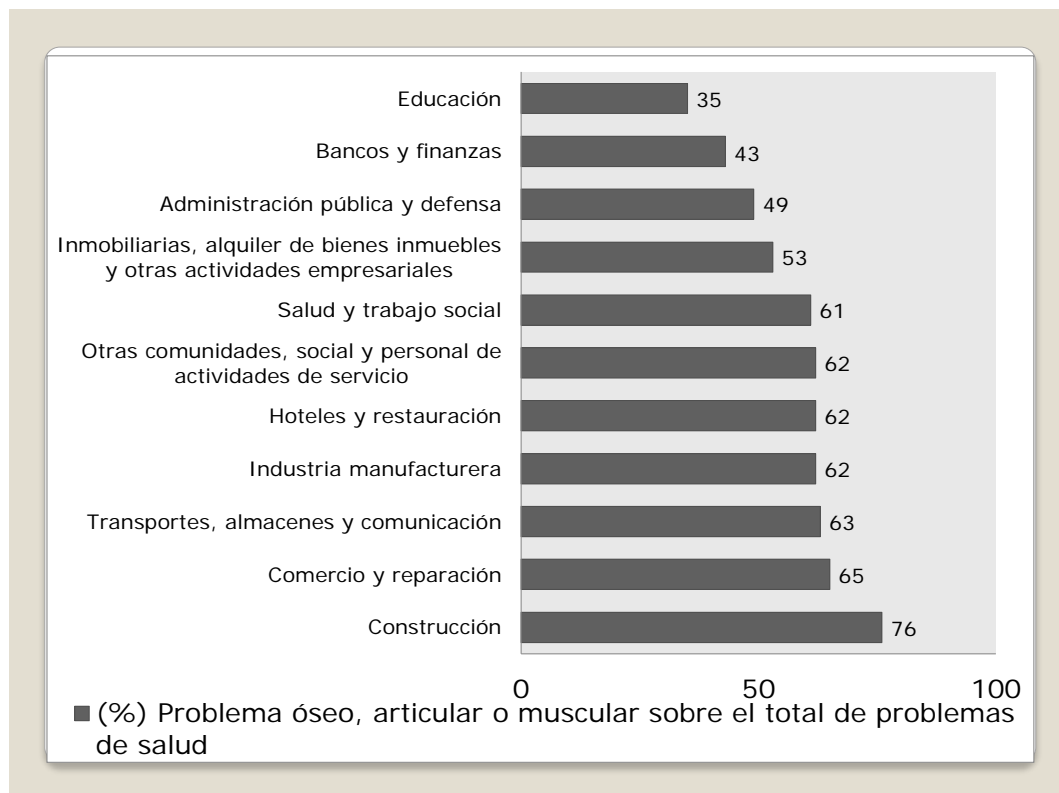


Figura 3. Registro de datos de problemas musculoesqueléticos (óseo, articular y muscular) en %. EU27 [45].

Es interesante comprobar que en cuanto a los datos que reflejan los problemas de salud en general y problemas específicos, los TME's continúan prevaleciendo con altos porcentajes, como se refleja en la **Figura 4**. Aparecen asociados en esta figura el dolor de espalda y los dolores musculares generales. Los datos proceden de la EU-LFS del año 2007.

Esto también sucede así en España, por ejemplo, donde los resultados obtenidos de la VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo 2011 [47], reflejan que la región lumbar es la zona más frecuentemente afectada por los TME. El mayor índice de molestias musculoesqueléticas por sectores se presenta en el sector de la construcción con un porcentaje del 52,5%, tal y como se recoge en la **Figura 5**. Coincide este dato con la región dorsolumbar.

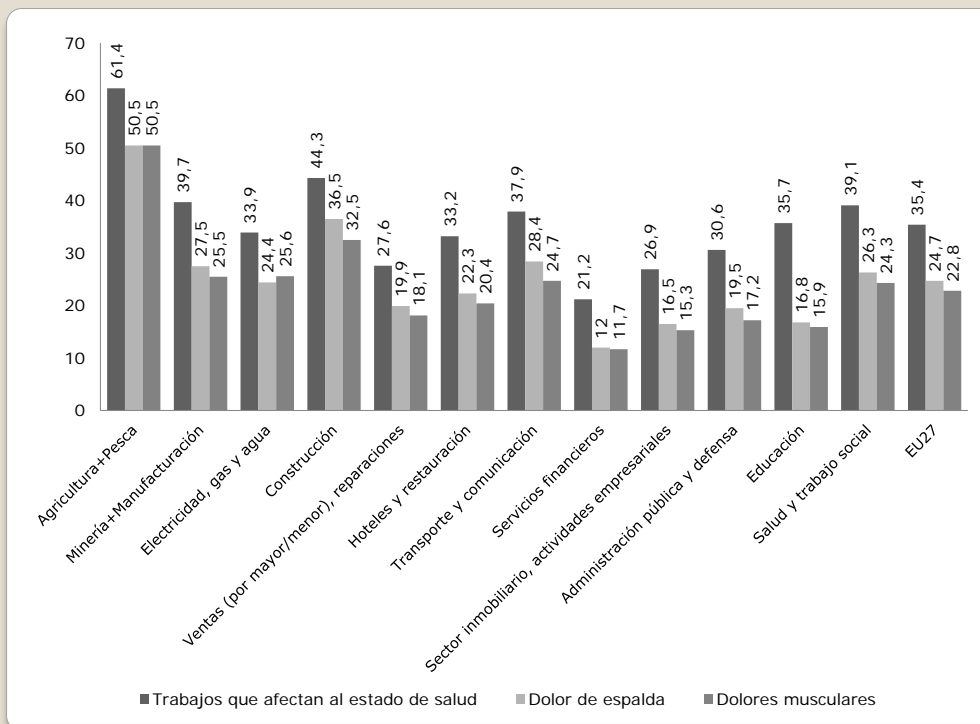


Figura 4. Problemas de salud, dolor de espalda y dolores musculares, por sector [26].

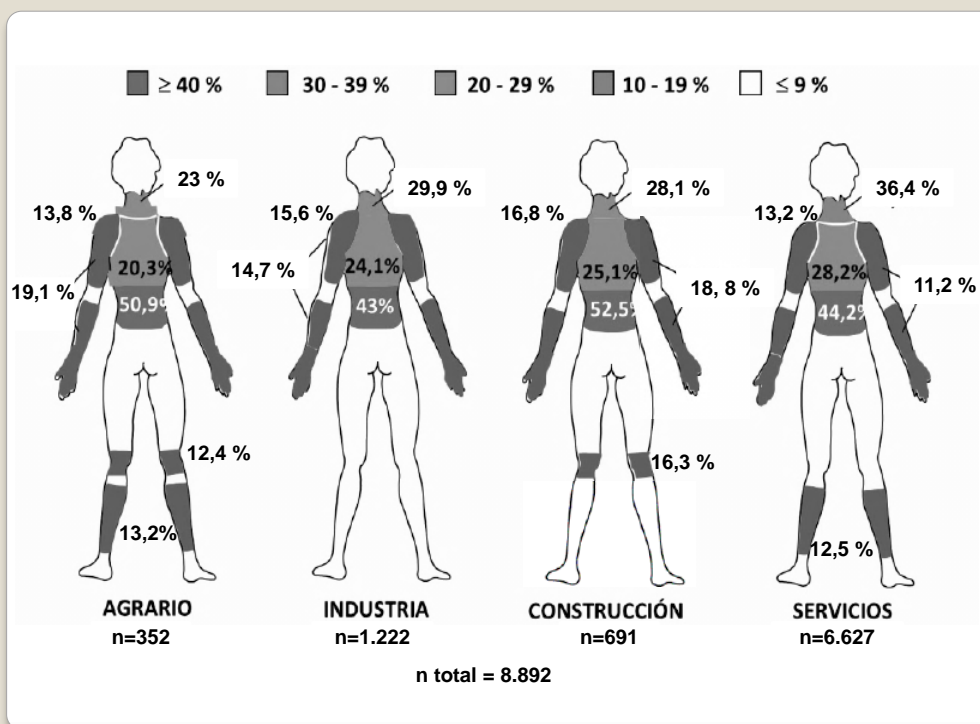


Figura 5. Molestias musculoesqueléticas más frecuentes por sector de actividad [47].

En las instalaciones mecánicas, al igual que sucede en el sector de la construcción, agrícola e industrial, como se ha visto en las anteriores figuras, los trabajadores son propensos a desarrollar una amplia gama de enfermedades inflamatorias y degenerativas que se relacionan con los trastornos sufridos por las estructuras corporales de músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas o agravadas principalmente por el trabajo y los efectos del medio ambiente. Estas condiciones resultan en dolor y deterioro funcional y puede afectar el cuello, hombros y extremidades superiores, formando parte del resultado de la exposición de diversos factores de riesgo de tipo social, organizacional o ambiental y los factores de tipo biomecánicos relacionados con el trabajo, como el manejo de cargas pesadas o la realización de movimientos repetitivos, e incluso la afección puede ser el resultado de ciertos traumatismos agudos -como fracturas- en caso de accidente [14, 25, 48, 49].

Por otra parte, las estrategias para la seguridad y salud en el trabajo en Europa pretenden establecer diferentes efectos sobre los trabajadores, en especial, contribuyendo al papel del enriquecimiento del trabajo de la Estrategia de Lisboa¹⁶. Entre otras cuestiones, también se comenta que los TME's han aumentado y por lo tanto, quedan dentro del plan de estrategias de mejora [50].

Entre los objetivos de la UE, se planteaba que la Estrategia de Lisboa no sólo obligase a conseguir una tasa de actividad¹⁷ del 70% antes de 2010, sino también a crear más empleo y de mejor calidad en Europa. Un trabajo de mejor calidad es un trabajo con menos accidentes y EP. Esto explica que la prevención de los TME's, se considere un problema importante de salud de origen laboral en la UE, y se pretenda contribuir al cumplimiento de la reducción y eliminación del mismo [27].

Para llegar a esto, los países miembros han elaborado políticas de actuación interna nacional. Alemania, por ejemplo, ha preparado una política general sobre Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) aplicada dentro del período 2008-2012, con el objetivo de reducir los accidentes del trabajo, los trastornos musculoesqueléticos y la incidencia de las enfermedades de la piel. Suecia se ha centrado en la manera de luchar contra el aumento de las EP relacionadas con el estrés y las enfermedades musculoesqueléticas, etc¹⁸.

En Europa, los TME's ocupacionales representan un problema al que se debe prestar especial atención. Los datos estadísticos revelan índices importantes, especialmente, como se ha descrito, en el sector de la construcción y subsectores relacionados.

¹⁶ Estrategia de Lisboa: también conocida como Agenda de Lisboa o Proceso de Lisboa es un plan de desarrollo de la Unión Europea. Fue aprobado por el Consejo Europeo en Lisboa el 23 y 24 de marzo de 2000 [50].

¹⁷ Tasa de actividad: porcentaje de personas que pertenecen a la población activa, respecto al total de la población con edad legal para trabajar [51] Navalpotro JS, de Unamuno Hierro J, Ruiz JIC. Teoría y modelos macroeconómicos: Esic Editorial; 2003.

¹⁸ *Ibidem*.

1.4. Objetivos, hipótesis de trabajo y desarrollo de la investigación

Una vez analizada la situación de partida, en los siguientes puntos se presentan los objetivos planteados para el desarrollo de este trabajo:

1. *Plantear una metodología que permita el análisis y evaluación de los riesgos biomecánicos en el sector de los trabajos llevados a cabo en instalaciones mecánicas en edificios.*

El sector de las instalaciones mecánicas es un sector dependiente del sector de la construcción. Se plantea en esta investigación una metodología que permita realizar el análisis y evaluación de los riesgos biomecánicos, de tal forma que se puede comparar y analizar la coincidencia de resultados con estudios procedentes directamente del sector de la construcción [10].

El estudio se efectúa mediante una metodología que mantendrá la trazabilidad durante el proceso completo de reconocimiento de las EP y que está formado por las siguientes etapas: el conocimiento de las condiciones de trabajo, el conocimiento clínico-biológico y por último el conocimiento de la situación legal del TME [52].

2. *Recopilar y analizar datos sobre factores de riesgo biomecánicos y TME's diferenciados de las bases de datos existentes para sector de la construcción.*

Este estudio no contempla el análisis de datos estadísticos generales, ya que, aunque hoy en día se dispone de bastante conocimiento para aplicar satisfactoriamente la evaluación de riesgos y el acercamiento de la legislación de la UE a la prevención de los TME's, en ocasiones resultan datos poco claros, incompletos y no se conocen clasificaciones para el sector de las instalaciones mecánicas en edificios. Sirva como ejemplo, que en España las investigaciones de accidentes se engloban tanto en el sector industrial como en el el sector de la construcción en función del convenio sectorial al que esté adscrita la empresa correspondiente.

Además, para las instalaciones mecánicas en edificios, como se ha venido indicando, los datos son bastante superfluos y no se diferencian los subsectores dependientes directamente de éste. Así, es habitual que el sector de las instalaciones mecánicas en edificios, o bien se engloba dentro de los trabajos realizados por la construcción, o bien se detalla dentro del sector industrial.

En definitiva, existe una deficiencia en el conocimiento de las tareas realizadas en el sector de las instalaciones mecánicas en edificios y es por ello que la estructuración, descripción y análisis de las actividades forma parte de los objetivos. Mediante la definición de los procesos (tareas) y actividades se podrá llegar a detallar cuantitativamente la exposición a los factores de riesgo biomecánicos.

Por otra parte, este estudio se lleva a cabo debido a la disparidad existente entre las diferentes clasificaciones de los TME's de los países miembros, y la dificultad existente en la interpretación y análisis de los

datos estadísticos considerando la definición legal de los trastornos musculoesqueléticos.

Por último, también se denotan deficiencias en la notificación de EP relacionadas con los TME's por la falta de criterios estandarizados [29] para el conjunto de la UE.

3. *Conocer el entorno de trabajo para el sector de las instalaciones mecánicas en edificios.*

Algunos estudios de nivel nacional de diferentes países sugieren que el incremento de la subcontratación en el sector de la construcción tiene un efecto directo sobre el aumento de los factores de exposición a riesgos. Así, para alcanzar el cambio de la legislación y variación de las condiciones del trabajo es fundamental conocer el entorno en el que éste se desarrolla [53].

4. *Establecer relaciones causales y relaciones de factores de riesgo biomecánicos.*

El conocimiento del entorno de trabajo permite llevar a cabo el análisis de los procesos desarrollados por los operarios de instalaciones mecánicas, para después poder determinar la posibilidad de que los TME's se desarrollen en virtud de la relación causal y los factores de exposición. Para llegar a esto, es preciso establecer una técnica de análisis ergonómico teniendo en cuenta que no existen estudios previos sobre las instalaciones mecánicas en edificios. Además, los datos estadísticos públicos no vienen detallados para este gremio (instalaciones mecánicas en edificios) del sector de la construcción. En adelante, se entenderá como "sector de las instalaciones mecánicas", aunque realmente se corresponde con trabajos específicos dentro del sector construcción.

Hay que tener en cuenta que este estudio se centra en el análisis exclusivo de factores de tipo biomecánico, y no se han incorporado otros factores relacionados que pudieran incidir acumulativamente en el desarrollo de TME's ocupacionales, como son los factores genéticos, individuales, psicológicos u organizacionales.

5. *Elegir y estudiar una población específica para el estudio de TME's.*

Las intervenciones médicas recomendadas para cada TME mantienen la necesidad de relacionarse con las causas específicas y poblaciones específicas, ya que, actualmente se centran en la reducción de los síntomas, la prevención de los daños y la reducción de la discapacidad. La propia identificación de las personas con las primeras características de varias de estas enfermedades musculoesqueléticas debería ayudar a proporcionar tratamiento oportuno teniendo así más efecto en la reducción o eliminación de problemas específicos [54].

Es por ello, que otro de los objetivos de este estudio se relaciona con la dificultad existente por los servicios de salud para llevar a cabo terapias de rehabilitación en el sector de las instalaciones mecánicas en los edificios -ante la ausencia de estudios científicos- que permitan establecer las diferencias respecto al sector de la construcción. Así, los servicios de salud se basan generalmente en las apreciaciones y

condiciones exploradas para el sector de la construcción, donde no se ha probado la coincidencia total entre los procesos de instalaciones mecánicas en edificios.

6. *Desarrollar una investigación que permita el establecimiento de mejoras ergonómicas en el sector de las instalaciones mecánicas en estudios posteriores.*

Este estudio sigue el concepto metodológico de que la investigación de campo es vital para mejorar las interacciones entre las personas y el mundo que las rodea [9]. El estudio se efectuará en el propio puesto de trabajo, por lo que guardará el derecho a la intimidad de los trabajadores e interferirá lo mínimo posible en el trabajo de los operarios. Además, los métodos elegidos no serán invasivos, serán reproducibles y de bajo coste. Por último, el análisis y la interpretación de los resultados tendrá conclusiones prácticas para cualquier estudio posterior sobre las mejoras ergonómicas del puesto de trabajo.

7. *El objetivo final de este trabajo es llevar a cabo un estudio ergonómico biomecánico con un bajo presupuesto y con la mínima interferencia en los trabajos y las empresas.*

Esta investigación se centra principalmente en el análisis de los factores biomecánicos, si bien, mantendrá un ligero contacto ligado a la interferencia de factores psicosociales.

Se parte de ciertas hipótesis de trabajo, las cuales son mencionadas a continuación:

1. *La maquinaria y herramientas utilizadas no eximen que los operarios -que desarrollan trabajos en el área de las instalaciones mecánicas en edificios- sigan expuestos a factores de riesgo biomecánicos.*

Existen herramientas y maquinarias destinadas, principalmente, a la reducción de la carga física, sin embargo, estas herramientas y maquinaria no reducen ni evitan que los operarios estén expuestos a factores de riesgo biomecánicos. Incluso la utilización de herramientas y maquinaria puede derivar en la aparición de nuevos riesgos biomecánicos.

2. *Los trabajadores del sector de las instalaciones mecánicas en edificios se encuentran expuestos a múltiples factores de riesgo biomecánicos.*

Los trabajadores de este sector realizan actividades propias de actividades industriales, marcadas por el carácter repetitivo de movimientos y estaticidad corporal y también actividades de naturaleza propia de la construcción, como el levantamiento, manipulación, arrastre y empuje de cargas. Debido a esto se encuentran expuestos a múltiples factores de riesgo biomecánicos.

3. *Existe una o más relaciones causales que indican que los operarios del sector de las instalaciones mecánicas han podido llegar a desarrollar lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo que efectúan.*

A pesar del carácter multifactorial de las patologías musculoesqueléticas de tipo laboral que desarrollan los trabajadores del sector de las

instalaciones mecánicas, existen una o más causas que explican la naturaleza de la lesión. Por lo tanto, también se encuentran una o más relaciones causales que indican que los operarios del sector de las instalaciones mecánicas han podido llegar a desarrollar lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo que efectúan.

4. *Existen múltiples patologías relacionadas con los factores de riesgo biomecánicos ocupacionales a los que los operarios del sector estudiado se encuentran expuestos.*

Sin embargo, a pesar de la existencia de la multicasualidad y multifactorialidad de riesgos ocupacionales y de la posibilidad de desarrollar múltiples patologías, los TME's más frecuentemente desarrollados son las que afectan a la región lumbar.

5. *Las actividades desarrolladas por los operarios del sector de las instalaciones mecánicas con un nivel de riesgo más elevado son aquellas expuestas a los factores de manipulación manual de cargas (MMC), levantamiento, transporte y empuje de cargas.*

Esta característica es compartida con las actividades desarrolladas en el sector de la construcción.

Para el desarrollo del estudio, en primer lugar, la investigación se lleva a cabo realizando la identificación de los trabajos y siguiendo el análisis y la evaluación mediante los modelos de observación directa y métodos directos de análisis biomecánico. Estas técnicas demostrarán la exposición de los trabajadores a los factores de riesgo biomecánicos como hecho causal.

En segundo lugar, gracias a la investigación de accidentes y la investigación mediante entrevistas, se alcanzará la identificación de los trastornos producidos por accidentes de trabajo y EP, entre los que se contemplan los producidos como consecuencia de los factores biomecánicos. También se podrá obtener, a través de la entrevista, la sintomatología previa a la aparición de TME's. Todos estos son indicadores a la hora de comprobar las primeras lesiones ocasionadas en el propio accidente de trabajo o EP y pueden tener un carácter preventivo, si se tiene en cuenta que son síntomas que pueden preceder al desarrollo del TME.

Por último, una vez identificada la existencia de un cuadro clínico definido por alguna de las patologías ocupacionales reconocidas en la literatura, se demostrará el nexo causal de la existencia de factores de riesgo biomecánicos. Esto se complementa con el estudio analítico cuantitativo de casos y controles (para los TME's de aquellos supuestos en los que se pueda recoger una muestra de trabajadores no afectados por algún factor de exposición biomecánico).

1.5. Descripción de capítulos

En los siguientes puntos se describe de forma muy breve el desarrollo de capítulos planteado para esta tesis doctoral.

Capítulo 1. Introducción. En este capítulo, se recogen las pautas claves de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral, que son: la clasificación, la diferenciación entre sectores, la normativa europea que les afecta, las políticas

de la UE para la reducción de los TME's laborales y los indicadores que representan la existencia de los mismos en el sector de la construcción. Todo esto se relaciona con la preocupación mundial existente del aumento de los TME's ocupacionales en el sector de la construcción.

En primer lugar, se comentan en este capítulo los antecedentes del sector de la construcción. Los antecedentes comienzan en un punto histórico de la cadena evolutiva, tomando como referencia la discusión sobre la bipedestación, puesto que este hecho ha trascendido en la evolución humana y por lo tanto, también ha propiciado los cambios que se han necesitado para realizar los trabajos que se desarrollan hoy en día en el sector de la construcción. En segundo lugar, se comenta cómo en la historia se identificaron los primeros TME's ligados al trabajo y asociados directamente a los estudios realizados en obreros. En tercer lugar, se desarrollan los datos estadísticos procedentes de las bases de datos públicas europeas. En cuarto lugar, se plantean los objetivos y las hipótesis de trabajo. Por último, se desarrolla una descripción de los contenidos de los capítulos.

Capítulo 2. Valoración del dolor de los TME's. En este capítulo se describe la teoría para la valoración del dolor como resultado del daño físico producido. Comienza por la clasificación del dolor, continúa con los paradigmas del dolor y, por último, se describe la medición y la valoración del dolor a través de escalas y cuestionarios.

Capítulo 3. Descripción de TME's ocupacionales. En este capítulo se describen los TME's ocupacionales ligados a la exposición de factores biomecánicos. Se subdivide mediante la clasificación de lesiones: lesiones a nivel de los tendones, lesiones a nivel de nervios, lesiones musculares, lesiones vasculares o neurovasculares y, por último, lesiones a nivel articular, lesiones ligamentosas y lesiones capsulares o de las bolsas sinoviales.

Capítulo 4. Modelos explicativos de mecanismos que producen el desarrollo de patologías musculoesqueléticas laborales. En el cuarto capítulo se explica la teoría de generación de los mecanismos que producen los TME's laborales. Entre las teorías de desarrollo, se incluye un apartado destinado a teorías estratégicas y multimetodológicas, cuyos principios se tendrán en cuenta en la base multimetodológica que se aplicará en este estudio.

Capítulo 5. Teorías de análisis ergonómico. Se desarrollan en este capítulo las teorías de análisis ergonómico. Los métodos ergonómicos de análisis de carácter científico permitirán establecer la identificación, el análisis y la evaluación de las condiciones ergonómicas-biomecánicas del puesto de trabajo. Se describe a través de la exposición de los procesos de las instalaciones mecánicas en edificios y la clasificación de los diferentes métodos, como son: observación directa, epidemiológicos descriptivos, epidemiológicos analíticos y, por último, se hace una referencia a otros métodos que no han sido incluidos en la investigación.

Capítulo 6. Materiales y métodos. En este capítulo se desarrolla la metodología que se utiliza en la investigación, que se estructura en los siguientes puntos:

- Descripción de procesos, que emplea los diagramas de flujo y procesos.

- Métodos de observación directa.
- Métodos de análisis biomecánico.
- Métodos epidemiológicos descriptivos, se desarrolla en dos apartados: la investigación de accidentes y la entrevista.
- Métodos epidemiológicos analíticos, que se componen del estudio analítico procedente de casos etiológicos definidos en la literatura médica y el estudio analítico de casos y controles.

Capítulo 7. Resultados y discusión. Los resultados siguen el esquema de los materiales y métodos, dividiéndose en:

- Diagramas de flujo y procesos.
- Resultados de los métodos de análisis detallado.
- Resultados de los métodos directos.
- Resultados de los métodos epidemiológicos descriptivos.
- Resultados de los métodos epidemiológicos analíticos.

Capítulo 8. Conclusiones. Las conclusiones siguen el esquema comentado en los resultados y discusión:

- Conclusiones sobre diagramas de flujo y procesos.
- Conclusiones derivadas de la aplicación de los métodos de observación directa.
- Conclusiones derivadas de la aplicación de las técnicas de análisis biomecánico mediante software específico.
- Conclusiones derivadas de la aplicación de métodos epidemiológicos descriptivos.
- Conclusiones derivadas de la aplicación de métodos epidemiológicos analíticos.
- Conclusiones finales y líneas futuras.

Por último, se incluyen los anexos y la bibliografía.

CAPÍTULO 2. Valoración del dolor en los TME's

2.1. Introducción

Los TME's, en su conjunto y variedad, son definidos como afecciones del aparato locomotor que pueden cursar con dolor. La relación entre dolor y TME, es una de las razones principales de la prolongación de los procesos de incapacidad temporal (IT). El dolor, como todo síntoma o signo clínico debe ser medido, de tal forma que se puedan determinar los componentes y atributos emocionales que acompañan a esta experiencia. Su registro y medición completa el informe del enfermo en el diagnóstico de enfermedades [55].

La investigación epidemiológica de la que parte este estudio asume la valoración del dolor, ya que las enfermedades musculoesqueléticas a menudo se manifiestan con la aparición del dolor y las limitaciones físicas resultantes [56].

La International Association for the Study of Pain (IASP) define el dolor como: "Una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada a una lesión hística real o potencial, o que se describe como ocasionada por dicha lesión". Como experiencia compleja que es, incluye factores sensoriales, emocionales, psicológicos y sociológicos. Además no es una experiencia puramente nociceptiva, sino que cursa con componentes emocionales y subjetivos y no se produce sin causa somática²⁸ que la justifique [58], es decir, el dolor es un mecanismo de protección que se percibe cuando se ha producido un dolor o daño físico. Dicho en términos clínicos, es la sensación desagradable que se experimenta tras producirse una lesión tisular²⁹ o nerviosa³⁰. Comprende por tanto un elemento esencial en la valoración médica del daño corporal y supera la exclusiva valoración del dolor físico [59].

El resultado experimentado al producirse el dolor se puede dividir en [60]:

- Proceso nociceptivo o somático (asociado a lesiones agudas, p.e. heridas o golpes).
- Proceso inflamatorio (asociado a la lesión tisular).
- Proceso neuropático (secundaria a la lesión del tejido nervioso), afecta al sistema somatosensorial [61, 62] y es subsidiario de la estimulación por la liberación de mediadores inflamatorios.

²⁸ Somática: adj. (Patol. general) Del síntoma cuya naturaleza es eminentemente corpórea o material, para diferenciarlo del síntoma psíquico [57].

²⁹ Tisular: adj. *Biol.* Perteneciente o relativo a los tejidos de los organismos [11].

³⁰ Nerviosa: Relativo al Sistema Nervioso.

El dolor clínico se asocia a cambios en la sensibilidad, tanto a nivel periférico como central, y ofrece como resultado una respuesta a estímulos dolorosos a nivel de la lesión (hiperalgesia³¹ primaria) y una amplitud del área de respuesta a tejidos no lesionados (hiperalgesia secundaria), así como una reducción de la intensidad del estímulo que produce el dolor [63].

También se produce dolor clínico cuando existen estímulos aparentemente inofensivos, o tras la desaparición del estímulo que inicialmente ha producido el dolor. Es lo que se conoce como alodinia [64].

Los estudios de la neuroanatomía y de la neurofisiología del dolor constituyen las bases que sustentan el tratamiento racional del dolor. La neuroanatomía y neurofisiología del dolor definen las vías anatómicas específicas del dolor. Conociendo estas vías, es posible entender cómo a través del flujo sensitivo que llega al Sistema Nervioso Central (SNC) se hace factible el dolor [65].

2.2. Clasificación del dolor

En primer lugar, para entender la neurofisiología del dolor, se deberán diferenciar los componentes o tipos de dolor producido, atendiendo a las diversas clasificaciones [65]. La clasificación del dolor atiende a dos variantes: en función de la evolución y en función de los mecanismos. Se describen en los siguientes puntos.

2.2.1. Clasificación en función de la evolución

Primeramente, para hacer una diferenciación, se distinguen los dos tipos de dolor [66, 67]:

Dolor Lento: También llamado dolor agudo, intenso, punzante o eléctrico. Se corresponde a la estimulación inmediata de la activación del sistema nociceptivo provocada por un daño tisular somático o visceral, que desaparece habitualmente al desaparecer la lesión que lo ha desencadenado. Es síntoma de una enfermedad o traumatismo y se siente rápidamente en el término de 0,1 sg.

El dolor agudo persistente en intenso puede ser deletéreo en sí mismo, con efectos potencialmente dañinos que se manifiestan con una respuesta neuroendocrina generalizada y a nivel de diversos sistemas.

Dolor Rápido: También conocido como dolor lento urente, dolor sordo, dolor nauseo y dolor crónico. Se comienza a sentir al cabo de 1 min después de haber aparecido el estímulo. Es el dolor distribuido a través del tiempo, meses e incluso años, el cual persiste en ausencia de la lesión periférica inicial, razón por la cual, constituye una enfermedad en sí mismo. Cuando el dolor se vuelve continuo o casi continuo, aparecen diversos cambios, muchos de estos, desencadenados por la inactividad física que el dolor rápido provoca por sí mismo. Se da en la piel y casi en cualquier tejido y órgano profundo.

³¹ Hiperalgesia: f. (Patol. general) Aumento de la sensibilidad al dolor [57].

Se han encontrado en pacientes que han sufrido dolor crónico, una pérdida importante de la masa y coordinación muscular, osteoporosis, fibrosis y rigidez articular. La frecuencia cardíaca basal aumenta por lo general y se disminuye la reserva cardíaca. En el sistema digestivo se ha observado una disminución de la motilidad³² y secreción, así como desnutrición. Además se ha observado en algunos pacientes retención urinaria e infección.

En conclusión, este tipo de dolor provoca un sufrimiento insoportable y prolongado.

2.2.2. Clasificación en función de los mecanismos

Al producirse un dolor lento [68]:

Dolor Nociceptivo o dolor normal: Se presenta en cualquier individuo al producirse un daño somático o visceral.

Dolor Neuropático: llamado anormal o patológico, aparece en una minoría de individuos y es el resultado de una lesión o enfermedad del Sistema Nervioso Periférico o Central. El sistema nociceptivo se comporta de forma anormal, existiendo una falta total de relación causal entre lesión tisular y dolor. Una de sus características más típicas, patognomónica, es la aparición de alodinia.

Al producirse un dolor rápido³³:

Dolor Somático: afecta a piel, músculo, ligamentos, articulaciones o huesos, donde se encuentran los receptores. Se caracteriza por ser un dolor bien localizado y circunscrito a la zona dañada. No suele ir acompañado de reacciones vegetativas³⁴.

Dolor Visceral: afecta a órganos internos; aunque no todas las vísceras son sensibles al dolor. Se caracteriza por ser un dolor mal localizado que se extiende más allá del órgano lesionado. Con frecuencia se localiza en una superficie del organismo distante de la víscera que lo origina (p.e.: dolor en la extremidad superior izquierda en la angina de pecho), es lo que se denomina dolor referido. Suele acompañarse de reacciones vegetativas (náuseas, vómitos, diaforesis³⁵...). Es un dolor poco localizado.

Característicamente, el síntoma se presenta como una sensación basal dolorosa o quemante (disestesia³⁶) con hiperalgesia o percepción de un estímulo cualquiera manifestado como doloroso (alodinia). El afectado/a usará frecuentemente términos o definiciones poco frecuentes para describirlos, por

³² Motilidad: f. *Psicol.* Capacidad para realizar movimientos complejos y coordinados [11].

³³ *Ibidem.*

³⁴ Las reacciones vegetativas son las correspondientes al Sistema Nervioso Vegetativo (también llamado Sistema Nervioso Somático) y pueden ser reflejas y automáticas. Sus acciones son de tipo involuntario o inconscientes [11].

³⁵ Diaforesis: f. (Fisiol.) Sudoración profusa por causas fisiológicas como ejercicio, respuesta emocional, temperatura ambiental, o por causas patológicas [57].

³⁶ Disestesia: se denomina así a la sensación anormal, desagradable, espontánea o provocada. f. *Biol.* Perversión de la sensibilidad que se observa especialmente en el histerismo [11].

tratarse de una experiencia nueva.

2.3. Paradigmas del dolor y control motor

Para explicar la relación entre el dolor y el control motor, numerosos autores han comentado mediante modelos el paradigma. A pesar del punto débil residente en estos modelos debido a la falta de carácter empírico y sustrato biológico, sirven como marcos para entender la fisiología y orientar hacia un tratamiento adecuado. Por otra parte, los avances en neuroimagen brindan una opción interesante para relacionar las áreas cerebrales que muestran más actividad durante el dolor (más las áreas motoras que las sensitivas) [69].

Melzack (1990), propuso una teoría para explicar por qué los modelos no justificaban la presencia de algunos fenómenos dolorosos comunes (dolor del miembro fantasma) (**Figura 6**). En su teoría, llama la atención el hecho de que incluye factores que proceden del aprendizaje o de experiencias pasadas del individuo, las situaciones inmunitarias y las respuestas que ofrece el Sistema Nervioso (SN) a la información procedente de los nociceptores. En realidad, su teoría viene a defender que se necesita de un enfoque psicosocial, siendo el resultado de influencias múltiples, y añadiendo, que el daño tisular junto con la nocicepción³⁷ es solamente una de estas influencias, lo cual, como sugiere la IASP, no significa, que sólo el daño tisular sea suficiente y necesario para que se produzca dolor [71].

La teoría se apoya básicamente en los siguientes principios³⁸:

1. Todas las experiencias que el ser humano puede manifestar en respuesta a los estímulos cerebrales resultarían igualmente posibles sin dichos estímulos (p.e. como sucede con el sueño).

2. Los mecanismos neuronales responsables de una experiencia son los mismos, con independencia de que sean causados por estímulos periféricos o no. Conforme a este principio, los estímulos nocivos no producen una experiencia dolorosa, pero pueden desencadenar dentro del cerebro un mecanismo neural causante del dolor.

3. El rendimiento de la experiencia y el rendimiento motor se originan mediante un mismo mecanismo neural (p.e. los factores que influyen en el dolor también influyen en el rendimiento motor).

³⁷ Nocicepción: consiste en el proceso neuronal mediante el que se transducen, conduce y codifican los estímulos nocivos [70].

³⁸ *Ibidem*.

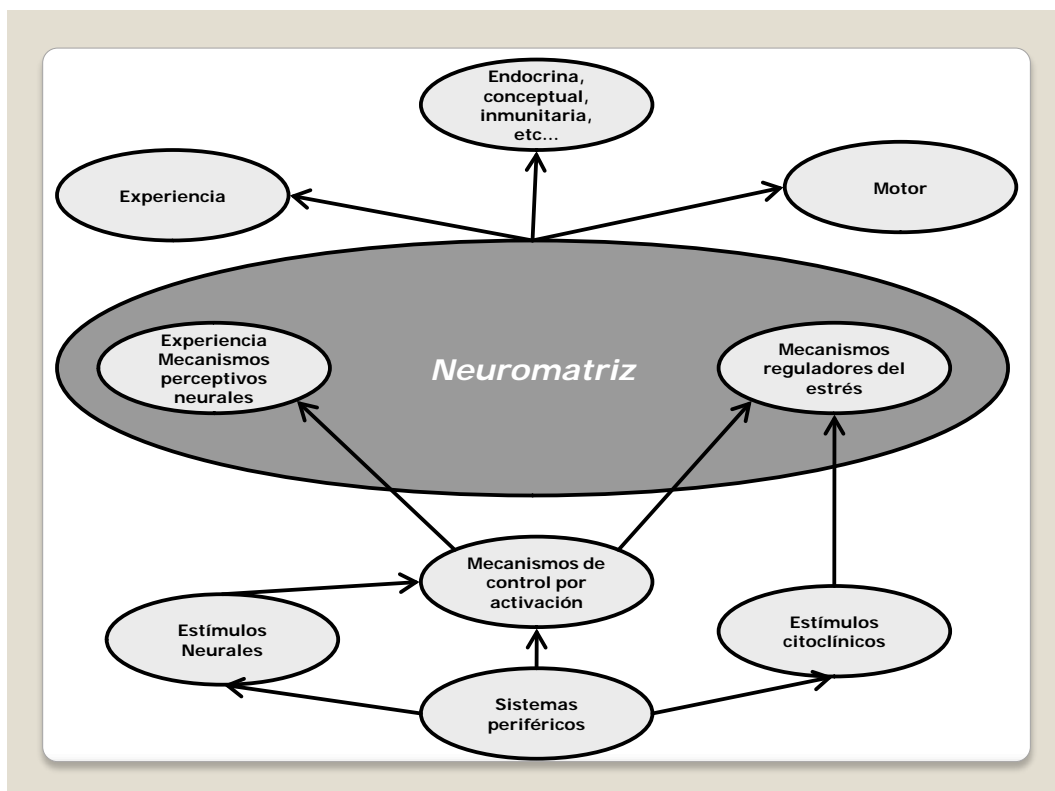


Figura 6. Teoría de la neuromatriz, adaptado de Melzack (1990) [69, 72, 73].

Wall (1994), (**Figura 7**) propuso una teoría para explicar una realidad virtual del cerebro la cual es creada al disponer el cerebro de información sensorial y a partir del estado perceptivo interno. Cuando el cerebro no es capaz de adaptar la respuesta motora adecuada, pasa a generar una realidad virtual y trata de formar la respuesta motora que se corresponde con dicha realidad virtual [69].

Otras teorías proponen que en la mayoría de los casos, cuando el dolor aparece, existen dos vías a seguir en la experiencia de un individuo. Por una parte, se origina el círculo vicioso en el que se llega a la depresión y discapacidad. Por otra parte, la estrategia consiste en la afrontación del miedo y finaliza en la recuperación. Una vez más se proponen los caracteres psicosociales que influyen en la característica de superar o no el dolor [72] (ver **Figura 8**).

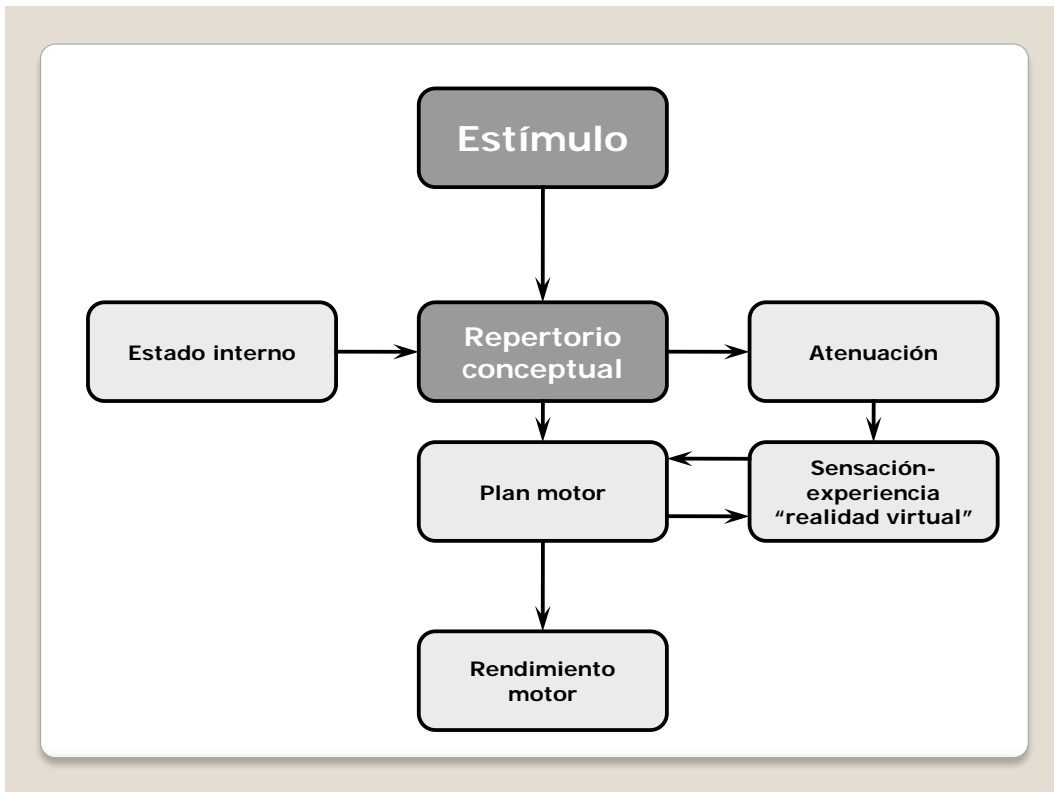


Figura 7. Teoría de la realidad-realidad virtual de Wall [69].

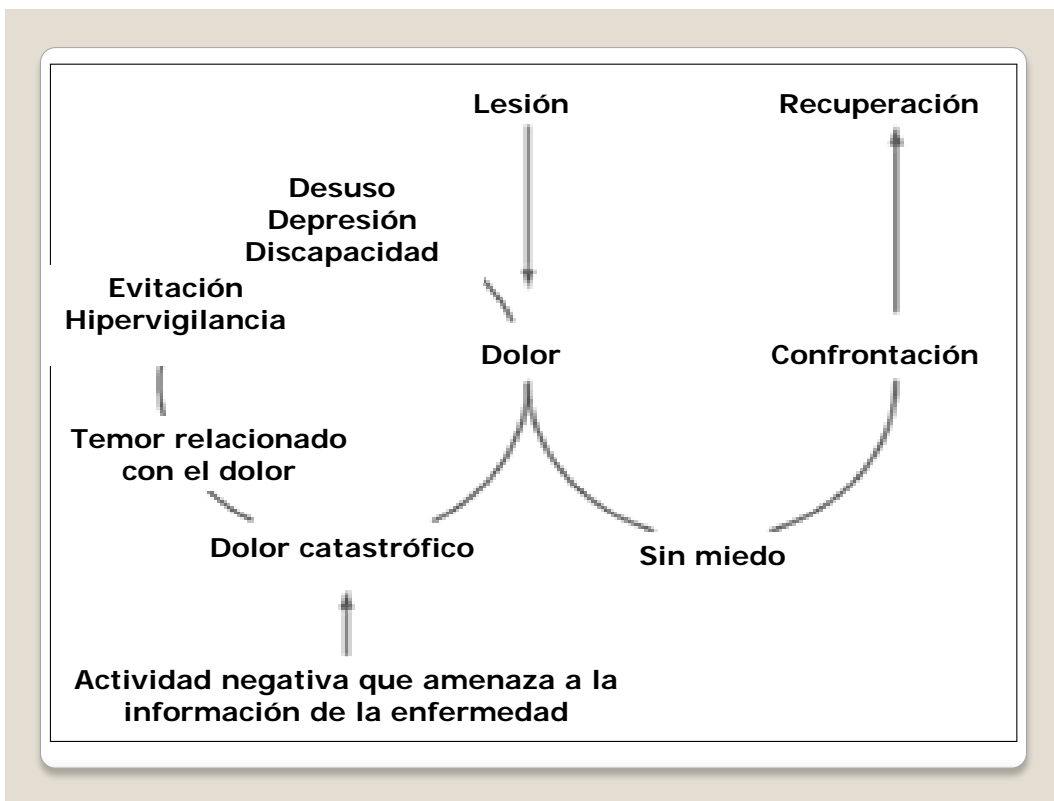


Figura 8. Modelo de evitación del miedo de Vlaeyen y Linton [72].

2.3.1. Neurofisiología y neuroanatomía del dolor

Desde el punto de vista neurofisiológico, la percepción del dolor precisa de la participación del sistema nervioso central (SNC) y del sistema nervioso periférico (SNP). El dolor desencadena una serie de reacciones en ambos sistemas que permite la percepción del mismo, con la finalidad de disminuir la causa y limitar las consecuencias. Los mensajes nociceptivos son transmitidos, modulados e integrados, tal y como queda representado en la **Figura 9**, en diferentes niveles del sistema nervioso que van desde la periferia por vía medular a los centros superiores (tálamo, córtex). Las células nociceptivas aparecen en todos los tejidos y órganos excepto en el sistema nervioso [74].

Las vías centrales del dolor comprenden desde el nivel medular hasta los centros nerviosos superiores, como se aprecia en la **Figura 9**. Durante este recorrido a través del sistema nervioso, la neurofisiología³⁹ del dolor se puede dividir en varias categorías: a) Activación y sensibilización de los nociceptores periféricos.; b) Transmisión del impulso nervioso a la médula espinal y modulación de la transmisión del dolor en la médula espinal; c) Sensibilización o percepción del sistema nocicepción/ dolor.

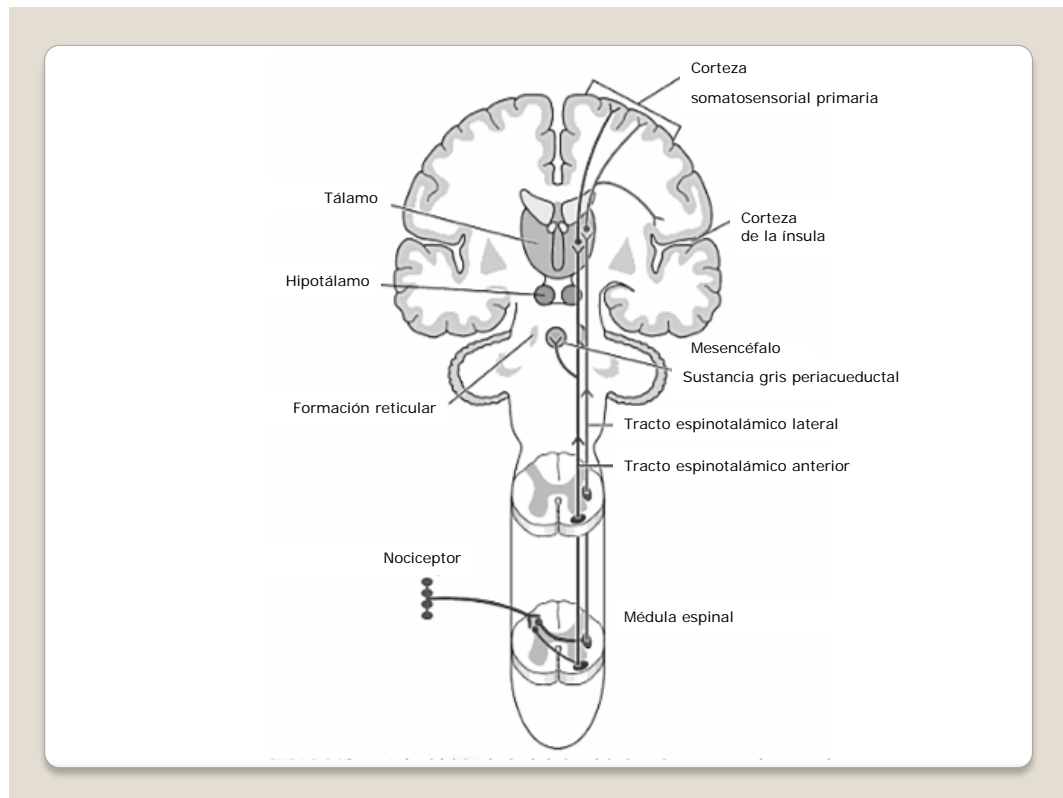


Figura 9. Vías centrales del dolor desde el nivel medular hasta los centros nerviosos superiores [75, 76].

³⁹ Neurofisiología: f. (Fisiol.) Especialidad que estudia la fisiología del sistema nervioso. f. Fisiología. (Fisiol.) Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos [57].

2.3.2. Activación y sensibilización de los nociceptores periféricos

Constituyen la parte de transducción⁴⁰ del estímulo nocivo, ya que los nociceptores son los receptores periféricos del dolor que por medio de neurotransmisores⁴¹ envían sus mensajes hacia la vía central [64].

Los nociceptores son fibras nerviosas que se caracterizan por tener un umbral alto a un estímulo adecuado, como un estímulo de calor, mecánico o de frío. Debido a que responden preferentemente a estímulos nocivos, su principal función será la de establecer la diferenciación entre los estímulos inocuos de los que no lo son. Histológicamente, los nociceptores son terminaciones nerviosas llamadas periféricas por estar constituidas por haces de fibras nerviosas aferentes y eferentes empaquetadas por tabiques de tejido conectivo⁴². A su vez, los nociceptores están dotados de individualidad anatómica por una envoltura conectiva de más envergadura (epineuro), a través de la que entra vascularización específica (vasa nervorum). Se encuentran dispuestos dentro de los fascículos de fibra nerviosa -tejido conectivo rico en fibras de colágeno y dispuestas longitudinalmente llamado endoneuro- proporcionando individualidad y resistencia mecánica al nervio frente a la compresión y elongación [77]. Es decir, las fibras nerviosas son prolongaciones aferentes de las células del ganglio raquídeo y la función de estas fibras nerviosas es la transmisión del impulso nervioso en forma de una onda de despolarización a través de la membrana. Las fibras nerviosas se encuentran separadas de las estructuras conectivas por una membrana basal y dentro de esta por las células de Schwann^{43 44}.

El nociceptor se clasifica de acuerdo a la fibra nerviosa que le corresponde, la cual puede ser de dos tipos [74]:

- **Fibras A (delta y beta)**, tienen una capa de mielina que favorece la transmisión del impulso nervioso. La velocidad de transmisión oscila entre los 4 a 30 m/sg. Las fibras A, serán algo más grandes y más rápidas (entre 12-30 m/sg). Ambas son responsables de la transmisión de dolor agudo (rápido) y localizado.

- **Fibras C**, son fibras amielínicas. Contienen neuronas aferentes que son las que conducen el impulso nervioso desde cualquier punto del organismo hasta el cerebro. La velocidad de transmisión es de unos 0,4 a 2 m/sg. Son más

⁴⁰ Transducción: f. Transformación de un tipo de señal en otro distinto [11]. La transducción nerviosa es el proceso por el que una célula convierte una determinada señal o estímulo exterior, en otra señal o respuesta específica.

⁴¹ Neurotransmisor: m. (Bioquím.) Se aplica a sustancias, productos o compuestos que transmiten los impulsos nerviosos en la sinapsis [57].

⁴² Tejido conectivo o conjuntivo: adj. (Histol.). Conjunto heterogéneo de tejidos orgánicos que comparten un origen común a partir del mesénquima embrionario originado del mesoderma; su función primordial es de sostén e integración sistémica del organismo; contiene muchas fibras, especialmente de colágeno [57] ibid.

⁴³ Las Células de Schwann son un tipo de células que recubren a las prolongaciones (axones) de las neuronas dotándolas de mielina. La mielina es un aislante que provoca que la señal eléctrica lo recorra sin perder la intensidad, facilitando que se produzca la conducción nerviosa [78].

⁴⁴ Ibídem.

numerosas que las fibras del tipo A. Por otra parte, son las responsables del dolor lento y difuso.

El glutamato es el principal neurotransmisor de las fibras A (delta) y C. Las fibras C también producen neuropéptidos⁴⁵, especialmente sustancia P, que parecen potenciar la acción del glutamato [79].

Los receptores poseen la capacidad de convertir el estímulo en una señal eléctrica, desencadenando un potencial de acción a la fibra nerviosa. Para las sensaciones como el dolor, en general pueden dividirse en tres grupos [77]:

- Mecanorreceptores, como son por ejemplo los husos musculares, cuya función es cinestésica, es decir, que proporciona movimiento o estaticidad, en las extremidades.
- Nociceptores, ejemplos son los A-delta mecánicos (encapsulados), cuya función es transductora cuando se siente un pinchazo.
- Termorreceptores, son terminaciones nerviosas libres cuya función es transductora del frío y calor.

2.3.2.1. Transmisión del impulso nervioso a la médula espinal y modulación del dolor en la médula espinal

La médula espinal recoge los datos sinápticos y responde como filtro y amplifica los mensajes importantes transmitidos al cerebro. En la **Figura 10** se describe como se transmite el dolor y donde queda localizado [80]:

Dolor Rápido, se localiza en el núcleo marginal (lamina I). Algunas veces, se encuentra localizado profundamente en el núcleo sensorial propio (laminas IV y V).

- La lámina I es la más delgada de todas, contienen neuronas alargadas o con forma de huso y numerosos axones mielinizados de pequeño calibre.
- La lámina II se corresponde con la sustancia gelatinosa de Rolando (descrita por primera vez por Rolando en 1824), localizada en la médula espinal.
- En la lámina III se encuentra la porción de la capa magnocelular, adyacente a la sustancia gelatinosa y contiene más número de axones mielinizados.
- En la lámina IV se haya la porción más profunda de la capa magnocelular, conteniendo células grandes de forma multipolar o triangular, que tienden a concentrarse en la mitad ventral de la lámina.

Dolor Lento, se localiza en la lámina V. Pero la mayor parte de las neuronas nociceptivas llegan a las láminas VII y VIII.

⁴⁵Neuropéptidos: m. (Bioquím.) Péptido (molécula de uno o dos aminoácidos) del sistema nervioso que puede actuar como neurotransmisor [57].

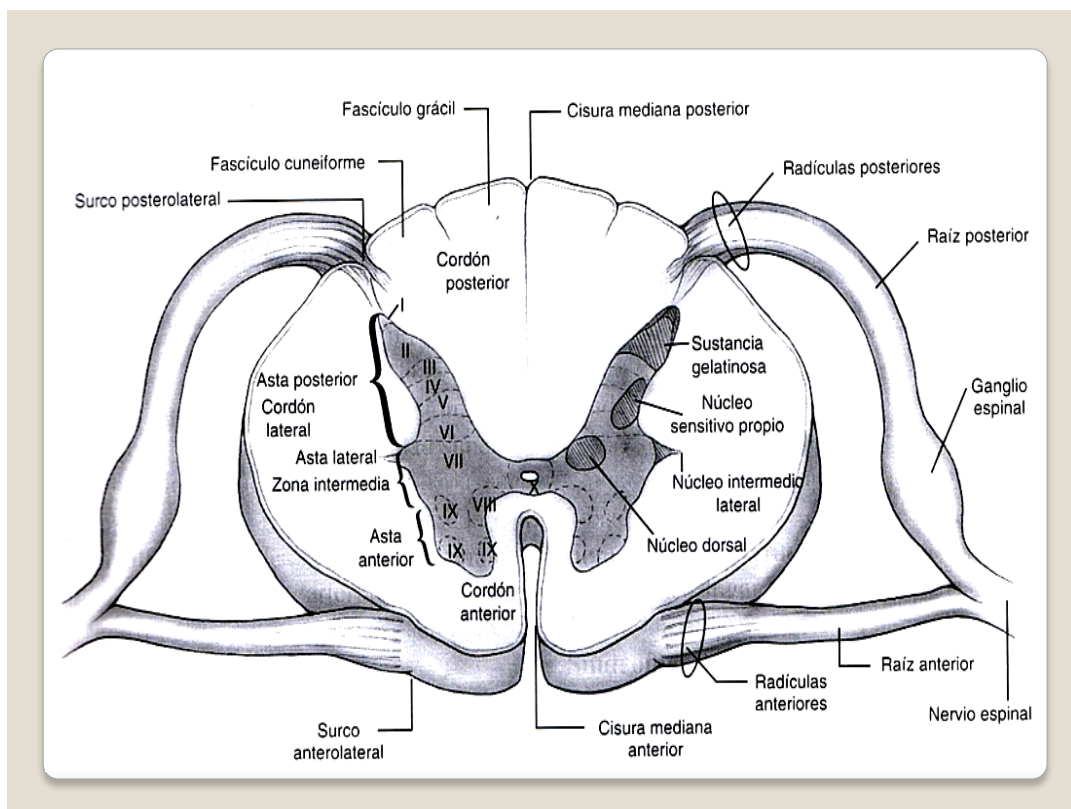


Figura 10. Corte transversal que muestra una síntesis de las estructuras en diversos segmentos de la médula espinal y la formación de un nervio espinal [80].

Las neuronas de primer orden y de segundo orden hacen sinapsis en los núcleos de relevo de la médula o el tronco del encéfalo [81].

Las neuronas de primer orden del tracto espinotalámico se asientan en los ganglios espinales o ganglio raquídeo dorsal⁴⁶ y muchas veces también es la propia neurona receptora⁴⁷.

Las neuronas de segundo orden dan origen a tres “Haces Ascendentes” contralaterales, formándose así la vía espinotalámica⁴⁸.

Los axones de la segunda neuronas se decusan y ascienden por el cordón lateral de la médula (vía espinotalámica), hasta el tálamo posteroventral. Cuantitativamente, es la vía más importante ya que gracias a ésta se disminuye la sensación dolorosa. Además, permite que los tejidos modifiquen la temperatura de la piel, es decir, es responsable de la conducción de la sensibilidad térmica y la dolorosa [83].

⁴⁶ Los nervios espinales o también conocidos como nervios raquídeos son aquéllos que se prolongan desde la médula espinal y atraviesan los músculos vertebrales para distribirse a las zonas del cuerpo. Los ganglios de las raíces dorsales o ganglios espinales son un grupo de nódulos situados en las raíces dorsales o posteriores de los nervios espinales y donde se alojan los cuerpos de las neuronas de la vía aferente del sistema nervioso periférico [82].

⁴⁷ *Ibidem*.

⁴⁸ *Ibidem*.

Existen subdivisiones de este sistema, según el tipo de dolor que lo recorre: a) El neoespinotalámico como vía de dolor rápido; b) El paleoespinotalámico y espinoreticulotalámico como vías de dolor lento.

La tercera neurona del fascículo neoespinotalámico está situada en el tálamo y sus cilindro-ejes terminan en la corteza sensitiva. Unas pocas fibras acabarán en la formación reticular del tronco del encéfalo y algunas acabarán en el grupo nuclear posterior del tálamo [67]. Esta vía es importante para la intensidad y agudeza del dolor y su ubicación topográfica. Así, se ha propuesto en diversos modelos que la concienciación del dolor se da en el tálamo, mientras que la identificación del tipo, localización e intensidad de las sensaciones dolorosas ocurre en la corteza cerebral [84].

2.3.2.2. Sensibilización del sistema nocicepción/dolor e integración de la respuesta

A partir del sistema reticulo-talámico multi-sináptico ascienden proyecciones nociceptivas hasta el tálamo -a los núcleos talámicos posteriores y a los núcleos intralaminares- y a estructuras asociadas del sistema límbico responsable de los componentes emocionales del dolor (angustia, depresión, etc.) [84]. La sinapsis reticular se proyecta en esta zona desde esta región hasta núcleos intralaminares (inespecíficos) del tálamo y desde aquí hacia diversas zonas de la corteza [81].

Los estímulos nociceptivos son enviados a las vías ascendentes y llegarán finalmente al centro superior o encéfalo, donde éste podrá suprimir o no la entrada de impulsos dolorosos al sistema nervioso mediante la activación de un sistema de control del dolor (sistema de analgesia) [85]. Las vías ascendentes son explicadas a través de la distinción de los mecanismos supraespinales de dolor y nocicepción que se mencionan a continuación:

2.3.2.2.1. Formación reticular

La formación reticular está localizada centralmente y se extiende desde la parte sacra de la médula espinal hasta el tálamo. Recibe múltiples estímulos sensoriales procedentes del sistema nervioso somático y visceral, no teniendo relación alguna con el tacto discriminativo y la sensibilidad propioceptiva.

Las neuronas de la formación reticular transmiten esta información sensitiva a los núcleos talámicos que, a su vez, transmiten la información a la corteza cerebral [86].

2.3.2.2.2. Mesencéfalo

Los tubérculos cuadrigéminos superiores son responsables de enviar proyecciones ascendentes. Por su parte, el tronco encefálico y la médula espinal influirán en los movimientos para evitar estos estímulos nociceptivos [87].

2.3.2.2.3. Tálamo

El tálamo constituye el punto de partida de las aferencias para cada uno de los hemisferios. Interviene como relevo en la transmisión de la corteza de las

informaciones sensoriales o de la sensibilidad discriminativa transmitida a la corteza cerebral [87].

Se subdivide en⁴⁹:

- Epitálamo (núcleos paraventriculares anterior y posterior; núcleos de la habénula⁵⁰).
- Porción dorsal del tálamo (núcleos ventrobasales e intralaminares).
- Porción ventral del tálamo (núcleos reticulares, geniculado ventral lateral y zona incierta).

2.3.2.2.4. Amígdala

Está localizada en las proximidades con el vértice del lóbulo temporal inmediatamente por delante de la terminación del asta temporal del ventrículo lateral [88].

La amígdala es el punto de convergencia de la información para los estímulos condicionados o no condicionados. La amígdala es una estructura fundamental para la asignación de valor emocional a los estímulos, es por ello, que participa en la codificación de la intensidad del estímulo del dolor [89].

2.3.2.2.5. Circunvolución del cíngulo

Tiene que ver con la parte afectiva del dolor, recibiendo estímulos de los núcleos talámicos que procesan información dolorosa nociceptiva [90].

La corteza anterior de la circunvolución del cíngulo es responsable de características del dolor como: la naturaleza emocional afectiva de los impulsos nocivos, la respuesta motora a dichos estímulos y el aprendizaje y evitación de estímulos nocivos⁵¹.

2.3.2.2.6. Corteza cerebral

2.3.2.2.6.1.1. 1ª Corteza Somato sensorial

Recibe impulsos sensoriales del tálamo y envía impulsos a la corteza motora. Interviene en forma mínima en la percepción del dolor que detecta, discrimina y alivia. Mantiene relación con el número de receptores somato sensoriales⁵².

2.3.2.2.6.1.2. 2ª Corteza Somato sensorial

Recibe impulsos sensoriales del tálamo y genera respuestas ante estímulos dolorosos agudos, como por ejemplo la estimulación nociva⁵³.

⁴⁹ Ibídem.

⁵⁰ Habénula: Grupo cercano de células nerviosas con las que se cree que está asociada la glándula pineal [87].

⁵¹ Ibídem.

⁵² Ibídem.

2.4. Medición y valoración del dolor

Se han estudiado los factores de modulación del dolor en los anteriores apartados, argumentando que el dolor consiste en el proceso de analgesia por parte del encéfalo con el fin de proteger los tejidos. Por otra parte, el concepto de valorar el dolor es más amplio que la simple medición del dolor, ya que la medición del dolor está relacionada con la comunicación de la percepción de la propia experiencia personal. Por tanto, cualquier medición del dolor, incluyendo su notificación y registro, es realmente una medición de la conducta dolorosa [71].

La medición subjetiva es la forma más frecuentemente utilizada para medir el dolor [91]. Para poder hacer el dolor tangible y evaluable, se deben hacer uso de herramientas de valoración que contengan validez, reproductibilidad y sensibilidad [92].

En estos términos, se define validez como la capacidad de un instrumento para medir lo que se pretende medir, permitiendo así extraer información significativa a través de los datos. La reproductibilidad consiste en el grado en que un instrumento proyecta el mismo resultado en aplicaciones repetidas realizadas por la misma persona (reproductibilidad intraobservador) o por distintas personas (reproductibilidad interobservador). La sensibilidad o fiabilidad define la capacidad de detectar pequeños cambios que puedan tener consecuencias clínicas [93].

En la entrevista personal del dolor, se debiera disponer de una herramienta de registro comparable, de tal forma que se pueda conocer donde se localiza el dolor, de qué tipo de dolor se trata (sordo, agudo, urente...), qué otros síntomas acompañan al dolor (como la inflamación), si los síntomas son constantes o fluctúan, qué empeora y qué alivia el dolor, en qué momento es más evidente (al moverse, al sentarse...) y qué actividades no se pueden realizar a causa del dolor (como caminar, sentarse...) [94].

Para llegar a esto, existen herramientas que pueden ayudar a registrar los síntomas dolorosos en el intento de no discriminar el dolor. Son las denominadas escalas unidimensionales (ECV y EPN) y multidimensionales (McGill Pain Questionnaire, Escala de Saint Antoine, Índice Oswestry, Escala de Roland Morris, Índice de Incapacidad del cuello, Cuestionario Eiffel y Maitland entre otros), que permiten medir el dolor. Hay que tener en cuenta que cada escala no constituye un estándar propiamente dicho, por lo que el uso combinado de este arsenal de estrategias será lo que permita realizar una evaluación efectiva del dolor. Además para corroborar el diagnóstico, sería importante realizar una evaluación del estado físico, neurológico y mental del paciente, así como una evaluación clínica funcional [76].

⁵³ *Ibidem.*

2.4.1. Escala de Clasificación Verbal

La Escala de Clasificación Verbal (ECV) o Verbal Descriptor Scale es utilizada frecuentemente y ha sido una de las más estudiadas, aunque carece de sensibilidad [95]. Se trata de una escala unidimensional jerárquica de adjetivos, de unos cuatro o cinco escalones, dispuestos según la intensidad del dolor producido o la afectación del mismo. Los adjetivos se dispone en orden creciente de intensidad (dolor leve, moderado, intenso, severo...) y al resultado se le asigna una puntuación (p.e. de 0 a la descripción menos intensa, 10 a la más intensa...).

Cabe destacar la Escala de Borg de clasificación verbal del dolor (A) [96] y la escala verbal de clasificación del dolor (Roland-Morris) (B), como se aprecia en la **Figura 11**.

A pesar de la facilidad de uso y sencillez de la ECV, tiene como inconveniente que permite reproducir muy poca sensibilidad y poca validez de contenido debido a su unidimensionalidad y por representar únicamente datos ordinales⁵⁴ [98].

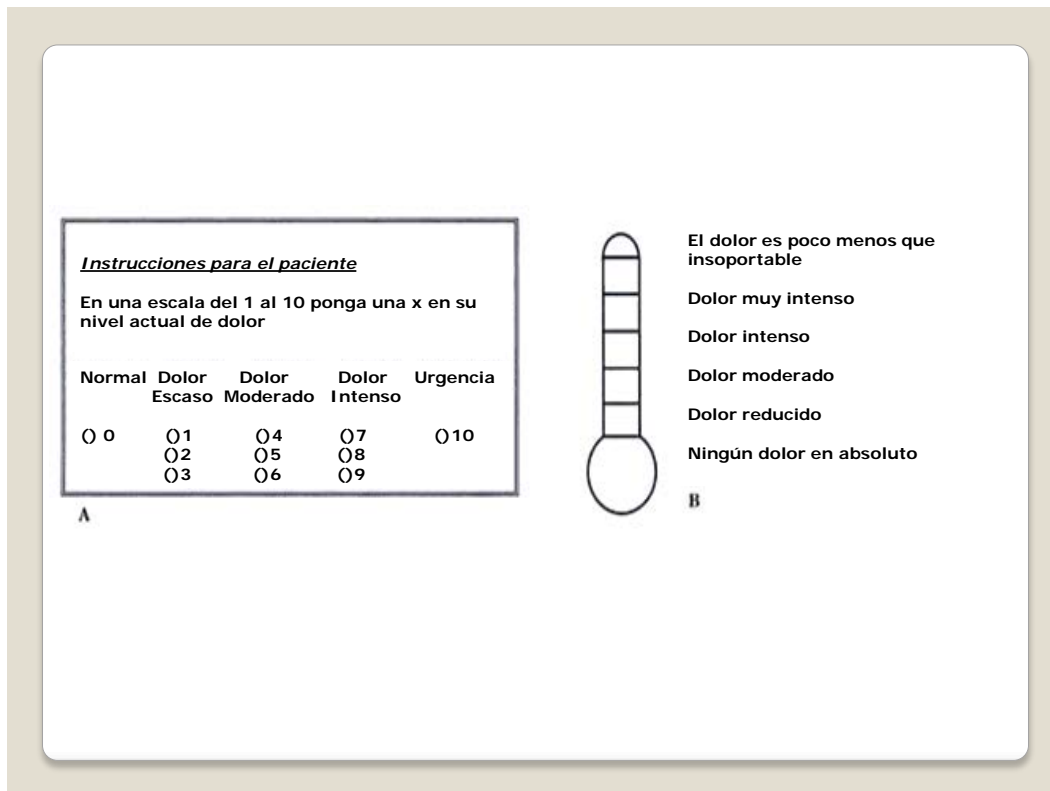


Figura 11. Escala de Borg de Clasificación Verbal del Dolor (A) y Escala Verbal de Clasificación del Dolor (de la escala de Roland Morris) (B) [99].

⁵⁴ En estadística, las variables ordinales, son variables cuyos valores representan una categoría o identifican un grupo de pertenencia contando con un orden lógico. Este tipo de variables permite establecer relaciones de igualdad/desigualdad y a su vez, permiten identificar si una categoría es mayor o menor que otra. En las variables ordinales no se puede determinar la distancia entre sus categorías o grupos, ya que no son cuantificables y por lo tanto, medibles [97].

2.4.2. Escala de Puntuación Numérica

La Escala de Puntuación Numérica (EPN) o Numerical Rating Scale de la **Figura 12**, se trata de una escala analógica y visual discreta que se suele dividir en 11 puntos numerados (de 0 a 10, de 0 a 100...), asociados a términos (p.e. sin dolor, dolor extremo...) [100, 101].

Tras diseñar la primera Escala de Clasificación Verbal, Borg (1998) ideó una escala que mantenía la armonía entre la percepción de la relación entre los números y la descripción verbal del descriptor⁵⁵, como se observa en la **Figura 12**.

Se trata de una escala unidimensional como la anterior y aunque también es muy fácil y rápida de usar, se corre el riesgo de que sea demasiado simple y ofrezca poca sensibilidad⁵⁶.

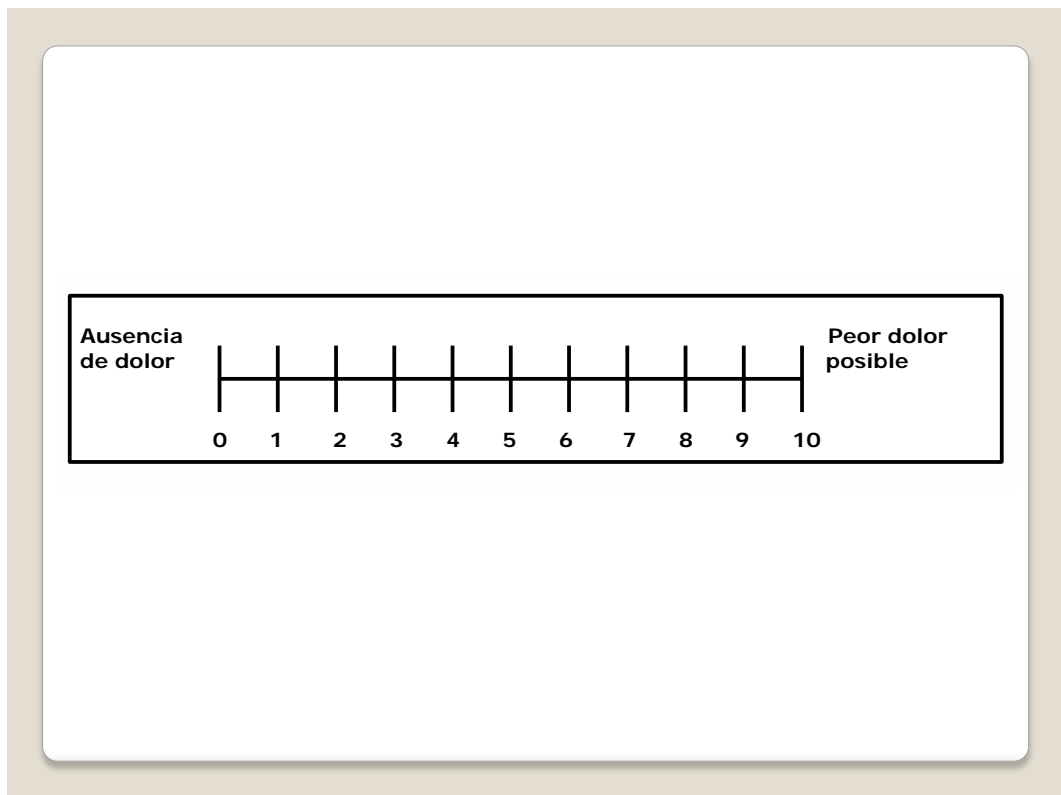


Figura 12. Escala de Puntuación Numérica. Adaptada de la Escala CR19 de Borg [94].

2.4.3. Cuestionario de McGill

En 1975, el profesor Roland Melzack, comenzó a realizar estudios en medicina del dolor y desarrolló el McGill Pain Questionnaire (MPQ) [102]. Constituye un modelo que ha sido utilizado principalmente en estudios de

⁵⁵ *Ibidem.*

⁵⁶ *Ibidem.*

síndromes de dolor musculoesquelético. A lo largo de su historia, ha sufrido una multitud de duplicaciones y es reconocido como uno de los estándares de oro en el campo de la valoración del dolor, ya que ha permitido distinguir los dominios sensoriales de la experiencia en sí del dolor [99].

Esta escala permite reproducir muy bien la sensibilidad, reproductibilidad y validez y su enorme interés se corresponde sobre todo con la validez que representa. Está compuesta por 82 adjetivos, clasificados según la gravedad y reagrupados en 20 categorías de descripción verbal del dolor (13 sensoriales, tres afectivas y cuatro evaluativas), clasificadas en orden de gravedad. Las 10 palabras que aparecen más a menudo son: palpitante, lancinante, dolor profundo, tirones, continuo, sensible, fatigante, penoso, mortificante e irritante [103]. Con este cuestionario se pueden obtener cuatro tipos de datos [104]:

1.- Índice parcial de tasación del dolor. Consiste en la suma total de las escalas con palabras de una categoría determinada (sensorial, afectiva, evaluativa y miscelánea).

2.- Índice total de tasación del dolor. En cada columna, las palabras se enumeran de arriba hacia abajo. La primera columna recibe el valor de 1, la segunda 2, y así sucesivamente. Los valores de las palabras seleccionadas por el paciente se suman para obtener una puntuación para cada categoría. La puntuación total de las categorías se obtiene sumando las puntuaciones de cada categoría.

3.- Número de palabras escogidas. Se cuenta el número de palabras escogidas por el paciente y se obtiene la puntuación.

4.- Intensidad de dolor actual. Melzack lo describe como la combinación número-palabra escogida como indicador del conjunto en el momento de realizar el cuestionario.

En la práctica clínica, los métodos de puntuación más utilizados son 2 y 3. A saber, la puntuación total y el número de palabras elegidas, representan los valores típicos obtenidos por los pacientes.

En la **Figura 13** se muestra el cuestionario de McGill. En este se describen cuatro grupos principales de descriptores sensitivos. 1-10; afectivos; 11-15: evaluativos; 16, y mixto 17-20. El valor de cada descriptor está relacionado en su localización en el grupo de palabras. La suma de los valores en el índice de valoración de dolor. La intensidad actual de dolor está relacionada en una escala de 0-5.

Existen otras versiones, como la recogida en la **Figura 14**, donde se representa lo mismo, pero en versión simplificada. En esta versión, los descriptores 1-11 representan la dimensión sensitiva de la experiencia del dolor, y los descriptores 12-15 representan la dimensión afectiva. Cada descriptor posee un valor en una escala de intensidad 0-ausencia de dolor, 1-leve, 2-moderado, 3-intenso. La intensidad actual de dolor (PPI) de la forma desarrollada del cuestionario de dolor de McGill y la escala visual análoga también se incluyen para facilitar la puntuación general e intensidad del dolor. Por último, el cuestionario se complementa muy bien si se añade un mapa de cuerpo humano con distintas cualidades del dolor.

1 ALETEA	11 CANSA	CONTINUO	RÍTMICO	BREVE
TIEMBLA	AGOTA			
LATE	12 MAREA	CONSTANTE	INTERMITENTE	TRANSITORIO
PALPITA	SOFOCA			
GOLPEA	13 MIEDO			
MARTILLEA	ESPANTO			
2 BRINCO	PAVOR			
DESTELLO	14 CASTIGADOR			
DISPARO	ABRUMADOR			
3 PINCHA	CRUEL			
PERFORA	RABIOSO			
TALADRA	MORTIFICANTE			
APUÑALA	15 DESDICHADO			
LANCINANTE	CEGADOR			
4 AGUDO	16 MOLESTO			
CORTANTE	PREOCUPANTE			
LACERANTE	APABULLANTE			
5 PELLIZCA	INTENSO			
APRIETA	INSOPORTABLE			
ROE	17 DIFUSO			
ACALAMBRA	IRRADIA			
APLASTA	PENETRANTE			
6 TIRA	PUNZANTE			
TRACCIONA	18 APRETADO			
ARRANCA	ENTUMECIDO			
7 CALIENTA	EXPRIMIDO			
QUEMA	ESTRUJADO			
ESCALDA	DESGARRADO			
ABRASA	19 FRESCO			
8 HORMIGUEO	FRIO			
PICOR	HELADO			
ESCOZOR	20 DESAGRADABLE			
AGUIJONEO	NAUSEABUNDO			
9 SORDO	AGONÍSTICO			
PENOSO	TERRIBLE			
HIRIENTE	TORTURANTE			
IRRITANTE	PPI			
PESADO	0 AUSENCIA DE DOLOR			
10 SENSIBLE	1 LEVE			
TIRANTE	2 MOLESTO			
ÁSPERO	3 ANGUSTIOSO			
RAJA	4 HORRIBLE			
	5 INSOPORTABLE			

CONTINUO	RÍTMICO	BREVE
INVARIALE	PERIÓDICO	MOMENTÁNEO
CONSTANTE	INTERMITENTE	TRANSITORIO

E = EXTERNO

I = INTERNO

COMENTARIOS:

Figura 13. Cuestionario de Dolor de McGill [94].

	AUSENCIA	LEVE	MODERADO	INTENSO
PULSANTE	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
DISPARO	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
APUÑALA	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
AGUDO	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
ACALAMBRA	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
ROE	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
CALIENTA Y QUEMA	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
IRRITANTE	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
PESADO	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
SENSIBLE	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
RAJA	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
CANSA Y AGOTA	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
MAREA	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
MIEDO	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____
CASTIGADOR Y ABRUMADOR	0) _____	1) _____	2) _____	3) _____

Ausencia de dolor |-----| Peor dolor posible

PPI

0 AUSENCIA DE DOLOR _____

1 LEVE _____

2 MOLESTO _____

3 ANGUSTIANTE _____

4 HORRIBLE _____

5 INSOPORTABLE _____

Figura 14. Forma abreviada del Cuestionario de Dolor de McGill [94].

2.4.5. Índice de Discapacidad de Oswestry

El Índice de Discapacidad de Oswestry, en inglés Oswestry Disability Questionnaire (ODQ), es un método muy sencillo de puntuar y práctico para evaluar dolores de espalda. El índice es un resultado de las consideraciones de la calidad de vida del afectado [108]. El ODQ incluye preguntas relacionadas con la deficiencia o dolor, con el funcionamiento físico (es decir, cuanto tiempo se puede permanecer de pie o sentado) y con la discapacidad (p.e. para viajar, etc....), siendo las puntuaciones consideradas de la siguiente manera [104]: a) De 0 a 20%: Discapacidad mínima; b) De 20 a 40%: Discapacidad moderada; c) De 40 a 60%: Discapacidad grave; d) De 60 a 80%: Discapacidad muy grave; e) De 80 a 100%: Debe permanecer en cama, tiene una manifestación exagerada o tiene una conducta de enfermedad inapropiada.

Índice de Discapacidad de Oswestry
En las siguientes actividades, marque con una cruz la frase que en cada pregunta se parezca más a su situación:

1. Intensidad del dolor
(0) Puedo soportar el dolor sin necesidad de tomar calmantes
(1) El dolor es fuerte pero me arreglo sin tomar calmantes
(2) Los calmantes me alivian completamente el dolor
(3) Los calmantes me alivian un poco el dolor
(4) Los calmantes apenas me alivian el dolor
(5) Los calmantes no me alivian el dolor y no los tomo

2. Estar de pie
(0) Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera sin que me aumente el dolor
(1) Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera pero me aumenta el dolor
(2) El dolor me impide estar de pie más de una hora
(3) El dolor me impide estar de pie más de media hora
(4) El dolor me impide estar de pie más de 10 minutos
(5) El dolor me impide estar de pie

3. Cuidados personales
(0) Me las puedo arreglar solo sin que me aumente el dolor
(1) Me las puedo arreglar solo pero esto me aumenta el dolor
(2) Lavarme, vestirme, etc, me produce dolor y tengo que hacerlo despacio y con cuidado
(3) Necesito alguna ayuda pero consigo hacer la mayoría de las cosas yo solo
(4) Necesito ayuda para hacer la mayoría de las cosas
(5) No puedo vestirme, me cuesta lavarme y suelo quedarme en la cama

4. Dormir
(0) El dolor no me impide dormir bien
(1) Sólo puedo dormir si tomo pastillas
(2) Incluso tomando pastillas duermo menos de 6 horas
(3) Incluso tomando pastillas duermo menos de 4 horas
(4) Incluso tomando pastillas duermo menos de 2 horas
(5) El dolor me impide totalmente dormir

5. Levantar peso
(0) Puedo levantar objetos pesados sin que me aumente el dolor
(1) Puedo levantar objetos pesados pero me aumenta el dolor
(2) El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo hacerlo si están en un sitio cómodo (ej. en una mesa)
(3) El dolor me impide levantar objetos pesados, pero sí puedo levantar objetos ligeros o medianos si están en un sitio cómodo
(4) Sólo puedo levantar objetos muy ligeros
(5) No puedo levantar ni elevar ningún objeto

6. Actividad sexual
(0) Mi actividad sexual es normal y no me aumenta el dolor
(1) Mi actividad sexual es normal pero me aumenta el dolor
(2) Mi actividad sexual es casi normal pero me aumenta mucho el dolor
(3) Mi actividad sexual se ha visto muy limitada a causa del dolor
(4) Mi actividad sexual es casi nula a causa del dolor
(5) El dolor me impide todo tipo de actividad sexual

7. Andar
(0) El dolor no me impide andar
(1) El dolor me impide andar más de un kilómetro
(2) El dolor me impide andar más de 500 metros
(3) El dolor me impide andar más de 250 metros
(4) Sólo puedo andar con bastón o muletas
(5) Permanezco en la cama casi todo el tiempo y tengo que ir a rastras al baño

8. Vida social
(0) Mi vida social es normal y no me aumenta el dolor
(1) Mi vida social es normal pero me aumenta el dolor
(2) El dolor no tiene ni tiene un efecto importante en mi vida social, pero sí impide mis actividades más enérgicas como bailar, etc.
(3) El dolor ha limitado mi vida social y no salgo tan a menudo
(4) El dolor ha limitado mi vida social al hogar
(5) No tengo vida social a causa del dolor

9. Estar sentado
(0) Puedo estar sentado en cualquier tipo de silla todo el tiempo que quiera
(1) Puedo estar sentado en mi silla favorita todo el tiempo que quiera
(2) El dolor me impide estar sentado más de una hora
(3) El dolor me impide estar sentado más de media hora
(4) El dolor me impide estar sentado más de 10 minutos
(5) El dolor me impide estar sentado

10. Viajar
(0) Puedo viajar a cualquier sitio sin que me aumente el dolor
(1) Puedo viajar a cualquier sitio, pero me aumenta el dolor
(2) El dolor es fuerte pero aguanto viajes de más de 2 horas
(3) El dolor me limita a viajes de menos de una hora
(4) El dolor me limita a viajes cortos y necesarios de menos de media hora
(5) El dolor me impide viajar excepto para ir al médico o al hospital

0: 0 puntos; 1: 1 punto; 2: 2 puntos; 3: 3 puntos; 4: 4 puntos; 5: 5 puntos.

Figura 16. Cuestionario de Oswestry [103].

2.4.6. Técnica Body Part Discomfort

La técnica propuesta por Corlett y Bishop (1976) consiste en una escala de percepción de sensaciones de incomodidad o del dolor en cualquier parte del cuerpo. Se acompaña de un mapa del cuerpo dividido en 12 zonas como se muestra en la **Figura 17**, donde se le pide al afectado que puntúe. Fue diseñada inicialmente con el fin de evaluar la factibilidad ergonómica en el diseño de máquinas, aunque posteriormente ha servido de base como método de búsqueda para posibles TME's de origen laboral [109].

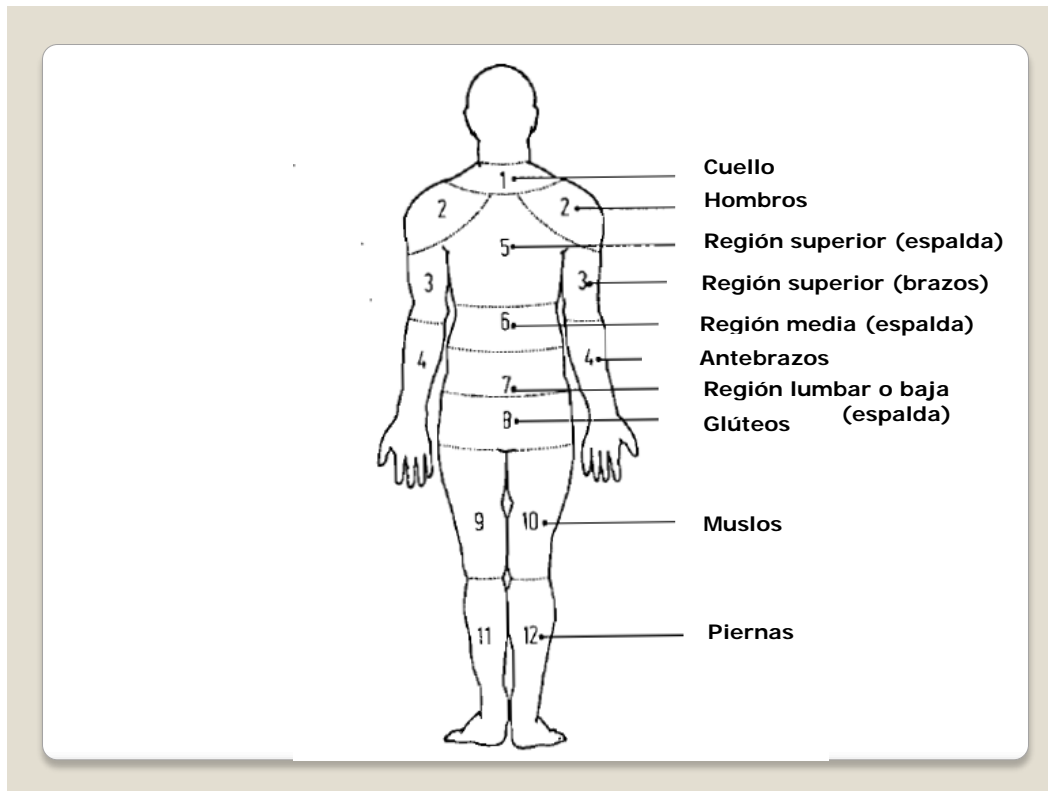


Figura 17. Regiones de subdivisión de la técnica Body Part Discomfort (BPD) [109].

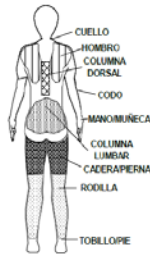
2.4.7. Cuestionario Nórdico

El siguiente es un cuestionario estandarizado para la detección y análisis de síntomas musculoesqueléticos, aplicable en el contexto de estudios ergonómicos o de salud ocupacional con el fin de detectar la existencia de síntomas iniciales, que todavía no han constituido enfermedad o no han llevado a consultar aún a un médico. Su valor radica en que da información que permite estimar el nivel de riesgo de manera proactiva, favoreciendo así una actuación precoz. Las preguntas son de elección múltiple. El cuestionario admite además ser contestado por la propia persona sin necesidad de la presencia de un encuestador. De otra forma, también puede ser aplicado por un encuestador, como parte de una entrevista. Fue denominado Cuestionario Nórdico de Kuorinka (en honor a su autora) y entre sus características más destacadas se puede indicar que resulta muy fiable y permite recopilar mucha información sobre dolor, fatiga o incomodidad en distintas zonas corporales [110].

El cuestionario se muestra mediante un mapa dividido en regiones, como se ve en la **Figura 18**, donde al entrevistado se le solicita responder señalando en qué parte de su cuerpo tiene o ha tenido dolores, molestias o problemas.

Como garantía, el cuestionario debe ser formulado de manera anónima para que toda la información recopilada sea utilizada como método de búsqueda de posibles factores que causan fatiga en el trabajo. El único objetivo del cuestionario es mejorar las condiciones en que se realizan las tareas, con el fin de alcanzar un mayor bienestar para las personas y mejorar los procedimientos de trabajo.

De entre todas las escalas que se describen en este apartado, el Cuestionario Nórdico propone una identificación asintomática antes de que el problema haya provocado incapacidad, de forma rápida, sencilla y sin la necesidad de llevar a cabo estudios de evaluación física, neurológica, mental y funcional, más propios de especialidades médicas.



	Cuello		Hombro		Dorsal o lumbrar		Codo o antebrazo		Muñeca o mano	
1. ¿Ha tenido molestias en...?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> Izdo.	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> Izdo.	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> Izdo.
	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Dcho.	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Dcho.	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Dcho.
							<input type="checkbox"/> Ambos		<input type="checkbox"/> Ambos	<input type="checkbox"/> Ambos

Si ha contestado NO a la pregunta número 1, no conteste más y devuelva la encuesta

	Cuello		Hombro		Dorsal o lumbrar		Codo o antebrazo		Muñeca o mano	
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?										
3. ¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
4. ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No

Si ha contestado NO a la pregunta número 4, no conteste más y devuelva la encuesta

	Cuello		Hombro		Dorsal o lumbrar		Codo o antebrazo		Muñeca o mano	
5. ¿Cada cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días
	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> >30 días, no seguidos
	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.	<input type="checkbox"/> Siempre.
6. ¿Cuánto dura cada episodio?	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> 1-24 horas	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> 1-24 horas	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> 1-24 horas	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> 1-24 horas	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> 1-24 horas
	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días
	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas	<input type="checkbox"/> 1-7 semanas
	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes
7. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días
	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas	<input type="checkbox"/> 1-4 semanas
	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes
8. ¿Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
9. ¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
10. Ponga una nota a las molestias entre 0 (sin molestias) a 5 (muy fuertes)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2
	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5
11. ¿A qué atribuye estas molestias?										

Puede agregar cualquier comentario de su interés aquí abajo o al reverso de la hoja. Muchas gracias por su cooperación.

Figura 18. Cuestionario Nórdico [110].

2.4.8. Cuestionario general según Maitland o Mapa de Dolor

El mapa de dolor suele tener un esquema del cuerpo donde se ubica la localización del dolor. Se trata de un método con una alta validez y fiabilidad que permite cuantificar la distribución del dolor.

Durante el cuestionario se tendrán en cuenta los siguientes criterios [103] :

1. Localización del dolor: la localización a priori que se establezca podrá ser falsa, por lo tanto, es útil recurrir al uso de segmentos de esquema de zonificación, al estilo de la técnica BPD (ver apartado 2.4.6).
2. Irradiación: el punto de partida del dolor es siempre el más doloroso. Será necesario observar los dolores referidos y los posibles trastornos sensitivos si los hubiera.
3. Circunstancias del dolor: el dolor muscular se describe como un dolor profundo y sordo⁵⁷. El dolor óseo se percibe como intenso, insoportable y a menudo se agrava por la noche.
4. Intensidad: es preferible evaluar mediante el uso de escalas que describan mejor el grado de incapacidad funcional.
5. Antigüedad: se refiere a la duración total, si se produce a nivel constante, variable o intermitente. Se hará una precisa observación de como evoluciona el dolor a largo del día: si es más doloroso por la mañana (dolor locomotor), si es más doloroso al final del día (artrosis) o matinal (inflamatorio).
6. Circunstancias de la aparición del dolor: éstas pueden ser espontáneas, como consecuencia de un traumatismo, repentinas o progresivas (reumatismo degenerativo crónico o inflamatorio).
7. Factores de empeoramiento o mejora: por lo general, los dolores de tipo mecánico se alivian con el reposo y empeoran con el movimiento. Los dolores en reposo son del tipo inflamatorio.
8. Cuadro de la afección articular: hay que observar las zonas afectadas en orden de aparición y si el reparto es simétrico o no.

2.4.9. Anamnesis del dolor

Para una mejor comprensión del comportamiento del dolor, los profesionales de la salud realizan la anamnesis, que consiste en una entrevista al paciente sobre cuestiones que propiciarán una ampliación de la afección que las escalas para la valoración del dolor pueden facilitar. La anamnesis durante la entrevista clínica proporciona información del paciente que será incorporada a la historia clínica [111, 112]. Además de los antecedentes personales, la anamnesis para patologías musculoesqueléticas consiste en preguntas como las siguientes⁵⁸:

⁵⁷ Dolor sordo: dolor leve, pero continuo.

⁵⁸ *Ibidem*.

¿Qué duele? (Localización).

¿Cuándo, cómo, de qué manera se provocan y modifican los dolores y los trastornos funcionales?

¿Con qué están asociados los dolores (síntomas concomitantes⁵⁹)?

De la anamnesis del dolor, se derivan diversos modelos de identificación que son los que se verán a continuación.

2.4.9.1. Dolores articulares degenerativos

¿Qué? Dolores articulares o de la columna vertebral con irradiación a las partes blandas pertenecientes a la articulación (músculos, ligamentos, tendones) [111].

¿Cuándo? El dolor aparece al producirse el movimiento, tras realizar un descanso prolongado (dolor matinal), tras la carga o fatiga física y posteriormente, aparece nuevamente dolor con el reposo o por la noche⁶⁰.

¿Cómo? El dolor es de tipo sordo, terebrante⁶¹ y a tirones (define un dolor muscular). Puede llegar a ser agudo en los casos de aplastamiento (menisco, patrón articular, sinovial...). Aumenta progresivamente con la presión o sobrecarga y decrece con el reposo⁶².

¿Por qué? Debido a factores de tipo mecánico como el exceso de carga, traumatismo, fatiga...⁶³.

¿A qué se asocia? En la inspección se asocia a tumefacción⁶⁴. En la función se asocia a dolor que se desarrolla con el movimiento y con posterior dificultad, agotamiento, debilidad muscular y trastornos de la marcha. En la palpación se produce dolor local en la presión⁶⁵.

2.4.9.2. Dolores articulares inflamatorios

¿Qué? Dolores articulares o de la columna vertebral con irradiación difusa al entorno cercano. En caso de procesos óseos el dolor no irradia, sino que se limita a los huesos (periostio, zona medular...) [111].

¿Cuándo? Dolor prolongado y violento, en reposo y sobre todo dolor nocturno,

⁵⁹ Concomitante: adj. que aparece o actúa conjuntamente con otra cosa. En este caso, síntomas que acompañan a los dolores [11].

⁶⁰ *Ibidem*.

⁶¹ Terebrante: adj. Med. Dicho del dolor: que produce sensación semejante a la que resultaría de taladrar la parte dolorida [11].

⁶² *Ibidem*.

⁶³ *Ibidem*.

⁶⁴ Tumefacción: f. (Patol. general) Aumento de tamaño de una zona por inflamación, tumor o edema; hinchazón [57].

⁶⁵ *Ibidem*.

agravándose por la mañana (rigidez matutina)⁶⁶.

¿Cómo? Dolor violento, agudo, ardiente, también terebrante o pulsátil (debido a la pérdida de líquido sinovial). Dolor sordo en procesos óseos, dolor agudo inflamatorio si el periostio está afectado⁶⁷.

¿Por qué? Alteraciones inflamatorias de la membrana sinovial, enfermedades inflamatorias de huesos y tumores⁶⁸.

¿A qué se asocian? Inspección: tumefacción, posición de descarga (de reposo), eventualmente deformación. Estado funcional: restricción precoz del movimiento por dolor, muy dolorosa. Palpación: sobrecalentamiento, dolor local intenso por presión. Síntomas generales: sensación de enfermedad, fatiga, fiebre, pérdida de peso. En los estados tardíos de los procesos degenerativos o inflamatorios, la expansión de los procesos a las estructuras colindantes puede dificultar la diferenciación de dolores articulares (de la cápsula y de los ligamentos) y dolores óseos (del periostio y de la zona medular)⁶⁹.

2.4.9.3. Dolores musculares

Dolor de receptores situados en las fibras musculares y en las intersecciones tendinosas [111].

¿Qué? Dolor en los músculos aislados o grupos sinérgicos, sobre todo en relación funcional con articulaciones o segmentos (tendomirosis en cadena)⁷⁰.

¿Cuándo? Dolor al iniciar el movimiento después de un descanso prolongado (dolor matinal), o después de una posición o carga prolongada (trabajo)⁷¹.

¿Cómo? Dolor difuso, sordo, a tirones, terebrante o desgarrado. El dolor de en la palpación puede ser también claro o cortante⁷².

¿Por qué? Mialgias⁷³ locales: tetania muscular⁷⁴. Estiramiento de músculos acortados o contraídos con rutinas musculares patológicas (aumento del tono reflejo en reposo). Escasez y exceso de carga (agujetas). Mejora con el calor (también casos de etiología inflamatoria) y el movimiento. Mialgias generales: con afecciones víricas (gripe), con infecciones bacterianas y enfermedades del colágeno (aumento de la velocidad de sedimentación globular, leucocitosis),

⁶⁶ *Ibidem*.

⁶⁷ *Ibidem*.

⁶⁸ *Ibidem*.

⁶⁹ *Ibidem*.

⁷⁰ *Ibidem*.

⁷¹ *Ibidem*.

⁷² *Ibidem*.

⁷³ Mialgia: f. (Patol. general) dolor muscular, que puede afectar a uno o varios músculos del cuerpo. Se producen por diversas causas. Puede acompañarse en ocasiones de debilidad o pérdida de la fuerza y dolor a la palpación [57].

⁷⁴ Tetania muscular: espasmo muscular.

particularmente en casos de polimialgia reumática⁷⁵.

No se activa por tos, estornudo o compresión⁷⁶.

¿A qué se asocian? Estado funcional: rigidez muscular, fatiga muscular, necesidad de cambio de posición por insuficiencia muscular o hiper movilidad. No hay dolor por movimientos articulares de traslación. Palpación: dolor local por presión, tetanización de los músculos, eventualmente también durezas musculares locales, designadas como nudosidades o sogueados (puntos gatillo miofasciales⁷⁷). Síntomas neurológicos: ausencia de síntomas radiculares, eventualmente disestesias⁷⁸.

2.4.9.4. Dolores de ligamentos

Dolor de receptores en las prolongaciones tendinosas y ligamentarias [111].

¿Qué? Se produce el dolor en los puntos de inserción de tendones y ligamentos, a menudo con irradiación al músculo correspondiente⁷⁹.

¿Cuándo? Después de una postura uniforme prolongada sobre todo con insuficiencia muscular. Es un segmento en el estadio previo a la degeneración del disco intervertebral (alteración del equilibrio de tensión disco-ligamentos).

¿Cómo? Carácter doloroso similar al dolor muscular⁸⁰.

¿Por qué? Sobrecarga, estiramiento, presión y tracción. Mejora acusada por descarga y posición de reposo: mejora duradera durante el entrenamiento muscular. Dolor en el tramo final del movimiento pasivo de articulaciones hipermóviles⁸¹.

¿A qué se asocian? Disestesia, hiperalgesia: dolor por presión de las inserciones ligamentarias, a menudo con una mayor movilidad articular pasiva y traslatoria (hiper movilidad)⁸².

2.4.9.5. Dolores de la superficie de apoyo deslizante

Dolor de receptores [111].

⁷⁵ Ibídem.

⁷⁶ Ibídem.

⁷⁷ Los puntos gatillo miofasciales es un término que se refiere a formaciones microscópicas que se corresponden con puntos de actividad eléctrica en la zona de la placa terminal motora y que están provocados, entre otras causas, por una disfunción vasculo-nerviosa que además es mantenida durante la contracción del músculo [113].

⁷⁸ Ibídem.

⁷⁹ Ibídem.

⁸⁰ Ibídem.

⁸¹ Ibídem.

⁸² Ibídem.

¿Qué? Dolores locales en la bolsa sinovial o en la vaina tendinosa⁸³.

¿Cuándo? Sobre todo tras sobrecarga o trabajo uniforme⁸⁴.

¿Cómo? A tirones, desgarrador⁸⁵.

¿Por qué? Microtraumatismos únicos, romos, o repetidos, enfermedades reumáticas o metabólicas (gota), trastornos del aporte hormonal o vitamínico (vitamina E). Mejora con el reposo y se agrava con la presión o el movimiento⁸⁶.

2.4.9.6. Dolores nerviosos de tipo neurálgico

¿Qué? Dolor localizado o dolor proyectado, dolor restringido, agudo, superficial en el ámbito de extensión de un nervio periférico o una raíz nerviosa [111].

¿Cómo? Dolor claro, punzante o cortante, con hormigueo, que avanza rápidamente. No hay tendencia a extenderse fuera del ámbito nervioso⁸⁷.

¿Por qué? Por acción mecánica local sobre el lugar de la irritación: presión o estiramiento del nervio o de la raíz del nervio (maniobra de Lasègue⁸⁸), p.e. por tos, estornudo, compresión, por protrusión latente del disco intervertebral, con síndromes de aplastamiento de nervios periféricos, dolor radicular prolongado por prolapsos del disco intervertebral (hernia), traumatismos⁸⁹.

¿A qué se asocia? Trastornos de los reflejos, de la sensibilidad (hipoestesia, hipoalgesia, parestesia⁹⁰) en el dermatoma o en el área del nervio periférico, pérdidas de motricidad de los músculos pertenecientes al segmento (músculos característicos) o de los músculos del nervio periférico, trastornos de la sensación de sudor sólo en caso de lesiones del nervio periférico. En la columna vertebral: posición de descarga, movilidad restringida, músculos contraídos⁹¹.

2.4.9.7. Dolores nerviosos de tipo vegetativo

Irritación directa de fibras nerviosas vegetativas, esto es, dolor de receptores procedentes del interior del cuerpo [111].

¿Qué? Dolor referido (referred pain) o meralgia: dolor difícil de localizar, no muy

⁸³ Ibídem.

⁸⁴ Ibídem.

⁸⁵ Ibídem.

⁸⁶ Ibídem.

⁸⁷ Ibídem.

⁸⁸ La maniobra de Lasègue es una técnica que implica la elevación de las piernas para comprobar la movilidad de las mismas. Se realiza con el paciente acostado, en posición de decúbito supino [114].

⁸⁹ Ibídem.

⁹⁰ Parestesia: f. (Patol. general) Sensación o conjunto de sensaciones anormales y especialmente el hormigueo, adormecimiento o ardor que experimentan en la piel ciertos enfermos [57].

⁹¹ Ibídem.

claramente delimitado sobre la superficie, con tendencia a la expansión difusa⁹².

¿Cuándo? Dolor duradero, a menudo también en oleadas (el dolor dura más tiempo que la estimulación dolorosa)⁹³.

¿Cómo? Sordo, abrasador, urente⁹⁴, convulsivo⁹⁵.

¿Por qué? Irritación de nervios periféricos ricos en fibras vegetativas (p.e. Nervio mediano, nervio tibial). Nociceptores del interior del cuerpo (zonas de Head⁹⁶, de Mackenzie⁹⁷) y/o de las articulaciones⁹⁸.

¿A qué se asocian? Trastornos vegetativos: sensación de frío, de tumefacción, secreción de sudor, trastornos circulatorios, tróficos, alteración del estado general⁹⁹.

2.4.9.8. Dolores vasculares

¿Qué? Dolores alrededor del recorrido del vaso sanguíneo [111].

¿Cuándo? Dolor por carga y duradero en casos de oclusión y duradero en casos de oclusión vascular. Dolor por carga también en la tromboflebitis aguda¹⁰⁰.

¿Cómo? Latigazo de dolor súbito, distal respecto al lugar de la lesión vascular (dolor arterial), también sensación de frío. Sensación progresivamente creciente de presión, tensión y pesadez, dolores en la parte posterior de las piernas y debajo de la rodilla (dolor venoso)¹⁰¹.

¿Por qué? El agravamiento al caminar (claudicación intermitente) y por calor/frío tiene una causa arterial, y el agravamiento por mantener la posición erguida (aproximadamente durante unos 20-30 min) tiene un origen venoso¹⁰².

¿A qué se asocian? Alteraciones en la piel en las lesiones arteriales y venosas: palidez y frío (arterial), cianosis y calor (venosa). Trastornos del estado general en tromboflebitis¹⁰³.

⁹² Ibídem.

⁹³ Ibídem.

⁹⁴ Dolor urente: dolor con sensación de calor o quemadura.

⁹⁵ Ibídem.

⁹⁶ Zonas de Head: área cutánea donde se refleja el dolor a raíz de un órgano enfermo [111].

⁹⁷ Zonas de Mackenzie: área o región muscular hipertónica o sensible que está relacionado con un órgano enfermo [111] ibid.

⁹⁸ Ibídem.

⁹⁹ Ibídem.

¹⁰⁰ Ibídem.

¹⁰¹ Ibídem.

¹⁰² Ibídem.

¹⁰³ Ibídem.

2.4.9.9. Dolores de origen vertebral de tipo radicular

Producido por irradiación directa de la vía nerviosa [111].

¿Qué? Dolor nervioso agudo, local o irradiante¹⁰⁴.

¿Cuándo? Súbito y aparece después de un traumatismo (microtraumatismos) o una sobrecarga mecánica¹⁰⁵.

¿Cómo? En el dermatoma¹⁰⁶, dolor punzante cortante¹⁰⁷.

¿Por qué? Irritación de la raíz del nervio en el agujero intervertebral por compresión. Causas: protrusión o prolapso del disco intervertebral, posición viciosa de la vértebra, inflamación de la cápsula de las articulaciones del arco vertebral, sobre todo en asociación con alteraciones degenerativas de las vértebras y las articulaciones, (formación de protuberancias marginales), trastornos circulatorios o formación de edemas, así como tumores en la zona de las raíces nerviosas¹⁰⁸.

Se provoca y agrava fundamentalmente por el movimiento (tos, estornudo, compresión) y los traumatismos¹⁰⁹.

¿A qué se asocia? Inspección: postura viciosa dolorosa (escoliosis de descarga, posición antálgica). Función: movilidad del segmento vertebral y en la mayoría de los casos de toda la zona vertebral, restringida en alto grado en varias direcciones. Palpación: dolor local por presión, músculos tensos en un solo lado. Síntomas neurológicos: dolor al estirar el nervio (signo de Lasègue), pérdida de reflejos (posteriormente), sensibilidad (parestesia en el dermatoma, hipoestesia, hipoalgesia) y de motricidad (solo en los casos graves)¹¹⁰.

2.4.9.10. Dolores de origen vertebral procedentes del segmento vertebral del tipo seudorradicular (de Brügger).

Viene de la parte dorsal del anillo fibroso del disco intervertebral, del ligamento longitudinal posterior y/o de la cápsula de la articulación del arco vertebral, a través de la rama meníngea, y posiblemente de capas subcondrales de la superficie articular y de los músculos del segmento, a través de la rama dorsal de los nervios espinales [111].

¿Qué? Dolor local o irradiante de las cadenas musculares, con o sin síntomas

¹⁰⁴ Ibídem.

¹⁰⁵ Ibídem.

¹⁰⁶ Dermatoma: área de la piel inervada por una raíz o nervio dorsal de la médula espinal. Los nervios cutáneos son los que llegan a la piel, recogiendo la sensibilidad de ésta. Cada nervio cutáneo se distribuye en una cierta zona de piel, llamada dermatoma [115].

¹⁰⁷ Ibídem.

¹⁰⁸ Ibídem.

¹⁰⁹ Ibídem.

¹¹⁰ Ibídem.

vegetativos¹¹¹.

¿Cuándo? Normalmente inicio progresivo después de traumatismos (microtraumatismos), exceso de carga...¹¹².

¿Cómo? Difuso, sordo, terebrante, a tirones, desgarrador (dolor miálgico)¹¹³.

¿Por qué? Irritación de receptores en las diferentes estructuras del segmento vertebral, sobre todo de las articulaciones del arco vertebral, por trastornos del equilibrio de tensiones disco-ligamentarias, en forma de un trastorno funcional hipomóvil (bloqueo) o hipermóvil (hipermovilidad local o general) y después de un proceso traumático¹¹⁴.

¿A qué se asocia? Inspección: normalmente no hay escoliosis dolorosa o ésta es sólo escasa. Función: movilidad disminuida (bloqueo) o acrecentada (hipermovilidad) de los segmentos de la columna vertebral. Por ello las pruebas de los ligamentos suelen dar resultado positivo. Palpación: dolorosa positiva en el segmento, músculos en tensión (bloqueo), también parcialmente músculos debilitados, tejido celular de la dermis edematizado¹¹⁵ (pliegue de Kliber)¹¹⁶.

¹¹¹ Ibidem.

¹¹² Ibidem.

¹¹³ Ibidem.

¹¹⁴ Ibidem.

¹¹⁵ Edematizado (adjetivo de edema). El edema (o hidropesía) es la acumulación de líquido en el espacio tisular intercelular o intersticial. Edema: m. (Patol. general) Hinchazón blanda de una parte del cuerpo, que cede a la presión y es ocasionada por la serosidad infiltrada en el tejido celular [57].

¹¹⁶ Ibidem.

CAPÍTULO 3. Descripción de TME's ocupacionales

3.1. Introducción

En primer lugar, para entender los mecanismos mediante los cuales se produce una lesión musculoesquelética, es importante saber qué es el sistema musculoesquelético.

El sistema musculoesquelético está formado por huesos, músculos, las estructuras que los unen (articulaciones, tendones, ligamentos, aponeurosis¹¹⁷ y fascias¹¹⁸) y una compleja red de nervios y vasos sanguíneos [116].

Los huesos son tejidos vivos que presentan gran cantidad de irrigaciones e inervaciones. Al unirse dos o más huesos, se forma una articulación. Las articulaciones son las responsables del movimiento, y el movimiento se controla mediante el esfuerzo coordinado del sistema nervioso y de los músculos. El sistema articular está compuesto por las articulaciones y todos sus elementos constitutivos. Las articulaciones se mantienen unidas entre sí a través de los ligamentos. Por otra parte, los músculos se unen a los huesos por medio de los tendones [117].

Los mecanismos por los cuales se produce una lesión van desde una rotura microscópica repetitiva que causa inflamación [118] y formación de tejido granular -debido a la fricción contra estructuras adyacentes- hasta la propia compresión mecánica [119]. Es decir, las respuestas biomecánicas para que se produzca una lesión serán consecuencia del estrés y la tensión de los tejidos. El estrés mecánico se refiere a fuerza dividida por el área sobre la que se distribuye, y la tensión es la deformación resultante del tejido dividido por las dimensiones no fatigadas del tejido [120].

Las lesiones pueden ser de tipo agudo si el origen consiste en la sobrecarga simple que excede el máximo de tolerancia de los tejidos. En los tejidos se presencia entonces un daño tisular macroscópico [49].

Este daño tisular puede suceder por varias razones¹¹⁹:

- Aparece como consecuencia de accidente/s.
- Es debido a alteraciones fisiopatológicas¹²⁰ no relacionadas con

¹¹⁷ Aponeurosis: f. (Anat.) Membrana de tejido conjuntivo que envuelve los músculos [57].

¹¹⁸ Fascia: f. (Histol.) Capa de tejido conectivo que cubre o une estructuras corporales [57] *ibid.*

¹¹⁹ *Ibidem.*

accidentes o eventos agudos.

- Se produce debido al deterioro progresivo relacionado con la acumulación de microtraumatismos procedentes del mantenimiento de posturas forzadas, movimientos repetitivos frecuentes (sobrecarga y sobreesfuerzo o sobreuso)¹²¹, etc.. Es decir, son el resultado de la exposición a factores de riesgo biomecánicos.

En este último caso, las molestias se deben a una aparición lenta y de carácter inofensivo en apariencia -razón por la cual suelen ser ignoradas- hasta que el síntoma se hace crónico y aparece el daño permanente¹²².

Además, una lesión por sí misma, puede desencadenar daños en otros tejidos. Así, para que una lesión se considere secundaria¹²⁴ al sobreuso, se requiere que cumpla los siguientes criterios [119]:

- Criterio anatomopatológico¹²⁵: queda definido por el compromiso de ciertos músculos, tendones, fascias, vainas sinoviales¹²⁶, bursas¹²⁷, nervios o arterias.
- Criterio etiopatogénico¹²⁸: que sea producido por ciertos factores biomecánicos.
- Criterio cronológico: que la enfermedad se produzca en semanas, meses, años o por un tiempo lo suficientemente prolongado, de tal forma que pueda explicar la causalidad.
- Criterio fisiológico, definido por unos periodos de descanso de manera que estos resultan insuficientes para la recuperación de los tejidos y la recuperación finalmente no se llega a producir.

¹²⁰ Fisiopatología. f. Med. Estudio de la relación entre las funciones del organismo y sus posibles alteraciones [11].

¹²¹ Definidas en la literatura médica como Cumulative Trauma Disorders (CTDs), Repetitive Strain Injury (RSI), Overuse Syndromes (OS), Troubles Musculosquelettiques (TMS) o Work-related Musculoskeletal Disorders (WRMSDs) o Trastornos musculoesqueléticos (TME's).

¹²² *Ibidem*.

¹²⁴ La lesión primaria es aquella que involucra un daño tisular macroscópico o microscópico de estructuras como ligamentos, músculos, tendones, tejido nervioso, vasos sanguíneos y huesos. La lesión primaria es el trauma inicial en sí mismo, el cual ha ocurrido antes de que cualquier tratamiento o intervención pueda ser efectuada, y no puede ser revertido. La respuesta fisiológica a la lesión primaria puede desencadenar daños en tejidos que no fueron lesionados originalmente. Este daño inducido por la lesión primaria recibe el nombre de lesión secundaria, la cual se debe a mecanismos inmunológicos e isquémicos. La isquemia es el proceso por el cual se interrumpe la disminución transitoria o permanente del riego sanguíneo y consecuente disminución del aporte de oxígeno (hipoxia), de nutrientes y la eliminación de productos del metabolismo de un tejido biológico [121].

¹²⁵ Anatomopatológico: Referente a las alteraciones anatómicas de los órganos a nivel macroscópico y microscópico. 1. adj. Perteneciente o relativo a la anatomía patológica [57].

¹²⁶ Vainas sinoviales: revisten a tendones que se deslizan sobre un sustrato óseo, evitando así el roce del tendón sobre el hueso [122].

¹²⁷ Bursa o bolsa sinovial: f. (Anat.) Saco lleno de fluido ubicado entre un hueso y un tendón, y que normalmente sirve para reducir la fricción en la articulación [57].

¹²⁸ Etiopatogénico: que causa o contribuye a generar una determinada patología [57] *ibid*.

Por consiguiente, para comprender y explicar las lesiones musculoesqueléticas producto del trabajo desarrollado, se establece una clasificación de las lesiones y enfermedades que en el área de las instalaciones mecánicas del sector de la construcción están directamente relacionados con el tipo de trabajos realizados y los factores biomecánicos asociados a estas tareas [119, 123, 124]. La primera clasificación atiende a las regiones corporales afectadas, como se aprecia en la **Figura 19**.

Las lesiones y enfermedades más representativas del sector de estudio, pueden ser igualmente clasificadas atendiendo a la tipología de las patologías, según se indica en la **Figura 20**. De acuerdo a esta segunda clasificación, se desarrollan a continuación las lesiones y enfermedades que caracterizan los TME's ocupacionales para el sector construcción, área instalaciones mecánicas.

Por último, la etiología de las enfermedades musculoesqueléticas puede cotejarse con los estudios de la sección transversal, longitudinal y experimental, que para cada enfermedad han demostrado que la exposición a una combinación de dos o más de los factores relacionados con el trabajo físico, - tales como posturas incómodas y estáticas, movimientos repetitivos, MMC, operaciones de empuje y arraste, la aplicación de la fuerza y el esfuerzo físico, y la vibración, puede causar enfermedades musculoesqueléticas [29].

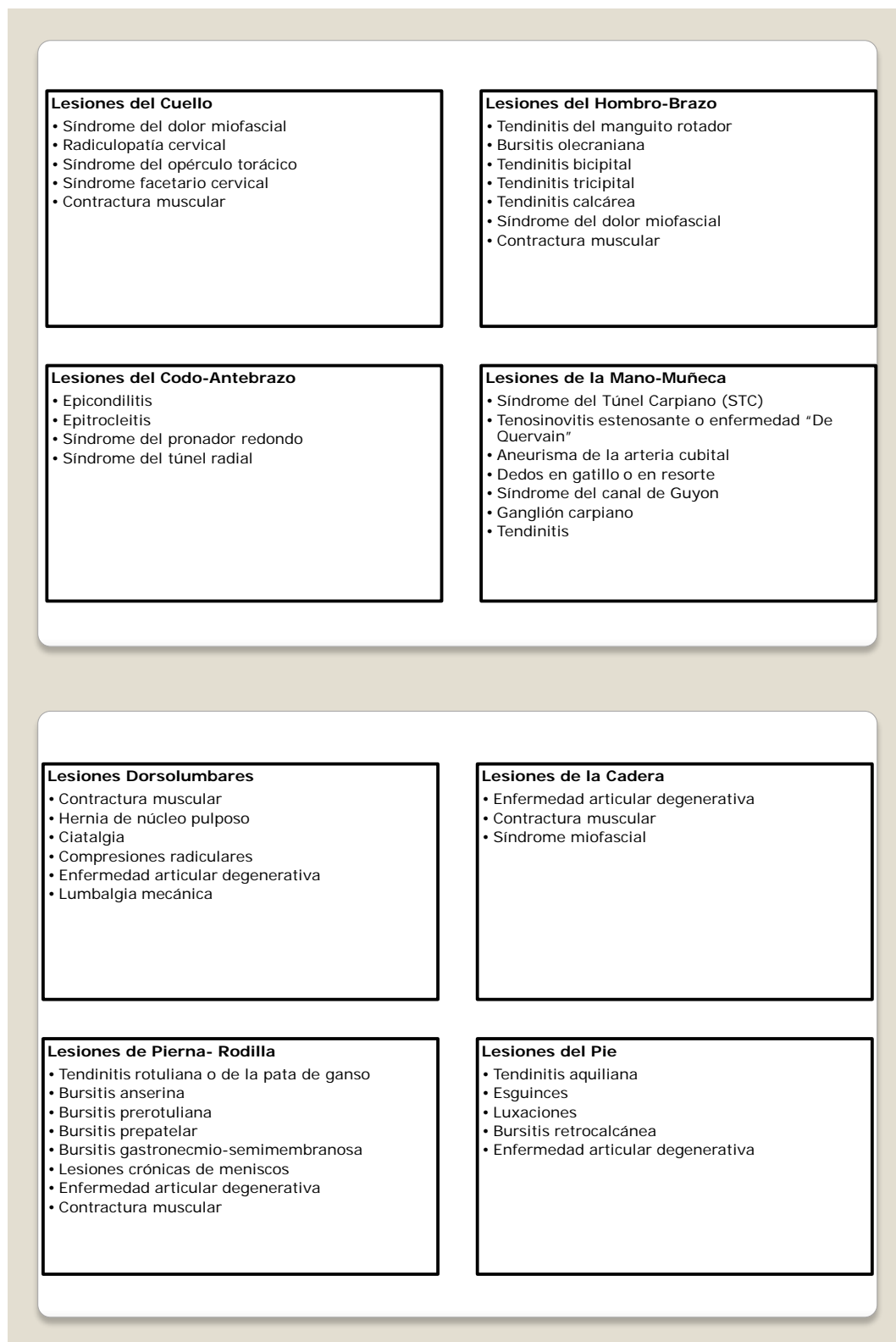


Figura 19. Clasificación de lesiones más frecuentes según regiones afectadas [119, 123, 124].

Lesiones a nivel de los tendones y ligamentos

- Tendinitis (del manguito rotador, bicipital, calcánea...)
- Tendinitis de la porción larga del bíceps braquial
- Peritendinitis/tenosinovitis/sinovitis
- Tenosinovitis estenosante o enfermedad "De Quervain"
- Epicondilitis
- Epitrocleitis
- Tendinitis tricpital
- Dedos en gatillo o en resorte
- Tendinitis aquiliana
- Tendinitis rotuliana o de la pata de ganso
- Otras tendinitis de la mano y muñeca

Lesiones a nivel de nervios

- Síndrome del túnel carpiano (STC)
- Síndrome del canal de Guyon
- Síndrome del túnel radial
- Síndrome del pronador redondo
- Síndrome del opérculo torácico
- Ciatalgia o radiculopatía lumbar
- Radiculopatía cervical
- Síndrome del túnel tarsiano y del túnel tarsiano anterior

Lesiones musculares

- Contractura muscular
- Síndrome del dolor miofascial y puntos gatillos
- Miositis osificante
- Tensión muscular cervical
- Lumbalgia mecánica o dolor lumbar mecánico simple

Lesiones vasculares o neurovasculares

- Aneurisma de la arteria cubital
- Síndrome de Raynaud

Lesiones a nivel articular, ligamentosas, capsular y de las bolsas sinoviales

- Enfermedad articular degenerativa o artrosis
- Bursitis subcutáneas prerotulianas y olecraniana
- Bursitis profunda anserina, prepatelar, gastrocnemio-semimembranosa y retrocalcánea
- Lesiones crónicas de meniscos
- Ganglion carpiano
- Lesiones ligamentosas (esguinces y luxaciones)

Figura 20. Clasificación de lesiones más frecuentes según la tipología de las patologías [119, 123, 124].

3.2. Lesiones a nivel de los tendones

Los tendones constituyen las porciones proximal y distal¹²⁹ de los músculos, mediante los cuales se insertan en los huesos. Están formados por tejido conjuntivo y se agrupan en fascículos. Están recubiertos por vainas fibrosas y se lubrican mediante las vainas sinoviales. Los tendones pueden sufrir procesos degenerativos, que van desde la tendinitis¹³⁰, calcificación¹³¹ y finalmente rotura.

La tendinitis, puede producirse por diversas causas: sobrecarga, microtraumatismos de repetición o por el propio proceso de degeneración del tendón, que al realizar el mínimo esfuerzo -generalmente producto de la repetición de movimientos- hacen que éste resulte finalmente dañado [125].

3.2.1. Tendinitis del manguito rotador, bicipital y calcárea

La tendinitis o tendinopatía del manguito rotador es una lesión degenerativa localizada a nivel del tendón supraespinoso¹³², aunque también es común que llegue a afectar al resto de tendones que forman el manguito rotador [126]. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), constituye uno de los trastornos musculoesqueléticos más frecuentes a nivel de las extremidades superiores [127].

El trastorno origina un síndrome de hombro doloroso que varía desde leves molestias con la actividad hasta un dolor intenso que empeora por la noche. El dolor, más que a nivel del propio hombro, se localiza más intensamente en la cara externa del miembro superior (V deltoidea). Si la tendinitis es crónica, el dolor se extiende sobre la cara anterior y lateral del hombro y se irradia hasta el músculo deltoides¹³³ y trapecio¹³⁴. En el estado agudo es característico de esfuerzos físicos repetidos de elevación anterior o hiperutilización del miembro superior por encima de la horizontal y aparece durante la actividad o después de ésta, empeorando por la noche. Suele ser común en sujetos que mantienen este tipo de actividades desde la adolescencia -en este caso, el pronóstico es normalmente reversible- [126].

Durante la exploración clínica, el especialista observará una restricción importante de las amplitudes articulares activas y pasivas¹³⁵, o una rigidez

¹²⁹ Porciones proximal y distal: el punto de referencia se sitúa en el tronco del cuerpo. Los más cercano a éste es la porción proximal y los más alejado es la distal.

¹³⁰ Tendinitis: f. (Patol. Traumatol., Reumatol.) Inflamación de un tendón [57].

¹³¹ Calcificación: 2. f. (Patol. Traumatol., Reumatol.) Depósito patológico de calcio en tejidos blandos, como arterias, riñones, pulmones o cerebro [57] *ibid.*

¹³² El tendón del supraespinoso forma parte del manguito rotador que es un conjunto de músculos y tendones que tiene como función mantener la cabeza del húmero dentro de la cavidad glenoidea o lo que es lo mismo, ayuda a sujetar el hueso del brazo (el húmero) a la escápula.

¹³³ El músculo deltoides es un músculo del hombro, su nombre procede de su parecido a la letra griega delta.

¹³⁴ El trapecio es un músculo situado en la región posterior del cuello y del tronco.

¹³⁵ Amplitud articular activa y pasiva: la diferencia está en que en la prueba de test realizada por el especialista, la amplitud articular activa es la que el propio sujeto realiza por si mismo y la activa la que realiza el terapeuta.

moderada y dolorosa de la elevación anterior y rotación interna. También los estudios de imagen mediante radiografías, ecografías y resonancias magnéticas probarán la evidencia del estado de la tendinitis, mostrando desde signos orientativos a signos inequívocos¹³⁶.

La tendinitis bicipital distal se define como una tendinitis de inserción del músculo bíceps braquial¹³⁷ a nivel de la tuberosidad bicipital del radio¹³⁸ y aparece como consecuencia de movimientos de supinación repetitivos, sobre todo si se realizan con el codo en flexión o extensión máximas. Suele producirse como consecuencia del transporte de cargas y levantamiento de pesos con los brazos [128].

El dolor se asienta en la región anterior del codo y se despierta cuando el paciente coge un objeto y/o realiza movimientos de supinación¹³⁹ forzada [126].

Durante la exploración clínica, el dolor se reproduce. El especialista realizará además de una prueba de fuerza isométrica¹⁴⁰ en flexión, supinación e hiperextensión pasiva¹⁴¹.

Serán útiles también en este caso los estudios de imagen mediante radiografía simple, ecografía y Resonancia Magnética (RM) para localizar signos¹⁴².

La tendinitis calcárea puede afectar a cualquiera de los tendones que forman el manguito rotador, manifestándose por un depósito de calcio. Se localiza preferentemente en el tendón del supraespinoso y en ocasiones, el infraespinoso y el subescapular¹⁴³.

Su incidencia es de difícil valoración, ya que algunas calcificaciones permanecen asintomáticas y otras desaparecen de forma espontánea¹⁴⁴.

Se desconocen las causas etiológicas y su asociación a los microtraumatismos repetidos no ha podido probarse. Lo que si se ha experimentado es que puede ser secundaria a un proceso tendinoso de larga evolución. Éste es el único aspecto donde se prueba su relación con los microtraumatismos repetidos¹⁴⁵.

¹³⁶ Ibídem.

¹³⁷ El músculo bíceps braquial es un músculo es un músculo de la región anterior y superficial del brazo.

¹³⁸ La tuberosidad bicipital es una elevación en la superficie anterointerna del cuello del radio para la inserción del bíceps.

¹³⁹ En la posición de supinación de la mano, la palma queda hacia arriba.

¹⁴⁰ La fuerza isométrica o estática en un músculo se produce cuando la fuerza realizada no implica movimiento.

¹⁴¹ Ibídem.

¹⁴² Ibídem.

¹⁴³ Ibídem.

¹⁴⁴ Ibídem.

¹⁴⁵ Ibídem.

3.2.2. Tendinitis de la porción larga del bíceps braquial

La porción larga del músculo bíceps braquial se origina a nivel del reborde superior de la cavidad glenoidea de la escápula, discurriendo por encima de la cabeza del húmero a través de la tróclea (corredera) que lleva su nombre y que discurre entre las dos tuberosidades proximales de este hueso (troquíter y troquín). Este canal está cubierto por el ligamento intertuberositario, lo que le convierte en un verdadero túnel osteofibroso similar a lo que ocurre con el nervio mediano a nivel del túnel carpiano [126].

La etiología¹⁴⁶ se trata de lesiones traumáticas, degenerativas o inflamatorias, estas últimas de manera repetitiva. Aunque la lesión suele aparecer aislada, es más frecuente encontrarla asociada a la lesión del manguito de los rotadores¹⁴⁷.

El trastorno refiere dolor localizado en la región anterior del hombro, que a menudo es irradiada por la cara anterior del brazo¹⁴⁸. Durante la exploración, la palpación de la corredera bicipital resultará dolorosa¹⁴⁹.

3.2.3. Peritendinitis/tenosinovitis/sinovitis

Consiste en la inflamación de la capa más externa del tejido conectivo que recubre el tendón, pudiendo estar el tendón afectado o no. Cuando la capa más externa es una membrana sinovial, su inflamación se denomina tenosinovitis. Todos los tendones de la musculatura extrínseca del pie poseen vaina sinovial, a excepción del tendón de Aquiles y los tendones de la musculatura intrínseca [129].

La etiología será la misma que para una tendinitis y como diferenciación, se podrá presentar una inflamación más blanda a la palpación¹⁵⁰.

Se produce por una sobrecarga del músculo debido a sobreuso o uso repetitivo o traumatismo directo¹⁵¹.

3.2.4. Tenosinovitis estenosante o enfermedad “De Quervain”

Esta enfermedad afecta al primer compartimento dorsal de la muñeca, produciendo dolor e incapacidad funcional. Las vainas tendinosas afectadas son, en realidad, las correspondientes a los músculos abductor largo del pulgar y extensor corto del mismo dedo, precisamente a la altura de la apófisis estiloides

¹⁴⁶ Etiología: f. (Patol. general) Parte de la medicina, que tiene por objeto el estudio de las causas de las enfermedades [57].

¹⁴⁷ Ibidem.

¹⁴⁸ En la cara anterior del brazo la palma de la mano queda visible.

¹⁴⁹ Ibidem.

¹⁵⁰ Ibidem.

¹⁵¹ Ibidem.

del radio¹⁵², en lo que se denomina el primer compartimento dorsal de la muñeca. Los tendones del abductor largo y del extensor corto del pulgar, se quedan normalmente atrapados, en ocasiones, aunque menos a menudo también se queda atrapado el tubérculo de Lister (o tubérculo dorsal del radio, que afecta al extensor largo) [126].

La etiología se caracteriza por dolor localizado en el borde radial¹⁵³ de la muñeca que se acentúa con los movimientos del pulgar. En ocasiones la etiología no queda bien definida pero los microtraumatismos juegan un papel importante en la misma. Se produce por movimientos repetitivos y potentes del pulgar¹⁵⁴.

Durante la exploración clínica, el especialista comprobará como el dolor se hace más intenso con los movimientos de inclinación cubital de la muñeca, la abducción del pulgar o la presión pluridigital¹⁵⁵. En la palpación, se reproduce el dolor a nivel del primer compartimento dorsal de la muñeca mediante un engrosamiento doloroso. En casos avanzados se produce crepitación¹⁵⁶ e incluso signo de resorte¹⁵⁷.

3.2.5. Epicondilitis

La epicondilitis es una inflamación de la zona de la inserción de los músculos extensores de la muñeca a nivel del epicóndilo humeral. Los músculos extensores se insertan por medio del tendón extensor común o de las aponeurosis de los extensores. Es también conocida con el nombre epicondilitis lateral o epicondilitis humeral [126]. Según el INSHT constituye uno de los trastornos musculoesqueléticos más frecuentes a nivel de las extremidades superiores junto con la epitrocleitis [127].

Afecta preferentemente a individuos que someten a sobrecarga funcional los músculos del antebrazo y realizan una repetición continua de movimientos, con lo que la etiología corresponde a traumatismos de tracción repetitiva o contracción muscular reiterada. En ocasiones también suele coincidir con un solo episodio de sobrecarga brusca. El brazo afectado suele ser el dominante¹⁵⁸.

En la exploración clínica se apreciará dolor en la región de los músculos extensores comunes de los dedos, en particular cuando se intenta extender el dedo medio, contra resistencia, con el codo extendido. La presión selectiva sobre

¹⁵² La apófisis (vértice) estiloides del radio es un pequeño saliente que se encuentra en la parte externa de la superficie articular con la muñeca. Está en contacto con la piel, por lo que se puede palpar fácilmente.

¹⁵³ Borde radial: el borde correspondiente al hueso del radio (en situación relajada con los brazos extendidos, el radio se queda más próximo al tronco del cuerpo).

¹⁵⁴ Ibídem.

¹⁵⁵ La presión pluridigital es el tipo de presión ejercida con varios dedos a la vez.

¹⁵⁶ La crepitación articular es un ruido producido en una articulación por el roce de superficies sinoviales secas.

¹⁵⁷ Ibídem.

¹⁵⁸ Ibídem.

el epicóndilo también resultará dolorosa¹⁵⁹.

3.2.6. Epitrocleititis

Se trata de una entesopatía¹⁶⁰ por sobreuso de la musculatura que se inserta en la epitroclea. Se denomina también codo de golfista o epicondilitis medial. Es similar a la epicondilitis, pero mucho menos frecuente [126].

La etiología al igual que en la epicondilitis es debida a microtraumatismos por repetición o por contracción muscular reiterada. No se ha encontrado relación entre la epitrocleititis y trabajos repetitivos que no requieran fuerza¹⁶¹.

El dolor producido es epitrocLEAR, de origen insidioso y en algunos casos el dolor es agudo con impotencia funcional. Empeora con actividades de flexión y pronación¹⁶² de la muñeca¹⁶³.

3.2.7. Tendinitis tricipital

También denominada olecraniana, es una lesión debida a una tenoperiostitis¹⁶⁴ o a una tenobursitis¹⁶⁵ del tríceps braquial. Es mucho más rara que la epicondilitis y la epitrocleititis, pero sin embargo es más frecuente que la tendinopatía de la porción distal del bíceps braquial [126].

Es producida principalmente por traumatismos directos o movimientos repetitivos de hiperextensión¹⁶⁶.

El dolor se asienta en la región posterior del codo, a nivel de la punta del olécranon, aparece progresivamente y se siente más intenso al final de la actividad o al final de la jornada¹⁶⁷.

3.2.8. Dedos en gatillo o en resorte

La tenosinovitis estenosante, comúnmente conocido como dedo en gatillo o pulgar en gatillo, afecta a las poleas y tendones que componen la mano y que

¹⁵⁹ Ibídem.

¹⁶⁰ Entesopatía: f. (Patol. Traumatol., Reumatol.) Enfermedad que afecta a las éntesis (inserciones de los ligamentos, tendones o músculos en los huesos) [57].

¹⁶¹ Ibídem.

¹⁶² Pronación de la muñeca: lo contrario de supinación de la muñeca. La rotación del antebrazo permite situar la mano con el dorso hacia arriba.

¹⁶³ Ibídem.

¹⁶⁴ Tenoperiostitis, entesitis o de Inserción: cuando la zona del tendón lesionada se encuentra en su unión al periostio (hueso).

¹⁶⁵ Tenobursitis: cuando se inflama la bolsa serosa anexa al músculo.

¹⁶⁶ Ibídem.

¹⁶⁷ Ibídem.

flexionan los dedos. Es una variedad clínica de las tenosinovitis por atrapamiento [126].

Se produce cuando los tendones forman un nódulo o inflamación de su revestimiento en la articulación metacarpo falángica. Al inflamarse los tendones se estrecha su paso a través del espacio del túnel (vaina flexora) causando dolor, chasquido o una sensación de atrapamiento en el dedo o pulgar. Cuando el tendón se atrapa produce inflamación y más hinchazón. Esto causa un círculo vicioso de atrapamiento, inflamación e hinchazón¹⁶⁸.

Al principio de la enfermedad, se origina una simple molestia al mover el dedo, más tarde, se refiere un resalte, normalmente doloroso y matutino¹⁶⁹.

Entre las causas del dedo en resorte además de las causadas por enfermedad (artritis reumatoide o gota), también se encuentran las relacionadas con el uso excesivo de la mano y movimientos repetitivos¹⁷⁰.

Durante el examen clínico se comprobará el movimiento de los dedos y las restricciones que se presentan¹⁷¹.

3.2.9. Tendinitis aquilea

Se trata de una inflamación del tendón de Aquiles. El tendón de Aquiles es un tendón con pocas fibras elásticas, de aquí que sea común el mecanismo por el que se produce sobrecarga muscular. Como no dispone de vaina sinovial, los procesos inflamatorios de esta zona afectan tanto a los tejidos fibrosos laxos que rodean al tendón como al propio tendón [130].

Las causas van desde los cambios de superficie a los cambios de calzado. También sucede por uso excesivo de la pierna y tobillo o debido a un traumatismo. En este caso, la tendinitis sucede al repetirse el traumatismo [131].

Debido a la inflamación, el pie parece más grueso que el otro pie y puede estar enrojecido y caliente al tacto. El tobillo puede estar rígido y limitar la amplitud del movimiento. Suceden crepitaciones cuando el pie o el tobillo se flexionan o se estiran¹⁷².

3.2.10. Tendinitis rotuliana o de la pata de ganso

Suele ocurrir en la unión rotuliana tendinosa y este tipo de tendinitis es producida por una inflamación debido a una distensión en la unión entre rótula y tendón [130].

La causa más frecuente es el desequilibrio entre los componentes medial y lateral de los músculos cuádriceps, lo que da lugar a un estiramiento desigual del

¹⁶⁸ Ibídem.

¹⁶⁹ Ibídem.

¹⁷⁰ Ibídem.

¹⁷¹ Ibídem.

¹⁷² Ibídem.

tendón rotuliano. Suele asociarse con la colocación del peso en el cuerpo inclinado demasiado hacia atrás. Arrodillarse frecuentemente también puede provocar una tendinitis rotuliana que suele estar asociada a una bursitis infrarrotuliana¹⁷³.

Los afectados por esta patología suelen aquejarse de un dolor localizado en el polo inferior del cartílago o del propio tendón. El dolor se incrementa al realizar actividades que aumentan la tensión. Su aparición suele causar un dolor agudo¹⁷⁴.

Existen otros tipos de tendinitis relacionadas y no mencionadas en este capítulo, como son la tendinitis del bíceps femoral y la de los gemelos, cuyo proceso y causas son las mismas [132].

3.2.11. Otras tendinitis de la muñeca y mano

Otros tipos de tendinitis de la muñeca y mano son la tenosinovitis de los flexores y de los extensores radiales [126].

Para el caso de la tenosinovitis de los flexores el cuadro clínico se manifiesta de forma característica por una rigidez de los dedos, sobre todo por la mañana, que se acompaña a menudo de parestesias debido al síndrome del túnel carpiano por compresión del nervio mediano¹⁷⁵.

La etiología puede ser definida como de tipo inflamatoria, mecánica o producto de microtraumatismos¹⁷⁶.

En el examen clínico se mostrará tumefacción¹⁷⁷ que se moviliza con los tendones flexores, produciendo dolor al hacer resistencia contra los mismos. Debido al dolor se produce disminución de fuerza a la aprehensión¹⁷⁸ de los tendones¹⁷⁹.

En el caso de la tenosinovitis de los extensores radiales el dolor aparece en la cara pósterio-externa del tercio inferior del antebrazo, a unos 4-8 cm de la articulación de la muñeca. Es muy común en trabajos en los que se producen movimientos repetitivos de levantamiento de pesos¹⁸⁰.

Durante el examen clínico se apreciará en algunos casos tumefacción por crepitación. El dolor aumenta por la presión y a la extensión contra resistencia de

¹⁷³ Ibidem.

¹⁷⁴ Ibidem.

¹⁷⁵ Ibidem.

¹⁷⁶ Ibidem.

¹⁷⁷ Inflamación.

¹⁷⁸ Percepción.

¹⁷⁹ Ibidem.

¹⁸⁰ Ibidem.

la muñeca¹⁸¹.

3.3. Lesiones a nivel de nervios

Los nervios representan la parte más expuesta a lesiones del sistema nervioso. Son especialmente sensibles y vulnerables a lesiones traumáticas o indirectas. De esta forma, las lesiones en los nervios podrán ocurrir sin degeneración de la fibra nerviosa periférica, con recuperación ocasional, o con degeneración parcial, donde se produce la sección de los axones con conservación del neurilema o de la vaina de Schwann¹⁸², producto de las compresiones mecánicas directas o indirectas de los nervios, o con interrupción total de los axones, así como de las envueltas del nervio en el caso de los traumatismos graves [134].

3.3.1. Síndrome del túnel carpiano

Los huesos del carpo y los ligamentos intercarpales en sus bordes medial, anterior y posterior forman el túnel carpiano. Según el INSHT constituye uno de los trastornos musculoesqueléticos más frecuentes a nivel de las extremidades superiores [127]. Es producido por la compresión del nervio mediano al pasar por el túnel carpiano. El nervio mediano es responsable de las funciones motora y sensorial del pulgar y de los tres dedos medios [135].

El síndrome¹⁸⁴ del túnel carpiano (STC) provocará un dolor crónico con entumecimiento, parestesias y hormigueo en el pulgar, el índice, corazón y el anular [136].

Es muy frecuente que los síntomas empeoren por la noche. Durante el sueño, la muñeca se flexiona con frecuencia, lo cual aumenta la presión sobre el nervio mediano en el túnel carpiano. Conforme progresa la presión del nervio mediano, se puede comenzar a sentir dolor diurno que parece agravarse por el movimiento forzado y la repetición de la mano. También puede existir dolor que irradia a lo largo de la superficie anterior del brazo hasta el hombro o el cuello.

La presión del túnel carpiano, aumenta más con los movimientos activos de la muñeca y de los dedos que los movimientos pasivos. Los movimientos repetitivos de la mano, tienden a ser un factor causal. Otras causas del desarrollo del síndrome son la flexión y extensión prolongadas de la muñeca o un traumatismo agudo [137].

¹⁸¹ Ibídem.

¹⁸² Neurilema (vainas de Schwann): membrana que incluye a la mielina. Es el producto de la célula de Schwann (o célula de la vaina de mielina) del axón de la neurona. Forma la capa exterior de la fibra nerviosa en el sistema nervioso periférico. El neurilema es capaz de constituir un tubo de regeneración que guía el crecimiento de un axón que haya sido dañado a causa de una lesión [133].

¹⁸⁴ Síndrome: es un cuadro clínico o conjunto sintomático que presenta alguna enfermedad con cierto significado y que por sus características posee cierta identidad; es decir, un grupo significativo de síntomas y signos (datos semiológicos), que concurren en tiempo y forma, y con variadas causas o etiología, por lo que es muy común que las personas que poseen algún síndrome presenten rasgos fenotípicos similares [57].

3.3.2. Síndrome del canal de Guyon o del túnel cubital o ulnar

La arteria cubital y nervio cubital (ó nervio ulnar) atraviesan la muñeca por un túnel fibroóseo conocido como el canal de Guyon o túnel cubital, que se localiza a lo largo de la zona cubital de la muñeca y la compresión del nervio cubital en la muñeca es lo que causará este síndrome [138].

Este síndrome se asocia a actividades ocupacionales en las que se ejercen movimientos repetitivos. Éstos ocasionan microtraumas repetitivos que desencadenan la compresión del nervio. Entre las molestias que los pacientes experimentan al producirse esta patología destaca el habitual entumecimiento en el dedo meñique y en la cara medial¹⁸⁵ de la mano¹⁸⁶.

3.3.3. Síndrome del túnel radial

El síndrome del túnel radia (STR) es una afección debida a la compresión de la rama interósea posterior del nervio radial en su recorrido a través del músculo supinador. Como el nervio interóseo es puramente motor, el trastorno no produce alteraciones sensitivas, sino que cursa con afección motora de los músculos extensores del pulgar y de otros dedos de la mano, así como del músculo cubital posterior [139].

En este tipo de neuropatía, en contraste con el STC -en el cual la primera manifestación se corresponde con la afección sensitiva- se produce en el atrapamiento del nervio ulnar en el codo y la afección motora es el problema principal [140].

Su comienzo es insidioso¹⁸⁷, pudiendo producir dolor o no. Los síntomas y signos incluyen dolor a la palpación sobre el túnel radial y dolor a la palpación en la fosa antero braquial. En ocasiones, también se siente dolor en el epicóndilo lateral, el cual ha conducido a que se denomine al trastorno como “síndrome de codo tenista resistente o epicondilitis resistente” y se suele equivocar a menudo con la epicondilitis [141, 142].

El diagnóstico es complicado y muchas veces no resulta ser de gran utilidad los estudios neurofisiológicos (ENF) o electromiográficos, aunque éstos, combinados con las radiografías ayudarán a realizar un diagnóstico diferenciador de otras posibles neuropatías. El máximo punto de dolor a la presión se localiza distal en el epicóndilo lateral sobre la rama interósea posterior del nervio radial, como diferenciación del codo de tenista que se localiza sobre el epicóndilo lateral [139, 142].

Las causas que pueden ocasionar este trastorno son múltiples, pudiéndose agrupar en sistémicas y locales: diabetes mellitus, alcoholismo crónico,

¹⁸⁵ En anatomía la descripción de los huesos se hace siguiendo las caras que son: cara anterior, posterior, superior, inferior, medial y lateral.

¹⁸⁶ Ibidem.

¹⁸⁷ Insidioso: adj. Malicioso o dañino con apariencias inofensivas [11].

insuficiencia renal crónica, subluxación crónica reincidente del nervio, hipertrofia de la cabeza medial del tríceps, compresión del músculo cubital anterior debido a microtraumatismos repetitivos [142, 143], etc. Los microtraumatismos pueden ser debidos a actividades repetitivas donde se produce la rotación del antebrazo y la hiperextensión de la muñeca [144].

3.3.4. Síndrome del pronador redondo

El nervio mediano puede ser comprimido al pasar entre las cabezas profunda y superficial del músculo pronador redondo¹⁸⁸. El traumatismo, la fractura del húmero y/o la hipertrofia¹⁸⁹ del músculo pronador redondo podrían ser la causa del atrapamiento. También sucede este atrapamiento como consecuencia de la compresión producida al realizar movimientos repetitivos de la extremidad con el antebrazo en pronación y los dedos flexionados [145].

Una banda fibrosa anómala que conecte el músculo pronador redondo al flexor superficial de los dedos también podría llegar a comprimir el nervio mediano. La compresión también puede suceder si el nervio tiene un trayecto anómalo por detrás de ambas cabezas del músculo pronador redondo¹⁹⁰.

La semiología se caracteriza por las crisis de dolor en la cara palmar del antebrazo proximal¹⁹¹.

La presencia de debilidad y anomalías encontradas mediante el análisis por electromiografía (EMG) del músculo pronador redondo indica posible compresión debida al ligamento de Struthers¹⁹² (el síndrome del pronador redondo normalmente no afecta a este músculo)¹⁹³.

3.3.5. Síndrome del opérculo torácico

El Síndrome del Opérculo Torácico (SOT) está constituido por un conjunto de síntomas originados no sólo en la extremidad superior, sino también en el tórax (simulando un dolor anginoso), en el cuello, los hombros y la cabeza [146].

Los síntomas son debidos a la presencia de compresión posicional, continua o intermitente, del plexo braquial y/o de la arteria o vena subclavia y la arteria vertebral en el espacio costo clavicular, lo cual es una condición habitualmente subdiagnosticada¹⁹⁴. En ocasiones, los síntomas son numerosos y no todos ellos suelen detectarse en un primer diagnóstico. Estos pueden manifestarse bajo

¹⁸⁸ El músculo pronador redondo es un músculo superficial del antebrazo, localizado en la parte externa de la primera región anterior del antebrazo; aplanado, oblicuo.

¹⁸⁹ f. (Patol. general) Aumento excesivo del volumen de un órgano [57].

¹⁹⁰ *Ibidem*.

¹⁹¹ *Ibidem*.

¹⁹² El ligamento de Struthers es una estructura anatómica inconstante que une el epicóndilo con la porción distal del húmero.

¹⁹³ *Ibidem*.

¹⁹⁴ Subpercibida, subtratada.

diferentes formas clínicas, y a veces los síntomas también pueden ser insuficientes¹⁹⁵.

Las causas proclives al desarrollo de esta neuropatía no se diferencian del resto de causas en otro tipo de neuropatías: anomalías posturales, movimientos repetitivos que inducen posturas que producen la compresión, traumatismos, etc....¹⁹⁶.

3.3.6. Radiculopatía cervical

El término radiculopatía se refiere a cualquier enfermedad que afecte las raíces nerviosas de la columna [147].

En el caso de la cervicalgia, la lesión sucede por compresión de las raíces nerviosas, ocasionando síntomas neurológicos, tales como cambios motores o sensitivos: Se puede producir desde dolor referido al trapecio y la región interescapular, espasmos musculares, hasta presentar hormigueo, parestesias, debilidad, pérdida de reflejos y hasta falta de coordinación en el miembro superior afectado. El diagnóstico de la radiculopatía cervical o cervicalgia se apoya en la combinación histórica clínica, exploración física, radiografía y RM¹⁹⁷.

Los síndromes dolorosos semejantes a la radiculopatía cervical son la cervicalgia, bursitis cervical, espondilosis cervical (cuando se sufre cambios degenerativos, lo que lo sitúa además al nivel no sólo de los nervios, sino también de las articulaciones de la columna), fibromiositis cervical, artritis inflamatoria y los trastornos de la médula, raíces, plexos y nervios cervicales¹⁹⁸.

En el caso de la espondilosis cervical, el diagnóstico, suele estar relacionado con el síndrome facetario cervical, que se define como los signos y síntomas derivados de la patología o disfunción de las articulaciones cigapofisarias^{199, 200}.

En ocasiones, puede coexistir con el atrapamiento del nervio mediano, en lo que se denomina "síndrome del atrapamiento doble" [142].

Las causas de la radiculopatía son múltiples, desde la estenosis foraminal²⁰¹, tumor, formación de osteofitos²⁰² como resultado de una infección, o bien, el origen de un traumatismo agudo, con motivo de la compresión de los nervios²⁰³.

¹⁹⁵ Ibidem.

¹⁹⁶ Ibidem.

¹⁹⁷ Ibidem.

¹⁹⁸ Ibidem.

¹⁹⁹ Articulación cigapofisaria: articulación sinovial entre la apófisis articular superior de una vértebra y el proceso articular inferior de la vértebra que se encuentra directamente sobre ella [148].

²⁰⁰ Ibidem.

²⁰¹ La estenosis foraminal se refiere a un estrechamiento o protusión de los forámenes (agujeros o canales) por los que salen las raíces de los nervios raquídeos desde la médula espinal [149].

²⁰² Osteofito: m. (Anat.) Excrecencia ósea, prolongación patológica del borde de un hueso [57].

²⁰³ Ibidem.

El resultado de una radiculopatía (de tipo nervioso) puede venir derivado de una hernia discal cervical o hernia de núcleo pulposo cervical²⁰⁴, ²⁰⁵.

3.3.7. Síndrome del túnel tarsiano y del túnel tarsiano anterior

El síndrome del túnel tarsiano es producido por el atrapamiento del nervio tibial posterior, por detrás y debajo del maleolo tibial interno. Aquí se forma un túnel osteofibroso con los tendones del flexor largo de los dedos, flexor largo del dedo pulgar del pie y tibial posterior [150].

La etiología es del tipo traumática generalmente, debido principalmente al sobreuso, sobrecarga mecánica, esguince o fractura de tobillo. El edema provocado por el traumatismo será el que genere la compresión de ambas ramas del nervio tibial interno²⁰⁶.

Se produce manifestación clínica que cursa con dolor y parestesias de instauración progresiva en la planta del pie y dedos, siendo raro que llegue al talón. La sintomatología se incrementa con la marcha, la extensión o pronación forzada del pie, así como la presión submaleolar interna. Existirán además normalmente, alteraciones sensitivas como hipoalgesia en la zona del nervio tibial posterior, incluso en ocasiones graves, parálisis de los músculos del pie²⁰⁷.

El síndrome del túnel tarsiano anterior es producido por la compresión del nervio peroneo profundo en el dorso del tobillo y el pie, en un túnel fibroso-óseo aplanado cuya base ósea está formada por el astrágalo y el escafoides²⁰⁸.

Suele producirse debido a la sobrecarga mecánica, y se aprecian otros factores desencadenantes que lo agravan, como son los gangliones, contusiones o pie cavo²⁰⁹.

La clínica consiste en dolor y parestesias en el dorso del pie hasta el primer y segundo dedo, pudiendo empeorar por la noche²¹⁰.

3.3.8. Cialgia o radiculopatía lumbar

El nervio ciático es el principal de la pierna y el mayor de los nervios del cuerpo. Se origina en las raíces L4, L5, S1 y S2, pasa por debajo del músculo

²⁰⁴ La hernia cervical se define como la presencia dentro del canal de material discal, bien por delante del ligamento intervertebral bien por detrás, que produce compresión de las estructuras nerviosas [149]. Otra definiciones, se refiere a la hernia cervical como al tumor que se forma por la salida o protrusión de parte del disco cervical a través de una apertura en las paredes de la cavidad que lo contiene [57].

²⁰⁵ *Ibidem.*

²⁰⁶ *Ibidem.*

²⁰⁷ *Ibidem.*

²⁰⁸ *Ibidem.*

²⁰⁹ *Ibidem.*

²¹⁰ *Ibidem.*

piriforme y por encima del músculo obturador interno, entre los límites óseos de la tuberosidad isquiática y el trocánter mayor [151].

La radiculopatía lumbar o neuritis del nervio ciático es producida por la compresión radicular y origina una neuralgia a largo del nervio ciático. Es conocida también con el nombre de neuralgia fémoro-poplíteo y vulgarmente con el nombre de ciática. Se desarrolla desde la parte posterior de la pelvis hacia la parte posterior del muslo, siendo una de las más comunes y frecuentes neuralgias que se presentan en los miembros inferiores. La compresión a nivel del músculo piriforme da lugar al denominado síndrome del piriforme o pseudociática del piramidal²¹¹.

El dolor en la ciatalgia nace desde la escotadura ciática y se extiende al nervio que lleva este nombre, ocupando la parte posterior del muslo hasta la corva, y acomete a uno o los dos nervios poplíteos. En los casos crónicos, el dolor puede llegar hasta la punta del pie. Las causas de este tipo de neuritis son, principalmente, lesiones anatómicas²¹².

Ha sido citada y estudiada por numerosos autores, desde Hipócrates hasta Martínez y el dolor que produce se define como de tipo sordo (continuo) y con punzadas marcadas. La sensación dolorosa aumenta al realizar movimientos y especialmente con la progresión [152].

La herniación de un disco lumbar o hernia discal lumbar es una de las etiologías principales del dolor de la neuralgia del nervio ciático o ciatalgia, debido fundamentalmente a los procesos degenerativos dentro del mismo disco (síndrome discal típico) aunque también puede existir sin llegar a producirse la herniación (dolor lumbar radicular)²¹³ [140].

Las posibles causas de presión sobre el nervio ciático son un tumor, un absceso, un coágulo de sangre, permanecer sentado o acostado por tiempo prolongado con presión directa sobre el nervio, cualquier trastorno nervioso y traumatismo o sobrecarga mecánica sobre el nervio. La sintomatología incluye generalmente dolor en la parte baja de la espalda que se difunde a la nalga y a la parte posterior de un muslo, dolor que se extiende desde la nalga hacia el pie con parestesias y debilidad²¹⁴.

El diagnóstico se efectuará mediante un examen de rayos X y por RM²¹⁵.

3.4. Lesiones musculares

El músculo es un componente fundamental del aparato locomotor y un gran sistema de reserva metabólica; cada músculo está compuesto por miles de fibras musculares recubiertas por tejido conectivo que conforma la fascia muscular y

²¹¹ Ibidem.

²¹² Ibidem.

²¹³ Ibidem.

²¹⁴ Ibidem.

²¹⁵ Ibidem.

continúa con el tejido conjuntivo del tendón. A través de los músculos se extienden los capilares y las fibras nerviosas [153].

Cada fibra muscular recibe un axón proveniente de una motoneurona espinal o de un núcleo de un par craneano, formando así la placa neuromuscular. De esta manera, se constituye la unidad fisiológica básica de toda la actividad refleja postural o voluntaria²¹⁶.

Un impulso nervioso produce la liberación de un gran número de acetilcolina²¹⁷ generando un potencial de placas que despolariza la membrana muscular y que se propaga al interior de las fibras produciendo la contracción muscular. El proceso finaliza por la acción de la enzima acetilcolinesterasa^{218, 219}.

El músculo puede sufrir patologías de muy diversa etiología, siendo las más frecuentes las inflamatorias, traumáticas, degenerativas y metabólicas [154, 155].

3.4.1. Contractura muscular

La contractura muscular consiste en el acortamiento anormal, doloroso e involuntario del músculo, con resistencia intensa al estiramiento pasivo. Está asociada con la resistencia de una articulación, que debido a una lesión muscular ha desarrollado resistencia al movimiento [156].

Aunque la contractura muscular se ha incluido como una lesión muscular, según el punto anatómico y dependiendo del origen, pueden dividirse en “origen articular”, en partes blandas, “origen muscular” u “origen neurológico” y en ocasiones, pueden coincidir varias causas simultánea o sucesivamente [157].

Las causas que provocan la contractura muscular están relacionadas con la sobresolicitación, demanda y sobrecarga del músculo y en ocasiones, las contracturas musculares se deben a defectos del metabolismo muscular [158].

Si el esfuerzo es brusco y repentino puede llegar a producirse la rotura de las fibras musculares o rotura parcial del músculo (desgarro muscular) [159].

Para completar la evaluación y diferenciación del diagnóstico es útil realizar los test de movilidad activa contra resistencia [160].

²¹⁶ Ibídem.

²¹⁷ La acetilcolina está ampliamente distribuida en el sistema nervioso central y en el sistema nervioso periférico. Su función, al igual que otros neurotransmisores, es mediar en la actividad sináptica del sistema nervioso.

²¹⁸ La acetilcolinesterasa o colinesterasa en glóbulos rojos (AChE), es una enzima humana de la familia de colinesterasas que se encuentra en los tejidos nerviosos y los glóbulos rojos, cuya función principal es hidrolizar al neurotransmisor acetilcolina.

²¹⁹ Ibídem.

3.4.2. Síndrome del dolor miofascial y puntos gatillo miofasciales

El síndrome de dolor miofascial se define como síntomas sensitivos, motores y neuropáticos que están causados por puntos gatillo miofasciales. Las alteraciones sensitivas producidas son disestesia, hiperalgesia y dolor referido. El área de dolor referido es la característica que distingue el síndrome de dolor miofascial de la fibromialgia. Las manifestaciones neurovegetativas del dolor miofascial incluyen lagrimeo de los ojos, rinitis, salivación, piloerección²²⁰, alteraciones propioceptivas²²¹ y eritema²²² en la piel suprayacente [161]. Se define punto gatillo miofascial como un punto hiperirritable, normalmente en una banda tensa de músculo o en la fascia muscular, que resulta doloroso a la compresión y puede dar lugar a un dolor referido característico, disfunción motora y fenómenos neurovegetativos [162].

En la etiología de los puntos gatillo se especifica que se desarrollan después de una lesión inicial en las fibras musculares, que puede incluir un evento traumático o microtraumatismos repetitivos. Otras causas muy importantes que desencadenan estos fenómenos son las anormalidades posturales, que se asumen durante las actividades laborales o incluso durante actividades de la vida diaria [163].

3.4.3. Miositis osificante

La miositis osificante se manifiesta en el músculo en forma de osificación. Aparece después de una lesión traumática en el músculo a consecuencia de una metaplasia ósea del tejido conectivo²²³ intermuscular. En el caso de la miositis osificante progresiva, la osificación abarca amplias masas musculares, aponeurosis y tejido conectivo intersticial [164].

3.4.4. Tensión muscular cervical

El aumento de la tensión de los músculos del cuello es consecuencia del cuadro clínico de la cefalea tensional principalmente. Este aumento de tensión es a su vez, prácticamente consecuencia de todos los trastornos de la columna cervical, desde los sobreesfuerzos exógenos, las posturas defectuosas y los desequilibrios musculares, hasta la restricción del movimiento a lo largo de la columna cervical. Según el INSHT constituye uno de los trastornos musculoesqueléticos más frecuentes a nivel de la espalda [127].

En la cefalea de tipo muscular o tensional el dolor es muy común en la región a

²²⁰ La piloerección es la operación mediante la cual pelos se erizan debido a la acción de los músculos erectores del pelo, llamados piloerectores o pilomotores.

²²¹ La propiocepción es el sentido que informa al organismo de la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contiguas.

²²² Eritema: 1. m. *Med.* Inflamación superficial de la piel, caracterizada por manchas rojas [11].

²²³ Metaplasia ósea del tejido conectivo: es la formación del cartílago, hueso o tejido adiposo en tejidos que normalmente no contienen estos elementos.

nivel de la cresta occipital²²⁴ y atlas²²⁵, y suele afectar intensamente al músculo esternocleidomastoideo²²⁶ [165].

Wolff (1948) describe que los factores desencadenantes son múltiples, entre otros, la patología degenerativa articular y el traumatismo de las articulaciones cervicales. Además puede haber otro tipo de factores como puede ser el estrés. La cefalea tensional entonces puede estar relacionada o no con la contractura muscular o puede ser el resultado de conflictos psicológicos y psicosociales no resueltos [166].

3.4.5. Lumbalgia mecánica o dolor lumbar mecánico simple

La lumbalgia mecánica o dolor lumbar simple suele estar causada por la distensión en los músculos y ligamentos paraespinales, con inflamación local. Los desgarros musculares también pueden causar una lumbalgia aguda. Por consiguiente, la lumbalgia mecánica suele ser una combinación de dolor óseo, muscular y del tejido conectivo. No se muestran anomalías motoras, ni sensitivas, ni reflejas en la exploración [167]. Según el INSHT constituye también uno de los trastornos musculoesqueléticos más frecuentes a nivel de la espalda [127].

Dentro del cuadro clínico, los factores laborales son consecuencias que predisponen al desarrollo de una lumbalgia (en actividades como p.e.: levantamiento de cargas de forma repentina, arrastre de objetos pesados, posturas de flexión y/o rotación del tronco, trabajadores con elevada carga muscular estática o conductores con vehículos pesados durante largos periodos de tiempo expuestos a frecuentes vibraciones de cuerpo completo (VCC)) [168].

3.5. Lesiones vasculares o neurovasculares

Los vasos sanguíneos (arterias, capilares y venas) son conductos musculares elásticos que distribuyen y recogen la sangre de todos los rincones del cuerpo. Las arterias son los vasos sanguíneos que transportarán la sangre, ya sea rica o pobre en oxígeno, desde el corazón hasta los órganos corporales. Las grandes arterias que salen desde los ventrículos del corazón van ramificándose y haciéndose más finas hasta que por fin se convierten en capilares, vasos tan finos que a través de ellos se realiza el intercambio gaseoso y de sustancias entre la sangre y los tejidos. Una vez que se produce el intercambio entre sangre y tejidos a través de la red capilar, los capilares se irán conformando en vénulas y venas por donde la sangre regresa a las aurículas del corazón [169, 170].

Los capilares, arterias y venas del sistema angiológico²²⁷ pueden resultar

²²⁴ La cresta o protuberancia occipital se encuentra en el límite posterior del hueso occipital (el hueso occipital del cráneo va desde la mitad de la base del cráneo hasta la protuberancia).

²²⁵ El atlas es la primera vértebra cervical.

²²⁶ El músculo esternocleidomastoideo es un músculo de la cara lateral del cuello, en la región anterolateral. Es un músculo largo y robusto.

²²⁷ Sistema circulatorio.

dañados -al igual que los nervios que los acompañan en las proximidades del sistema musculoesquelético- debido a los factores que abarcan los trastornos musculoesqueléticos y debido también a la mínima protección que reciben²²⁸.

3.5.1. Aneurisma de la arteria cubital

En el aneurisma²²⁹ de la arteria cubital o también llamado síndrome del martillo hipotenar, la patología es debida principalmente a traumatismos repetitivos por el uso dominante de la mano que emulan movimientos como el golpe de martillo. Esporádicamente, también se produce por un único traumatismo agudo. La arteria cubital presentará cambios en la pared que darán lugar a la formación de trombos con embolización distal o/y oclusión con eventual pérdida de tejido. Se produce además isquemia²³⁰ en los dedos que normalmente resulta corregible, aunque si no se trata puede conducir a necrosis²³¹ en los mismos. La mano dominante suele ser la mano dañada [169]. El problema cursa con dolor en la región hipotenar y el diagnóstico será muy claro al realizar una angiografía²³² [170, 171].

Debido a la singular anatomía de la mano, que hace que la arteria cubital se encuentre muy poco protegida, resulta muy vulnerable a los traumatismos [169]:

- La arteria y el nervio cubital entran en la mano a través del canal de Guyon. Se encuentran limitados por el hueso pisiforme y el hueso ganchoso, el retináculo flexor o ligamento transverso del carpo en el dorsal y el ligamento palmar superficial del carpo. En el interior de éste túnel, la arteria y el nervio se bifurcan en dos ramas: profunda y superficial. La rama profunda de la arteria penetra en la masa muscular hipotenar junto con la rama motora del nervio cubital, donde se transforma en el arco palmar profundo.
- La división superficial de la arteria cubital permanece por encima de la musculatura hipotenar y se introduce en la aponeurosis para formar el arco superficial, que aporta la principal irrigación sanguínea para los dedos a través de las arterias digitales palmares comunes. A lo largo de este corto trayecto, la arteria queda justo delante del hueso ganchoso y sólo está tapada por el fino músculo palmar corto, el tejido subcutáneo y la piel que lo recubre.

²²⁸ *Ibidem*.

²²⁹ Aneurisma: m. (Patol. Cardiovascular) Dilatación intensa y anormal de un sector del sistema vascular [57].

²³⁰ Isquemia: proceso por el cual se interrumpe la disminución transitoria o permanente del riego sanguíneo y consecuente disminución del aporte de oxígeno (hipoxia), de nutrientes y la eliminación de productos del metabolismo de un tejido biológico [121].

²³¹ Necrosis: f. (Patol. general) Mortificación o gangrena de los tejidos del organismo. Se dice principalmente hablando del tejido óseo [57].

²³² Angiografía: 2. f. (Téc. instrum. y diagnós.) Examen diagnóstico de los vasos sanguíneos mediante imagen radiológica; puede ser arteriografía cuando se trata de arterias y flebografía cuando se trata de venas [57] *ibid*.

3.5.2. Síndrome de Raynaud

El síndrome de Raynaud cursa con palidez y cianosis²³³ periódica en los dedos debido a la vasoconstricción de las arterias o arteriolas de los dedos y se produce como respuesta al frío o al estrés emocional, aunque la causa subyacente no es claramente identificable [172].

Se han descrito causas multifactoriales y en materia vinculante relacionada con la actividad laboral, se ha descrito como consecuencia de la reiteración de movimientos repetidos en las manos o vibraciones o por padecer el síndrome del martillo hipotenar [170, 173].

3.6. Lesiones a nivel articular, lesiones ligamentosas, lesiones capsulares o de las bolsas sinoviales

La cápsula articular al igual que los ligamentos, confina una protección de la estabilidad en la articulación, guiando el movimiento y evitando desplazamientos excesivos. Tanto la cápsula como los ligamentos están formados por tejido conectivo denso modelado, en el que se encuentran fibras de colágeno y elastina [174]

Básicamente, los ligamentos se adaptan según el tipo de función que deban realizar. Cuando un ligamento se somete a cargas extremas, bien sea por movimiento brusco, caída, golpe o una fuerte torsión de la misma, aparecen microrroturas de las fibras de colágeno, al superarse el punto crítico de elasticidad, el ligamento perderá su capacidad de estabilidad produciéndose una distensión o estiramiento excesivo (esguince) o se producirá la rotura de éste, y en ocasiones, se producirán daños de fibras vecinas como la cápsula articular, otros ligamentos y el cartílago articular, hasta llegar a la luxación, donde se produce la pérdida permanente del contacto de las superficies articulares²³⁴.

3.6.1. Enfermedad articular degenerativa o artrosis

Las articulaciones están preparadas para soportar el desgaste durante el paso del tiempo, ahora bien, el sobreuso y envejecimiento pueden provocar cambios degenerativos [175].

El envejecimiento del cartílago articular que comienza en los primeros años de la vida adulta, progresa lentamente en los extremos de los huesos articulares, sobre todo los de la columna vertebral, cadera, rodillas (como articulaciones que sostienen el peso del cuerpo son más proclives al desgaste), manos y pies. Estos cambios degenerativos irreversibles de las articulaciones hacen que el cartílago articular sea menos eficaz como absorbente de los golpes y como superficie lubricada. En consecuencia, la articulación se vuelve más vulnerable a

²³³ Cianosis f. (Patol. general) Coloración azulada de la piel o de las membranas mucosas, causada por una baja concentración de oxígeno en la sangre [57] ibid.

²³⁴ Ibidem.

la fricción repetida que ocurre durante los movimientos articulares, produciendo dolor, rigidez y malestar general. Además de la causa del desgaste, existen otras causas que también pueden afectar a las articulaciones, como las actividades violentas y los impactos (traumáticos o no) que erosionan fácilmente la progresión de las superficies articulares y las superficies articulares subyacentes²³⁵.

3.6.2. Bursitis subcutáneas prerrotuliana y olecraniana

La bursitis subcutánea consiste en la inflamación una bolsa o bursa. Se manifiesta por una tumefacción quística visible. Las causas más frecuentes suelen ser traumatismos, infecciones bacterianas, gota y artritis reumatoidea. Las bolsas de olécranon y la bolsa prerrotuliana son los sitios más frecuentes de esta patología [176].

La bursa olecraniana se encuentra detrás del tendón del tríceps y debajo de la piel. Es casi constante y ancha, y asegura el deslizamiento de la piel sobre el tendón y el olécranon. El derrame de la bursa olecraniana se produce normalmente al realizar fricción del codo sobre una superficie dura. La persistencia de la irrigación suele provocar efusión sanguínea. La coagulación de esta sangre provoca unos núcleos de fibrosis que se deslizan por el interior de la bursa y ocasionan dolor al comprimir el periostio del olécranon. Suele conocerse también como “bursitis del estudiante” o “higroma crónico del codo”. Estos coágulos son visibles y palpables en la piel. Suele ser reversible normalmente espontáneamente al cabo de un tiempo, siempre y cuando se puedan evitar de nuevo los traumatismos que la provocan [177].

La bursitis prerrotuliana se desarrolla delante de la rótula y se divide, por su situación, en superficial media y profunda. La bolsa prerrotuliana media se encuentra bajo la aponeurosis superficial, entre ésta y la expansión cuadrípital. Es la más voluminosa de las tres y prácticamente constante. Es unilocular, de forma redondeada u oval y de eje mayor vertical. La bolsa prerrotuliana profunda ocupa el espacio comprendido entre la expansión cuadrípital y la rótula. Las tres bolsas pueden llegar a comunicarse entre sí, formando un derrame líquido y dando lugar a lo que se denomina higroma prerrotuliano. El mecanismo típico de producción es el roce de la bolsa con una superficie dura con la rodilla en flexión²³⁶.

3.6.3. Bursitis profunda anserina, prepatelar, gastrocnemio-semimembranosa y retrocalcánea

Las bolsas profundas se desarrollan junto a las articulaciones, entre los tendones, músculos y huesos y contienen por lo general una cantidad de líquido viscoso. Existen más de cien bolsas profundas, pero las únicas clínicamente significativas son la subacromial, trocantérica, anserina, gastrocnemio-semimembranosa y retrocalcánea [176].

²³⁵ Ibidem.

²³⁶ Ibidem.

Se diagnostica por lo general una bursitis subacromial cuando se produce dolor agudo en un hombro, el cual presenta hipersensibilidad local, dolor con los movimientos contra resistencia y movimiento pasivo relativamente normal²³⁷.

En ocasiones, la bursitis subacromial puede producir condiciones como la capsulitis adhesiva, también conocida como hombro congelado, como resultado de la inflamación capsular tras una lesión en el hombro o una fractura y que aparece ligada a condiciones de estrés físico localizado, como sucede con los microtraumatismos o macrotraumatismos a distancia de la columna cervical, pleura o corazón, esguinces o luxaciones del hombro, bursitis o tendinitis. En general, la capsulitis adhesiva es una condición de tipo idiopático²³⁸, ²³⁹.

Es probable que la bursitis anserina y trocantérica representen un desgarramiento tendinoso más que una inflamación de la bolsa²⁴⁰.

La bursitis trocantérica queda fuera del contexto ocupacional debido a que es el resultado de estreses anormales generados por enfermedad de la cadera o discrepancia entre la longitud de las piernas e incluso escoliosis²⁴¹.

La bursitis anserina se caracteriza por dolor en la zona interna de la rodilla al subir o bajar escaleras, con hipersensibilidad en la parte superointerna de la tibia correspondiente a la inserción del pes anserinus (pata de ganso). Con frecuencia el síndrome es consecuencia de la osteoartritis de la rodilla²⁴².

En la bursitis prepatelar (o también conocida como rodilla de beata), la lesión aparece en la cara anterior de la rodilla. La inflamación se ubica delante de la rótula y sugiere dolor leve que aumenta al apoyarse sobre ésta y al realizar flexión forzada de la rodilla. Suele aparecer en personas que pasan largos periodos de tiempo en posición de rodillas²⁴³. Según el INSHT este tipo de bursitis constituye uno de los trastornos musculoesqueléticos más representativos y frecuentes de las extremidades inferiores [127].

La bursitis de gastrocnemio-semimembranoso, corresponde a la extensión excesiva de líquido en la rodilla, produciendo lo que se denomina quistes de Baker, que son suscitados por antecedentes patológicos o desgaste de la rodilla [176].

La bursitis retrocalcánea o inflamación de la bursa ubicada entre el calcáneo y el tendón de Aquiles es frecuente en las espondilo artropatías, con inflamación del tendón de Aquiles y fascitis plantar. También puede ocurrir en artritis reumatoidea, gota o pseudogota. El diagnóstico puede hacerse clínicamente al establecer dolor debido a la tumefacción interna y externa en el ángulo del

²³⁷ *Ibidem*.

²³⁸ Idiopático: adj. (Patol. general) De una enfermedad de irrupción espontánea o de causa oscura o desconocida; de una idiopatía [57].

²³⁹ *Ibidem*.

²⁴⁰ *Ibidem*.

²⁴¹ *Ibidem*.

²⁴² *Ibidem*.

²⁴³ *Ibidem*.

tendón de Aquiles y el calcáneo. El diagnóstico se confirma mediante radiografía²⁴⁴.

3.6.4. Lesiones crónicas de meniscos

La lesión predominante en la patología de los meniscos de la rodilla es la rotura o desgarró traumático, que suele producirse sobre un menisco previamente sano o sobre un menisco con su estructura previamente degenerada. Las roturas traumáticas se deben a lesiones ligamentosas previas no tratadas (como sucede en el caso del desgarró del ligamento cruzado anterior), a procesos degenerativos (como la osteoartrosis) o son el resultado de movimientos bruscos de rotación de la pierna con el pie fijado sobre el suelo. La semiología clínica de la rotura es de carácter intermitente, alternando crisis de dolor articular, tumefacción por derrame articular y probablemente, episodios de bloqueo por interposición de la parte móvil del menisco entre los cóndilos femoral y tibial, con períodos asintomáticos [143].

3.6.5. Ganglión carpiano

El ganglión carpiano o quiste sinovial benigno está causado por una tenosinovitis. Se forma debido a una pared de tejido fibroso que, en su interior, aloja una concentración de líquido sinovial procedente de zonas de menor resistencia de la cápsula articular de la muñeca (huesos del carpo) o de las vainas sinoviales de los tendones. Se sitúa normalmente justo debajo de la piel y por lo general delante del pliegue de la muñeca en el dorso de la mano. Su etiología más frecuente es la presión repetitiva que irrita uno de los tendones que discurren a lo largo de la parte superior de la muñeca. Si el ganglión es recurrente se elimina normalmente mediante cirugía [178]. Según el INSHT constituye también uno de los trastornos musculoesqueléticos más frecuentes a nivel de las extremidades superiores [127].

3.6.6. Lesiones ligamentosas

Las lesiones ligamentosas o esguinces afectan principalmente a las articulaciones de tobillo y pie, con afección de los ligamentos tarsianos internos o externos, aunque también pueden producirse en los ligamentos metatarsalángicos e interfalángicos o los ligamentos de la rodilla [179], como se ha visto en el apartado 3.6.4.

En la clínica de los esguinces, se observa la clasificación de los distintos grados (I, II, III), siendo el último el que más dolor produce, tumefacción e impotencia funcional absoluta e imposibilidad de movimiento del miembro afectado, con rotura completa de fibras o desgarró completo. La lesión es producto del mecanismo de eversión o inversión del pie^{245, 246}.

²⁴⁴ *Ibidem*.

²⁴⁵ Eversión del pie es la rotación externa con elevación del borde externo del pie. En la inversión sucede lo contrario, el pie rota internamente elevándose el borde interno.

Hay varios ligamentos en cada unión del esqueleto humano y éstos son considerados como las restricciones primarias de los huesos que constituyen la unión. Los ligamentos son también órganos sensoriales y tienen control significativo sobre la sensación y la activación reflexiva/sinérgica de músculos [180].

La complejidad funcional de ligamentos es amplificada considerando sus propiedades inherentes viscoelásticas como la crepitación, la relajación en estado tensión, el grado de aprovechamiento de la fuerza de deformación elástica y el tiempo o frecuencia dependiente del comportamiento de la tensión muscular²⁴⁷.

La lesión ligamentosa puede ser producto del trabajo estático o repetitivo de las actividades de un determinado puesto de trabajo, resultando la hipertrofia de los ligamentos. Los diferentes factores mecánicos, pondrán de manifiesto la complejidad del síndrome y el desorden asociado con los cambios kinestésicos²⁴⁸ y propioceptivos²⁴⁹ de percepción, activación del reflejo muscular o toda clase de situación inflamatoria que responde al proceso de daño visco elástico, como resultado de la estimulación mecánica que da lugar a un factor significativo para el desarrollo de un trastorno en los trabajos que requieren diariamente la realización de movimientos estáticos o repetitivos²⁵⁰.

Por último, las luxaciones consisten en el desgarro de los ligamentos de la articulación acompañado de la separación de las superficies articulares. Comprometen, por lo tanto, tanto a la cápsula como a los ligamentos de una articulación [181]. Normalmente, los esguinces preceden a las luxaciones [182]. Cabe destacar la luxación del tobillo como ejemplo de luxación debido a la eversión o inversión del pie [183].

²⁴⁶ Ibídem.

²⁴⁷ Ibídem.

²⁴⁸ Cambios kinestésicos relacionados con la capacidad de la percepción del movimiento a partir de la posición y amplitud de movimiento de una articulación.

²⁴⁹ Propioceptivo: adj.relacionado con las terminaciones nerviosas que proceden del propio cuerpo y que transmiten informaciones sobre la postura del cuerpo, los movimientos, el equilibrio, la actitud, etc.

²⁵⁰ Ibídem.

CAPÍTULO 4. Modelos explicativos de mecanismos que producen el desarrollo de patologías musculoesqueléticas ocupacionales

4.1. Introducción

Los modelos teóricos que se exponen en los siguientes apartados, responden a la explicación de los mecanismos que producen el desarrollo de los TME's ocupacionales y revelan las causas relacionadas y factores implicados en la producción de los mismos. Forman una importante interpretación teórica del carácter multifactorial y multicausal de los TME's. Este capítulo servirá para entender los mecanismos a través de los cuales se desarrollan patologías musculoesqueléticas y las estrategias para elaborar la multimetodología de la investigación.

4.2. Modelo de Armstrong

Armstrong (1993) desarrolló un modelo conceptual de la patología de los TME's ocupacionales, relacionando en forma de cascada las variables esenciales de dosis, exposición, capacidad y respuesta -tal y como se aprecia en la **Figura 21**- medidas para un tiempo determinado [184].

En su modelo, Armstrong establece que la respuesta en un primer nivel puede actuar como dosis en el siguiente y así sucesivamente. Este modelo conceptual refleja la naturaleza multifactorial de los TME's ocupacionales, teniendo en cuenta además que se producen interacciones complejas entre los factores de riesgo fisiológicos, mecánicos, individuales y psicosociales [185].

El modelo sugiere que las respuestas de un individuo están relacionados con los factores externos, internos y la exposición (requerimientos del trabajo). El resultado es que el individuo depende de la capacidad de respuesta a la exposición y la dosis de exposición, reaccionando a esto con una cantidad de respuestas "X".

El principal inconveniente de este modelo es que no contempla todas las

situaciones en las que puede llegar a desarrollarse un TME.

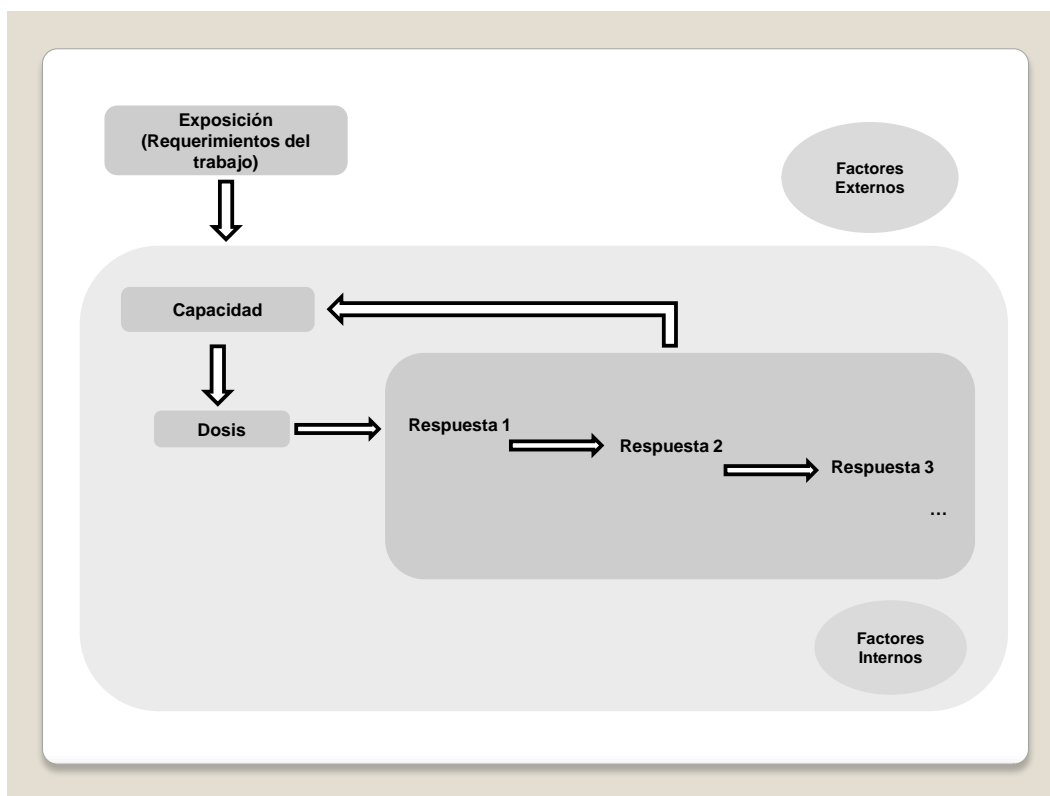


Figura 21. Modelo conceptual del desarrollo de los TME's propuesto por Armstrong [184].

4.3. Modelo conceptual relacionado con la carga de trabajo

Teniendo en cuenta que el anterior modelo no contemplaba todas las situaciones que pueden llegar a producir TME's, el siguiente modelo conceptual sugiere que pueden existir relaciones entre las capacidades de trabajo y las actividades de trabajo, en la medida que una reducción de la capacidad supone, habitualmente, una disminución de la cantidad de trabajo producido. Esta reducción de actividad puede permitir una recuperación y un aumento de la capacidad de trabajo [186-188].

Las actividades están directamente influenciadas por las condiciones de trabajo y por los factores de riesgo. Las condiciones de trabajo abarcan tanto características ambientales como las exigencias de la propia organización. Los factores de riesgo están relacionados con las posturas, los movimientos y las fuerzas aplicadas (**Figura 22**). Por otra parte, al modificar la manera de hacer la tareas y las características personales del individuo (características tales como las antropométricas, físicas y del estado de salud) se llegan a condicionar las posturas, la explicación de la generación de fuerza aplicada y la respuesta del individuo a las exigencias externas²⁵¹.

²⁵¹ Ibidem.

El modelo, aunque es uno de los primeros, relaciona perfectamente el carácter multifactorial de los TME's, si bien en el modelo de Armstrong, aparece muy básicamente comentado.

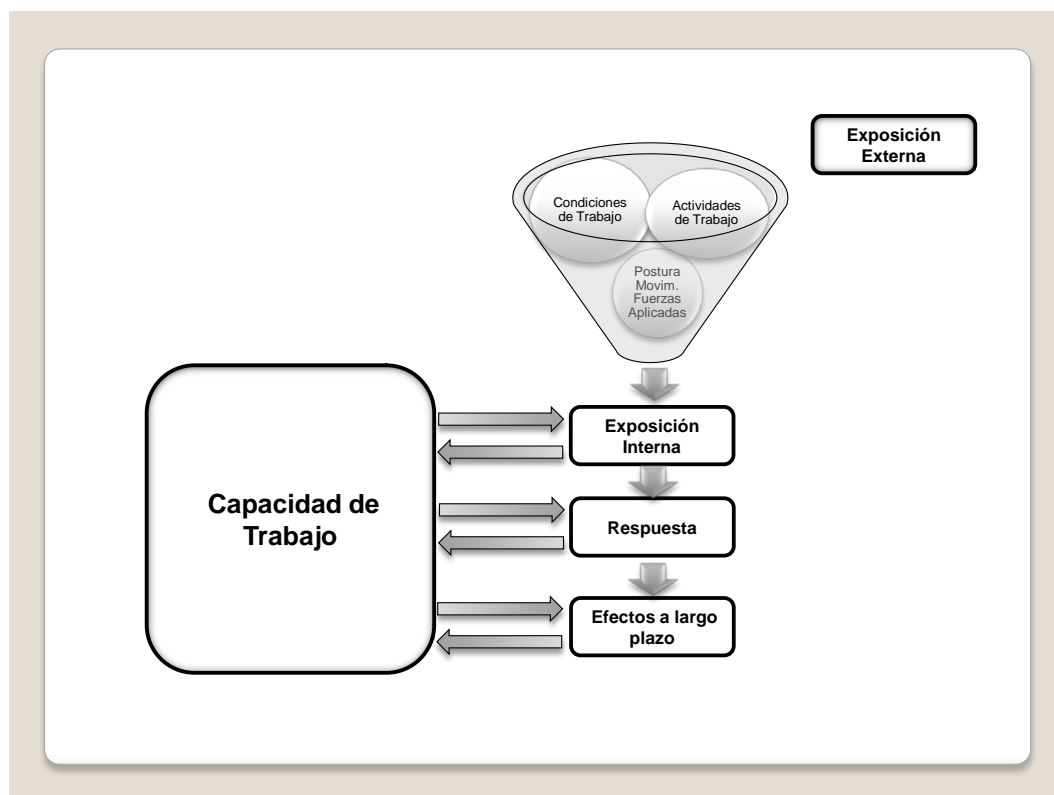


Figura 22. Modelo conceptual relacionado con la carga de trabajo [186-188].

4.4. Modelo de la National Research Council (NRC) y el Institute of Medicine (IOM)

El modelo desarrollado por la NRC/IOM (1999) adiciona elementos de relación entre los factores externos y los factores individuales (factores del puesto de trabajo y los factores interno-trabajador), que pueden interaccionar para producir el desarrollo de la respuesta. La respuesta será el resultado de la interacción de los elementos, tanto del propio individuo como externos, así como la frecuencia y la duración²⁵² de la aplicación de fuerza y la influencia a las posibilidades de recuperación [189].

La teoría parte de la idea de que el desarrollo de TME's puede ser el resultado de la imposibilidad que sienten los trabajadores para gestionar y mantener la relación recíproca entre la protección y el desarrollo de su salud, y la protección y el desarrollo de la eficiencia deseada en su trabajo [190].

Resulta interesante para mejorar este modelo tener en cuenta además la ergonomía de la actividad clínica y la revisión de los modelos psicosociales de la

²⁵² Duración: 2. f. Tiempo (T) que dura algo o que transcurre entre el comienzo y el fin de un proceso [11].

salud en el trabajo. Es decir, interesa un modelo que se centre entre el individuo y los problemas musculoesqueléticos en el trabajo, incluyendo las diferentes dimensiones cognitivas y psicológicas²⁵³.

Las teorías propuestas por Karasek, constituyen una base interesante psicosocial del trabajo, donde se sugiere que son tres factores los que en combinación pueden provocar tensión en el trabajo y estrés profesional, que son: las exigencias o demandas del trabajo, la libertad de autonomía y decisión, y por último, el apoyo social de superiores y compañeros²⁵⁴. Además, mediante numerosos estudios de epidemiología, psicosociología y salud ocupacional, se ha demostrado que los factores psicosociales mantienen un papel importante en la relación de los trastornos musculoesqueléticos [191, 192].

Como se ve en la **Figura 23**, el método concibe una relación explicativa de las relaciones presentes en estudios epidemiológicos, donde se analizan y procuran la asociación entre carga externa y las respuestas a la presencia de síntomas/señales y/o lesiones. El modelo permite además diferenciar los elementos que pueden generar un TME, integrando los distintos elementos referidos en los anteriores modelos tal y como se puede observar.

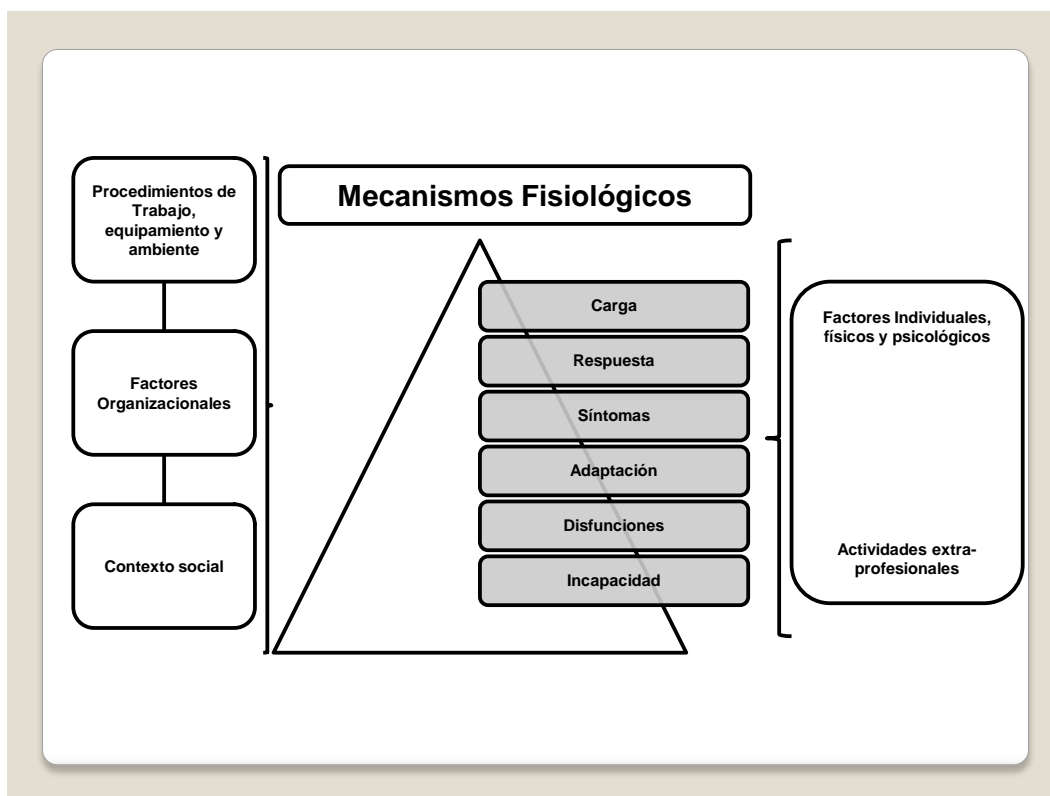


Figura 23. Modelo conceptual de los mecanismos fisiológicos y factores que contribuyen a la generación de TME's [189].

²⁵³ Ibidem.

²⁵⁴ Ibidem.

El modelo revisado que se muestra en la **Figura 24**, fomenta una perspectiva de las posibles interacciones entre el puesto de trabajo y el individuo. El puesto de trabajo integra, tanto la carga externa originada por las exigencias de la realización de la actividad, incluyendo las posturas realizadas, las fuerzas aplicadas, la repetitividad, las vibraciones, las características de los equipos, así como el medio ambiente (p.e. temperatura y el ruido). El trabajador se muestra como el elemento principal sometido a la carga biomecánica en función de las condiciones que se generan derivadas de sus características individuales (p.e. las capacidades y limitaciones). El resultado es la existencia de una carga interna a nivel de los tejidos y las estructuras anatómicas que, al exceder la tolerancia de la capacidad de regeneración de los tejidos, puede originar lesiones. Este efecto se evidencia en el trabajador por la presencia inicial de síntomas como molestias, incomodidad o dolor, que culmina con frecuencia en incapacidades y/o desventajas, al disminuirse la capacidad de realización del trabajo habitualmente desarrollado por el individuo [5].

La conclusión del modelo es que los TME's contienen un aspecto multifactorial en su génesis al estudiar los factores fisiopatológicos, mecánicos, organizacionales y psicosociales. A su vez estos factores influirán en el desarrollo de la patología [193] (véase la **Figura 24**). Este modelo, al integrar los aspectos multifactoriales servirá de apoyo en la construcción de la lista de causas para la investigación de accidentes y EP de esta tesis, que se detalla en el Anexo II: listado de códigos y causas.

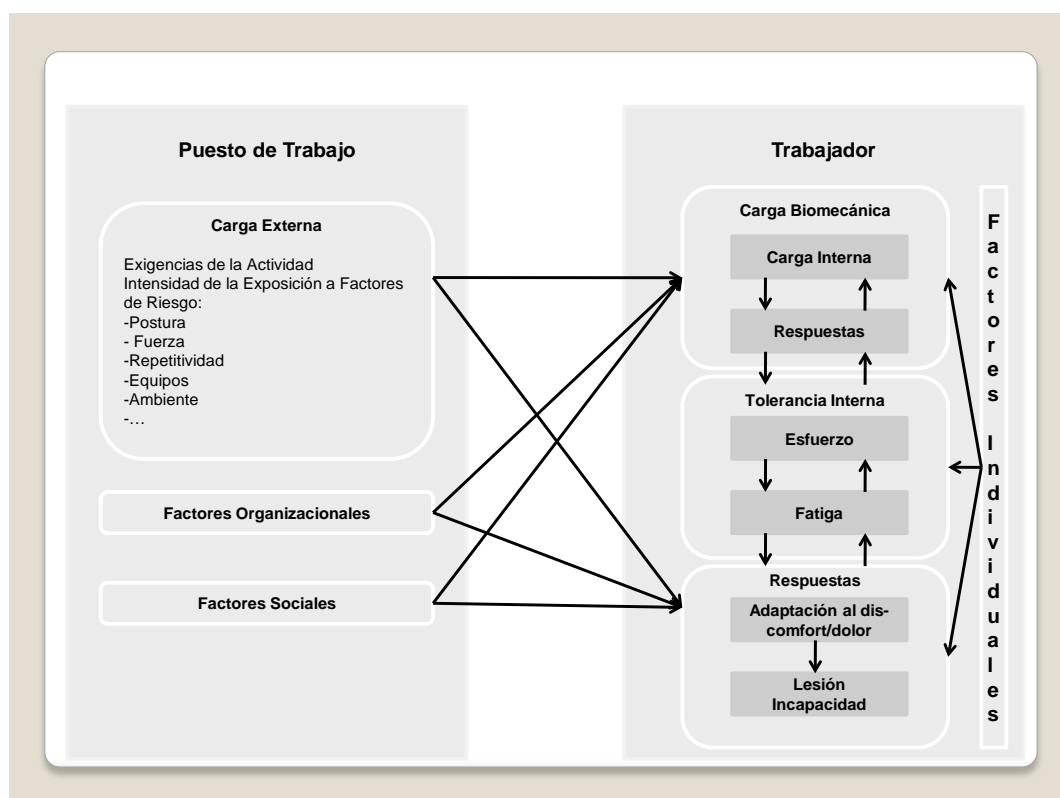


Figura 24. Modelo conceptual de las posibles causas e influencias de la generación del TME ocupacional [5].

4.5. Teoría de Interacción Multivariada

Para esta teoría se desarrolla un proceso interactivo entre los componentes genéticos, morfológicos, psicosociales y del sistema musculoesquelético (componente biomecánica) a nivel de exposición/dosis (véase la **Figura 25**). Las características genéticas determinan una predisposición individual e inicialmente, una predisposición genética estimada en varones con valores próximos al 50% [194]. Los elementos integrantes del sistema musculoesquelético, en particular, los músculos, tendones y ligamentos, producen un efecto que puede ser por un lado estructural y por otro bioquímico. Se destaca el nivel estructural y la posibilidad de que se verifiquen efectos como la tensión, compresión, aplicación de fuerza, daño tisular, inestabilidades y microtraumatismos. Los efectos referidos al nivel del sistema musculoesquelético determinan una probabilidad de generación de lesión, una disminución progresiva de los valores límite de resistencia interna tisular y con frecuencia, la presencia de lesiones que coinciden con procesos inflamatorios a nivel de los tejidos. Por último, la aparición del dolor, surge como consecuencia de la información nociceptiva (ver apartado 2.3. sobre paradigmas del dolor y control motor). La interacción directa entre el estrés psicosocial y la respuesta biomecánica del sistema musculoesquelético fueron identificadas para explicar porqué los factores psicosociales incrementan el riesgo de padecer TME's [195, 196].

Para completar el análisis, la respuesta individual dramatiza la situación al producirse condiciones estresantes. El individuo reacciona en función de sus características personales que interactúan con el estrés psicosocial [195]. Se reproducen de esta forma incrementos significativos al producirse la coactivación muscular^{255, 256}.

²⁵⁵ La coactivación muscular se produce cuando se activan simultáneamente dos o más músculos (sinergistas o antagonistas).

²⁵⁶ *Ibidem*.

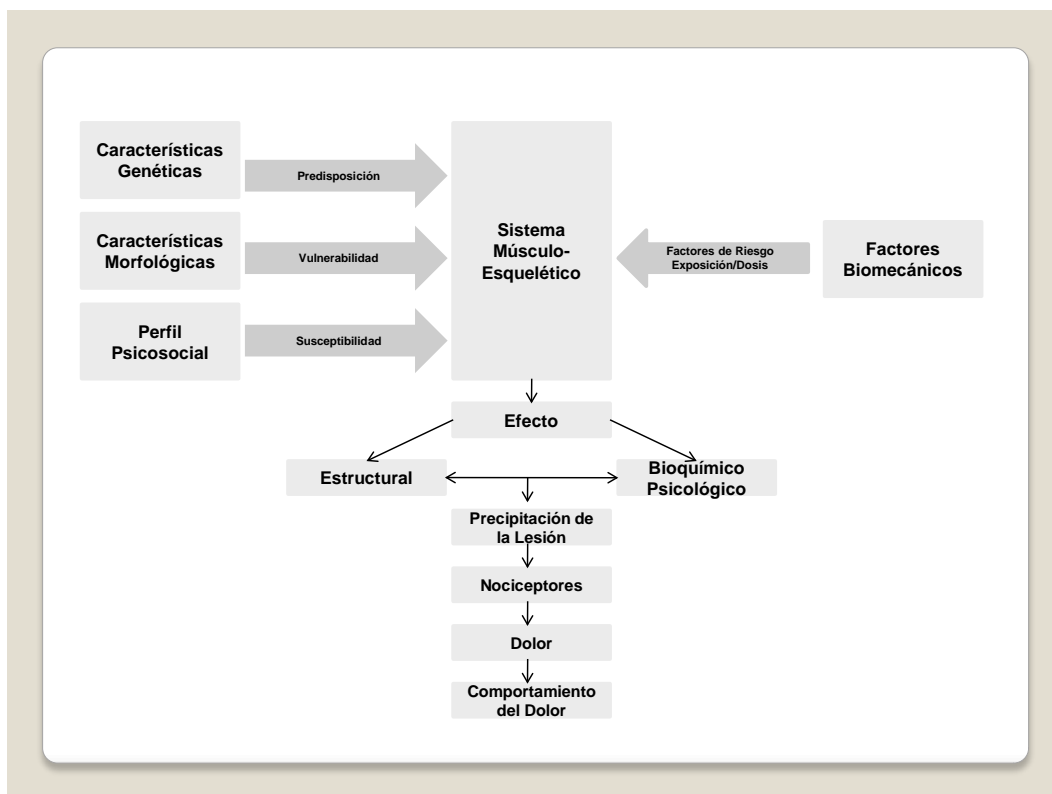


Figura 25. Diagrama de Teoría de Interacción Multivariada [194].

4.6. Modelo sobre consideración de Sistemas en Ergonomía

Si bien existen modelos para el análisis de cada uno de estos componentes de los “Sistemas Ergonómicos”, la complejidad de este enfoque para reunir a los componentes es, a primera vista, de inmensas proporciones, si se tomase el enfoque del diseño de sistemas de ingeniería. Algunos modelos que relacionan sistemas, proponen como enfoque la caracterización de los movimientos que realiza el trabajador, con la actividad y las fuerzas ejercidas que conducen a la generación de fuerzas internas dentro del cuerpo. El análisis de estas fuerzas es, en definitiva, lo que forma los sistemas [197].

El modelo conceptual sobre Sistemas en Ergonomía propone un enfoque sobre la exposición a factores de riesgos físicos y psicosociales²⁵⁷.

Este modelo permite, en función de los distintos niveles del sistema, la conceptualización con el propósito de la comprensión, interpretación, evaluación, recolección de información y efectos de diseño²⁵⁸.

La situación laboral se deriva de la organización del trabajo y las percepciones o creencias de los trabajadores en cuanto a la forma en que se organiza el trabajo

²⁵⁷ Ibídem.

²⁵⁸ Ibídem.

(factores psicosociales del trabajo). Esto ha llevado a la evidencia científica que indica que la organización del trabajo y los factores psicosociales del trabajo se asocian con el desarrollo de los trabajos relacionados con los TME's. A su vez, los factores psicosociales también pueden influir sobre los factores biomecánicos y/o las reacciones de estrés en el trabajo. Por último, los factores psicológicos individuales -tal vez relacionados con las estrategias de supervivencia- son objeto de factores adicionales ²⁵⁹.

En conjunto, el modelo tiene en cuenta los factores en todos los niveles del sistema, tal y como se aprecia en la **Figura 26**.

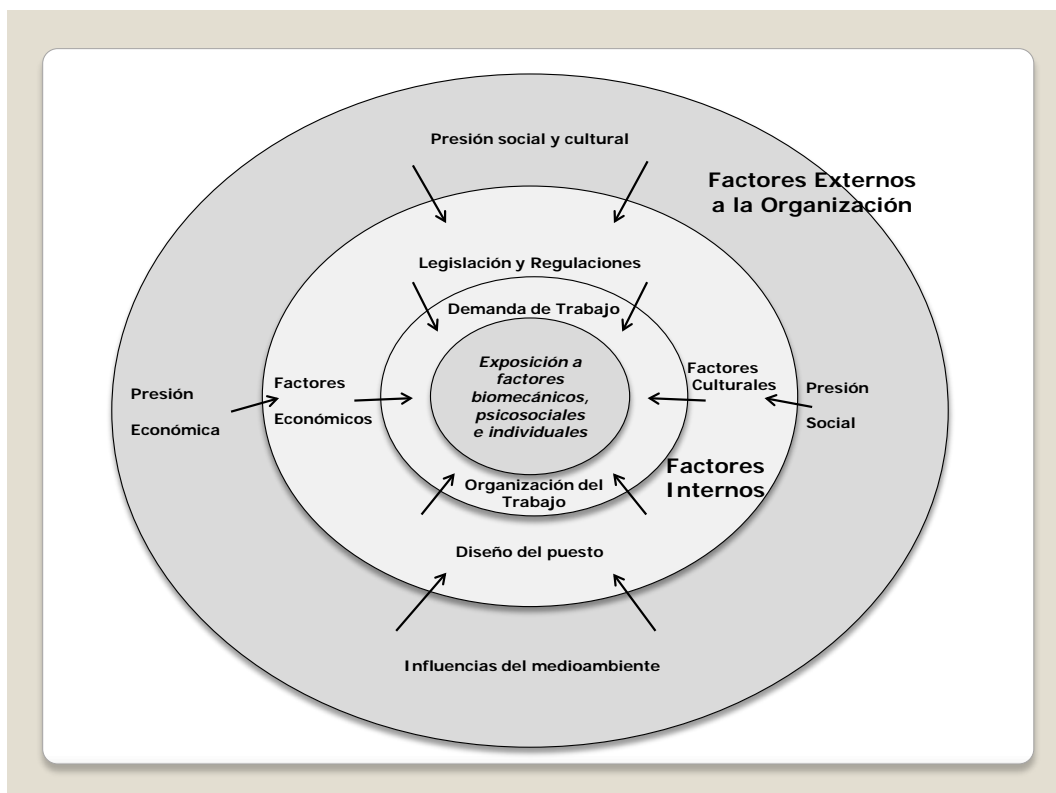


Figura 26. Modelo conceptual de sistemas para el papel de los factores conceptuales [197, 198].

Cada una de las líneas representadas en la **Figura 26**, apunta hacia uno de los grupos temáticos, los cuales, junto con los factores contextuales clave dentro de cada grupo, conforman la consumación final de la exposición a factores. Cabe señalar que los factores dentro de estas nueve áreas, interactúan entre sí y contribuyen a la presencia de factores de riesgo físicos y psicosociales, por lo que la lista que se pudiera generar de la interpretación de la **Figura 27** -para un caso particular-, reflejaría los factores contextuales que se encuentran presentes en un determinado puesto de trabajo.

Para llegar a esto, Devereux, Buckle & Vlachonikolis (1999) realizaron un estudio en el sector industrial. Con este estudio, demostraron que los factores que se mencionan con más frecuencia -en relación con la posibilidad de desarrollar TME's- fueron las exigencias del trabajo y los recursos humanos, que son

²⁵⁹ Ibidem.

aquellos asuntos que más directamente afectaban al personal involucrado en puestos del sector industrial. Por otra parte, los factores menos mencionados fueron los relativos a las fuerzas externas sobre las que se tiene menos participación e influencia sobre el propio sistema. Los sistemas de retribución y organización de tareas también fueron poco mencionados, posiblemente debido a que estos factores se consideraban favorables por parte del personal, ya que en la muestra objeto de estudio se permitía un cierto control sobre las horas de trabajo e ingresos. La conclusión a la que llegaron Devereux, Buckle & Vlachonikolis, mediante el estudio, es que muchos de los riesgos que generan TME's están estrechamente relacionados con los factores físicos dentro del propio ambiente de trabajo [199].

En la **Figura 26**, cabe destacar la relación de los factores individuales con los factores externos [198]. El comportamiento individual es un aspecto a destacar perteneciente a los factores individuales. La participación en deportes, la vibración experimentada durante la conducción, o la realización de ciertas actividades en el hogar, son ejemplos de las exposiciones fuera del ambiente de trabajo que se suman a las demandas globales físicas impuestas a los individuos en su puesto de trabajo. Además, la exposición a sustancias químicas derivadas del consumo del tabaco aumenta el riesgo de dolor de espalda a nivel lumbar [200].

El estado fisiológico de un individuo es otro factor importante que afecta el desarrollo de determinadas enfermedades musculoesqueléticas, incluso algunos estados fisiopatológicos, pueden llegar a alterar las articulaciones, dando lugar así, a condiciones tales como la capsulitis adhesiva del hombro y la movilidad articular limitada en los pacientes con diabetes mellitus tipo 2²⁶⁰.

Estrechamente relacionada con factores genéticos subyacentes son las contribuciones resultantes de la propia estructura física y los ambientes químicos, ya que hacen a las personas más vulnerables a los TME's. Ciertos patrones genéticos familiares han sido reconocidos en diferentes formas de artritis, y estudios sobre el síndrome del túnel carpiano (STC) entre pares de gemelos, han estimado que más de la mitad de la variabilidad en la prevalencia entre las mujeres puede estar determinada genéticamente²⁶¹.

También resulta interesante en el modelo, el hecho de que estar lesionado previamente, contribuye a la disposición del mismo TME o al desarrollo de otro, es decir, que los individuos se mostrarán más vulnerables si se han lesionado previamente²⁶².

Por lo tanto, los factores individuales pueden contribuir al impacto sobre la generación de TME's en una variedad de formas (**Figura 27**). Al principio, los factores etiológicos pueden predisponer al desarrollo de un TME. Más tarde, los factores pronosticados pueden influir en la recuperación y rehabilitación del individuo. Cuando se produce una intervención, ya sea en un programa de prevención primaria o mediante un tratamiento o programa de prevención

²⁶⁰ Ibídem.

²⁶¹ Ibídem.

²⁶² Ibídem.

secundaria una vez desarrollado el TME, los factores individuales pueden llegar a influir positivamente en la recuperación²⁶³.

La medición de los factores individuales es una característica importante en la investigación, en particular, para el estudio de los factores genéticos²⁶⁴.

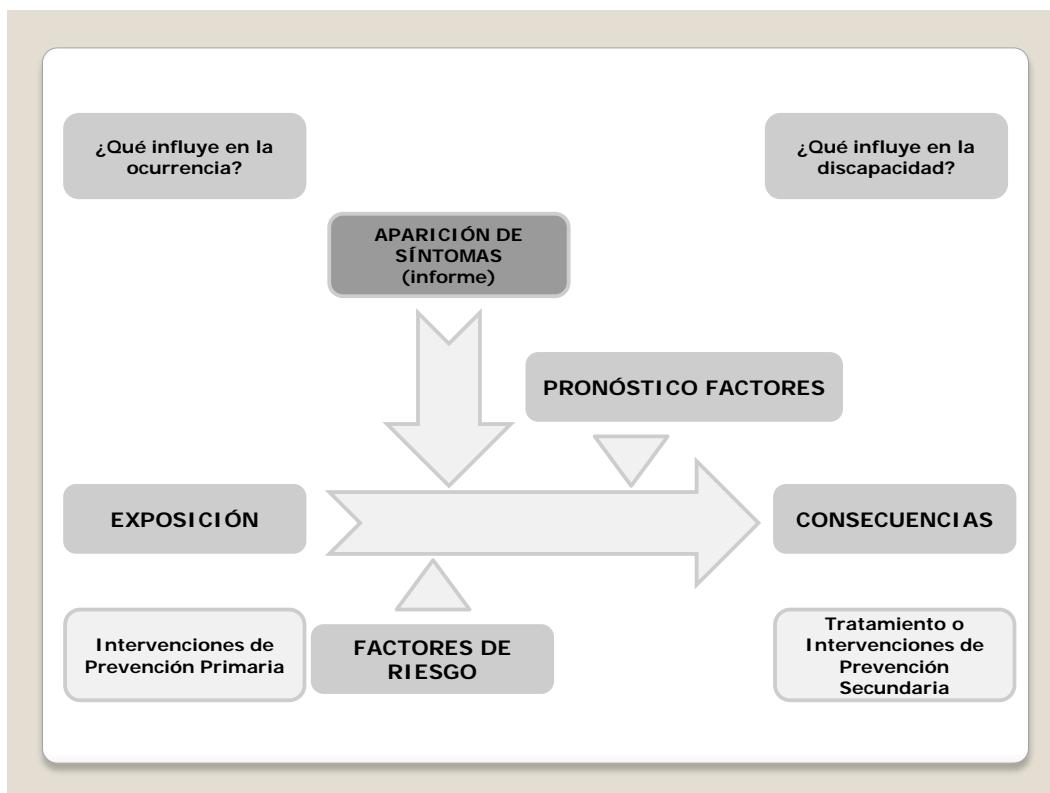


Figura 27. ¿Dónde operan los factores individuales en el transcurso del desarrollo de un TME? [200].

4.7. Hipótesis de Cenicienta

Hågg (1991) desarrolló la “Hipótesis de Cenicienta” para explicar las contracciones isométricas de baja intensidad de aplicación de fuerza, que provocan un patrón constante de movilización de las Unidades Motoras (UM), es decir, las UM se mantienen permanentemente activas. Como resultado, el umbral de estimulación de las UM resulta menor y las fibras musculares pueden acabar lesionadas debido a la sobrecarga metabólica que esta situación les supone. Cuando una UM es activada, se genera aproximadamente el 30% de su capacidad máxima incluso en trabajos de demandas inferiores al 10% de la capacidad [201]. Debido a esto, aún con una escasa activación de las UM se puede provocar al menos un 30% de la fuerza. Teniendo en cuenta que las contracciones son mantenidas durante un largo periodo de tiempo, se podría

²⁶³ Ibidem.

²⁶⁴ Ibidem.

llegar a una sobrecarga metabólica y producir finalmente desórdenes musculoesqueléticos [202].

El principal reto de esta hipótesis es la aparente falta de conocimiento del sistema muscular, asumiendo que el papel patrón de movilización motora permite sistemáticamente una sobrecarga y destrucción de las fibras musculares²⁶⁵. Las contracciones isométricas de baja intensidad producidas por los músculos que reproducen el movimiento articular, pueden originar una situación de riesgo y se puede incrementar esta situación debido a la combinación de la exposición a otros factores de riesgo -p.e. debido a los factores psicosociales, un medioambiente estresante o la falta de organización en el trabajo- [203].

Otro aspecto a considerar es que la evidencia o soporte del conocimiento de los mecanismos patológicos del desarrollo de las mialgias ligadas al trabajo, puede contribuir a la comprensión de las dimensiones de este tipo de exposiciones patológicas. Uno de estos mecanismos define el completo trazado entre las distintas características de exposición (tipo, duración, interacción, tiempo en curso,...) [204].

Por otra parte, el uso de modelos biofisiológicos y marcas biológicas, pueden explicar la razón por la cual se producen este tipo de trastornos a nivel celular²⁶⁶..

Hågg (2000) sugirió que los modelos de evaluación de riesgos deben integrarse en las herramientas disponibles para la evaluación de la exposición. Mencionó además el uso de un dispositivo portátil de vigilancia continua como herramienta de control de la evolución temporal de la actividad muscular [205].

Aunque la hipótesis de Cenicienta da una explicación plausible de la carga selectiva de fibras musculares de tipo I (también llamadas rojas o de contracción lenta y sostenida), no llega a explicar el desarrollo del daño de la fibra muscular en sí²⁶⁷.

La revisión de Hågg (2000) se centró, por ello, en los mecanismos de lesión que podrían ser la base más importante del desarrollo de los TME's en las extremidades, encontrando que es posible evidenciar la presencia de trastornos del tejido muscular (anormalidades en las fibras musculares y la micro-circulación deteriorada) en personas con TME's en los miembros superiores (en inglés Upper Extremities Muskuloskeletal Disorders -UEMDs-). Concluyó que estos trastornos no son una condición suficiente para que los pacientes lo perciban y lo indiquen claramente en la consulta médica, pero aún pueden jugar un papel causal²⁶⁸.

Finalmente, Hågg se centró en la cuestión de cómo estas enfermedades pueden desarrollarse a través del análisis de los siguientes mecanismos: (1) UM, (2) la acumulación de Ca²⁺; (3a) el flujo sanguíneo, (3b) la lesión por reperfusión;

²⁶⁵ Ibídem.

²⁶⁶ Ibídem.

²⁶⁷ Ibídem.

²⁶⁸ Ibídem.

(3.3c) los vasos sanguíneos y la interacción de los nociceptores, (4a) la transmisión de la fuerza miofascial, (4b) las fuerzas intramusculares de corte, (5) los puntos gatillo, y (6) el deterioro de la respuesta de choque térmico²⁶⁹.

En definitiva, los estudios de Hågg han servido para indicar que el proceso fisiopatológico está bajo la influencia de la propia modificación de los efectos y los factores psicosociales, como se muestra en la **Figura 28**, y que además varía de individuo a individuo [206].

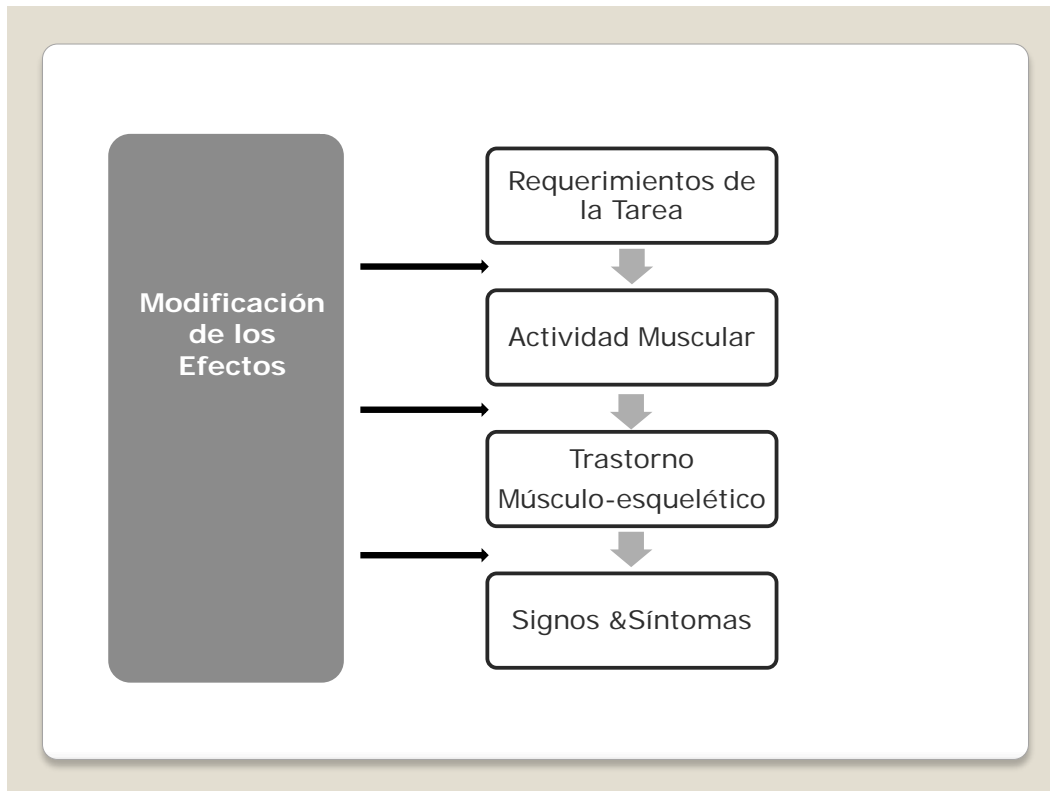


Figura 28. Modelo conceptual de la fisiopatología de los TME's en los miembros superiores [206].

²⁶⁹ Ibidem.

4.8. Teoría de la interacción de los factores de riesgo

Según los estudios de Malchaire, Cook & Vergracht (2001), la interacción de los distintos factores de riesgo deriva finalmente en los trastornos musculoesqueléticos (ver **Figura 29**). El fin de esta teoría es justificar el carácter multifactorial de los TME's en sí mismo, aclarando la relación entre las características personales, las capacidades funcionales y el riesgo de desarrollar un TME. Por lo tanto, los factores que desarrollan un papel directo o indirecto en la patogenia²⁷⁰ de TME's serán los factores biomecánicos, los factores personales y la propia apreciación de las condiciones del trabajo. El carácter multifactorial subraya la necesidad global y ergonómica para el alcance de situaciones en el trabajo que consideren los aspectos físicos, psicológicos y los componentes sociales [207].

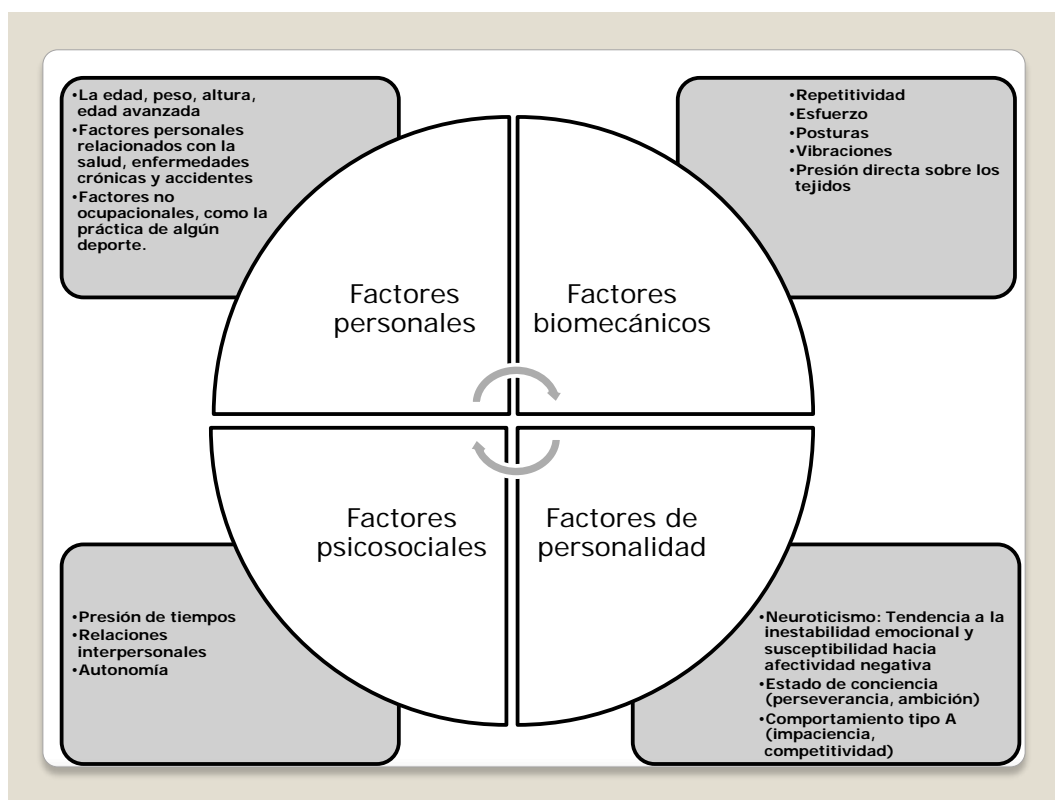


Figura 29. Interacción de las variables [207].

El concepto de esta teoría, en combinación del “Co-Operative for Optimization of industrial production system regarding Productivity and Ergonomics” (COPE) es tenido en cuenta para desarrollar la descripción del listado de causas que compone el Anexo II: listado de códigos y causas. A su vez, también sirve de integración en el desarrollo del listado Modelo de la National Research Council (NRC) y el Institute of Medicine (IOM), que se explica en el apartado 4.4.

²⁷⁰ La patogenia de una enfermedad es la representación de los mecanismos alterados de la fisiología normal que generan, sostienen y finalizan o perpetúan el proceso patológico promovido por una causa (etiología).

4.9. Co-Operative for Optimization of industrial production system regarding Productivity and Ergonomics

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido que la exposición a los riesgos que causan los afecciones musculoesqueléticas son el resultado de un número de factores que contribuyen significativamente, aunque varían en diferente magnitud según las causas de la enfermedad. El modelo COPE contempla estos factores, pretendiendo establecer una relación entre los mismos, tal y como se aprecia en la **Figura 30**. COPE coordina y enlaza los factores determinantes con la exposición ergonómica dentro de un concepto multidisciplinar [208, 209].

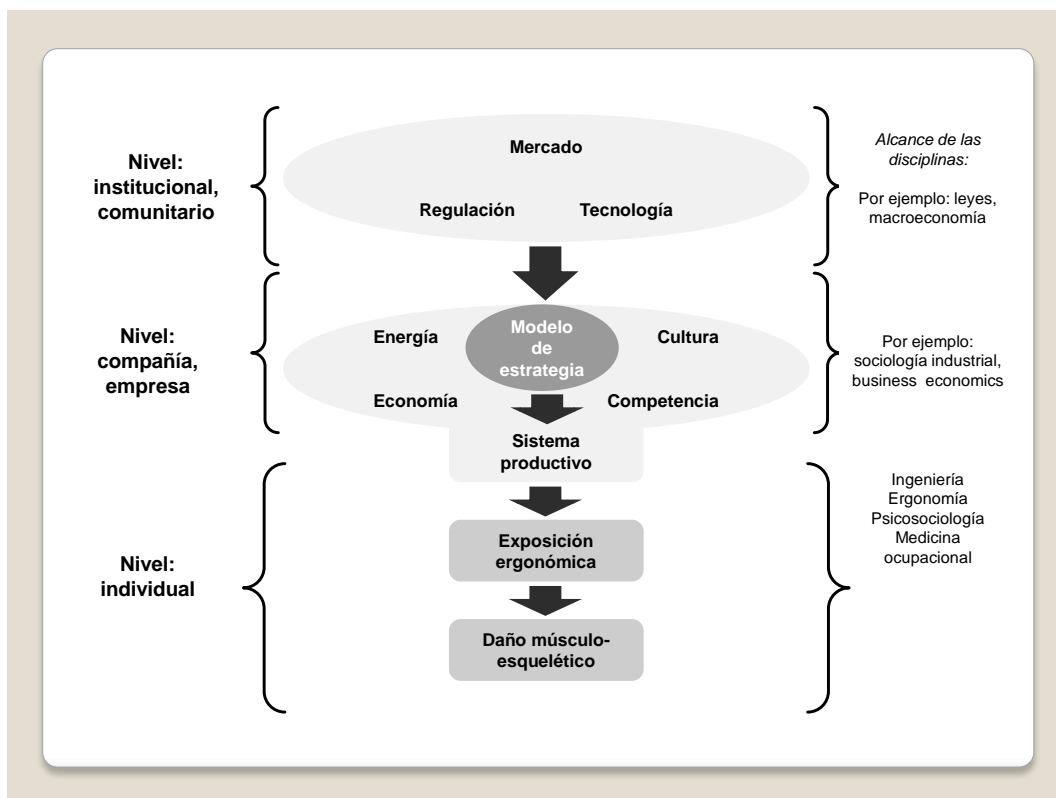


Figura 30. Modelo COPE sobre los factores de exposición ergonómica y TME's [208, 209]

Según el modelo, las medidas preventivas deben abordarse teniendo en cuenta todos los factores de riesgo que pudiesen provocar la aparición de TME's, ya que generalmente no existe un único factor que induce el desarrollo de estos trastornos. Por ejemplo, la manipulación manual de cargas (MMC), por sí sola, raramente constituye la única causa del dolor de espalda y existen muchos otros factores que pueden contribuir a su aparición, como el estrés, las vibraciones, el frío y la organización del trabajo. Por consiguiente, es muy importante evaluar todos los riesgos que pueden ocasionar TME's y darles un tratamiento integral [14].

Se ha encontrado que quince de los TME's más habituales, cubren un amplio rango de procesos inflamatorios o enfermedades degenerativas del sistema

locomotor, causadas por las exposiciones a los factores de riesgo. En la **Figura 31** se pueden ver algunos de éstos. En dicha figura, se muestra que la combinación de los factores indicados y los factores psicosociales, como la demanda de trabajo, el ritmo de trabajo, la organización del trabajo, el bajo nivel de decisión y la inseguridad, aumentarán el efecto del factor de riesgo biomecánico relacionado. Se podrá incrementar así la posibilidad de desarrollar un TME [210].

El resultado es una combinación de factores personales y colectivos, materiales y psicosociales e incluso la organización del propio trabajo (a nivel comunitario y de empresa) que podrían originar la patología de manera insidiosa, ya que estos desórdenes pueden resultar inicialmente crónicos o usualmente sintomáticos, tras haber sucedido la exposición al factor de riesgo durante un periodo de tiempo [53].

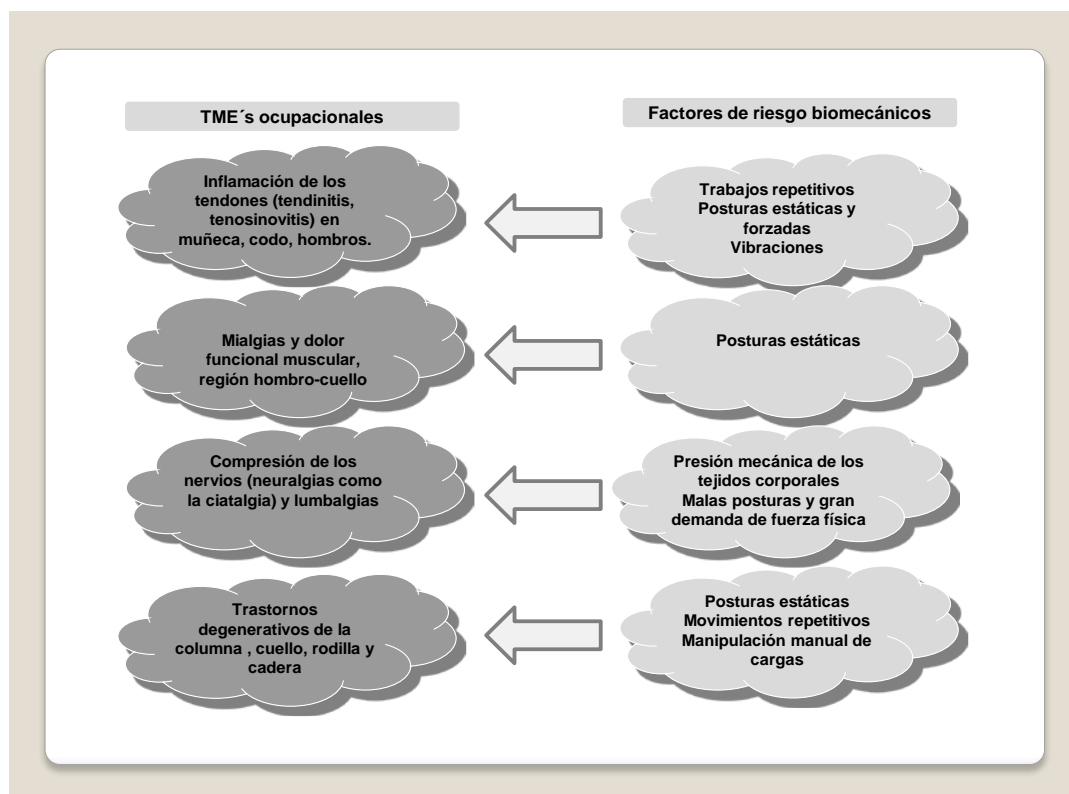


Figura 31. Ejemplos de TME's ocupacionales y factores biomecánicos que incrementan el riesgo de que se produzca la patología [210].

4.10. Dificultades en la estimación de los TME's

La dificultad en la demostración de que las patologías laborales aparecen como consecuencia de los trabajos realizados constituye un hándicap entre la estimación de la magnitud de la lesión y la justificación de la causa-efecto. En algunos estudios, basta con la prevalencia para poder justificar la enfermedad mediante el reporte de los síntomas, asociados al trabajo desarrollado. Mientras, en otros casos, los estudios epidemiológicos cubren un amplio rango de población afectada por TME's. El término incapacidad ha creado un gran impacto económico, aunque es cierto que la estimación de la magnitud del riesgo

existente hasta el desarrollo del TME está asociado a diferentes fases [211], tal y como se aprecia en la **Figura 32**. En dicha figura, se observa que la base de la pirámide está formada por las situaciones en riesgo a las que los individuos están expuestos. La identificación de un TME en esta primera fase se relaciona con un pronóstico favorable en el que se pueden procurar medidas preventivas con el fin de que el TME no llegue a producirse ni manifestarse. A medida que los síntomas aparecen en un individuo, la posibilidad de obtener éxito en la prevención del trastorno desaparece. Finalmente, se puede llegar a un estado de incapacidad donde el proceso se vuelve irreversible.

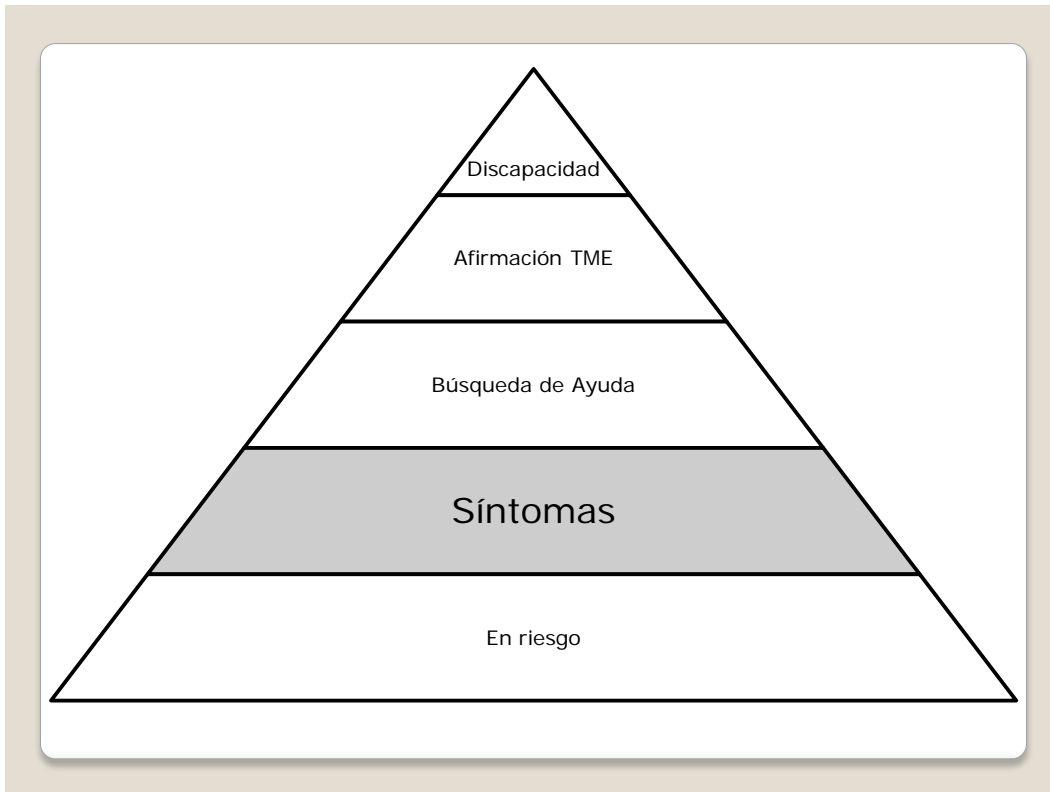


Figura 32. La estimación de la magnitud depende de la forma en que los trastornos musculoesqueléticos son identificados [211].

La solución estará en la definición de una estrategia específica, que proponga la estimación causal, tal y como se verá en el apartado 4.11.

4.11. Teorías estratégicas y multimetodológicas

En la actualidad, algunos de los modelos que explican los mecanismos que producen el desarrollo de molestias, afecciones, lesiones y patologías musculoesqueléticas ocupacionales van más allá y proponen la propia producción de modelos estratégicos que permita la identificación y evaluación y de los TME's. Este es el caso de los dos modelos comentados en los siguientes puntos.

4.11.1. Modelo de Malchaire

Malchaire (1999) desarrolló una herramienta relacionada con los posibles grados de identificación y cuantificación del riesgo. Para ello, contó con la participación de 5 servicios de salud ocupacional y el soporte financiero del Fondo Social Europeo y del Ministerio del Trabajo de Bélgica [212]. El modelo se describe en la **Figura 33**.

El modelo, también llamado estrategia de SOBANE (Screening, Observation, Analysis, Expertise) se desarrolla en diferentes etapas [213, 214]:

ETAPA I o “Screening” para la identificación inicial de los factores de riesgo: Esta primera etapa es utilizada para realizar una simple observación del puesto de trabajo, adecuada para que los propios trabajadores puedan identificar por sí mismos si existe riesgo o no. En caso de existir un problema, se recurre al análisis mediante las siguientes etapas. Malchaire, propone un cuestionario simplificado, sin estimación epidemiológica, aunque también es posible el uso de guías según el caso.

Para este primer nivel, Malchaire desarrolló lo que se denomina un “método de estrategia precoz participativo” (Déparis), mediante el cual, con una serie de listas de verificación muy sencillas, el problema es identificado, analizado y resuelto activa y participativamente.

ETAPA II u “Observation” para la aplicación de métodos observacionales. En esta etapa se realiza el análisis de aquellos puestos en los que se haya verificado la presencia de factores de riesgo, dando prioridad a las situaciones de mayor riesgo.

Tanto en la etapa de observación como en la de screening no se requiere un especialista o experto. Malchaire propone también para este caso la utilización de guías sencillas, donde la diferencia con la anterior etapa es fundamentalmente la implementación de la ocurrencia, ya que en este caso, la etapa se llevaría a cabo en caso de que en el puesto de trabajo hubieran surgido problemas. La evaluación es meramente objetiva y para un estudio de investigación deberá recurrirse a la siguiente etapa.

ETAPA III o “Analysis” se debe recurrir a la verificación completa del puesto de trabajo. El análisis es realizado mediante observación directa del puesto de trabajo y para poder contrastar la observación realizada es necesario registrar las imágenes (mediante fotografías o grabaciones de video).

Al seleccionar un determinado método se debería tener en cuenta el nivel de adecuación del mismo en función los objetivos. Además, para valorar el grado de

adecuación de un determinado método se considerarán, entre otras, dos cualidades habitualmente incompatibles: generalización y precisión. En principio, una alta generalización está relacionada con una baja precisión [215].

Por ello, se debe realizar un estudio de control de tiempos y se recurre a la observación mediante registros fotográficos y en video.

Finalmente, para la comprobación de la veracidad del análisis y precisión se acude a métodos complementarios mediante sistemas informáticos, para comparar de esta forma la precisión y los resultados obtenidos.

ETAPA IV o “Expertise”. Esta etapa se emplea en aquellos casos en los que las condiciones particulares del trabajo son sofisticadas. Para llegar a determinar una adecuada solución se utiliza un análisis complejo mediante registro en video y observación del movimiento utilizando instrumentos de medición.

El método de investigación se realiza llevando a cabo la medida directa de ángulos, el registro de la actividad mediante, p.e., EMG de los músculos, el estudio de la repetitividad y la velocidad del movimiento. Se utilizan transductores, y herramientas sofisticadas, por lo que el uso está restringido únicamente a expertos. En la actualidad, existe gran cantidad de software en el mercado adaptado a tal efecto y que además permite cotejar los resultados obtenidos en la etapa anterior.

	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV
	Screening	Observation	Analysis	Expertise
¿Cuándo?	Todos los casos	En caso de problemas	Casos difíciles	Casos complejos
¿Cómo?	Simple observación	Observación cualitativa	Observación cuantitativa	Técnicas especiales
¿Quién?	Trabajadores y personal de la empresa	Trabajadores y personal de la empresa	Trabajadores y personal de la empresa +Especialistas	Trabajadores y personal de la empresa +Especialistas +Expertos
¿Cuánto tiempo?	Muy poco: 10 mín	Bajo: 2 horas	Medio: 2 días	Alto: 2 semanas
Expertise: •Trabajo •Ergonomía	Muy bajo Bajo	Alto Medio	Medio Alto	Bajo Muy alto

Figura 33. Tabla de etapas para la identificación y evaluación [213].

La metodología de esta investigación se desarrolla siguiendo un modelo paralelo a la teoría propuesta por Malchaire y la estrategia SOBANE.

4.11.2. Modelo multifactorial adaptado

El modelo inicial de Malchaire (1999) comentado anteriormente no justificaba todos los factores de riesgo que posteriormente fueron descritos por Malchaire & Cook (2001).

Para dar solución a la identificación, análisis y evaluación de los factores de riesgo que desarrollan TME's, Malchaire recurre a la elaboración de un modelo que contempla la naturaleza multifactorial de los TME's, es decir, un modelo que contiene la integración de múltiples factores y que permite clasificar los métodos en función de los factores que se evalúan. En sus estudios, Malchaire propone establecer una clasificación ordenada, como la que se indica en la **Figura 34**, para la evaluación y prevención de riesgos dorsolumbares, clasificando estos riesgos en función de la complejidad del método [216].

El modelo multifactorial adaptado permite una comparación entre métodos, un análisis y evaluación detallado y además asegura un orden lógico entre metodología clasificada por factores teniendo como principal aspecto de referencia el TME en estudio.

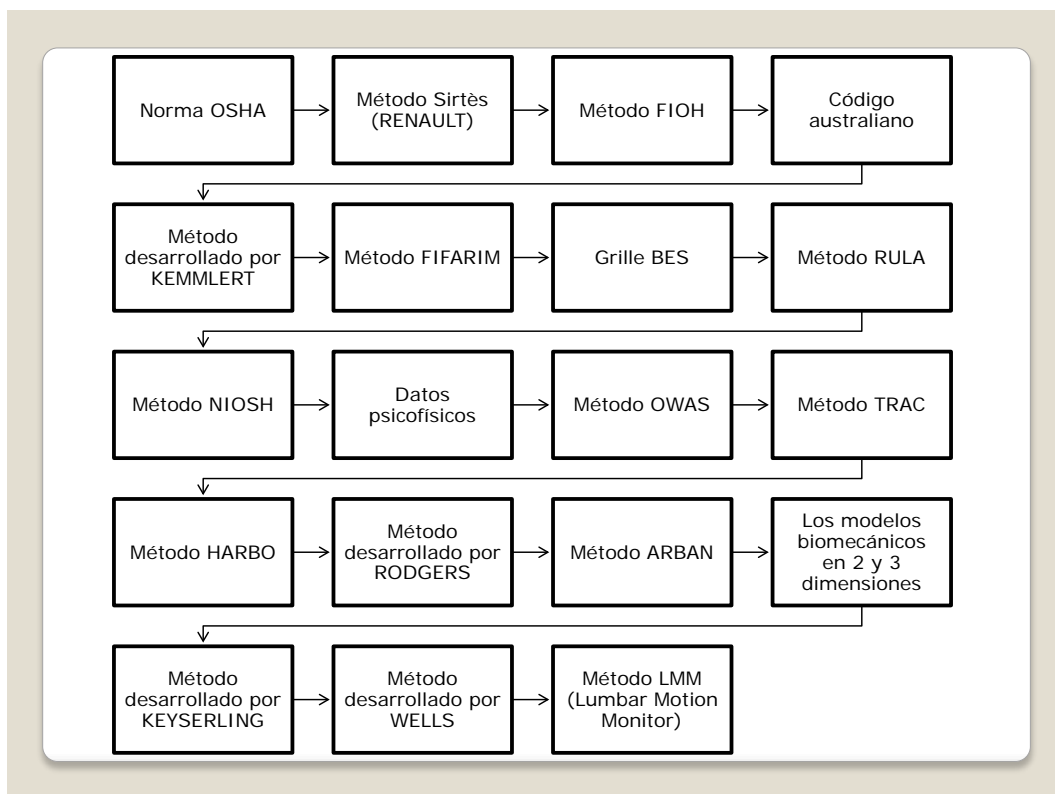


Figura 34. Clasificación métodos de riesgo dorso lumbar por nivel de dificultad [216].

Con el fin de adaptar el carácter multimetodológico de las investigaciones de Malchaire y el carácter multifactorial analizado en todo el CAPÍTULO 4, se realiza una clasificación de los métodos ergonómicos en función de su campo de aplicación y el factor de riesgo para el cual se aplican. Se desarrolla para tal efecto la clasificación indicada en el CAPÍTULO 5.

CAPÍTULO 5. Teorías de métodos de análisis ergonómico

5.1. Introducción

En este capítulo se describen las teorías de análisis ergonómico utilizadas como herramientas actualmente. Se introducen las teorías fundamentales de la metodología que serán empleadas en el desarrollo de este estudio. Dichas teorías se clasifican en cuatro grandes grupos: 1) teorías de métodos de observación directa, 2) teorías de métodos directos de análisis biomecánico, 3) teorías de métodos epidemiológicos y 4) teorías de métodos globales de análisis de las condiciones del trabajo.

Las teorías que siguen métodos de observación directa incluyen tanto listas de verificación como métodos de análisis detallado.

La metodología directa de análisis biomecánico se describen tanto las técnicas de análisis biomecánico como las herramientas de análisis biomecánico.

La teoría epidemiológica queda dividida en dos secciones: descriptiva y analítica [217, 218].

Por último, se desarrollan las teorías sobre los métodos globales de análisis de las condiciones del trabajo.

5.2. Teoría de métodos de observación directa

En este apartado se proponen diversas estrategias para el desarrollo específico de la evaluación de riesgos ergonómica.

Directamente, según la estrategia de Malchaire, descrita en el apartado 4.11, las listas de verificación se encontrarían en la etapa de screening, por lo que su uso está limitado a aspectos muy simples. Se han incluido en la metodología, ya que las listas de verificación, en el caso de tratarse de un primer contacto con cualquier sector de estudio, pudieran resultar muy útiles por su sencillez de contenido y practicidad de análisis.

5.2.1. Listas de verificación

Las listas de verificación identifican los factores de riesgo de forma que se pueda evaluar rápidamente y priorizar las actuaciones a seguir. Aunque presentan el primer contacto con los factores de riesgo, las listas exigen que sea aplicado posteriormente un método cuantitativo y objetivo. Son útiles para reunir

datos cualitativos, más que cuantitativos, es decir, el objetivo no es reunir la información para un análisis estadístico o una investigación detallada, sino que permiten obtener una visión general de las condiciones del trabajo para concretar de manera específica las condiciones críticas [219].

Las listas de verificación resultan especialmente útiles [220]:

- Cuando se procede a la evaluación de nuevos diseños de herramientas, máquinas o equipos de trabajo.
- Cuando se evalúan nuevas técnicas de trabajo o procesos organizativos.
- Como herramienta en las inspecciones ergonómicas periódicas.

Las condiciones detectadas como inaceptables en una lista de verificación son objeto de estudios posteriores, generalmente utilizando métodos de observación directa de análisis detallado [219]. Una de las principales dificultades de las listas, es que para obtener mejores resultados en su uso deberían ser conducidas por ergónomos especialistas de la propia organización, con el fin de evitar cualquier posible evaluación subjetiva. En ocasiones, las listas de verificación requieren las propias adaptaciones de los métodos de observación directa de análisis detallado, como sucede con la lista de Intel Corporation o de la American Standard Institute. En estos casos, a veces no está suficientemente claro el límite entre la lista de verificación y el propio método de observación directa [221]. La **Figura 35** expone un resumen de las listas de verificación que se comentan en los siguientes apartados.

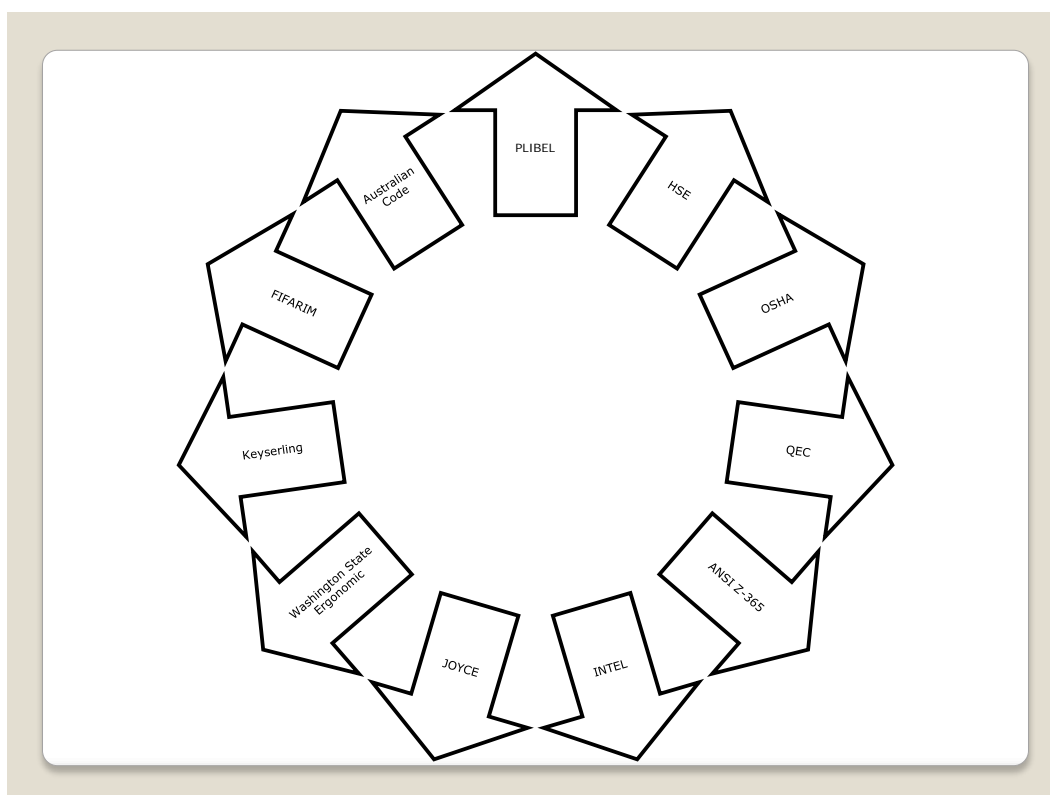


Figura 35. Resumen de Listas de Verificación [221].

5.2.1.1. Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer

El Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer (PLIBEL) es una lista de verificación propuesta por Kemmlert (1995) para la identificación de riesgos ergonómicos en cinco regiones específicas del cuerpo: cuello, hombros, espalda (superior); codos, brazos y antebrazos y manos; pies; rodillas y cadera; y espalda (inferior) [222].

Inicialmente se utilizó en un estudio sobre lesiones musculoesqueléticas en 200 puestos de trabajo, a través del cual se evaluaron las condiciones ergonómicas y los posibles cambios que se habían producido en los puestos²⁷².

El cuestionario está formado por 17 preguntas y fue diseñado de tal forma que las preguntas estaban relacionadas con las posturas de trabajo, el diseño de herramientas o el lugar de trabajo. Se incluyeron además aspectos psicosociales como las condiciones estresantes ambientales u organizacionales. En la lista PLIBEL no existe un criterio de duración de la actividad²⁷³.

La evaluación de un lugar de trabajo usando la lista PLIBEL se inicia con una observación preliminar y una entrevista con el trabajador, luego se seleccionan partes de la actividad que son representativas para la evaluación, además de las tareas que el observador y/o trabajador consideren estresantes en el sistema musculoesquelético -cuando un riesgo ergonómico es observado-. La evaluación en la entrevista está condicionada por la capacidad del observador, luego requiere cierta destreza en esta tarea²⁷⁴.

5.2.1.2. Risk Filter de la Health & Safety Executive

La lista de chequeo propuesta por primera vez por la Health & Safety Executive (HSE) en el año 1990 -conocida como Risk Filter- cuantifica los factores de riesgo en puestos de trabajo que utilizan ampliamente los miembros superiores [223].

El método posibilita la identificación de los factores de riesgos relacionados con diferentes aspectos, en función de la tarea, el ambiente de trabajo y el propio trabajador. El documento de verificación consta de varias etapas. Primero se realiza una identificación de los factores de riesgo. Posteriormente, se registra mediante el tipo de posturas realizadas la actividad llevada a cabo. Finalmente, el filtro incorpora un plan de acciones a implementar en caso de obtener un nivel de riesgo considerable²⁷⁵.

²⁷² Ibidem.

²⁷³ Ibidem.

²⁷⁴ Ibidem.

²⁷⁵ Ibidem.

5.2.1.3. Lista de chequeo desarrollada por la Occupational Safety and Health Administration

El departamento del trabajo de los Estados Unidos de América - Occupational Safety and Health Administration (OSHA)- presentó en el año 1990 un documento denominado “Guías de administración de un programa ergonómico para plantas de empackado de carne”. En este reporte, incluyó una lista de verificación ergonómica que presentaba una amplia variedad de aspectos. La lista resultó ser útil para entender las condiciones ergonómicas [224].

La lista se divide en tres partes: revisión por parte del trabajador, análisis ergonómico industrial (herramientas, fuerza, exposición física, posturas, temperatura, uso de ordenadores y centros de control, incentivos y educación) y recolección de información (conocimientos de factores de riesgo, administración médica, involucramiento de los empleados, educación y controles ergonómicos)²⁷⁶.

Las cuestiones sobresalientes de esta lista son que: a) es necesaria la opinión del trabajador y b) permite evaluar el programa ergonómico que desarrolla la empresa²⁷⁷.

Otra característica importante es que se evalúan aspectos psicosociales del ambiente de trabajo, por lo que se requiere que el analista mida algunos aspectos de la tarea y lugar como temperatura, dimensiones del lugar de trabajo, peso de los objetos manejados, etc.²⁷⁸.

Puede concluirse que esta lista de verificación es apropiada tanto para trabajos manufactureros como de oficina, pero no tiene una forma consistente para evaluar las respuestas, es decir, algunas secciones de las respuestas son abiertas, en otras las respuestas son “Si/No” y en algunas otras “Algunas veces, Ocasional y Nunca”²⁷⁹.

Presenta las desventajas de que debe ser conducida por un ergónomo o una persona con entrenamiento en ergonomía y el método no evalúa el gasto metabólico de energía, ni las lesiones por MMC. Además no presenta un mecanismo de seguimiento para las propuestas de acción y mejora. Por último, se recomienda el uso de video-grabación para la evaluación del programa ergonómico de la empresa²⁸⁰.

5.2.1.4. Quick Exposure Check for Work related Musculoskeletal Risk

El método de Quick Exposure Check for Work related Musculoskeletal Risks (QEC) consiste en una herramienta desarrollada por Li y Buckle (1998) que se fundamenta en una lista de verificación para la revisión de la exposición a los

²⁷⁶ Ibidem.

²⁷⁷ Ibidem.

²⁷⁸ Ibidem.

²⁷⁹ Ibidem.

²⁸⁰ Ibidem.

riesgos ergonómicos dependientes de las posturas de la espalda, frecuencia de movimiento, movimientos de las manos, del cuello, peso manipulado, vibración, tiempo, fuerzas, estrés, etc [225, 226].

Como sucede en otras listas de verificación, esta herramienta combina en su evaluación la parte objetiva y subjetiva²⁸¹.

El método QEC es sensible al cambio en la exposición antes y después de la intervención ergonómica y mediante una tabla de comparación entre distintos operadores para una misma tarea o entre actuaciones en distintas tareas²⁸².

El análisis mediante este método, proporciona un indicador de exposición del riesgo en la espalda, hombros, cuello, brazos, muñecas y manos²⁸³.

5.2.1.5. Lista de chequeo del American Standard Institute

Harris-Carter (1994) presentó esta lista de verificación a través del American National Standard Institute (ANSI) para el control de los trastornos acumulativos en las extremidades superiores (hombros, brazos, muñecas, manos, dedos y cuello) además de una evaluación para la organización del trabajo (Control of Cumulative Trauma Disorders). A este proyecto se le denominó como ANSI Z-365 [184].

Los propósitos de esta lista de verificación son la identificación de los factores de riesgo relacionados con los trastornos musculoesqueléticos -después de que éstos se hayan manifestado- y la identificación de los trastornos musculoesqueléticos -antes de que se hayan producido-²⁸⁴.

Los parámetros que evalúa son: las posturas extremas, la fuerza, la duración, la frecuencia y la velocidad. El método muestrea mediante varios ciclos de trabajo los movimientos de cada segmento corporal. Califica el tiempo total dedicado a la actividad de trabajo y requiere un análisis intensivo por parte del observador con ayuda de una grabación en video del puesto de trabajo, para determinar los criterios evaluados. Todos los movimientos que obtengan una calificación menor, indican una situación de riesgo tolerable²⁸⁵.

Entre sus desventajas cabe señalar que no considera aspectos importantes como la evaluación del gasto metabólico, la opinión del trabajador y la evaluación de ciertos segmentos corporales como el codo, ni las posturas antigravitacionales. Por otra parte, también presenta la dificultad de que requiere conocimiento y entrenamiento específico del observador para realizar la evaluación de movimientos corporales²⁸⁶.

²⁸¹ Ibídem.

²⁸² Ibídem.

²⁸³ Ibídem.

²⁸⁴ Ibídem.

²⁸⁵ Ibídem.

²⁸⁶ Ibídem.

5.2.1.6. Lista de verificación de la Intel Corporation

The Advanced Ergonomics, Inc. (1994) menciona que esta lista fue desarrollada por el grupo de ergonomistas de Intel Corporation dirigidos por el Dr. Richard Parker en 1993. Se diseñó para detectar Daños por Traumatismos Acumulados (DTA's) y lesiones por MMC a través del cálculo previo mediante la fórmula del National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) [227].

Algunas características importantes de la lista de verificación de Intel Corporation son: 1) Unicidad. La lista puede ser utilizada para evaluar tanto en la etapa de diseño del equipo como la propia evaluación del equipo/producto. 2) Relevancia. La lista permite describir y evaluar aspectos relevantes del equipo de trabajo²⁸⁷.

Durante el proceso de evaluación, la lista describe tres posibles respuestas a cada pregunta: 1 = cumple, 2 = cumple, pero se necesita mejorar, 3 = no cumple. La lista se divide en tres partes: diseño del puesto de trabajo, diseño de la tarea y controles y displays. El analista debe conocer todas las rutinas, desde la operación del equipo, la ejecución de tareas, hasta las operaciones de mantenimiento. Como garantía, el análisis debe ser ejecutado dos veces, una vez durante el diseño inicial del equipo, y una vez más siguiendo las modificaciones para el equipo²⁸⁸.

Las desventajas que se presentan son: debe ser conducida por un ergónomo o una persona con entrenamiento en ergonomía, no evalúa el gasto metabólico de energía, no tiene un mecanismo de seguimiento en las propuestas de mejora y tampoco contempla la opinión del trabajador²⁸⁹.

5.2.1.7. Lista de chequeo del Joyce Institute Training Design Team

El Joyce Institute Training Design Team (1992) desarrolló un método para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo, cuyo objetivo es eliminar o minimizar las causas de Daño por Traumatismo Acumulado (DTA's) relacionadas con el trabajo [228].

El método permite identificar los puestos de trabajo que presentan o son susceptibles de presentar problemas de este tipo, así como determinar el riesgo asociado para poder iniciar acciones que los resuelvan. Consiste en cinco pasos: recolección de datos, evaluación de datos, priorización de problemas, diseño de soluciones y validación²⁹⁰.

La estimación del riesgo se hace durante la recolección de datos y la interpretación de los resultados dará lugar a una mera indicación del nivel de riesgo: riesgo bajo, medio o alto. Esta escala de puntuaciones facilita la priorización de problemas²⁹¹.

²⁸⁷ Ibidem.

²⁸⁸ Ibidem.

²⁸⁹ Ibidem.

²⁹⁰ Ibidem.

²⁹¹ Ibidem.

Como desventaja, resulta un método muy completo para detectar puestos de trabajo potencialmente peligrosos o con riesgo elevado. Por otra parte, tampoco determina la fatiga física ni el gasto metabólico²⁹².

5.2.1.8. Washington State Ergonomics Checklists

El Washington State Department of Labour & Industries ha desarrollado una serie de listas de verificación que permiten la evaluación de la exposición a los daños musculoesqueléticos en el lugar del trabajo y que pueden ser utilizadas en una amplia variedad de tareas y sectores [229].

En particular, se utilizan tres cuestionarios que comprenden la evaluación de posturas forzadas, movimientos repetitivos, fuerzas mano-brazo, levantamiento de cargas, movimientos repetitivos y vibraciones de la mano-brazo [230].

Por una parte, existe la lista denominada "Caution Zone Checklist", el cuestionario "Lifting Calculator" y como resultado de la combinación de ambas se emplea la lista "Hazard Zone Checklist"²⁹³.

La lista "Caution Zone Checklist" está compuesta por 14 ítems y añade dibujos explicativos para una rápida identificación. La tarea será más segura cuantos menos ítems sean añadidos²⁹⁴.

La herramienta "Lifting Calculator" propone una versión simplificada de la ecuación de National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), con lo que se detectarán valores aceptables o no de la carga manipulada²⁹⁵.

Por último, el cuestionario denominado "Hazard Zone Checklist" añade una parte de propuestas de solución para el levantamiento de cargas y una ecuación rápida para las vibraciones²⁹⁶.

5.2.1.9. Lista de chequeo de Keyserling

A Keyserling se le atribuyen varios estudios realizados para la identificación de los TME's ocupacionales en el sector de la construcción.

Stetson, Keyserling, Silverstein y Leonard (1991) elaboraron un cuestionario piloto a partir de la observación de los factores de riesgo asociados a los trastornos musculoesqueléticos acumulativos en la mano y muñeca. Para definir una lista de chequeo fueron observados un número determinado de trabajadores y se realizaron grabaciones en video, contando posteriormente fotograma a fotograma, el número total de esfuerzos realizados por ciclo de trabajo (ver definición en el apartado 3.1.) y el número de esfuerzos relacionados con factores de riesgos específicos, tales como la aplicación de fuerza o las posturas

²⁹² Ibídem.

²⁹³ Ibídem.

²⁹⁴ Ibídem.

²⁹⁵ Ibídem.

²⁹⁶ Ibídem.

forzadas. Con esto, detectaron que esta forma de trabajo proporcionaba un medio de referencia para realizar una descripción cuantitativa de los factores de riesgo ergonómicos asociados a un trabajo determinado, antes y después de las intervenciones sobre la reducción de los factores riesgos ergonómicos. De esta forma, elaboraron un cuestionario piloto que más tarde serviría de enlace con sus estudios posteriores [231].

En el año 1992, Keyserling desarrolló una primera lista de verificación para evaluar los daños producidos por las posturas forzadas en las extremidades inferiores, tronco y cuello, que constituye un instrumento de detección rápida para identificar las tareas de trabajo, en individuos que están expuestos a posturas potencialmente dañinas. Aunque es un método cualitativo, el propio Keyserling recomienda la grabación de las tareas para un análisis más profundo. Requiere de cierta experiencia y formación del observador/evaluador para llegar a una interpretación correcta [232].

En el año 1993, Keyserling propuso una segunda lista de verificación para la evaluación del daño potencial en las extremidades superiores, al realizar una tarea. Esta lista de verificación es una herramienta cualitativa que está preparada para determinar los factores de riesgo biomecánicos. Evalúa las posturas forzadas, los movimientos, las fuerzas, el levantamiento de cargas, la MMC, las fuerzas de aplicación y las vibraciones. Finalmente, el principal defecto es que no considera otros posibles factores de riesgo asociados a los trastornos musculoesqueléticos [233].

5.2.1.10. Fiche d'Identification des Facteurs de Risques liés a la Manutention

Desarrollada por Mairiaux y otros (1998), esta lista fue incluida en la “Guía para evaluación y prevención de riesgos durante la MMC” (2008) y publicado por el Service public fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale (Bélgica). La lista Fiche d'Identification des Facteurs de Risques liés a la Manutention (FIFARIM) permite reconocer situaciones de riesgo o situaciones que pueden contribuir a crear un riesgo entre las diferentes tareas realizadas en un puesto de trabajo [234]. Su principal objetivo es detectar situaciones de máximo riesgo. Las situaciones que describe son [235]:

- Posturas adoptadas durante la manipulación.
- El objeto o la carga que se maniobra.
- Las características de las tareas específicas, tales como llevar, empujar o tirar de una carga.
- La influencia del medio ambiente y la organización del trabajo.

Consta de un cuestionario analítico el cual se va respondiendo a 26 preguntas mientras se observa la tarea, para lo cual se requiere cierta experiencia²⁹⁷.

El método FIFARIM, se aplica en dos partes: una primera parte donde se evalúa el riesgo mediante el uso del cuestionario y una segunda parte donde se definirá

²⁹⁷ Ibidem.

la estrategia de prevención a seguir para modificar la tarea, reducir o eliminar el riesgo identificado²⁹⁸.

5.2.1.11. Australian Code of Practice

Mucho más allá de lo que su nombre indica, este manual de buenas prácticas desarrollado por el Gobierno de Australia para la identificación y detección, análisis, evaluación, control y corrección de las tareas manuales, constituye un buen ejemplo para llevar a cabo la implementación y gestión de riesgos. Mediante la implementación de varias etapas, la realización de diagramas de flujo y la utilización de la lista de verificación, el manual propone un método de trabajo muy rápido, práctico y que garantiza una gestión eficaz de los riesgos [236].

Las etapas que son consideradas en el método son las siguientes²⁹⁹:

- Identificación del riesgo o los riesgos. El manual indica que la identificación del peligro es una forma de analizar las tareas para saber que tienen el potencial de contribuir al desarrollo del TME. Para la identificación, recomienda realizar los siguientes pasos:
 - Recopilar y revisar información para identificar las tareas que puedan ser peligrosas.
 - Analizar la información para identificar las tareas peligrosas de tipo manual.
 - Registrar las tareas.
 - Proceder a la evaluación de riesgos si se ha identificado una tarea manual peligrosa.
- Evaluación de riesgos. Una vez que se hayan identificado las tareas peligrosas manuales, es necesario evaluar cada uno de los riesgos que pueden producir TME's. Esta etapa del proceso es útil para: determinar qué aspectos de las tareas llevan un riesgo asociado, entender cómo se produce o aumenta la probabilidad de sufrir lesiones y determinar las fuentes de riesgos en relación al factor de riesgo que se encuentra presente.
- Control de riesgos. Este paso supone la aplicación de medidas eficaces para eliminar o reducir al mínimo el riesgo de desarrollo de TME. Al término de la evaluación del riesgo, se debe haber identificado el riesgo presente en una tarea manual peligrosa, es decir, la fuente de donde procede el riesgo. Los pasos del control de riesgos permiten determinar lo que hay que hacer para modificar las fuentes de riesgo y por lo tanto, para eliminar o minimizar el riesgo o riesgos de TME derivados de las operaciones manuales. Como recomendación, añade el hecho de no olvidarse en esta etapa de la consulta y participación de los trabajadores.

²⁹⁸ Ibídem.

²⁹⁹ Ibídem.

- En la cuarta y última etapa, se requiere la monitorización o seguimiento y revisión de las medidas de control del riesgo que se hayan implementado, de tal forma, que se ayude a determinar su eficacia. Se comienza por comprobar que todas las acciones previstas se han realizado.

El manual recomienda finalmente llevar un registro de la identificación de peligros, evaluación de riesgos y procesos de control de riesgos, de tal forma que este registro ayude a demostrar que se ha estado trabajando activamente, con el fin de asegurar que los riesgos de desarrollo de TME's son gestionados correctamente durante la realización de tareas manuales³⁰⁰.

5.2.2. Métodos de análisis detallado

La clasificación de teorías que siguen la metodología de análisis detallado se lleva a cabo siguiendo el principio de relación entre el método y los factores de riesgo biomecánicos. Los estudios epidemiológicos y de laboratorio han demostrado que los TME's están relacionados con los factores de riesgo biomecánicos -además de otros factores- [237]. De igual forma, los factores de riesgos biomecánicos se pueden clasificar atendiendo al método que los evalúa [221], como se muestra en la **Figura 36**.

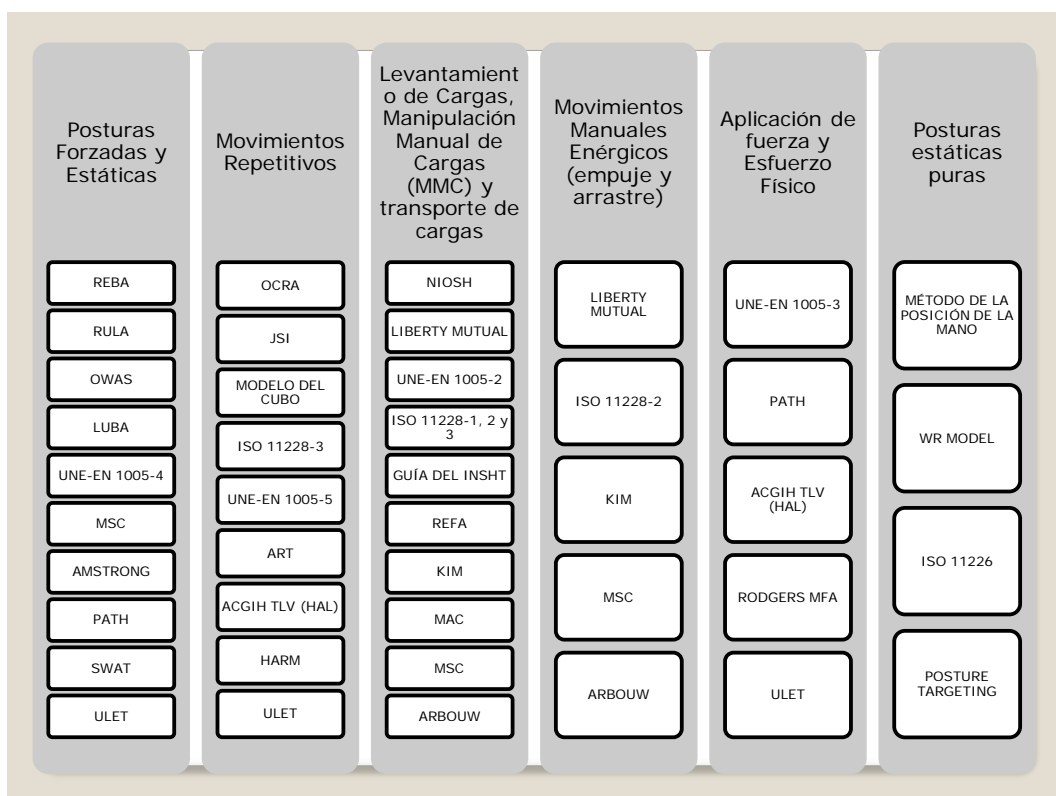


Figura 36. Clasificación de métodos de evaluación por observación directa.

³⁰⁰ Ibidem.

En la evaluación de las instalaciones mecánicas en edificios, así como sucede en otras evaluaciones [238-244] se identifica con carácter significativo la exposición a factores ocupacionales de riesgo biomecánicos, como son las posturas forzadas, el levantar objetos pesados y los esfuerzos físicos intensos [221]. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos factores de riesgo varían en función de las tareas y actividades que se realiza [245].

En primer lugar, antes de proceder a la explicación de los métodos de evaluación por observación directa se detallan los aspectos y características de los factores de riesgo biomecánicos.

5.2.2.1. Factores de riesgo biomecánicos

Como definición “el factor de riesgo es un atributo de una situación que incrementa la probabilidad de que el trabajador expuesto desarrolle cierta enfermedad o trastorno” [246].

Cabe indicar que esta investigación atiende a los factores de riesgo biomecánicos extrínsecos, que corresponde a las características físicas del medio ambiente de trabajo, y no comprende los factores de riesgo extrínsecos, es decir, las características individuales que protegen al individuo contra el desarrollo de enfermedades o TME's³⁰¹.

La clasificación de los métodos se ha realizado atendiendo a estos factores, y la aplicación y diferenciación de los mismos se hará atendiendo a los principios que explican las características o aspectos relacionados, como se indica a continuación.

5.2.2.1.1. Posturas forzadas y estáticas

El criterio de identificación de las posturas forzadas y estáticas sucede, si durante la jornada de trabajo hay presencia de [127]:

- Alguna postura de trabajo estática (mantenida durante más de 4 segundos consecutivamente) del tronco, extremidades superiores, extremidades inferiores, cuello u otras partes de cuerpo.
- Alguna postura de trabajo dinámica (movimientos) del tronco, de los brazos, cabeza, cuello u otras partes del cuerpo.

La evaluación se realizará durante un tiempo significativo, p.e. 1 hora.

Las características asociadas a las posturas forzadas y estáticas son la frecuencia de movimientos, la duración de la postura, las posturas del cuello, las posturas de las extremidades superiores y las posturas de las extremidades inferiores³⁰².

³⁰¹ Ibídem.

³⁰² Ibídem.

5.2.2.1.1.1. Frecuencia de movimientos

La realización continua de movimientos de alguna parte del cuerpo hasta llegar a una postura forzada aumenta el nivel de exposición al riesgo. A saber, a mayor frecuencia de movimientos, el riesgo se eleva debido a la exigencia física que requiere el movimiento a una velocidad superior. Si se produce una mayor amplitud de movimientos en el tiempo, supondrá un nivel de riesgo de exposición superior³⁰³.

5.2.2.1.1.2. Duración de la postura

Mantener la misma postura durante un tiempo prolongado incrementa también el nivel de riesgo de desarrollo de TME's. Este podrá aumentar cuanto mayor sea el tiempo de permanencia en dicha postura³⁰⁴.

5.2.2.1.1.3. Posturas de tronco

La flexión de tronco, la rotación axial y la inclinación lateral son posturas que deben ser identificadas conjuntamente con el ángulo de inclinación. Adoptar estas posturas por encima de los límites aceptables de articulación, puede suponer un nivel importante de riesgo³⁰⁵.

5.2.2.1.1.4. Posturas de cuello

Las posturas forzadas de cuello y cabeza están vinculadas a la observación de los elementos que están fuera del campo del ángulo de visión, siendo éstas: la flexión de cuello (hacia adelante), extensión de cuello, inclinación lateral y rotación axial³⁰⁶.

5.2.2.1.1.5. Posturas de las extremidades superiores

Brazo (Hombro): las posturas que pueden aumentar el nivel de riesgo están relacionadas con el límite de su rango articular: la abducción³⁰⁷, la flexión, extensión, rotación externa y la aducción^{308, 309}.

Estos movimientos o posturas se adoptan principalmente para interactuar con objetos a un nivel por encima del hombro³¹⁰.

³⁰³ Ibidem.

³⁰⁴ Ibidem.

³⁰⁵ Ibidem.

³⁰⁶ Ibidem.

³⁰⁷ Abducción: los brazos al encontrarse en posición natural lo más cerca posible del cuerpo se aproximan a la posición en cruz.

³⁰⁸ Aducción: se produce cuando al encontrarse los brazos en cruz vuelven a su posición anatómica natural.

³⁰⁹ Ibidem.

³¹⁰ Ibidem.

Codo: las posturas o movimientos del codo que pueden llegar a ser forzados son la flexión, la extensión, la pronación y la supinación³¹¹.

La pronación y supinación del codo se producen principalmente para cambiar de orientación objetos u herramientas. Las flexiones y extensiones son principalmente realizadas cuando el área operativa de trabajo es amplia, operando alternativamente lejos y cerca del cuerpo³¹².

Muñeca: hay cuatro posturas de las muñecas que si se realizan de forma forzada durante un tiempo considerable, pueden repercutir en un nivel de riesgo significativo. Estas posturas de la muñeca son: la flexión, la extensión, la desviación radial (abducción o separación del cuerpo) y la desviación ulnar o cubital (aducción)³¹³.

5.2.2.1.1.6. Posturas de las extremidades inferiores

Las extremidades inferiores incluyendo la cadera y las piernas, tienen variedad de movimientos articulares entre los que se pueden citar: la flexión de rodilla, flexión de tobillo y dorsiflexión del tobillo, entre otras³¹⁴.

5.2.2.1.2. Movimientos repetitivos

Se entiende por movimientos repetitivos a un grupo de movimientos continuos, mantenidos durante un trabajo que implican al mismo conjunto osteomuscular provocando en éste fatiga muscular, sobrecarga, dolor y por último lesión. Una de las definiciones más aceptadas en la literatura científica es la que indica que el trabajo se considera repetido cuando la duración del ciclo³¹⁵ de trabajo fundamental es menor de 30 segundos o cuando más de la mitad del tiempo de ciclo se utiliza para desarrollar el mismo tipo de movimiento [247].

El trabajo repetido de miembros superiores se define como la realización continuada de ciclos de trabajo similares, a saber, cada ciclo de trabajo se parece al siguiente en la secuencia temporal, en el patrón de fuerzas y en las características espaciales del movimiento [248].

Otra definición interesante sobre movimientos repetitivos aparece reflejada en la Norma UNE-EN 1005-5 (hace referencia a la diferenciación entre posturas estáticas y dinámicas), cuya explicación se verá detallada en el apartado 5.2.2.6.

El criterio de identificación que se sigue es que si una actividad se realiza durante al menos 2 horas durante la jornada, es necesario evaluar su nivel de riesgo [127].

Las características asociadas a este tipo de movimientos son: la frecuencia de

³¹¹ *Ibídem.*

³¹² *Ibídem.*

³¹³ *Ibídem.*

³¹⁴ *Ibídem.*

³¹⁵ Ciclo: (Del lat. *cyclus*, y este del gr. κύκλος, círculo). 1.m. Período de tiempo que al acabarse se vuelven a contar de nuevo. 2. m. Serie de fases por las que pasa un fenómeno periódico [11].

movimientos, el uso de fuerza, la adopción de posturas y movimientos forzados, el tiempo de recuperación insuficiente, la duración del trabajo repetitivo y otros aspectos³¹⁶.

5.2.2.1.2.1. Frecuencia de movimientos

La alta repetición y velocidad de los movimientos y acciones que se deben realizar con cada una de las extremidades superiores es una característica a considerar³¹⁷.

La frecuencia de movimientos representa la cantidad de acciones que se realizan en una unidad de tiempo (por ejemplo, acciones por minuto)³¹⁸.

5.2.2.1.2.2. Uso de fuerza

El uso de fuerzas es definido como el esfuerzo físico biomecánico requerido por el trabajador para poder ejecutar las operaciones relacionadas con la máquina u otros elementos de la tarea³¹⁹.

Hay dos aspectos relevantes a considerar: la intensidad de la fuerza requerida para realizar unas determinadas acciones u operaciones, que depende de la postura y la forma de aplicación, y el tiempo durante el cual se debe aplicar dicha fuerza. El uso de fuerza intensa de forma repetida es un aspecto crítico cuando se realizan movimientos repetitivos³²⁰.

5.2.2.1.2.3. Adopción de posturas y movimientos forzados

Cada articulación o segmento del cuerpo tiene unas características y posibilidades de movimiento diferentes. Trabajar forzando alguna de las articulaciones de la extremidad superior para ejecutar una tarea puede incrementar el nivel de riesgo³²¹.

Hombro: el hombro puede estar forzado cuando se trabaja con el brazo levantado o si se debe levantar frecuentemente³²².

Los movimientos que elevan el brazo son: la flexión, la extensión y la abducción³²³.

Estos movimientos o posturas se realizan principalmente para interactuar con objetos que están ubicados por encima de la diagonal del hombro o que están

³¹⁶ Ibidem.

³¹⁷ Ibidem.

³¹⁸ Ibidem.

³¹⁹ Ibidem.

³²⁰ Ibidem.

³²¹ Ibidem.

³²² Ibidem.

³²³ Ibidem.

alejados del tronco³²⁴.

Codo: la exigencia más frecuente del codo se produce con los movimientos amplios y continuos de flexión, extensión, pronación y supinación³²⁵.

La pronación y supinación del codo se producen principalmente para cambiar de orientación objetos u herramientas una vez se tienen en la mano. Las flexiones y extensiones significativas se realizan en la mayoría de los casos cuando el área operativa de trabajo es amplia, operando alternativamente lejos y cerca del cuerpo³²⁶.

Muñeca: los movimientos y posturas de la muñeca son la flexión, la extensión, la desviación radial (abducción) y la desviación ulnar o cubital (aducción)³²⁷.

La forma más frecuente de forzar la muñeca es con el uso de herramientas de mano o interactuando con controles, mandos o insertando componentes en trabajos de precisión³²⁸.

Mano: la exigencia con mayor nivel de riesgo se produce en el agarre de objetos³²⁹.

Existen diversas formas de agarrar un objeto como el agarre de precisión, el agarre en forma de gancho y el agarre con presión palmar. Dado que la exigencia biomecánica de cada tipo de agarre es diferente, todos estos tipos de agarre suponen una exigencia física considerable de la mano³³⁰.

5.2.2.1.2.4. Tiempo de recuperación insuficiente

El tiempo de recuperación es el periodo de descanso siguiente a un periodo de actividad con movimientos repetitivos de las extremidades superiores. Permite la recuperación fisiológica tras realizar actividades. Se consideran como tiempo de recuperación las pausas de descanso así como otras tareas que representen una inactividad substancial de la extremidad superior, como las tareas de control visual³³¹.

³²⁴ Ibídem.

³²⁵ Ibídem.

³²⁶ Ibídem.

³²⁷ Ibídem.

³²⁸ Ibídem.

³²⁹ Ibídem.

³³⁰ Ibídem.

³³¹ Ibídem.

5.2.2.1.2.5. Duración del trabajo repetitivo

Es el tiempo total de exposición a trabajos repetitivos durante toda la jornada. La duración representa otro factor de riesgo. Cuanto más tiempo se realice un trabajo repetitivo, mayor será el nivel de riesgo³³².

5.2.2.1.2.6. Otros aspectos

Adicionalmente, existen evidencias de relaciones causales entre otros factores que pueden estar presentes en el trabajo y los TME's ocupacionales de las extremidades superiores. Algunos de estos factores adicionales que requieren especial atención son: el uso de herramientas vibrátiles, la exposición a frío, compresiones localizadas, golpes o movimientos bruscos, el uso de guantes inadecuados para la tarea y la imposición del ritmo de trabajo³³³.

5.2.2.1.3. Levantamiento de cargas, MMC y transporte de cargas

El criterio a seguir es que durante la ejecución de la actividad se realice en algún instante la elevación y/o descenso manual de una carga que sea susceptible de ser manipulada o movilizada por un trabajador o varios trabajadores. Los aspectos a considerar son: el peso a levantar, la frecuencia de levantamientos, el agarre de la carga, la asimetría o torsión del cuerpo, la distancia de la carga al cuerpo, el desplazamiento vertical de la carga, la duración de la actividad y otros aspectos³³⁴.

5.2.2.1.3.1. Peso a levantar

El peso de las cargas u objetos que se deben levantar manualmente es uno de los factores de riesgo más incidente. Evidentemente, cuanto más peso se debe levantar, más se incrementará el nivel de riesgo³³⁵.

5.2.2.1.3.2. Frecuencia de levantamientos

Se refiere a la realización de una gran cantidad de levantamientos manuales de carga en un tiempo determinado. Una frecuencia elevada de levantamientos manuales de cargas puede producir fatiga física y una mayor probabilidad de sufrir lesiones³³⁶.

³³² Ibidem.

³³³ Ibidem.

³³⁴ Ibidem.

³³⁵ Ibidem.

³³⁶ Ibidem.

5.2.2.1.3.3. *Agarre de la carga*

Si la carga es redonda, lisa, resbaladiza o no tiene agarres adecuados, aumentará el riesgo al no poder sujetarse correctamente³³⁷.

5.2.2.1.3.4. *Asimetría o torsión del tronco*

Es la postura resultante de girar el tronco hacia un lado, con las extremidades inferiores prácticamente estáticas. Esta rotación del tronco, forma un ángulo llamado ángulo de torsión o asimetría. Si se realiza el levantamiento de la carga teniendo el tronco girado se incrementa el nivel de riesgo porque los giros de tronco aumentan las fuerzas compresivas en la parte baja de la espalda³³⁸.

5.2.2.1.3.5. *Distancia de la carga al cuerpo*

Un factor fundamental en la aparición de riesgo por MMC es el alejamiento de las mismas respecto al centro de gravedad del cuerpo. En este alejamiento intervienen dos factores: la distancia horizontal y la distancia vertical de la carga al cuerpo³³⁹.

Cuanto más alejada esté la carga del cuerpo en el momento de levantar la carga, mayores serán las fuerzas compresivas que se generan en la columna vertebral, por lo tanto, el riesgo de lesión podrá ser mayor³⁴⁰.

La distancia horizontal es la distancia entre el punto medio entre ambas manos en posición de agarre al punto medio entre ambos tobillos (si el peso del cuerpo lo tiene distribuido por igual entre ambos pies)³⁴¹.

La distancia vertical corresponde a la distancia desde el punto medio entre ambas manos en posición de agarre de la carga y el suelo (nivel de apoyo de los pies)³⁴².

5.2.2.1.3.6. *Desplazamiento vertical de la carga*

El desplazamiento vertical de la carga es la diferencia entre la situación vertical inicial y la situación vertical final, es decir, representa la distancia a la que se ha elevado o descendido la carga durante su manipulación³⁴³.

³³⁷ *Ibidem.*

³³⁸ *Ibidem.*

³³⁹ *Ibidem.*

³⁴⁰ *Ibidem.*

³⁴¹ *Ibidem.*

³⁴² *Ibidem.*

³⁴³ *Ibidem.*

5.2.2.1.3.7. Duración de la actividad

Se refiere al tiempo de exposición del levantamiento manual de cargas sin una recuperación adecuada que puede intensificar el nivel de riesgo³⁴⁴.

5.2.2.1.3.8. Otros aspectos

Existen otras características de las tareas de levantamiento de cargas y MMC que pueden incrementar el nivel de riesgo de sufrir un trastorno musculoesquelético. Algunas de las más relevantes son³⁴⁵:

- Realizar el levantamiento individualmente.
- Levantar la carga u objeto con una sola mano.
- Trabajar en suelo inestable, vibrátil o resbaladizo y con calzado inadecuado.
- Levantar cargas sobre una superficie fría o resbaladiza, con bordes cortantes o afilados.
- Disponer el centro de gravedad de la carga en un punto inestable o descentrado.
- Realizar el levantamiento mediante un movimiento brusco.
- Mantener un ritmo de trabajo continuo sin pausas ni descansos.
- Disponer de un espacio libre insuficiente para realizar el levantamiento de cargas o la MMC.
- Realizar la actividad en ambientes fríos o calor extremo.

5.2.2.1.4. Movimientos manuales enérgicos (empuje y arrastre)

Las actividades de empuje y arrastre manual de cargas llevan asociados aspectos que pueden influir en la presencia o ausencia del riesgo y éstos son: la fuerza, el objeto y sus características, la altura de agarre, la distancia de recorrido, la frecuencia, la duración, la postura y otros³⁴⁶.

5.2.2.1.4.1. Fuerza

Es el esfuerzo físico biomecánico requerido para empujar o arrastrar el objeto. Las fuerzas se dividen en dos tipos:

Fuerza inicial: es aquella que se utiliza para superar la inercia del objeto, al iniciar o cambiar la dirección de movimiento. Cuantas más maniobras o paros se deban realizar, más veces se deberá aplicar esta fuerza inicial.

Fuerza sostenida: es la que se utiliza para mantener el movimiento del objeto en

³⁴⁴ Ibidem.

³⁴⁵ Ibidem.

³⁴⁶ Ibidem.

la trayectoria. Deberán aplicarse al objeto fuerzas continuas suaves, evitando las sacudidas y las fuerzas de larga duración. También deberán evitarse fuerzas sostenidas, ya que aumentan el riesgo de fatiga muscular. Un pavimento de superficie lisa, la incorporación de ruedas al objeto transportado y un correcto mantenimiento reducen considerablemente las fuerzas necesarias para su desplazamiento³⁴⁷.

5.2.2.1.4.2. El objeto y sus características

Se le llama objeto a aquello que es susceptible de ser empujado o arrastrado siempre y cuando esté sobre ruedas o sobre algún sistema que permita efectuar la acción con desplazamiento. Este objeto generalmente es un carro, carretilla, traspaleta o jaula³⁴⁸.

5.2.2.1.4.3. Altura de agarre

Es la distancia medida desde el suelo al punto de sujeción del carro para su desplazamiento. Normalmente esta altura está determinada por la altura de las asas o del extremo de agarre. Si la altura de agarre es inadecuada (muy alta o muy baja) puede influir en el aumento del nivel de riesgo³⁴⁹.

5.2.2.1.4.4. Distancia de recorrido

Es la distancia que se debe recorrer empujando o arrastrando el objeto. Las distancias largas de empuje y tracción de cargas pueden generar múltiples movimientos de corrección por parte del trabajador, alterando el recorrido del objeto y por consiguiente, aumentando la demanda de fuerza³⁵⁰.

5.2.2.1.4.5. Frecuencia y duración

La frecuencia es el número de veces que se realiza la acción de empujar o arrastrar el objeto en un periodo de tiempo determinado. Si la frecuencia es elevada, puede aumentar el nivel de riesgo. La acción de empujar o arrastrar el objeto en sí mismo comprende un esfuerzo biomecánico. La velocidad o frecuencia son componentes que pudieran aumentar el nivel de riesgo.

5.2.2.1.4.6. Postura

La capacidad de ejercer una fuerza está determinada, en gran medida, por la postura que adopta la persona al empujar o arrastrar el objeto con la carga. La demanda física en los brazos y en los hombros depende de la postura en la que se aplique la fuerza, así como también de la posición de las manos. La demanda

³⁴⁷ *Ibidem.*

³⁴⁸ *Ibidem.*

³⁴⁹ *Ibidem.*

³⁵⁰ *Ibidem.*

física de la espalda y de la zona lumbar se puede incrementar si la postura adoptada para realizar la acción se efectúa con posturas forzadas de tronco³⁵¹.

5.2.2.1.4.7. Otros aspectos

Hay otras características adicionales que deben tenerse en cuenta para esta condición de trabajo de empujar y arrastrar cargas como son³⁵²:

- El estado de la superficie por donde se debe desplazar el objeto (resbaladiza, irregular, con pendiente, obstáculos, etc.).
- La estabilidad del objeto y de la carga en el objeto.
- La disposición de elementos mecánicos como traspaletas, jaulas y ruedas que reducen el rozamiento.
- Características peligrosas en el objeto como superficies afiladas, elementos sobresalientes, etc.

5.2.2.1.5. Aplicación de fuerza

El criterio a utilizar para la utilización de los métodos de aplicación de fuerza es³⁵³:

- Se realizan actividades donde se utilizan mandos o herramientas manuales en los que hay que empujar o tirar de ellos, manipularlos hacia arriba, abajo, hacia dentro o fuera.
- Se ejecutan actividades donde se utilizan pedales, mandos o herramientas manuales que se deben accionar con la extremidad inferior y/o en postura sentado.

Los factores que influyen en los riesgos producidos por la acción de fuerza son: la frecuencia, la postura, la duración, la fuerza y la velocidad de movimiento³⁵⁴.

5.2.2.1.5.1. Frecuencia

La aplicación del mismo nivel de fuerza varias veces al interactuar con el control puede incrementar el nivel de riesgo³⁵⁵.

5.2.2.1.5.2. Postura

Las posturas adoptadas para accionar el control con la extremidad superior, o el pedal con la extremidad inferior están influenciadas por la fuerza requerida³⁵⁶.

³⁵¹ Ibidem.

³⁵² Ibidem.

³⁵³ Ibidem.

³⁵⁴ Ibidem.

³⁵⁵ Ibidem.

³⁵⁶ Ibidem.

5.2.2.1.5.3. Duración

Es el tiempo acumulado en el que se realizan acciones similares que pueden contribuir a la fatiga, entendiendo como acciones similares (empujar, tirar, presionar u otra acción cualquiera) las que tienen las mismas características que la considerada y que se realizan en una postura muy parecida -en cuanto a la postura de los pies o de las manos- según proceda. El término duración se refiere al tiempo de trabajo incluyendo las interrupciones o pausas³⁵⁷.

5.2.2.1.5.4. Fuerza

Es la fuerza mecánica resultante de la acción ejercida por la contracción muscular al realizar un movimiento o al mantener una postura. El riesgo puede aumentar si se aplican fuerzas vigorosas en un corto periodo de tiempo³⁵⁸.

5.2.2.1.5.5. Velocidad del movimiento

Los movimientos rápidos reducen la capacidad de generar fuerza³⁵⁹.

5.2.2.1.6. Posturas estáticas puras

Las posturas estáticas puras se diferencian de las posturas estáticas ya que las primeras se realizan sin ningún tipo de movimiento corporal, es decir, en su estado más puro. Las posturas estáticas provocan ciertas contracciones isométricas³⁶⁰ de los músculos.

Por lo tanto, sus características serán coincidentes con las de las posturas estáticas: posturas del tronco, del cuello, de las extremidades superiores e inferiores desarrolladas y la duración de la postura. No así la frecuencia, ya que por el simple hecho de tratarse de una movimiento isométrico no se realizarán otras actividades³⁶¹.

5.2.2.2. Rapid Upper Limb Assessment

El método Rapid Lower Limbs Assessment (RULA) propone una evaluación rápida para los miembros superiores del cuerpo sometidos a la adopción continuada o repetida de posturas penosas que, a largo plazo, fatigan el sistema musculoesquelético generando trastornos. Fue desarrollado para investigar el nivel de riesgo asociado a los trastornos musculoesqueléticos que se pueden desarrollar en los miembros superiores [249].

³⁵⁷ Ibídem.

³⁵⁸ Ibídem.

³⁵⁹ Ibídem.

³⁶⁰ La fuerza isométrica o estática en un músculo se produce cuando la fuerza realizada no implica movimiento.

³⁶¹ Ibídem.

El tratamiento del método se aplica en varias fases. La primera se refiere al análisis estático de trabajo, la segunda se refiere a la puntuación de la aplicación del sistema -identificando el lado del cuerpo al que se le está aplicando el método (derecho o izquierdo)- y la tercera fase se refiere al nivel de acción que determina el nivel de riesgo y las acciones consecuentes que se deberán tomar³⁶³.

La aplicación del método comienza por la observación directa del trabajador durante varios ciclos de trabajo. A partir de la observación, se seleccionarán las tareas y posturas más significativas, bien por su duración, o por presentar una mayor carga postural³⁶⁴.

La forma de proceder en la aplicación del método es como sigue³⁶⁵ .:

En primer lugar, el cuerpo es dividido en dos segmentos, formando dos grupos, A y B. El grupo A incluye los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca), el grupo B incluye piernas, tronco y cuello.

En segundo lugar, y una vez obtenida la puntuación del grupo A, se deben sumar las puntuaciones referidas a la actividad muscular y fuerza aplicada, obteniendo una puntuación total C. De la misma manera, a la puntuación del grupo B se le suman las puntuaciones de la actividad muscular y de la fuerza aplicada de los elementos corporales obteniendo la puntuación D (puntuación total de cuello, tronco y piernas)³⁶⁶.

Finalmente las puntuaciones C y D (**Figura 37**) se llevan a la tabla de acción donde se obtiene la puntuación final relacionada con la postura evaluada³⁶⁷.

³⁶³ Ibidem.

³⁶⁴ Ibidem.

³⁶⁵ Ibidem.

³⁶⁶ Ibidem.

³⁶⁷ Ibidem.

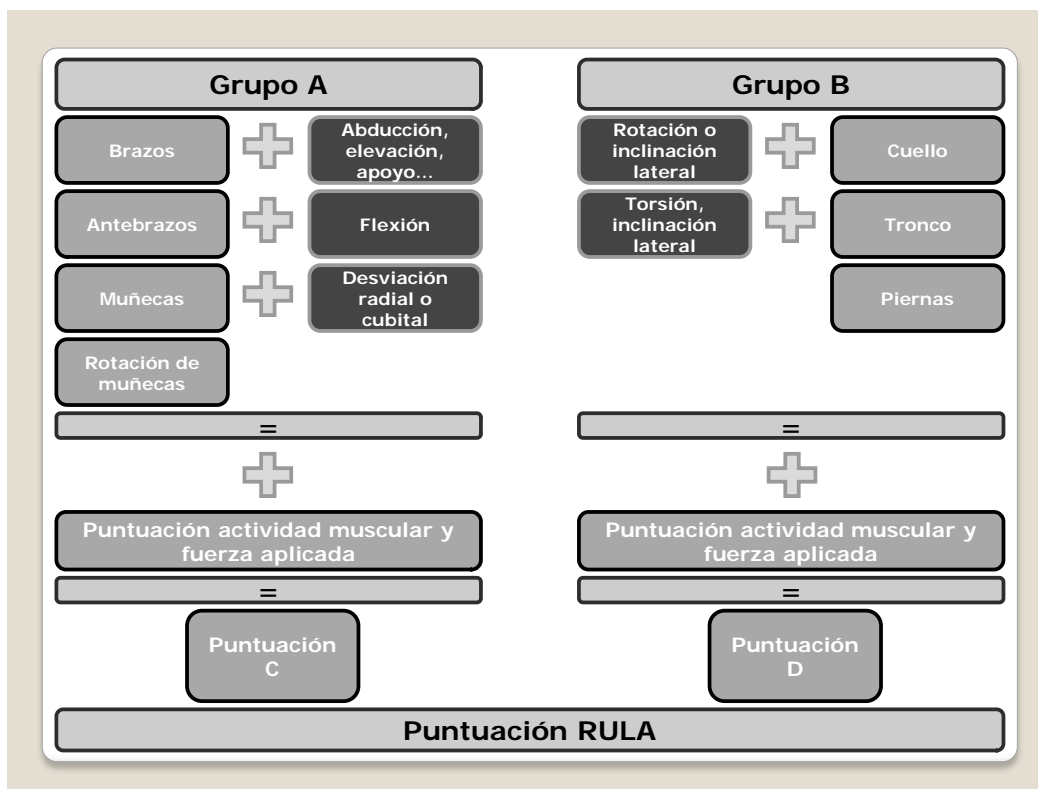


Figura 37. Descripción del procedimiento para la obtención de la puntuación final en el método Rapid Upper Limb Assessment (RULA) [249].

Entre las ventajas que aporta este método se relacionan las siguientes [215]:

- Permite el análisis postural sensible para una población laboral concreta y admite evaluar aquellas posturas que suponen una carga postural más elevada.
- Es un método rápido y práctico para el análisis de los factores de riesgo que producen trastornos de los miembros superiores. Desarrolla un sistema de análisis de posturas para una gran variedad de actividades, por lo que es útil y práctico en la investigación de campo para actividades del sector de la construcción.
- Identifica el esfuerzo muscular asociado a la postura realizada en tareas repetitivas (> 4 veces/min) y proporciona un sistema de puntuación para esta actividad muscular debido a posturas estáticas, así como la relación con las fuerzas y cargas.
- El equipo de trabajo requerido para el análisis es sencillo: obtención de datos mediante fotografías o videos, papel y lápiz.

5.2.2.3. Rapid Entire Body Assessment

El método desarrollado por McAtamney y Corlett (2000) denominado Rapid Entire Body Assessment (REBA) estima el riesgo de padecer desórdenes traumáticos acumulativos debidos a la carga postural ocupacional tanto estática como dinámica [250].

La técnica es muy sencilla de aplicar aunque dispone de una baja escala de sensibilidad. Guarda una gran similitud con el método RULA, pero así como éste está dirigido al análisis de la extremidad superior y a trabajos en los que además se realizan repetición de movimientos, el método REBA es más general [251]. El método describe segmentos corporales y para definirlos, se analizan representativamente tareas simples y específicas con variaciones de carga, distancia, movimiento y peso³⁶⁸.

McAtamney y Hignett, recogieron los datos usando varias técnicas, entre ellas: ecuación de National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) [252], la escala de Proporción de Esfuerzo Percibida [100, 101], el método Ovako Working Posture Analyzing System (OWAS) [253], la propia inspección de las partes del cuerpo [254] y RULA [249]. Los resultados fueron utilizados para establecer los rangos de las partes del cuerpo mostrados en los diagramas del grupo A y B. El grupo A incluye tronco, cuello y piernas y el grupo B está formado por los brazos, los antebrazos y las muñeca [250], tal y como se muestra en la **Figura 38**.

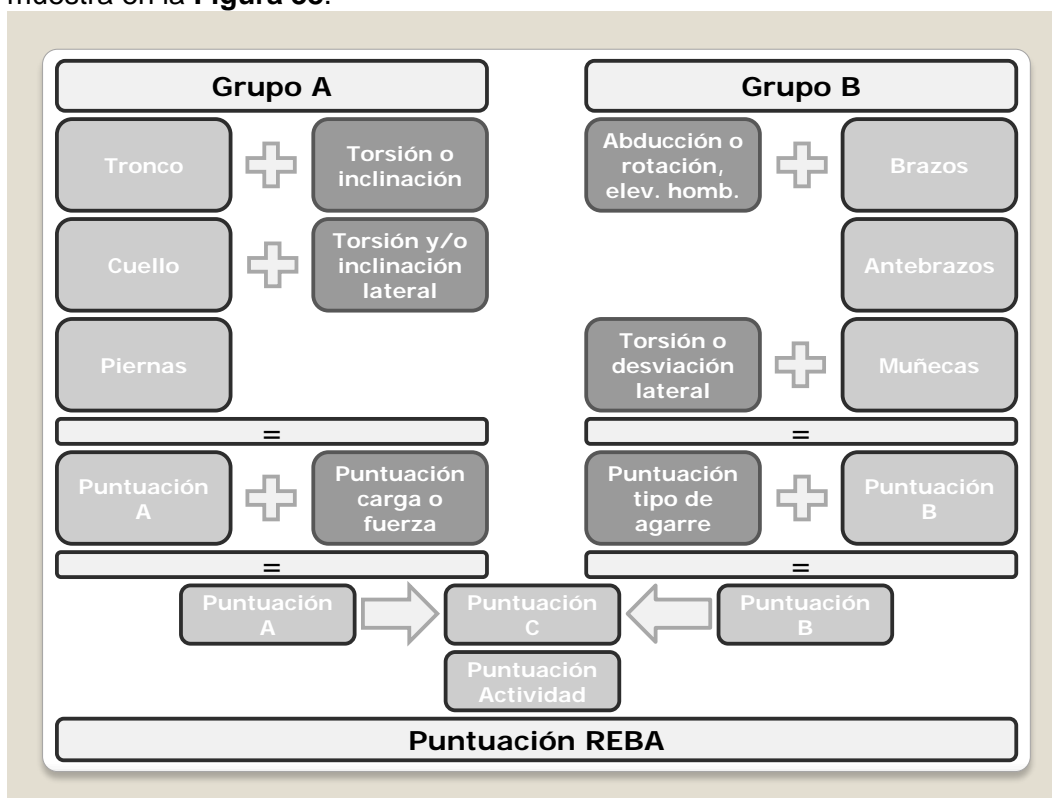


Figura 38. Descripción del procedimiento para la obtención de la puntuación final en el método Rapid Entire Body Assessment (REBA) [250].

En la aplicación de este método, se deberán seguir los siguientes pasos [251]:

1. Observación directa de la tarea, tiempo de muestreo y selección de las posturas registradas y de aquellas que se consideren más significativas. Se realizará una descomposición de la tarea observada en

³⁶⁸ Ibidem.

tareas elementales para pormenorizar el análisis.

2. El cuerpo se subdivide en dos grupos: grupo A y B. El grupo A tiene un total de 60 combinaciones posibles para el tronco, cuello y piernas. El grupo B tiene un total de 36 posibles combinaciones posturales para brazos, antebrazos y muñecas.

3. Se deben evaluar las posturas, tanto del lado del cuerpo que mayor carga postural tenga, como del que tenga menos. Las puntuaciones se realizan a partir de los diagramas que adjunta el método.

4. Tanto las puntuaciones recogidas del grupo A como del grupo B, deben ser corregidas si es necesario. Hay que añadir las correcciones por el incremento de una parte de la carga/fuerza (incremento para el grupo A en caso de existir) y por el tipo de agarre (incremento para el grupo B en caso de existir).

5. La puntuación final es procesada, utilizando las tablas de modificación de la puntuación, tanto las correspondientes al grupo A como al B.

6. A partir de la puntuación obtenida del grupo A y la puntuación obtenida del grupo B y mediante la consulta de la tabla de puntuaciones (denominada C) se obtiene una nueva puntuación: puntuación C.

7. Posteriormente se modifica la puntuación C según el tipo de actividad muscular desarrollada y se obtiene así la puntuación final.

8. Por último, en función del nivel de acción, riesgo y urgencia, se llevarán a cabo las actuaciones correspondientes.

Además, como método de trabajo se requiere³⁶⁹:

a) Identificar los ángulos formados por las diferentes partes del cuerpo con respecto a determinadas posiciones de referencia. Para ello, se necesitan imágenes donde se pueda cuantificar la magnitud del ángulo.

b) La carga manejada por el trabajador al adoptar la postura en estudio, para ello, será necesario conocer la carga en kg.

c) El tipo de agarre de la carga manejada manualmente o mediante otras partes del cuerpo.

d) Las características de la actividad muscular desarrollada por el trabajador (estática, dinámica o sujeta a posibles cambios bruscos).

Como aportaciones interesantes, en el uso de este método, se destacan las siguientes [250, 251]:

- Suministra un sistema de puntuación (para la actividad muscular) debido a posturas estáticas (segmento corporal o una parte del cuerpo) y dinámicas (por la repetición de acciones), dando un nivel de acción a

³⁶⁹ Ibídem.

través de la puntuación final con una indicación de urgencia en los casos más críticos.

- Analiza importantes factores como la carga postural, la fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad desarrollada. Incluye una variable de agarre para la evaluación de la manipulación de carga sostenida y refleja el aspecto de que la carga no siempre puede ser mantenida con las manos.
- Desarrolla un sistema de análisis de posturas para una gran variedad de tareas con riesgo de trastorno musculoesquelético, por lo que es útil y práctico en los análisis de campo del sector de la construcción.
- Requiere un mínimo equipo para el desarrollo (lápiz y papel y observación directa), por lo que le da un carácter sencillo.

5.2.2.4. Ovako Working Analysis System

Karhu y Trappe trabajaron en la industria siderúrgica durante la década de los 70, y fue en esta época cuando comenzaron sus investigaciones con el fin de evaluar las posturas ejercidas durante la realización del trabajo [253]. La fiabilidad de este método fue probada en estudios posteriores [255].

El Centro de Seguridad Laboral de Helsinki lleva proporcionando formación y difusión de información sobre el método Ovako Working Analysis System (OWAS) desde el año 1985³⁷⁰.

Este método constituye una forma simple y básica de clasificación postural mediante la observación de la tarea. El método es muy práctico y se utiliza como herramienta para identificar y evaluar las posturas que puedan producir daños en el sistema musculoesquelético [253]. Su aplicación promueve mejoras en el desarrollo de la comodidad en los puestos de trabajo y en las técnicas de procesos [255].

Además de su sencillez, el método está destinado al análisis ergonómico de la carga postural en todo el cuerpo. Su técnica aporta un sistema de codificación de la postura de brazos, piernas y espalda y del esfuerzo realizado por el trabajador, para determinar el nivel de corrección requerido finalmente [256]. Permite codificar hasta 252 posiciones como resultado de las posibles combinaciones de la espalda (4 posiciones), brazos (3 posiciones), piernas (7 posiciones) y carga levantada (36 intervalos). En el análisis, se proporciona información sobre [257]:

- La postura de las diferentes partes del cuerpo durante el análisis.
- La distribución relativa de las posturas de trabajo.
- La duración y la secuencia de tiempo requerida para el desarrollo de la actividad.
- La distribución de la carga postural y dinámica.

³⁷⁰ Ibidem.

En su aplicación, el método está dividido en dos partes. En la primera parte del método se registrarán las posiciones mediante la toma de fotografías. Tras la observación de las imágenes se codificarán las posturas mediante cuatro dígitos (espalda, brazos, piernas y carga soportada). En segundo lugar, una vez realizada la codificación, el método evalúa la incomodidad de la postura (en espalda, brazos y piernas) y asigna, finalmente, en función de la frecuencia relativa de cada postura, una categoría final de riesgo o incomodidad para la postura analizada. El método OWAS distingue cuatro niveles o categorías de riesgo enumeradas en orden ascendente, siendo la de valor 1 la de menor riesgo y la de valor 4 la de mayor riesgo. Para cada categoría de riesgo el método establecerá una propuesta de acción, indicando finalmente la urgencia y la necesidad en el diseño de la postura [257].

La limitación del método radica en que no permite el estudio detallado de la gravedad de cada posición, lo cual implica que una vez aplicado el método se requiere la utilización de otro que profundice más en el análisis y los resultados. Las etapas que se aplican en el método son las que se detallan [253]:

- Determinar las diferentes actividades y realizar una observación de las actividades y procesos.
- Plantear los intervalos de tiempo en los que quedará dividida la observación.
- Identificar, durante la observación, las diferentes posturas que adopta el trabajador.
- Codificar las posturas observadas, asignando a cada posición y carga los valores de los dígitos que configuran su "Código de postura" identificativo.
- Calcular el porcentaje de repeticiones o frecuencia relativa de cada posición de la espalda, brazos y piernas con respecto a las demás.
- Determinar, en función de la frecuencia relativa de cada posición, la "Categoría de riesgo" a la que pertenece cada posición de las distintas partes del cuerpo (espalda, brazos y piernas), con el fin de identificar aquellas que presentan una actividad más crítica para posteriormente proponer las acciones correctivas y rediseñar el puesto de trabajo.

Finalmente, las ventajas principales del método son las siguientes [253]:

- Permite alcanzar la estandarización de la evaluación ergonómica de la carga postural.
- Experimenta un elevado alcance científico, para ser usado junto a la aplicación de otros métodos.

5.2.2.5. Loading on the Upper Body Assessment

Aunque existen métodos que han cuantificado las posturas de trabajo que generan incomodidad, muchos de éstos no han sido comparados con datos técnicamente experimentales. No ocurre esto con el método Loading on the Upper Body Assessment (LUBA), el cual está enfocado a los movimientos específicos que frecuentemente crean desórdenes musculoesqueléticos. En

resumen, el método LUBA es un método experimental, que permite evaluar la incomodidad y molestias para los movimientos articulados [258].

En el experimento que desarrollaron Kee y Karwoski (2001), se analizaron a veinte sujetos varones realizando una medición de la percepción de las molestias comunes. El ratio de valoración expresado tenía en cuenta las puntuaciones numéricas como cociente del máximo valor correspondiente de un conjunto de respuestas (que incluían la mano, el brazo, el cuello y la espalda) y los tiempos de mantenimiento de las posturas estáticas [258].

A cada postura desarrollada en el método se le asigna un ratio de discomfort. Las puntuaciones de incomodidad resuelven fácilmente la cuantificación de las posturas evaluadas para posteriormente considerar la aplicación de medidas correctivas. Tales expectativas están justificadas ya que la reducción de la incomodidad puede contribuir a la reducción del riesgo por problemas musculoesqueléticos [259-262] y la parte del cuerpo en la que se percibe la incomodidad está relacionada con medidas objetivas tales como el par de torsión de las articulaciones relevantes [263].

Al aplicar el método se deberán tener en cuenta los siguientes pasos [264]:

Identificación de un periodo de trabajo representativo. Como sucede en toda fase de identificación del puesto, será necesario realizar una observación previa del puesto y contactar con el propio trabajador o trabajadores, de manera que se puedan conocer las actividades que se realizan durante la jornada de trabajo. Hay que tener en cuenta varios ciclos de trabajo efectivo que contemplen tanto las actividades que se repiten en el tiempo, como las que no lo hacen.

Descomposición del trabajo en operaciones elementales. Se trata de dividir la tarea en operaciones que se repiten cronológicamente a lo largo del ciclo de trabajo. Se recomienda establecer una lista de 5 a 10 operaciones elementales como máximo, con objeto de evitar una división demasiado detallada que pudiera ocasionar una complejidad innecesaria en el análisis y la interpretación.

Categorías de acción. El resultado del proceso es el cálculo del Índice de Carga Postural (ICP), cuyo criterio de evaluación postula el tiempo máximo que se mantiene la postura. Con resultados muy bajos del índice, se requiere una consideración inmediata de acciones y con valores cerca de 10, la postura se considera aceptable excepto en ciertas situaciones posturales especiales, que se repiten o se mantienen durante un largo periodo sostenidas.

El método es bastante sencillo de aplicar, si bien, una de las principales dificultades es la descripción de las tareas y actividades realizadas, de manera que no se sucedan de forma compleja. Entre sus principales desventajas destaca el hecho de que LUBA no analiza la fuerza desarrollada, para dar una cuantificación sigue el proceso de escalas, al igual que se realiza en la Escala de Borg [96, 100, 101, 264, 265].

5.2.2.6. Asociación Española de Normalización y Certificación

Dentro de las normas sobre seguridad de máquinas que elabora la Asociación Española de Certificación y Normalización (AENOR) y como desarrollo del apartado de esfuerzos físicos de la norma UNE-EN-614-1, existe la colección de normas UNE-EN-1005, que se indican en los siguientes puntos [266]:

- UNE-EN 1005-1: Seguridad de las Máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Términos y definiciones. Esta norma indica los términos y definiciones sobre aspectos relacionados con la manipulación manual y la postura de trabajo, en forma de contenido terminológico [267].
- UNE-EN 1005-2: Seguridad de las Máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Manejo de Máquinas y de sus partes componentes. La norma específica determinadas recomendaciones de carácter ergonómico para el diseño de las máquinas, así como un sistema para la evaluación del riesgo por manipulación durante las distintas operaciones que van desde el montaje hasta la puesta en marcha. El método que se describe es utilizado para la MMC [268].
- UNE-EN 1005-3: Seguridad de las Máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Límites de fuerza recomendados para la utilización de las máquinas. Describe una metodología para el cálculo de la máxima fuerza isométrica que se puede ejercer durante el uso de aparatos mecánicos. Para realizar la medición se requiere de instrumental específico (dinamómetro). El método es utilizado para la aplicación de fuerzas [269].
- UNE-EN 1005-4: Seguridad de las Máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas. Se dan las indicaciones en esta norma para los diferentes segmentos corporales relativos a la adopción de posturas y a la realización de movimientos de trabajo que implican esfuerzos. Las recomendaciones que ofrecen son consideradas para una protección de la población adulta. El método es utilizado para la evaluación de posturas forzadas [270].
- UNE-EN 1005-5: Seguridad de las Máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Evaluación de riesgos en el manejo repetitivo a frecuencia elevada. Esta norma establece el límite de referencia para la frecuencia de la acción en las extremidades superiores durante el manejo de la máquina. Está relacionada con los siguientes factores: frecuencia, fuerza, postura, periodo de recuperación y presencia de eventuales factores complementarios. Como dato interesante, esta norma recoge la definición “baja repetitividad”, cuando se produce una baja frecuencia de acciones técnicas, para cada miembro superior, por debajo de 40 acciones por minuto como complemento a lo que se ha indicado en el apartado 5.2.2.1.2. sobre movimientos repetitivos [271].

En ausencia de otro documento técnico consensuado sobre criterios de evaluación del riesgo por posturas forzadas, se adopta la norma técnica UNE-EN 1005-4, para la evaluación de posturas forzadas. Este método describe que una postura forzada es aquella en la que el rango articular del segmento corporal o la articulación se aleja de su postura neutra, pudiéndose presentar dos situaciones: requerimiento postural estático o mantenido durante un tiempo significativo y un requerimiento postural dinámico, debido a que la postura se adopta al realizar movimientos frecuentes o repetición de éstos [270].

La evaluación se efectúa de manera independiente para las distintas zonas del cuerpo y además para las dos extremidades. El resultado se expresa en función de la zona del cuerpo analizada. Para evaluar los riesgos derivados de las

posturas corporales en el trabajo, se debe hacer una evaluación de cada zona o segmento del cuerpo con requerimientos significativos en el trabajo. Las zonas o segmentos corporales a analizar son: el tronco, la cabeza y cuello, los brazos y otras partes del cuerpo. En cada una de estas zonas, es fundamental valorar si el requerimiento de la actividad analizada es principalmente estático o dinámico. Como requisito, una persona está expuesta ante un requerimiento de postura estática, cuando no modifique durante la ejecución de la actividad la postura en una determinada zona de su cuerpo. Asimismo, una persona estará expuesta a una postura dinámica o en movimiento, cuando realiza una postura determinada durante un breve tiempo (menor de 4 segundos) y retorna a la postura inicial, realizando este movimiento con una cierta frecuencia. La frecuencia podrá ser baja o alta dependiendo de los movimientos que efectúe el trabajador por minuto [127].

Por otra parte, el “Portal de los trastornos musculoesqueléticos” desarrollado por el INSHT, recomienda la norma UNE-EN 1005-3, ya que proporciona al usuario o evaluador los criterios necesarios para evaluar de forma cualitativa y cuantitativa el riesgo por el esfuerzo muscular que causa tensión sobre el sistema musculoesquelético. La aplicación de la metodología basada en la norma UNE-EN 1005-3 se estructura en 3 fases: determinar la fuerza isométrica máxima, determinar la capacidad corregida y calcular el índice de riesgo. Si bien, en comparación con otros métodos el resultado resulta más fiable, tiene el inconveniente de que su uso requiere herramientas de medición y además se necesita efectuar la medición en el campo de trabajo. Esto como ya se supone, no es posible realizar en todas las actividades, ya que requiere la intervención directa con la operación y la propia variación de la misma, que es lo que sucede en el sector de la construcción³⁷¹.

5.2.2.7. Método del Ministerio de Sanidad y Consumo de España

El Ministerio de Sanidad y Consumo (MSC) de España –actualmente denominado Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad- desarrolló un protocolo de vigilancia sanitaria sobre neuropatías por presión, que consiste en un método de evaluación de riesgo en el que se tienen en cuenta los factores biomecánicos y ergonómicos, así como la susceptibilidad individual. El método fue planteado como método práctico de evaluación que sirviese como referencia en las evaluaciones de vigilancia de la salud y complementase a otros métodos de reconocido prestigio [272].

En primer lugar, el método desarrolla la evaluación individual en la cual se tiene en cuenta la carga y transporte de pesos. De manera sencilla se describe una tabla que recoge una descripción de los distintos tipos de cargas y relaciona esta descripción con el peso en carga o transporte. En segundo lugar, se aplicará un factor de corrección, que igualmente está detallado en la tabla. El factor de corrección está directamente relacionado con el peso en carga y transporte contemplando las siguientes posibilidades: < 3 kg, >3y<15 kg y >15 kg. En tercer lugar, se realiza el análisis de los movimientos forzados y se aplican los factores de corrección en función de los grados de movilidad articular. Estos factores

³⁷¹ Ibidem.

contemplan además el tiempo de actuación o realización de la tarea para el caso de los apoyos prolongados. En el caso de posturas mantenidas, se aplicará una corrección en función del tiempo. Finalmente, se contempla el tipo de agarre y la frecuencia de manipulación. Además, se incluye un apartado para evaluar las susceptibilidades individuales. Como principal inconveniente, el método debe ser desarrollado por personal médico experimentado³⁷².

5.2.2.8. Posture Targetting

El método Posture Targetting es un método de evaluación propuesto por Corlett, Madeley y Manenica (1979). Consiste en una técnica que utiliza un diagrama para representar gráficamente las posturas. En el diagrama se refleja cada parte de cuerpo mediante líneas y círculos con las posiciones de la cabeza, tronco y extremidades superiores. Posture Targetting considera cada extremidad, el torso y la cabeza como partes de un todo relacionadas entre sí y a su vez con el tronco [273].

Los gráficos están compuestos de tres círculos concéntricos que representan 45°, 90° y 135° en el plano vertical, y unas líneas radiales que representan la desviación del plano horizontal. En los segmentos concéntricos se debe señalar la postura adoptada al desviarse el individuo de esta posición estándar (**Figura 39**). Además, al lado de la postura se puede identificar qué tipo de actividad está realizando³⁷³.

³⁷² Ibídem.

³⁷³ Ibídem.

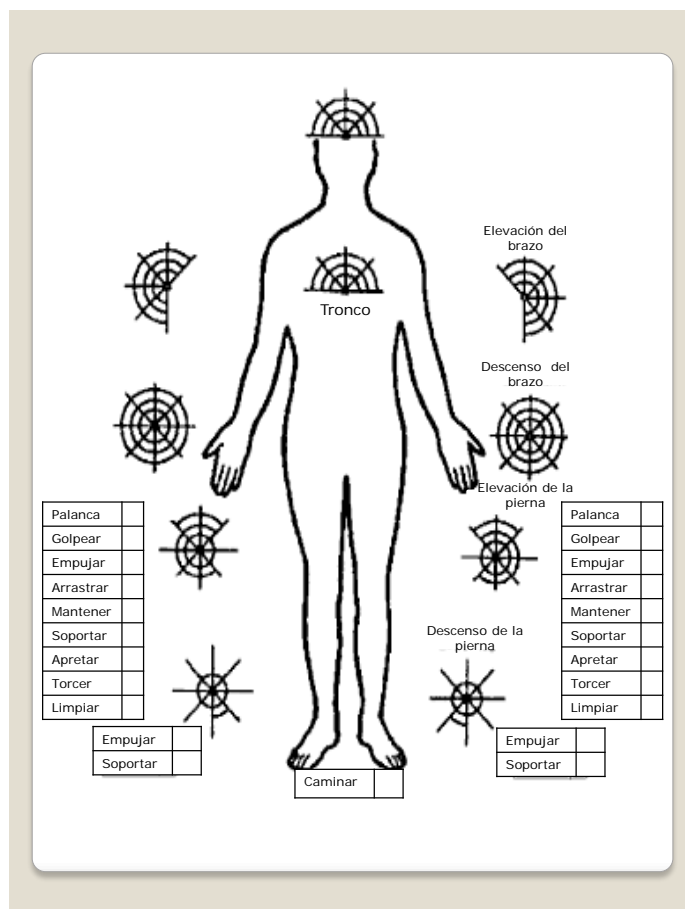


Figura 39. Diagrama de Posture Targetting [273].

En la aplicación del método, en primer lugar, se observará a la persona, se seleccionarán las posturas más representativas o extremas, o se hará una muestra de las actividades. Después de esta selección en cada postura se marcarán las posiciones de cada zona del cuerpo en el gráfico [215].

El método se puede utilizar de dos maneras, una de ellas es utilizándolo como método de evaluación de posturas estáticas puras, y la otra es incorporando el factor tiempo en el análisis mediante dos estrategias: después de identificar las posturas realizadas, observar de nuevo la secuencia y analizar el tiempo mediante un cronómetro. En situaciones donde el período de tiempo es más largo, se puede realizar un muestreo de las actividades y así ver la proporción de tiempo que está en cada una de ellas³⁷⁴.

Su principal ventaja es que tiene múltiples usos. Puede ser utilizado para el análisis puntual, donde se selecciona y analiza solo una postura predominante o las más extremas, y también para analizar una secuencia de posturas utilizando diversas estrategias: varios diagramas en una única hoja, en distintas hojas de registro, bien en papel o en transparencia, o en trabajos repetitivos se pueden representar todas las posturas en el mismo diagrama -indicando además la amplitud de los movimientos realizados-. A diferencia de otros métodos, no

³⁷⁴ Ibidem.

contempla un resultado final del cuerpo entero, lo cual es la principal desventaja y limitación. Únicamente resulta útil para conocer los ángulos de amplitud de cada postura o como registro previo a otros métodos de evaluación [215, 273].

5.2.2.9. Posture, Activity, Tools and Handling

El método Posture, Activity, Tools and Handling (PATH) es un método para el desarrollo de tareas no repetitivas en actividades donde se utilizan herramientas manuales y se aplica fuerza [274, 275].

Fue desarrollado en EEUU para actividades relacionadas con el sector de la construcción y fue descrito por primera vez en la literatura científica y revisado por Buchholz (1996). Posteriores versiones revisadas han sido desarrolladas por Paquet, Punnett y Buchholz (1999)³⁷⁵.

PATH es un método muy adecuado para la caracterización de los riesgos ergonómicos en las extremidades inferiores, espalda, cuello y los hombros, si bien no caracteriza la exposición a las extremidades superiores distales. Resulta ser un método muy eficaz en la recolección de datos ergonómicos por lo que en ocasiones ha llegado a ser considerado una densa lista de verificación, aunque contempla un buen detalle del análisis de las posturas. Aun así, las investigaciones realizadas incluyen una serie de tareas y actividades que han incluido la premisa de que los sujetos muestran una especial sensibilidad a tareas de estrés postural del tronco. Requiere que sea cotejado con otros métodos más detallados³⁷⁶.

En su revisión, Paquet aconseja que las observaciones se realicen en tiempo real y en intervalos breves de unos 45 a 60 s. y que se realice no sólo una mera observación, sino varias durante varios días o semanas. Para cada observación, se estructura un código de tarea, se analizan las posturas corporales, las actividades y las cargas manipuladas³⁷⁷.

Para el análisis de las tareas, el método PATH utiliza una lista de verificación donde la postura es codificada como la orientación de los cuatro segmentos del cuerpo (tronco, piernas, brazos y cuello). La postura del cuello es codificada en el método como neutral o no neutral. Para las piernas, el método añade códigos adicionales al original de OWAS como los códigos relativos a las posturas de sentarse en el suelo, arrastrarse o aquellas posturas donde las piernas no se apoyan completamente. Los códigos para el brazo son idénticos a los utilizados en OWAS³⁷⁸.

El método parte de la idea de que las diversas actividades son los patrones fundamentales que se requieren para completar una tarea. Muchos de los códigos de actividad se realizan sobre la base de elementos de trabajo. La

³⁷⁵ Ibidem.

³⁷⁶ Ibidem.

³⁷⁷ Ibidem.

³⁷⁸ Ibidem.

actividad está subdividida en tareas, por lo que una tarea puede incluir actividades variadas³⁷⁹.

El uso de herramientas forma parte del proceso, por lo se debería generar una lista de herramientas para cada combinación de operaciones (actividades) antes de la recolección de datos³⁸⁰.

La MMC, empuje y levantamiento de cargas utiliza como magnitud el peso de una herramienta, una parte o pieza de material. La valoración de la carga se interpreta, antes del recorrido, de una de las dos formas siguientes: por contacto directo mediante la medición de la herramienta o la fuerza con un dinamómetro, o mediante el acceso a los datos de pesos de los materiales³⁸¹.

Para la evaluación completa la actividad realizada se divide en cuatro categorías³⁸²:

- Manual de actividades de manejo de materiales.
- Actividades que son comunes en la mayoría de los casos.
- Operación de actividades específicas
- Posturas de la mano/actividades.

Entre las innumerables ventajas del uso de este método destaca su simplicidad y la correspondencia con otros métodos como OWAS o la lista de verificación desarrollada por Keyserling³⁸³.

5.2.2.10. Método desarrollado por Swat

El método planteado por Swat (1988), es de aplicación para el análisis de posturas de trabajo estáticas en general [276, 277].

Consta de una base de datos de 144 posturas divididas en posturas de la espalda, posturas de brazos y piernas. Las posturas están clasificadas en cinco categorías de riesgo o tensión postural, siendo los criterios desarrollados para clasificar las posturas los correspondientes a trabajo ligero, trabajo medio, trabajo pesado, muy pesado y trabajo extremadamente pesado³⁸⁴.

Como nota, no debe confundirse este método con el método SWAT para la evaluación de la carga mental.

³⁷⁹ Ibidem.

³⁸⁰ Ibidem.

³⁸¹ Ibidem.

³⁸² Ibidem.

³⁸³ Ibidem.

³⁸⁴ Ibidem.

5.2.2.11. Método de evaluación de Armstrong

Armstrong (1986) desarrolló una metodología para describir, cuantitativamente las posturas forzadas de los miembros superiores y la carga soportada, registrando las posturas y codificándolas. Aunque el método desarrollado inicialmente era muy básico, fue posteriormente mejorado y utilizado en otros estudios más avanzados [278], como p.e. el realizado con el fin de investigar las respuestas fisiológicas producidas por las fuerzas de reacción, al soportar herramientas eléctricas de mano, durante la actividad de apriete de uniones roscadas [279].

5.2.2.12. Occupational Repetitive Action

El método Occupational Repetitive Action (OCRA) es un método de evaluación de la exposición a movimientos y esfuerzos repetitivos de los miembros superiores.

La norma ISO 11223-3 “Ergonomics –Manual Handling– Part 3: Handling of low loads at high frequency” postula que el método más adecuado para realizar evaluaciones específicas del riesgo por trabajos repetitivos es el método OCRA, ya que considera factores relevantes -aplicables a trabajos multitarea- y proporciona criterios para la previsión de prevalencia de una población expuesta a partir de una extensa base epidemiológica de datos [136]. El fundamento de este modelo se basa en que cada tarea que contenga movimientos repetitivos debe incluir los siguientes factores de riesgo [280]:

- Modalidades de interrupciones del trabajo a turnos con pausas o la realización de otros trabajos (A1, factor de Recuperación).
- Actividad de los brazos y la frecuencia del trabajo (A2, factor de frecuencia).
- Actividad del trabajo con uso repetitivo de fuerza en manos/brazos (A3, factor de fuerza).
- Presencia de posiciones incómodas de los brazos, muñecas y codos durante el desarrollo de la tarea repetitiva (A4, factor de postura).
- Presencia de factores de riesgo complementarios (A5, factores adicionales).

El cálculo, puede resultar complejo, si bien permite considerar distintos casos³⁸⁵:

- Evaluación del riesgo intrínseco del puesto.
- Evaluación del riesgo asociado a un trabajador que ocupa un único puesto.
- Evaluación del riesgo intrínseco asociado a un conjunto de puestos.
- Evaluación del riesgo asociado a un trabajador que rota entre un conjunto de puestos (que comprende 2 posibles casos): el trabajador cambia de

³⁸⁵ Ibídem.

puesto al menos una vez cada hora o el trabajador cambia de puesto menos de una vez cada hora.

Para calcular el índice OCRA de una tarea A determinada, se utiliza la expresión siguiente:

$$\text{Punt. A} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

Si dentro del turno diario de trabajo existen varias tareas repetitivas (A, B, C,...), para obtener el índice OCRA en el turno hay que aplicar la expresión siguiente:

$$\text{(punt. A X \% PA) + (punt. B X \% PB) + etc... (2)}$$

Donde: % PA, % PB = Porcentaje de tiempo de la tarea A, B respectivamente, en el turno.

Para la obtención del índice OCRA de un puesto se seguirán las siguientes etapas³⁸⁶:

1) Evaluación de la duración neta del movimiento repetitivo y de la duración neta del ciclo, desarrollando en primer lugar un análisis preliminar para determinar la duración real o neta del movimiento repetitivo y la duración neta del ciclo de trabajo.

2) Obtención del factor de recuperación (A1)

3) Obtención del factor de frecuencia (A2)

4) Obtención del factor de fuerza (A3)

5) Obtención del factor de postura (A4)

6) Obtención de factores adicionales (A5)

El método tiene como objetivos, la evaluación del riesgo de forma bastante intuitiva y fácil de aplicar, de forma que a través de éste es posible valorar [281]:

- a) Las modalidades de interrupción del trabajo a turnos con pausas.
- b) La repetitividad de la actividad de los brazos es más exhaustiva.
- c) La actividad del trabajo con uso repetitivo de fuerza en manos/brazos en función del tiempo empleado en la realización de esa actividad.
- d) La presencia de posturas incómodas de brazos, muñecas y codos.
- e) El tipo de sujeción o agarre con la mano de objetos o herramientas, según el tiempo empleado en la realización de la actividad repetitiva.
- f) La presencia de otros factores de riesgo complementarios.
- g) El uso de guantes inadecuados, el uso de máquinas vibratorias y el uso de herramientas que provoquen compresiones en la piel.

³⁸⁶ Ibidem.

- h) Las actividades que requieren precisión.
- i) La realización de actividades siguiendo un ritmo de trabajo parcial o totalmente determinado por la máquina y también para el porcentaje de horas con trabajo repetitivo a turnos.
- j) El tiempo de exposición de cada tarea repetitiva así como el carácter acumulativo de las diferentes exposiciones.

También existen diversas limitaciones³⁸⁷:

- a) Existen bastantes respuestas intermedias sin especificar ni cuantificar prácticamente en todos los apartados del método, por lo que la selección de las mismas tiene un carácter subjetivo por parte de la persona que aplica el método.
- b) En el apartado de la evaluación de la presencia o ausencia de pausas de descanso o de otras tareas no repetitivas, no se evalúa la posible presencia de micropausas dentro de una tarea determinada, como puede ser p.e., el caso de un puesto de trabajo en una cinta de alimentación que en algún momento determinado, no esté transportando producto que pueda ser recogido por el operio/a.
- c) El método no evalúa el uso repetitivo de fuerza de carácter ligero.
- d) La evaluación de las posturas se cuantifica exclusivamente en función del tiempo en el cual se mantienen las mismas y no según la gravedad.
- e) Las posturas de sujeción de objetos o herramientas con la mano tienen la misma gravedad según el método. Sin embargo, los agarres de tipo pinza son más propensos a favorecer el desarrollo de TME's que los agarres palmares o con el/los dedo/s en forma de gancho.

Como aportaciones interesantes, hay que indicar que el método es apropiado para la evaluación de los movimientos repetitivos. Aún así, aunque resulta muy fiable, en ningún caso conviene adoptar modificaciones sin haber cotejado el análisis con otros métodos³⁸⁸.

5.2.2.13. Job Strain Index

El método Job Strain Index (JSI), evalúa el nivel de riesgo de un trabajo para desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores (DUE – distal upper extremity). El término DUE engloba manos, codos, muñecas y antebrazos [282]. Numerosos estudios han demostrado que también es posible desarrollar el método para el análisis de multitareas. Que un trabajo sea multitarea, significa que en un trabajo se puedan llevar a cabo diferentes tareas que a su vez son divididas en trabajos elementales (actividades u operaciones) [283]. Además de aportar un método semicuantitativo de análisis, los trabajos son evaluados mediante el análisis de seis variables añadidas, incluyendo la intensidad del esfuerzo, la duración del

³⁸⁷ Ibídem.

³⁸⁸ Ibídem.

esfuerzo, el número de esfuerzos por minuto, la postura de la mano y de la muñeca, el ritmo de trabajo y la velocidad con la que se realice la tarea por jornada y día [282].

En la primera etapa, se divide el trabajo en tareas simples y se observa al trabajador durante varios ciclos de trabajo. Para cada tarea se asigna un factor cuantitativo en cada una de las seis variables y para cada categoría se anota el valor y el multiplicador de acuerdo a las tablas [284].

El Job Strain Index, se calcula a través de la siguiente ecuación³⁸⁹:

$$JSI= IE \times DE \times EM \times HWP \times SW \times DD$$

Siendo, las seis variables a considerar las siguientes: la intensidad del esfuerzo (IE), la duración del esfuerzo (DE), los esfuerzos realizados por minuto (EM), la postura mano/muñeca (HWP), el ritmo de trabajo (SW) y la duración por día de la tarea (DD)³⁹⁰.

La valoración de la puntuación obtenida se realiza siguiendo el criterio de que los valores de JSI inferiores o iguales a 3 indicarán que la tarea es probablemente segura, en cambio, las puntuaciones superiores o iguales a 7 indicarán que la tarea es probablemente peligrosa. Las puntuaciones superiores a 5 se asocian a desórdenes musculoesqueléticos de las extremidades superiores. La aplicación final del método se resume en los siguientes pasos [184]: recopilación de datos, asignación de valores, determinación de los multiplicadores, cálculo de la puntuación (índice SI), interpretación de resultados y puntuaciones obtenidas, rediseño del puesto y, por último, reevaluación del puesto para comprobar la eficacia de las mejoras aplicadas³⁹¹.

La principal limitación del método es que sólo está descrito para la evaluación de los movimientos repetitivos en las DUE³⁹².

5.2.2.14. Modelo del Cubo

El modelo del cubo fue propuesto para visualizar las relaciones entre las dimensiones del tiempo, fuerza y precisión en diferentes situaciones del trabajo con herramientas manuales. No pretende evaluar posturas concretas sino que realiza una valoración global de las diferentes posturas adoptadas, de la fuerza ejercida y del tiempo en que son mantenidas, considerando las tres variables básicas: exigencia de fuerza muscular, exigencias de la postura de trabajo y exigencias del tiempo. La combinación de estas variables básicas (ver **Figura 40**), determinará el nivel de riesgo en relación al desarrollo de trastornos traumáticos acumulativos y musculoesqueléticos [285].

³⁸⁹ Ibidem.

³⁹⁰ Ibidem.

³⁹¹ Ibidem.

³⁹² Ibidem.

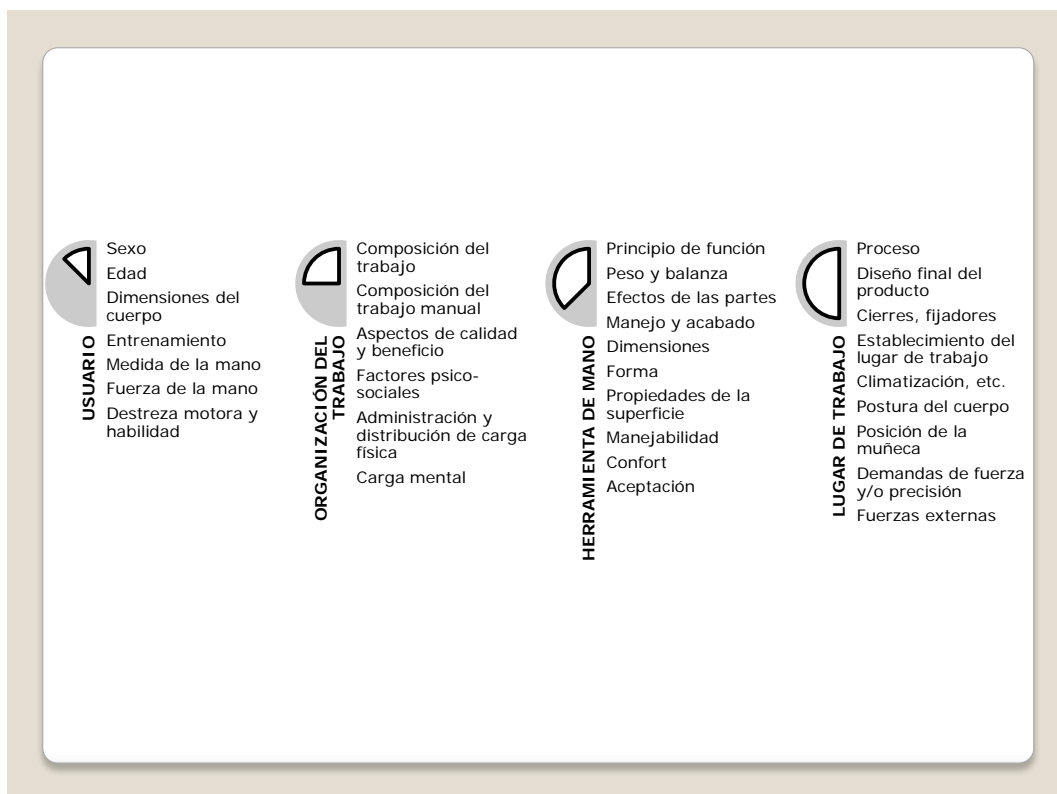


Figura 40. Variables básicas y su influencia en las situaciones de trabajo con herramientas manuales [286].

En el desarrollo del método, en primer lugar, las variables básicas deben ser agrupadas en relación a su importancia. Cada cara del cubo debe quedar dividida en tres niveles de exigencia, quedando agrupadas en relación a su importancia de la siguiente forma [286]: (1) Nivel de exigencia baja; (2) Nivel de exigencia media; y (3) Nivel de exigencia alta. En los ejes del cubo quedan así las variables básicas y queda constituido el cubo. Para cada combinación de exigencias puede definirse un subcubo. En total el modelo incorpora 27 de estos subcubos [285].

Un aspecto básico del modelo es el grado de aceptación de las combinaciones de exigencias. En el modelo se propone un esquema de clasificación dividido en tres zonas: (1) La situación es aceptable -situación en color verde-; (2) la situación es condicionalmente aceptable -situación en color naranja-; y (3) La situación es inaceptable -situación en color rojo-³⁹³.

En la **Figura 41**, se comprueba como el modelo asigna grados de aceptación a las combinaciones de exigencias. Por ejemplo, puede verse que las exigencias de tiempo altas sólo pueden combinarse con exigencias de fuerza y posturales bajas. El paso de lo inaceptable a lo aceptable es posible, reduciendo las exigencias en cualquier dimensión, pero la reducción de tiempo es la más eficaz en muchos casos³⁹⁴.

³⁹³ Ibídem.

³⁹⁴ Ibídem.

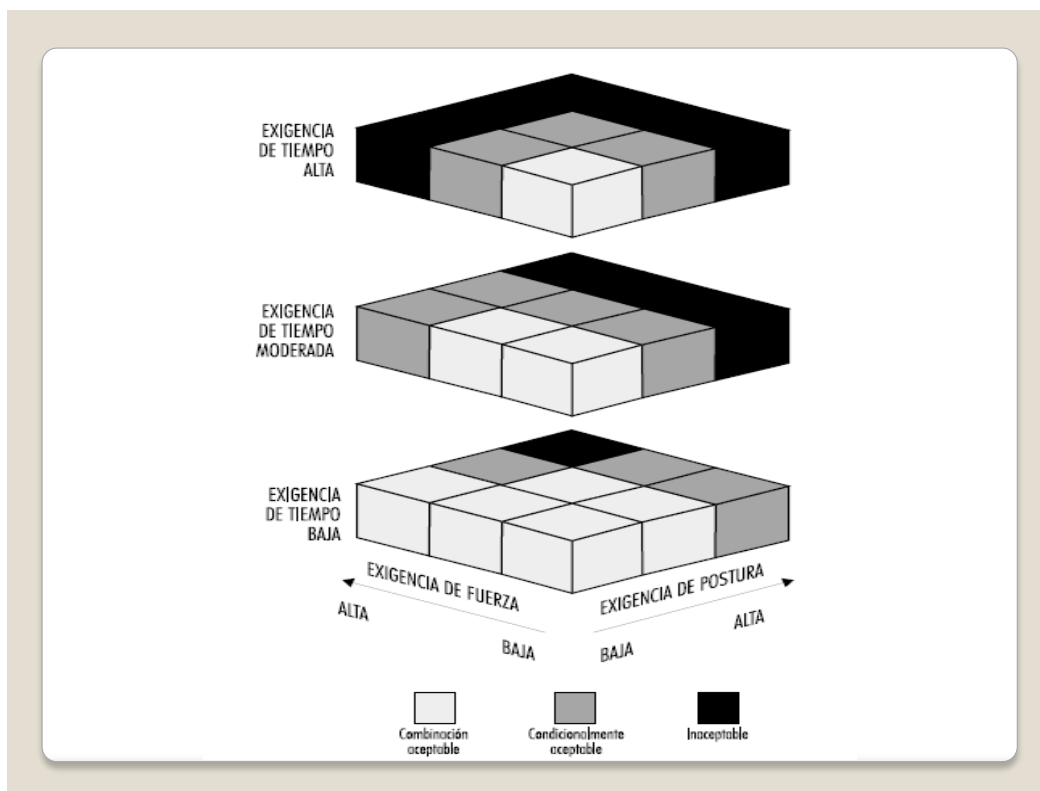


Figura 41. Modelo del Cubo para la evaluación ergonómica [285].

Del uso de este método, es importante considerar las siguientes ventajas³⁹⁵:

- Es un método rápido.
- Muy útil para la valoración de trastornos musculoesqueléticos por trastornos repetitivos por el uso de herramientas manuales.
- Considera tres variables básicas y se describe exactamente la consideración de las mismas.
- Permite proponer correcciones al sistema de trabajo muy rápidamente variando alguna de las variables correspondientes.
- Permite analizar aspectos de precisión en el estudio del uso de herramientas manuales.

Entre las desventajas, destaca que se requiere el análisis minucioso de las variables básicas para obtener buenos resultados³⁹⁶.

5.2.2.15. Arbouw

Desde el año 1986, la Fundación Arbouw (Países Bajos) ha procurado ofrecer métodos de reconocido prestigio para la mejora ergonómica de las actividades en el sector de la construcción. Con este fin, Arbouw ha desarrollado varios

³⁹⁵ Ibidem.

³⁹⁶ Ibidem.

procedimientos a modo de guía que sirven de apoyo para la evaluación de riesgos ergonómicos. La primera guía fue desarrollada en el año 1992 y 1993, finalmente en el año 1996 se realizó una revisión de la misma, publicándose en el año 1997 la que hoy se conoce [287].

El enfoque de las guías es versátil y multifactorial, ya que no sólo tiene en cuenta el levantamiento de cargas, sino que contempla la frecuencia de manipulación y la duración de la tarea. Las guías proponen cinco áreas diferentes de trabajo: levantamiento de cargas, empuje/arrastre de objetos, MMC y transporte de cargas, posturas estáticas y movimientos repetitivos. Además, combina varias herramientas: la ecuación de National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) -revisada para el diseño- y la evaluación de tareas de levantamiento manual, la norma ISO 11226 y otras normas y publicaciones relacionadas con el levantamiento manual de cargas³⁹⁷.

La guía contempla en su resultado un nivel de riesgo según las puntuaciones: zona verde -no se incrementa el riesgo de salud-, zona amarilla -se puede aumentar el riesgo de salud, lo que se traduce en una acción rápida para corregir las causas- y zona roja -se presenta un riesgo extremo de salud, por lo que se debiera tomar una acción inmediata-³⁹⁸.

Para facilitar la aplicación, Arbouw elaboró una base de datos actualizada, que contiene información detallada sobre los factores de riesgo y las posibles soluciones. Además también incluye listas de chequeo para la evaluación rápida y dinámica³⁹⁹.

5.2.2.16. Normas de la Organización Internacional de Normalización

La Organización Internacional de Normalización o International Organization for Standardization (ISO) desarrolló en el año 2003 una serie de normas que especificasen la MMC y los movimientos repetitivos.

Se compone de tres normas, las cuales se comentan a continuación:

ISO 11228-1. Ergonomics. Manual Handling. Part 1: Lifting and carrying. Especifica recomendaciones para el transporte manual de cargas y para la manipulación vertical de cargas, teniendo en cuenta, respectivamente, la intensidad, la frecuencia y la duración de la tarea. La aplicación de esta parte se realiza para objetos de manipulación manual con una masa de más de 3 kg. Los movimientos además, deberán llevar una velocidad moderada, entre 0,5 m/s y 1,0 m/s en una superficie de nivel horizontal [288].

Como desventaja, no incluye la acción de soportar objetos si no se produce el movimiento (caminando), el empuje o arrastre de objetos y la manipulación de objetos en posición sentado/a. A diferencia del método NIOSH no permite evaluar el manejo de cargas entre dos operadores y el levantamiento con un

³⁹⁷ Ibídem.

³⁹⁸ Ibídem.

³⁹⁹ Ibídem.

solo brazo⁴⁰⁰.

En el cálculo, se aplica la jornada para 8 horas de trabajo y nunca el análisis de tareas combinadas dentro de la rutina de un día⁴⁰¹.

Para la aplicación de la norma ISO 11228-1, se consideran los movimientos siguientes⁴⁰²:

- a) Levantar manualmente:
- b) Mover un objeto desde su posición de reposo, hacia arriba, sin asistencia mecánica.
- c) Bajar manualmente:
- d) Mover un objeto desde su posición de reposo, hacia abajo, sin asistencia mecánica.
- e) Transportar manualmente:
- f) Desplazar un objeto que se mantiene cargado y es movido horizontalmente por una fuerza humana.
- g) El manejo de más de un objeto cada 5 minutos es un movimiento repetitivo y las condiciones ideales para la MMC, para efectos de aplicación de esta norma, son aquellas condiciones que incluyen el agarre firme del objeto manteniendo la muñeca en una postura neutral y unas condiciones ambientales favorables.

ISO 11228-2. Ergonomics. Manual Handling. Part 2. Pushing and pulling. La Norma ISO 11228-2 se ocupa de la evaluación del riesgo por la operación de empuje y arrastre manual de cargas, mediante dos métodos: el método general y el método especialista [289].

El método general es básicamente el método propuesto por Snook&Ciriello (Liberty Mutual), ya que mediante el uso de tablas, se calculan los límites recomendados para ser comparados con los valores medidos de las acciones de empuje y arrastre. Este primer método se resume prácticamente en dos pasos. Por una parte, determinar el límite de fuerza mediante las tablas y en segundo lugar estimar el nivel de riesgo para las fuerzas registradas. Para utilizar este método deberá usarse un dinamómetro y seguir las indicaciones del “anexo D” de la norma⁴⁰³.

El método especialista es un método más sofisticado que permite la evaluación sobre la base de datos demográficos y antropométricos de la población estudiada. Debido a su complejidad, es en realidad un método de poca utilidad práctica⁴⁰⁴.

⁴⁰⁰ Ibidem.

⁴⁰¹ Ibidem.

⁴⁰² Ibidem.

⁴⁰³ Ibidem.

⁴⁰⁴ Ibidem.

ISO 11228-3. Ergonomics. Manual Handling. Part 3: Handling of low at high frequency. La norma ISO11228-3 se refiere a la evaluación del riesgo al efectuarse movimientos repetitivos. La evaluación de riesgos está fundamentada en dos procedimientos: un primer procedimiento sobre la selección inicial utilizando una lista de verificación propuesta y un segundo procedimiento detallado que lleva a los métodos de análisis internacionalmente reconocidos. El método OCRA, es recomendado por la norma ISO 11228-3 para el cálculo del índice de riesgo a la exposición de movimientos repetitivos de los miembros superiores y para determinar los riesgos existentes que pueden producir TME's ocupacionales [290].

5.2.2.17. Guía del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

El método desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) permite valorar las tareas en las que se realiza MMC. Según el método existe riesgo cuando se manipulan cargas que pesan más de 3 kg [288], pudiendo causar además un riesgo potencial dorsolumbar no tolerable. En primer lugar, la guía contempla que también pudiera ser perceptible de generar TME's en los miembros superiores las cargas de menos de 3 kg. Sin embargo, para estos casos de MMC no se contempla la aplicación de la guía. Por otra parte, situaciones que no serían probablemente tolerables y que entrañarían un riesgo en sí mismas -aunque no existan condiciones ergonómicas desfavorables- se corresponde con la manipulación manual de aquellas cargas que superan los 25 kg [288, 291]. En resumen, el desarrollo del método se lleva a cabo según lo siguiente [291]:

- Se evalúan aquellas tareas en las que se realice una manipulación de cargas con pesos superiores a 3 kg.
- Si el resultado obtenido es desfavorable, se rediseñará el puesto de trabajo, introduciendo automatización o mecanización de procesos o ayudas mecánicas.
- Se debe verificar si se cumple el diagrama de decisiones para la MMC (ver **Figura 42**).

Para el desarrollo del método, se requiere en primer lugar, la recopilación de los datos siguientes: el peso real de la carga, la posición de la carga, la duración de la tarea o proceso, el desplazamiento vertical de la carga, el giro del tronco, el tipo de agarre de la carga, la duración de la manipulación, la frecuencia de manipulación y la distancia de transporte de la carga⁴⁰⁵.

Las fases del desarrollo del método se dividen como sigue a continuación⁴⁰⁶:

1. Recogida de datos. Es posible utilizar la ficha que incluye la guía. Se anotan en este apartado tanto los datos relativos a la manipulación, los datos ergonómicos y los datos individuales.

⁴⁰⁵ Ibídem.

⁴⁰⁶ Ibídem.

2. Cálculo del peso aceptable a partir de los datos recogidos relativos a la manipulación.
3. Evaluación del riesgo.
4. Consideración de medidas correctoras.

Como el método está limitado a cargas superiores a 3 kg, para proceder a una evaluación más estricta se debe recurrir a la comparación con otros métodos de evaluación⁴⁰⁷.

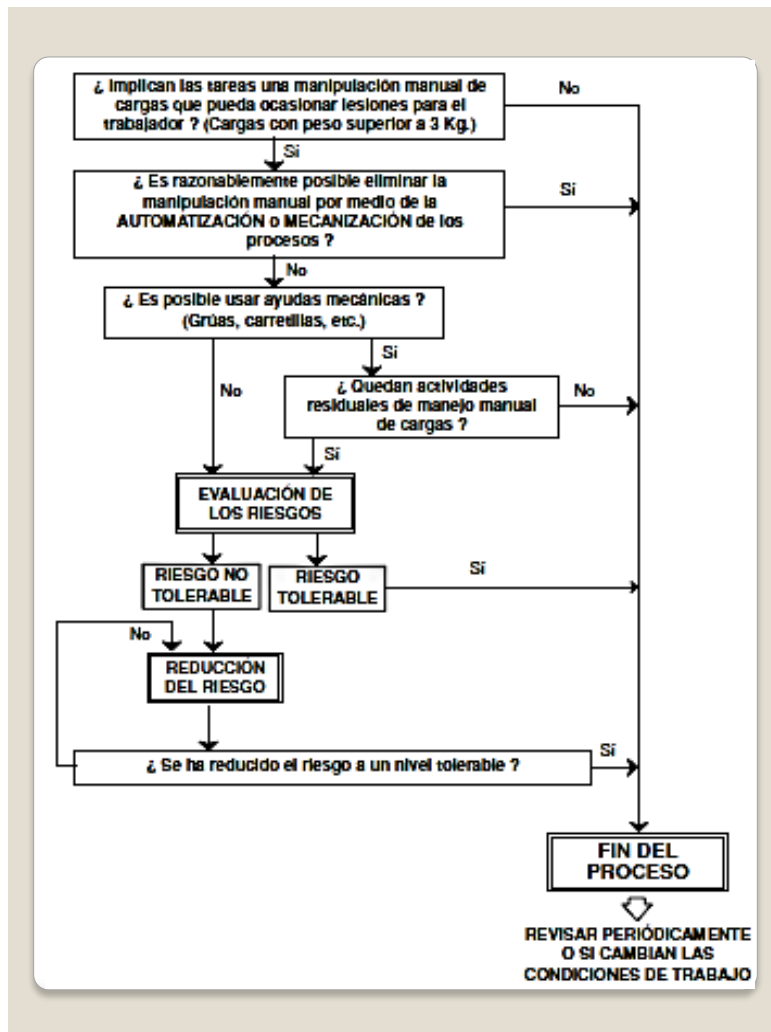


Figura 42. Diagrama de decisiones [291].

5.2.2.18. Ecuación del National Institute of Occupational Safety and Health

El National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) de los EEUU comenzó en el año 1981 dirigiendo un proyecto que ofreciese una justificación multidisciplinar para la evaluación de la manipulación de cargas [292].

⁴⁰⁷ Ibidem.

El desarrollo del método propone una ecuación que reproduce el Peso Límite Recomendado o Recommended Weight Limit (RWL) y el Índice de Levantamiento o Lifting Index (LI) [293]. Consecuentemente, se publicó un manual que procuró definiciones, procedimientos y limitaciones de la ecuación [252].

Otros autores presentaron estudios posteriores al desarrollo de la ecuación de NIOSH. Keyserling, p.e., desarrolló, en el año 1991, un análisis de tareas para identificar los factores de riesgo asociados a las lesiones y trastornos debido al sobreesfuerzo excesivo [294].

El objetivo de esta herramienta es la identificación del riesgo de padecer lumbalgias asociadas a la carga física a la que está sometido el trabajador. El método recomienda un límite de peso adecuado para cada tarea en cuestión, de manera que un determinado porcentaje de la población quede protegido y pueda desarrollar la tarea sin riesgo elevado de desarrollar trastornos en la región lumbar. La ecuación tiene en cuenta tres criterios [295]:

- Criterio biomecánico. Al manejar una carga pesada o al hacerlo incorrectamente, aparecen unos momentos mecánicos en la zona de la columna vertebral -concretamente en la unión de los segmentos vertebrales L5/S1- que dan lugar a un acusado estrés lumbar. De las fuerzas de compresión, torsión y cizalladura que se generan, la de compresión del disco L5/S1 es la causa principal del desarrollo de radiculopatía lumbar. A través de modelos biomecánicos, y usando datos recogidos en estudios sobre la resistencia de dichas vértebras, se llegó a plantear una fuerza de 3,4 kN como fuerza límite de compresión en la región lumbosacra.
- Criterio fisiológico. Aunque se dispone de pocos datos empíricos que demuestren que la fatiga incrementa el riesgo de daños musculoesqueléticos, se ha reconocido que las tareas con levantamientos repetitivos pueden fácilmente exceder las capacidades normales de energía del trabajador, provocando una prematura disminución de su resistencia y un aumento de la probabilidad de lesión. El comité del NIOSH en 1991 recogió unos límites de la máxima capacidad aeróbica para el cálculo del gasto energético, que son los siguientes:
 - En levantamientos repetitivos, 9,5 kcal/min será la máxima capacidad aeróbica de levantamiento.
 - En levantamientos que requieren levantar los brazos a más de 75 cm, no se superará el 70% de la máxima capacidad aeróbica.
 - No se superarán el 50%, 40% y 30% de la máxima capacidad aeróbica al calcular el gasto energético de tareas de duración de 1 hora, de 1 a 2 horas y de 2 a 8 horas respectivamente.
- Criterio psicofísico. El criterio psicofísico incorpora datos sobre la resistencia y la capacidad de los trabajadores que manejan cargas con diferentes frecuencias y duraciones. Para ello, requiere conocer en el límite de peso aceptable e integra el criterio biomecánico y el fisiológico

aunque tendiendo a sobreestimar la capacidad de los trabajadores para las tareas repetitivas de duración prolongada.

La ecuación para calcular el peso límite recomendado (RWL) y el índice de levantamiento (LI), es la que a continuación se detalla [252]:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Siendo: LC: constante de carga; HM: factor de distancia horizontal; VM: factor de altura; DM: factor de desplazamiento vertical; AM: factor de asimetría; FM: factor de frecuencia y CM: factor de agarre.

Una vez conocidos los factores que resuelven la ecuación, se llegará a la toma de decisiones teniendo en cuenta que⁴⁰⁸:

- El índice de levantamiento que se propone es el cociente entre el peso de la carga levantada y el peso de la carga recomendada según la ecuación NIOSH.
- En el caso de la ecuación de NIOSH, la función riesgo no está definida, por lo que no es posible cuantificar de manera precisa el grado de riesgo asociado a los incrementos del índice de levantamiento. Sin embargo, se pueden considerar tres zonas de riesgo según los valores del índice de levantamiento obtenidos para la actividad:
 - Riesgo limitado (Índice de levantamiento <1). La mayoría de trabajadores que realicen este tipo de tareas no deberían tener problemas.
 - Incremento moderado del riesgo (1 < Índice de levantamiento < 3). Algunos trabajadores pueden sufrir dolencias o lesiones si realizan estas actividades. Las actividades de este tipo deben rediseñarse o asignarse a trabajadores seleccionados que se someterán a un control.
 - Incremento acusado del riesgo (Índice de levantamiento > 3). La actividad es inaceptable desde el punto de vista ergonómico y debe ser modificada.

La ecuación NIOSH ha sido diseñada para evaluar el riesgo asociado al levantamiento de cargas en unas determinadas condiciones. Cabe destacar que la ecuación relaciona el riesgo de padecer trastornos en la espalda, aunque no tiene en cuenta el riesgo potencial asociado a los efectos acumulativos al realizarse levantamientos repetitivos. Además, la ecuación no es válida para los siguientes supuestos: deslizamientos, caídas inesperadas, desniveles en el caso de la MMC, cuando la carga se levanta con una sola mano, posición de sentado, posición de arrodillarse, en cuclillas, cuando la carga es inestable o cuando se realiza un levantamiento de la carga rápido⁴⁰⁹:

⁴⁰⁸ Ibidem.

⁴⁰⁹ Ibidem.

5.2.2.19. Método de Indicadores Clave

El Método de Indicadores Clave (MIC) –en inglés Key Indicator Method (KIM)- fue desarrollado para evaluar los trabajos en caso de MMC –en inglés Manual Handling Load (MHL)-. Fue elaborado por Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ⁴¹⁰ (BAuA) y Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik ⁴¹¹ (LASI) en estrecha colaboración con profesionales, representantes de seguridad, médicos de empresa, empresarios y asociaciones de empleados, aseguradoras e institutos científicos. En primer lugar, se publicó un proyecto en 1996, después de realizar un programa científico, y comprobar la herramienta en participantes durante cinco años. Las versiones finales se publicaron en 2001 y 2002. Se describen en el MIC dos maneras de aplicación [296]:

PRIMERA TÉCNICA DEL MIC. Se aplica para aquellas actividades que implican levantamiento, sujeción y transporte. La evaluación es realizada básicamente para tareas de manipulación manual y debe referirse a una jornada completa de trabajo.

Si cambian los pesos de las cargas o las posturas dentro de una actividad individual, deberán formarse los valores medios.

Si surgen dentro de la actividad general varias tareas de manipulación manual con una diferencia sustancial de manipulaciones de la carga, deben ser estimadas y documentadas por separado.

En la evaluación se seguirán los pasos:

1. Determinación de la puntuación del elemento tiempo.
2. Determinación de la puntuación de los indicadores clave.
3. Evaluación.

En la determinación de las puntuaciones, se permite básicamente formar pasos intermedios mediante interpolación en caso de que las puntuaciones no aparezcan en el MIC.

Para utilizar este método de cálculo es necesario un buen conocimiento de la tarea de manipulación manual que está siendo evaluada, ya que resulta fundamental para determinar la puntuación del tiempo, la carga, la postura y las condiciones de trabajo.

Paso 1º: Determinación de la Puntuación del elemento Tiempo

La puntuación del tiempo se determina haciendo referencia a la tabla que adjunta el método y de forma separada para tres posibles maneras de manipular la carga:

- Para tareas de manipulación manual caracterizadas por la repetición regular de operaciones cortas de levantamiento, descenso o

⁴¹⁰ Instituto Federal para la Seguridad y Salud Laboral

⁴¹¹ Comité de Estados para la Seguridad y Salud Laboral

desplazamiento. El número de operaciones es un determinante de la puntuación que se otorga al tiempo.

- Para tareas de manipulación manual caracterizadas por la sujeción de las cargas. Se toma la duración total de la operación de sujeción (duración total = número de operaciones de sujeción x duración de una única operación de sujeción)
- Para tareas de manipulación manual caracterizadas por el transporte de una carga. Se toma la distancia total cubierta con la carga. La velocidad media al caminar se calcula que es de 4 km/h \approx 1 m/s.

Paso 2º: Determinación de la puntuación de la Carga, la Postura y las Condiciones de Trabajo

Peso de la Carga

La puntuación de la carga se determina mediante las tablas de forma separada para el hombre y la mujer.

Si mientras se evalúa la tarea de manipulación manual, se manipulan diferentes cargas, puede tomarse un valor medio en el que la carga única mayor no supere para los hombres los 40 kg y para las mujeres los 25 kg. Para fines comparativos, también pueden utilizarse valores máximos de la carga.

En caso de actividades de levantamiento, sujeción, transporte y descenso, debe tomarse la carga efectiva. La masa de la carga efectiva en este caso es la fuerza del peso que el individuo debe compensar realmente. Por consiguiente, la carga no es siempre igual al peso del objeto. Cuando una carga se inclina, sólo se actúa sobre el 50 % del peso de ésta.

Cuando se empuja y se arrastra de una carga, se necesitan evaluaciones separadas.

Postura

La puntuación de la postura se determina con referencia a los pictogramas de puntuaciones que adjunta el método. Las posturas características durante la MMC deben utilizarse para la actividad individual. Si se adoptan distintas posturas a medida que progresa el trabajo, puede tomarse un valor medio de las puntuaciones para el elemento postura para la tarea de MMC que está siendo evaluada.

Condiciones de trabajo

Para determinar la puntuación de las condiciones de trabajo deben usarse aquellas condiciones de trabajo que predominan la mayor parte del tiempo. No se tendrán en cuenta las situaciones de incomodidad ocasional.

Paso 3º: Evaluación

Cada tarea es evaluada partiendo de una puntuación de riesgo relacionada con la actividad (se calcula sumando la puntuación de los indicadores clave y multiplicando por la puntuación del tiempo). La evaluación comprende mecanismos biomecánicos de acción combinados con modelos dosificados. Aquí se tiene en cuenta que la tensión interna sobre la zona lumbar de la columna depende, hasta un extremo crucial, de la medida en que el tronco se apoya hacia adelante, del peso de la carga y de si aumenta el citado peso,

acompañado con un aumento de la duración o la frecuencia de la carga, de una inclinación o de una torsión.

De la estimación del riesgo se deduce inmediatamente la existencia de necesidades y enfoques de diseño. Básicamente, deben eliminarse las causas con altas puntuaciones. Específicamente, se trata de realizar cambios de organización cuando existen puntuaciones altas en el elemento tiempo y reducir básicamente el peso de la carga o el peso de elementos auxiliares para el levantamiento de cargas -en el caso de puntuaciones altas en el elemento carga-, o bien, de la mejora de las condiciones ergonómicas -en el caso de puntuaciones altas del elemento postura-.

SEGUNDA TÉCNICA DEL MIC. Se aplica el método para actividades que implican tracción y empuje. La evaluación en este caso, se realiza básicamente para actividades individuales y se refiere a un solo día de trabajo. Si el peso de la carga o las posturas cambian dentro de una actividad individual, deberán formarse valores medios. Si se produce un número de operaciones con MMC sustancialmente diferentes dentro de la actividad diaria general, deberán ser documentadas por separado.

En la evaluación deben seguirse como en el caso anterior, los siguientes pasos:

1. Determinación de la puntuación del tiempo.
2. Determinación de la puntuación de los indicadores clave.
3. Evaluación.

Al igual que en el otro procedimiento, se pueden interpolar los resultados.

Paso 1º: Determinación de la Puntuación del Elemento Tiempo

La puntuación del tiempo se determina por separado -haciendo referencia a la tabla- para operaciones de tracción y empuje sobre cortas distancias y con paradas frecuentes, y para operaciones de tracción y empuje sobre distancias más largas.

Para las operaciones de tracción y empuje sobre distancias cortas con paradas breves, se toma como base la frecuencia. Para distancias más largas, se toma como base la distancia total. El valor límite para la distancia individual de 5 m. debe considerarse como una ayuda aproximada. En caso de duda, debe tomarse una decisión conforme a la cual se derive un criterio con más frecuencia: inicio y detención o extensión de la tracción.

Paso 2º: Determinación de la Puntuación de la Masa, Precisión de la Posición, Postura y Condiciones de Trabajo

Masa que debe moverse

La determinación se realiza con referencia a la tabla, teniendo en cuenta la masa que debe moverse (peso de los medios de transporte más la carga) y la naturaleza de los medios de transporte (vehículo o remolque industrial, elementos de ayuda). A menudo, en los trabajos suelen utilizarse "carros regulables en altura/no regulables con rodillos". Aquí se hace una distinción entre rodillos o ruedas orientables y rodillos o ruedas fijos.

Si se manejan diferentes cargas en el curso de una actividad objeto de evaluación, puede tomarse un valor medio. También pueden utilizarse valores

máximos de carga para fines comparativos. En ese caso, debe tomarse como base la frecuencia inferior de esos valores máximos, nunca la frecuencia general.

Precisión de la Posición y Velocidad de Movimiento

La determinación se realiza haciendo referencia a la tabla. La velocidad "rápida" es equivalente al ritmo normal cuando se camina. Si en casos especiales, aparecen velocidades más rápidas, la tabla puede extenderse en consecuencia y puede darse un 4 o un 8. Se permiten interpolaciones.

Postura

La puntuación de la postura se determina utilizando como referencia a los pictogramas que adjunta el método. Deben usarse las posturas características durante la manipulación de cargas para la actividad individual. Si se adoptan distintas posturas, puede indicarse un valor medio de la puntuación del elemento "postura" de la tarea de manipulación manual que está siendo evaluada.

Condiciones de Trabajo

Para determinar la puntuación de las condiciones de trabajo, deben utilizarse aquellas que predominan la mayor parte del tiempo. No se tendrá en cuenta la incomodidad ocasional sin relevancia para la seguridad.

Paso 3º: Evaluación

Cada tarea se evalúa con referencia a una puntuación de riesgo relacionada con una actividad (se llega a este cálculo sumando las puntuaciones para los indicadores clave y multiplicando el total por la puntuación para el elemento tiempo). Si el operario que realiza la tarea es una mujer, la puntuación se multiplica por un factor de 1,3. Este factor tiene en cuenta el hecho de que las mujeres tienen una capacidad física de alrededor de 2/3 de la capacidad física de un hombre.

El principal aspecto de la evaluación es evitar que los trabajadores sufran daños y lesiones musculoesqueléticas. La naturaleza y el nivel del daño no se definen con mayor precisión. Se tienen en cuenta mecanismos de acción biomecánica y fisiológica, combinados con modelos dosificados. Es un dato fijo que la presión interna sobre el sistema muscular y óseo depende en una medida muy importante de las fuerzas físicas que se aplican. Estas fuerzas físicas están determinadas por el peso del objeto que debe moverse, los valores de velocidad de movimiento, la aceleración y la resistencia de la superficie del suelo. Las posturas desfavorables y el aumento de la duración de la carga o la frecuencia pueden aumentar la posibilidad de que se produzca la lesión.

De esta estimación de riesgos pueden deducirse necesidades inmediatas de nuevos enfoques y nuevos cambios de diseño. Básicamente, deben eliminarse las causas que han llevado a otorgar puntuaciones altas, que especialmente son:

- Para puntuaciones del elemento tiempo: normas de organización.
- Para puntuaciones altas de masa: reducción del peso de la carga o uso de remolques industriales apropiados.

- Para puntuaciones altas de la velocidad de movimiento y la precisión de la posición: uso de guías con ruedas y topes amortiguadores o reducción de la carga de trabajo y para puntuaciones altas de la postura: mejora en el diseño del lugar de trabajo.

Entre los aspectos principales del método destacan los siguientes [296, 297]:

- a) La descripción de la actividad y la evaluación están separadas. La descripción de la tarea es objetiva, sin valoración. Por consiguiente, la descripción de la tarea sigue siendo válida incluso cuando cambien los detalles del procedimiento de la evaluación de riesgos en las normas legales.
- b) La descripción de la actividad se limita a elementos clave y no todos los éstos deben ser considerados en detalle. Se puntuarán en varios pasos sin necesidad de mediciones exactas.
- c) La evaluación de riesgo se considera un modelo dosificado: la duración multiplicada por la intensidad. Tiene en cuenta aspectos biomecánicos, metabólicos e individuales. El mismo principio se aplica a toda clase de cargas físicas realizadas en el trabajo.
- d) Las operaciones de levantamiento, sujeción, transporte, empuje y tracción de carga física se pueden evaluar mediante el MIC. El método está en constante desarrollo y se están implementando otras secciones que cubren el procesamiento manual repetitivo, fuerzas de acción, posturas limitadas y movimiento corporal sin MMC.
- e) El MIC puede ser integrado en la organización empresarial estratégica y en la dirección empresarial para poder ser utilizado en procesos de mejora de puestos de trabajo.

5.2.2.20. Tablas de Evaluación de la Manipulación Manual

Las Tablas de Evaluación de la Manipulación Manual -en inglés Manual Handling Assessment Charts (MAC)- han sido desarrolladas para la evaluación de los trabajos donde se realiza la MMC. Fue elaborada por Health & Safety Executive (HSE) (Reino Unido) y Health & Safety Laboratory (HSL) y revisada en el 2002. Finalmente, se publica en el 2003 [298]. Inicialmente tenía como fin ayudar a los inspectores de la HSE a desarrollar conocimientos y aumentar la confianza a la hora de enfrentarse a cuestiones sobre la MMC. La construcción de esta herramienta parte de estudios biomecánicos, fisiológicos y psicofísicos derivados de la ecuación NIOSH. Después de experimentar y evaluar su adecuación para usos más amplios, se puso a disposición del público [296].

Es una herramienta que permite identificar un nivel de riesgo para tres tipos de manipulación manual: operaciones de levantamiento, de transporte y de manipulación entre dos o más personas. También ayuda a identificar qué tareas necesitan mejorarse en un lugar de trabajo [298].

En su uso práctico, se utiliza una hoja de puntuaciones en la que el usuario describe la actividad y después considera los factores de riesgo, utilizando uno de los tres diagramas flujo que se ocupan de las operaciones de levantamiento, de transporte y de manipulación entre dos o más personas. El observador asigna

a cada factor de riesgo un color y una puntuación utilizando una simple guía de la herramienta. Los colores ayudan a mostrar el riesgo para cada factor. Las puntuaciones totales pueden utilizarse para dar prioridad a la acción entre diferentes tareas. Pueden compararse dos o más tareas (las puntuaciones más altas presentan un riesgo mayor y deben solucionarse primero). Las puntuaciones también pueden compararse para elegir entre las mejoras propuestas (para ver cuál de ellas proporciona una mayor reducción del riesgo) [296].

Como conclusiones interesantes, la herramienta permite una aplicación rápida y fácil de utilizar, existe gran cantidad de información sobre la misma y posee un carácter intuitivo. Como contrapartida, debe conocerse perfectamente el puesto de trabajo y los procesos que en éste se desarrollan para que los resultados dispongan de validez. Permite, por otra parte, identificar y puntuar situaciones de riesgo elevadas. Las tablas de MAC tampoco resultan apropiadas para algunas operaciones de manipulación manual, p.e. para aquéllas que implican empuje y tracción [298].

5.2.2.21. Assessment Repetitive Tasks Tools

El método Assessment of Repetitive Tasks (ART) fue diseñado para evaluar los riesgos en aquellas tareas que requieren una repetición de movimientos de brazos y manos donde puede producirse un desarrollo de TME's en los miembros superiores –en inglés Upper Limb Disorders (ULD's)-. El ART cursa de manera similar a otros métodos de evaluación como las tablas de MAC. La herramienta piloto fue probada durante el año 2009 y ha sido perfeccionada en el año 2010 y publicada en ese mismo año [299].

Es adecuado para las tareas que evocan⁴¹²:

- Acciones de los miembros superiores.
- Repetición cada pocos minutos, o incluso con más frecuencia, para tareas que ocurren al menos entre una o dos horas por día.
- Las tareas que se encuentran típicamente relacionadas con los movimientos repetitivos son aquellas que introducen el uso regular de herramientas manuales, como puede ser el ensamblaje, procesado de piezas, etc.

Antes de cumplimentar el cuestionario de la herramienta ART, es necesario asegurar que las tareas que se están realizando son prácticas habituales. En primer lugar, las tareas deberán ser descritas y comprendidas para lo que se requiere la observación de la tarea y cierta experiencia en este campo. Es importante además identificar las pausas para comer, las paradas en las que no se realizan tareas repetitivas, etc. Durante el uso del método y el cuestionario, se requiere identificar el brazo predominante del movimiento. En caso de duda, se consideran ambos brazos. El proceso se divide en varias etapas: etapa A -en la que se identifica la frecuencia y repetición de movimientos-, etapa B -en relación a la fuerza ejercida-, etapa C -referida a las posturas inadecuadas- y

⁴¹² Ibidem.

etapa D -relacionada con la influencia de factores adicionales-⁴¹³.

5.2.2.22. Upper Limbs Expert Tool

Desarrollado por Ketola (2001), el Upper Limbs Expert Tool (ULET) es un método semicuantitativo que consiste en la observación para la estimación de riesgos biomecánicos impuestos en las extremidades superiores. Incluye seis factores de riesgo de los trastornos de las extremidades superiores que son: el uso repetitivo de las manos, el uso de la fuerza de la mano, agarrar o pellizcar, posiciones no neutrales de la muñeca, la elevación de la parte superior del brazo y la presión mecánica local.

El método fue validado por expertos mediante el uso de grabaciones en vídeo de forma continuada y el control de la actividad a través del análisis electromiográfico (EMG) de los músculos del antebrazo. Las posiciones de la muñeca fueron comprobadas tomando la medida con goniómetros. Se obtuvieron buenos resultados de repetitividad y validez [300].

5.2.2.23. Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung

La fundación Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung⁴¹⁴ (REFA), nace el 30 de septiembre de 1924 en Alemania con el fin de desarrollar un comité nacional para el estudio y mejora de los tiempos de trabajo. Aunque durante los primeros años de su creación REFA se centró en la influencia de la gerencia científica sobre la creación y difusión de los cálculos para determinar el tiempo de trabajo, y se limitaba a la orientación económica en los sistemas de trabajo, fue desarrollándose posteriormente como consecuencia del avance de la ingeniería industrial en los Estados Unidos. Cambió su ámbito de actuación y se centró en investigaciones de tipo científico orientadas al estudio del trabajo y mejora de la calidad de vida de la población, además de la economía. Actualmente se conoce a la fundación con el nombre de REFA Bundesverband⁴¹⁵ y está reconocida en Alemania como entidad pública. Como aportaciones al mundo de la ciencia en el ámbito de la ergonomía, ha publicado una serie de guías de contenido internacional en las que se puede evaluar desde la fuerzas físicas hasta completar estudios de ruido y métodos de trabajo [301-303].

En una de las guías se presta especial interés al estudio antropométrico de los límites admisibles para las fuerzas, momentos y manutención manual. En correlación con otros métodos, el desarrollo es muy similar al método elaborado por el INSHT⁴¹⁶.

Desde el punto de vista antropométrico, el método tiene en cuenta, de manera objetiva, diversas variables relevantes para cualquier actividad relacionada con las fuerzas, momentos y manutención manual. Entre los diversos factores que

⁴¹³ Ibidem.

⁴¹⁴ Comité Nacional para la determinación del tiempo de trabajo

⁴¹⁵ Bundesverband: Federación

⁴¹⁶ Ibidem.

considera y las variables que coteja se encuentran: la edad, el sexo, la posición, la postura, la duración, la frecuencia y la preparación. El desarrollo de la aplicación comienza determinando la fuerza máxima para el transporte de cargas, en función de la talla de la persona y la distancia horizontal a la cual se mantiene el objeto soportado. De este dato se obtiene la fuerza de referencia, que debe ser corregida posteriormente con factores lineales en relación a las alturas de agarre, la frecuencia, el número de manos, el número de operarios y otras tareas de tipo secundarias que pudieran ser realizadas. La determinación final de hasta sesenta y seis zonas de trabajo, según la postura del brazo y de la mano, cubre en realidad de forma bastante precisa todo el espacio de trabajo de la persona. Por último, el método no tiene en cuenta la posición de trabajo de sentado o de pie, lo que le restringe en este aspecto⁴¹⁷.

5.2.2.24. Rodgers Muscle Fatigue Analysis

El método propuesto por Rodgers, denominado Muscle Fatigue Analysis (MFA), como evidencia de la evaluación de las demandas fisiológicas de una actividad para un nivel aceptable de oxígeno en el cuerpo, establece que es posible minimizar la fatiga acumulada en los músculos activos, durante la realización de trabajo dentro del periodo de 5 minutos, así como también es posible reducir daños en los músculos fatigados [304, 305].

La aplicación evalúa el esfuerzo, la duración y la frecuencia requerida por cada parte del cuerpo en una determinada actividad. Se evalúa la interacción del nivel de esfuerzo, duración del esfuerzo antes de la relajación -o antes de pasar a un nivel menor de esfuerzo-, y la frecuencia de activación de los músculos por minuto para cada grupo de músculos. Este método de análisis del trabajo es apropiado para la evaluación del riesgo de fatiga de acumulación, durante actividades de menos de una hora de trabajo, donde las posturas desfavorables sean frecuentes. La puntuación final que se obtiene es la denominada "Puntuación de cambio" y a partir de ésta, se deberán decidir las medidas correctivas que reduzcan los daños producidos por dicha actividad. Los objetivos del método, por lo tanto, van directamente orientados a proponer mejoras en el trabajo, siguiendo el principio de que teniendo en cuenta el riesgo de fatiga existente, se puede optimizar el trabajo en virtud de la actividad a realizar⁴¹⁸.

La forma de proceder para la evaluación del riesgo de fatiga del músculo activo es la siguiente: en primer lugar, se procede a la identificación de la actividad, el trabajo es dividido en actividades elementales y se determina qué porcentaje de cada operación es realizada. Una vez hecho esto, se identifica cada actividad con su dificultad determinada. Después de realizar el análisis de las actividades primarias (las cuales no pueden superar el 10% del total) y teniendo en cuenta las que son más difíciles, se separarán cada una de éstas y, para cada actividad, se asigna una parte del cuerpo -estableciendo un árbol de factores de riesgo y un valor de rango para cada categoría-. El dato obtenido proporciona información de este proceso. Posteriormente, se describen varios aspectos: el nivel de esfuerzo producido para las diferentes regiones del cuerpo, la

⁴¹⁷ Ibidem.

⁴¹⁸ Ibidem.

continuidad de la duración y la frecuencia del esfuerzo -que presenta la actividad-. La asignación del esfuerzo continuo y de los esfuerzos por minuto debería estar asociada al propio esfuerzo. La prioridad del cambio se determina localizando la combinación de puntuaciones en la tabla de puntuaciones final⁴¹⁹.

5.2.2.25. Método de la Norma ISO 11226

La norma ISO 11226 sobre “Ergonomía: Evaluación de posturas de trabajo” sirve de guía para la evaluación de posturas estáticas y para la limitación de las mismas [306]. Esta norma recoge algunas recomendaciones genéricas que tienen su origen en el método de la posición de la mano (ver apartado 5.2.2.26) y en el Work Rest (WR) Model (ver apartado 5.2.2.27) Se aplica a distintas partes del cuerpo: cuello, espalda, brazo, muñeca y pierna. La norma sugiere la realización de operaciones y procesos en los que exista variación de trabajo tanto física como mental y define una postura estática como aquella que debe ser mantenida durante más de 4 sg. El análisis mediante el método que propone se realiza subdividiendo el cuerpo en diversos segmentos corporales [307]:

- Mano-muñeca-codo: se analizan las actividades en las que un trabajador debe adoptar o mantener una postura de codo y muñeca diferentes a la neutra con o sin esfuerzo de la mano.
- Hombro: se analizan las actividades en las que un trabajador debe adoptar o mantener una postura del hombro diferente a la neutra con o sin esfuerzo de la extremidad superior.
- Cuello: se estudia el riesgo que puede producir lesiones musculoesqueléticas en el cuello o cintura escapular debido a posturas incorrectas. Se analizan las actividades en las que un trabajador debe mantener una inclinación de cuello superior a 25° (flexión o extensión) durante más de 6 sg.
- Dorso Lumbar: se analiza el riesgo que puede producir lesiones musculoesqueléticas en la zona dorsal y/o lumbar de la columna vertebral dando lugar a dorsalgias⁴²⁰, lumbalgias, ciatalgias o radiculopatías lumbares.

El resultado de la evaluación dará lugar a dos resultados: aceptable o no aceptable. Si el resultado es aceptable se traduce en que la postura será también aceptable siempre y cuando se produce variación de la postura. Si esto no sucede, se deben tomar medidas para que la postura se aproxime lo máximo posible a la postura humana neutral (tronco erguido, brazos colgados libremente, piernas semiabiertas, mirada al frente sin girar la cabeza...). La norma incluye recomendaciones sobre posiciones extremas y sobre el tiempo máximo que una postura debería ser mantenida. Si el resultado es inaceptable, se debe proceder a corregir la actividad realizada.

⁴¹⁹ Ibídem.

⁴²⁰ La dorsalgia es un término muy general que hace referencia a cualquier tipo de dolor que se presenta en la zona dorsal, es decir, a la zona de la columna vertebral que coincide anatómicamente con las costillas. Sin embargo, con las dorsalgias también se puede relacionar el dolor que aparece en la zona torácica anterior, ya que está íntimamente ligada a la zona posterior.

Del mantenimiento de la postura procede la expresión “Maximum Holding Time”⁴²¹ (MHT), independientemente de si se está ejerciendo o no una fuerza externa de forma continua, y partiendo de una situación de descanso adecuado, hasta que se alcanza la situación de máxima molestia o malestar. El MHT está relacionado con el concepto “Remaining Endurance Capacity”⁴²² (REC). Este concepto es definido por primera vez en el método de la posición de la mano y WR Model⁴²³, que se comenta en el apartado 5.2.2.27.

La norma detalla también recomendaciones de las extensiones máximas de movimiento y recoge los valores límites recomendados para las articulaciones del cuerpo humano. Por último, la norma también sugiere la realización de operaciones y procesos en los que exista variación de trabajo tanto física como mental⁴²⁴.

5.2.2.26. Método para realizar la evaluación de la postura en función de la posición de la mano

Este método es utilizado para la evaluación de posturas estáticas en función de la posición de la mano. Sostiene la idea de que una postura puede mantenerse durante un período limitado de tiempo. Es muy adecuado para la evaluación de posturas estáticas puras, es decir, donde no se realiza un descanso y no se aplica fuerza. Cabe indicar que no se incluye como postura estática pura cuando una determinada parte corporal se soporta mediante algún medio de apoyo (p.e. reposapiés, reposamuñecas, etc.) [307, 308].

Para llegar a la creación del método, se practicaron diversos ensayos experimentales donde se llegaron a describir hasta 19 posturas diferentes a partir de la clasificación de la postura de la mano [308]. En estos ensayos se pidió a los colaboradores mantener la postura hasta que se hiciera insoportable (valor 10 de la escala de Borg) y este mismo valor se consignó como el pico máximo de MHT que debía ser registrado. Se obtuvo en estos estudios que las partes del cuerpo que presentan molestias, dependen de la postura adoptada y que en general, todos los sujetos (sanos) que adoptan la misma postura experimentan molestias en, aproximadamente, la misma zona del cuerpo. Se observó que aquellas posturas en las que la altura corresponde al 50% del “Shoulder Height”⁴²⁵ (SH) [309] o inferior presentan molestias dorsolumbares y dolor de piernas. Cuando la altura es de 100% SH o inferior, las zonas críticas serían los brazos y los hombros. También se denotó que a medida que aumentaba la distancia de trabajo “Arm Reach”⁴²⁶ (AR)⁴²⁷, aumentaban las

⁴²¹ Maximum Holding Time: es aquel tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida [307].

⁴²² Remaining Endurance Capacity: es aquel tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida después de un tiempo [307] *ibid.*

⁴²³ *Ibidem.*

⁴²⁴ *Ibidem.*

⁴²⁵ Distancia vertical desde el suelo hasta el acromion [309]. Acromion: m. (Anat.) Apófisis del omóplato, con la que se articula la extremidad externa de la clavícula [57].

⁴²⁶ Distancia horizontal desde una superficie vertical hasta el eje de agarre de la mano y apoyando la espalda contra dicha superficie vertical [309] *ibid.*.

molestias en brazos y hombros, con lo cual se llegó a la clasificación de las molestias para las 19 posturas (posturas cómodas, moderadas e incómodas), que corresponden a valores de MHT altos, medios y bajos respectivamente [307].

5.2.2.27. Work Rest Model

Previo a la realización del método de la posición en la mano, se realizaron otro tipo de estudios para describir las posturas de trabajo estáticas. En particular, el método WR Model fue desarrollado como modelo de guía para este tipo de posturas [259]. El método considera que la incomodidad debe evaluarse según las posturas de trabajo. Utilizando la REC, se puede predecir la incomodidad asociada a las posturas de trabajo estáticas, ya que existe una relación directa entre la incomodidad medida a través de la escala de Borg y la REC. El modelo está destinado a ayudar en la evaluación y optimización de las posturas estáticas (y las fuerzas externas), así como mejorar los horarios de trabajo-descanso con el fin de evitar altos niveles de malestar [307].

5.2.2.28. Método Psicofísico o tablas de Snook y Ciriello

Las tablas desarrolladas por Snook and Ciriello, para la Liberty Mutual Insurance Company Research Center for Safety and Health, Massachusetts (1991; 1995) son ampliamente utilizadas en las etapas industriales para el rediseño de puestos de trabajo, así como para prevenir daños e incrementar la producción en el lugar de trabajo. El método persigue el desarrollo y rediseño de tareas, y la conclusiones obtenida es que la mayoría de las tareas en la industria contienen parámetros que violan los principios del buen diseño ergonómico. Los estudios realizados para la reducción de las lesiones lumbares, han determinado una serie de tablas que proporcionan directrices para la evaluación y el diseño de actividades relacionadas con la MMC [310-314].

Es importante destacar que en la estrategia de estas tablas se tienen en cuenta [314]:

- Las capacidades de los trabajadores.
- Si una actividad evaluada es aceptable para un alto porcentaje de población, se reducirá la probabilidad de producirse la lesión.
- Los pesos máximos aceptables son determinados para cinco percentiles (10, 25, 50, 75 y 90), que indicarán los pesos máximos permitidos para que la acción sea segura para el 10, 25, 50, 75 y 90% de la población masculina o femenina.
- Incorporan las opciones de empuje y arrastre de cargas.

Las tablas han sido mejoradas desde su creación y pueden ser consultadas abiertamente en internet e incluso utilizar una herramienta online de cálculo [315]. En caso contrario, se puede recurrir a las mismas en formato papel [316].

⁴²⁷ Ibídem.

El método incluye tablas con los pesos máximos aceptables para:

1. El levantamiento para hombres.
2. El levantamiento para mujeres.
3. La descarga para hombres.
4. La descarga para mujeres.
5. El arrastre para hombres.
6. El arrastre para mujeres.
7. El empuje para hombres.
8. El empuje para mujeres.
9. El transporte para hombres/mujeres (en este caso la misma tabla contiene los valores para hombres y mujeres):

Cabe señalar una dificultad en la aplicación del método: las entradas para la consulta de las tablas no contemplan todas las situaciones posibles de la acción. Así pues, será el evaluador el que seleccione aquellas entradas que más se aproximen a su situación concreta. Se recomienda que ante diferentes alternativas de aproximación se seleccione la más restrictiva en peso, es decir, aquella con un resultado del peso máximo aceptable menor [310-314].

Como punto desfavorable, el método no está recomendado para situaciones en las que se produce un empuje o arrastre inferior a 2,1 m⁴²⁸.

5.2.2.29. Tablas publicadas por la Worldwide de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists

Las tablas publicadas por la Worldwide Thresold Limite Value (TLV) de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®) para HAL (Hand Activity level) consideran la exposición ergonómica para la actividad de la mano, donde se han tenido en cuenta los niveles promedios de actividad, nivel de esfuerzo requerido, la exposición y los valores pico, además de la postura realizada. Es aplicable en puestos de trabajo de una única actividad que duran 4 h o más por día. Algunos de los TME's han podido ser asociados directamente con el resultado que ofrece las tablas de TLV, como sucede con el síndrome del túnel carpiano [317].

Como ítems negativos, los resultados finales deben discutirse mediante la aportación de los siguientes factores [318, 319]:

- Las posturas mantenidas generalmente no son completamente neutrales, como ocurre con la flexión de la muñeca, extensión y desviación, o la rotación del antebrazo.
- No se tienen en cuenta en el cálculo las bajas temperaturas.
- No se tienen en cuenta en el cálculo las vibraciones producidas por herramientas.

⁴²⁸ Ibidem.

- No se han tenido en cuenta en el cálculo el estrés por contacto.

Los pasos a seguir para la aplicación del método son, en primer lugar, identificar el nivel de actividad de la mano. Latko (1997), propuso la construcción de una escala de valor de 0 a 10, donde este último es el valor más alto. El siguiente paso es el nivel que caracteriza el esfuerzo asociado a una fuerza realizada durante el ciclo de trabajo, mediante la obtención de la Normalized Peak Force (NPF)⁴²⁹. La NPF es la fuerza de la mano máxima requerida para realizar la tarea normalizada en una escala de 0 a 10, que corresponde al 0% a 100% de la resistencia de la población de referencia aplicable. Se determina a partir de [320]:

- Medición de fuerzas de la mano y las posturas correspondientes.
- Obtención de datos de la fuerza de esa postura. En la mayoría de los casos, los valores de resistencia se pueden obtener directamente o por extrapolación de las tablas.
- Cálculo del NPF normalizado, dividiendo la fuerza requerida por la fuerza (esto requiere de una medición de la fuerza aplicada).
- Por último, se localiza la combinación de NPF y HAL en el gráfico de TLV y de aquí se obtiene el resultado.

5.2.2.30. Hand Arm Risicobeoordelings Methode

El Hand Arm Risicobeoordelings Methode (HARM) es una herramienta de software online que ha sido desarrollada por el Ministerie van Soziale Zakenn en Werkgelegenheid⁴³⁰ (SZW) de los Países Bajos para determinar el riesgo de padecer TME's en brazos, cuello y espalda, respectivamente, en actividades en las que se utilizan las manos y los brazos activamente. Esto incluye movimientos repetitivos [321].

El método está disponible en versión online mediante la realización de 6 pasos o en versión manual mediante la ejecución de 8 pasos⁴³¹.

El aspecto más interesante del método es que el riesgo es evaluado por actividad y no por individuo, durante el desarrollo de una postura o al cabo del día, de tal forma, que el método puede ser aplicado para todos los trabajadores que desarrollen una misma actividad⁴³².

Su principal ventaja es que no requiere tampoco un conocimiento muy extenso y puede ser utilizado fácilmente⁴³³.

Los factores de riesgo y su puntuación tienen en cuenta diversos estudios epidemiológicos, siendo los que implican un mayor riesgo los siguientes: la

⁴²⁹ Ibídem.

⁴³⁰ Ministerio de Asuntos Sociales y Empleo

⁴³¹ Ibídem.

⁴³² Ibídem.

⁴³³ Ibídem.

duración, la frecuencia, la fuerza y posición de la cabeza/cuello y hombros/brazo, la actitud muñeca/antebrazo, las vibraciones y otros factores (pausa, el clima, la concentración, guantes, precisión)⁴³⁴.

El método está relacionado con otros instrumentos para la evaluación de las cargas físicas, tales como la ecuación NIOSH y el método MIC⁴³⁵.

5.3. Teoría de métodos directos de análisis biomecánico

En este apartado se explican los métodos directos para el análisis biomecánico. En primer lugar, se comentan las técnicas de análisis y, en segundo lugar, se detallan los métodos directos de análisis biomecánico. Todos los métodos comentados tienen la particularidad de que utilizan técnicas de análisis mediante software⁴³⁶ y/o hardware⁴³⁷ específico [322].

Los métodos directos presentan, en comparación con los métodos indirectos, ventajas como son la precisión, exactitud y su contenido informativo. Cuando se utilizan junto con el registro electrónico de datos, es habitual obtener gran cantidad de registros, que proporcionan un conocimiento exhaustivo sobre la variable que se está midiendo. A pesar de ello, esto puede constituir un inconveniente, ya que, es complicado y difícil trabajar con series de datos grandes. Debido a las ventajas que presentan, en definitiva, constituyen la parte más precisa de la investigación experimental, por lo que no se puede prescindir de los mismos si se quiere llevar a cabo una metodología completa⁴³⁸.

5.3.1. Técnicas de análisis biomecánico

El avance de la ciencia y de la tecnología ha potenciado el uso de herramientas de trabajo y software específico también en esta materia. Las técnicas biomecánicas básicas teóricas se dividen en dos, que son las que se comentan en los siguientes apartados.

5.3.1.1. Técnicas de estudio de cinemática articular

De entre todas las técnicas de estudios de cinemática articular, las que aquí se mencionan y se van a tratar, constituyen los métodos más precisos y fáciles de aplicar [322].

⁴³⁴ Ibidem.

⁴³⁵ Ibidem.

⁴³⁶ Software: 1. m. *Inform.* Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora [11].

⁴³⁷ Hardware: 1. m. *Inform.* Conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora [11] *ibid.*

⁴³⁸ Ibidem.

Las técnicas goniométricas utilizan el goniómetro, que es un instrumento de medición, que consta de las siguientes partes físicas⁴³⁹:

- Galga distal y galga fija. Las dos galgas están unidas entre sí de tal forma que es posible regular la distancia entre ambas terminales.
- Sensor. Es el elemento sensible que mide las variaciones de ángulo.
- Cables conectores. Transmiten la señal eléctrica medida. Cuando hay dos cables, se dice que el goniómetro tiene dos canales.

La medición se realiza colocando el instrumento directamente sobre el individuo. Para su correcta colocación, es necesario conocer inicialmente una serie de datos, como son el puesto de trabajo, caracteres organizativos, factores de riesgo y por supuesto, es necesario ubicar correctamente el goniómetro en las articulaciones que se desean estudiar. En primer lugar, se realiza una medición blanca, o lo que es lo mismo, se mide una señal neutra. La colocación del goniómetro lleva una serie de protocolos asociados a la articulación objeto de estudio⁴⁴⁰.

La fotogrametría requiere del análisis de movimientos en 3D basado en tecnología de vídeo digital. Una vez procesadas las imágenes capturadas, la aplicación proporciona información acerca del movimiento tridimensional de las personas o de los objetos en el espacio⁴⁴¹:

5.3.1.2. Técnicas de estudio de fuerzas internas y externas

La dinamometría pretende la cuantificación de la fuerza muscular del individuo o grupos musculares, del trabajo y de la potencia en cada posición.

Existen dinamómetros diseñados específicamente para cada articulación y en el diseño de estos se han tenido en cuenta parámetros tales como el recorrido articular, la posición, la estabilización y la alineación de ejes biológicos y mecánicos, así como la velocidad [323].

La electromiografía permite registrar los potenciales eléctricos producidos en los músculos que acompañan a la contracción muscular. El registro de los datos se lleva a cabo a través de electrodos que son colocados sobre la piel o insertados en el músculo. Los datos son registrados y monitorizados para comprobar si se produjo en algún momento una interrupción de la conducción eléctrica. El registro localiza movimientos que a simple vista no pueden ser detectados y que de esta forma pueden ser analizados [324].

5.3.2. Métodos directos de análisis biomecánico

La mayoría de software de análisis combina una o diversas técnicas de las comentadas con anterioridad.

⁴³⁹ Ibídem.

⁴⁴⁰ Ibídem.

⁴⁴¹ Ibídem.

Los métodos directos, en definitiva, constituyen la parte más precisa de la investigación experimental.

De la combinación de las diversas técnicas de análisis biomecánico, nace el software y/o el hardware adecuado para facilitar el estudio e investigación. Algunos de estos métodos emplean instrumentación muy precisa y otros parten de los casos que ya han sido probados y elaborados previamente o proceden de teorías y modelos contrastados en la demostración científica.

5.3.2.1. Ergo/IBV del Instituto Biomecánico de Valencia

La herramienta desarrollada por el Instituto de Biomecánica de Valencia, denominado Ergo/IBV es un programa informático que permite realizar la evaluación biomecánica mediante la observación directa, el registro en video o la utilización de técnicas instrumentales de registro de posturas y fuerzas.

Está estructurado en diversos módulos, de tal forma que se permite analizar las tareas de MMC, posturas forzadas, movimientos manuales de arrastre y empuje, puestos de trabajo de oficinas y puestos ocupados por trabajadoras embarazadas.

La configuración básica de Ergo/IBV incluye varios módulos de evaluación de riesgos con las siguientes funciones [325]:

MMC Simple y MMC Múltiple, para analizar actividades de levantamiento, transporte, empuje o arrastre de cargas, y determinadas combinaciones de estas acciones. Está realizado a partir de la ecuación de NIOSH revisada, la Guía Técnica del INSHT, las tablas de Snook y Ciriello y la norma UNE-EN 1005-2.

MMC Lesionados, para analizar actividades de levantamiento manual de cargas realizadas por trabajadores lesionados y minimizar el riesgo al volver al trabajo tras una lesión lumbar. Se ha realizado a partir de un estudio de investigación desarrollado por la Universidad de Ohio.

Tareas Repetitivas, para analizar actividades con movimientos repetitivos de los miembros superiores. Se ha realizado a partir de un estudio de investigación desarrollado por el IBV en colaboración con mutuas de trabajo y sindicatos.

Posturas Forzadas, para evaluar el nivel de riesgo de las posturas inadecuadas de la espalda, los brazos y las piernas. Utiliza el método OWAS de análisis postural.

Posturas (mediante REBA), para evaluar el nivel de riesgo de las posturas inadecuadas de tronco, cuello, miembros superiores o inferiores mediante la denominada puntuación REBA.

Oficina, para detectar factores de riesgo en tareas de oficina que asocian un uso continuado de pantallas de visualización de datos.

ErgoMater, para analizar tareas realizadas por trabajadoras embarazadas detectando factores de riesgo para la madre y/o el feto. Se ha realizado a partir de un estudio de investigación desarrollado por el IBV en colaboración con Unión de Mutuas y Muvale.

Psicosocial, para evaluar la exposición en el trabajo a factores de riesgo de naturaleza psicosocial. Utiliza la versión corta del método ISTAS21.

MMC Variable, para analizar actividades de levantamiento manual de cargas con una gran variabilidad en las condiciones de manipulación. Utiliza un procedimiento desarrollado conjuntamente por varios autores de la propia ecuación NIOSH, del centro Ergonomía de la Postura y Movimiento de Milán y de la Universidad Politécnica de Cataluña.

UNE EN 1005-5 (mediante OCRA), para analizar actividades con movimientos repetitivos de los miembros superiores aplicando la normativa vigente basada en el cálculo del índice OCRA. Utiliza la norma UNE EN 1005-5 sobre seguridad de las máquinas.

5.3.2.2. Firsbeat Technologies

Firstbeat Technologies (Jyväskylä, Finlandia) es una compañía especializada en el desarrollo de soluciones avanzadas para el análisis de la Frecuencia Cardíaca (FC), para la monitorización fisiológica en deportes, fitness, bienestar y medicina preventiva. La tecnología de análisis de la FC de Firstbeat está basada en una extensa investigación en las ciencias conductuales y fisiológicas. Firstbeat fue fundada en 2002 como la división I+D del Instituto de Investigación para Deportes Olímpicos y la Universidad de Jyväskylä. Recibió el Premio Nacional de Innovación del Presidente de Finlandia en el año 2004 [326].

Las posibles áreas de estudio de su software especializado en el área de trabajo incluyen: la evaluación de la carga de trabajo físico, las evaluaciones del estrés y la recuperación, la mejora de la salud y medicina preventiva, la salud ocupacional, el control del peso, la rehabilitación y los servicios del bienestar⁴⁴².

El software incluye todo el material y equipo necesario para el análisis como son las herramientas de importación y exportación de datos desde diferentes dispositivos de grabación, incluyendo cinturones de registro y memoria de la FC para el pecho, monitores de FC y equipo de investigación y clínico. Son de sencillo manejo y no requieren experiencia previa en su uso⁴⁴³.

El registro de los datos de frecuencia cardíaca pulsación a pulsación se puede hacer con un cinturón de memoria que empieza a grabar automáticamente después de que es fijado en el pecho y entra en contacto con la piel, o con otros dispositivos de grabación⁴⁴⁴.

5.3.2.3. Portable Ergonomic Observation

El método Portable Ergonomic Observation (PEO) tiene la excepcional ventaja de que es aplicable a la mayoría de las profesiones y tareas de trabajo y sólo requiere de una recopilación básica de datos para realizar el análisis. Las observaciones se realizan en tiempo real directamente en el lugar de trabajo utilizando un ordenador portátil. Los datos son accesibles para su análisis inmediato y para la presentación de los mismos. La duración y el número de

⁴⁴² Ibídem.

⁴⁴³ Ibídem.

⁴⁴⁴ Ibídem.

eventos se calcula para las posturas en cuatro regiones del cuerpo (brazos, cuello, tronco y la rodilla), así como para la MMC. El método ha demostrado contener una validez aceptable intra e interobservador [327].

5.3.2.4. RAMSIS

El software RAMSIS nace en el año 1995 como parte de un experimento de la Forschungsvereinigung Automobiltechnik⁴⁴⁵ (FAT) [328].

RAMSIS trabaja en un entorno mediante Computer Aided Design (CAD), permitiendo la simulación y el análisis de las posturas en 3D a través de un modelo humano (maniquí). Es de especial utilidad en los puestos de trabajo relacionados con la conducción⁴⁴⁶.

El software está enfocado a las soluciones de diseño o rediseño en la industria aeronáutica, automoción y maquinaria agrícola o de construcción⁴⁴⁷.

Actualmente, la licencia y comercialización del software pertenece a Human Solutions GmbH.

5.3.2.5. Hands Relative to the Body

El método Hands Relative to the Body (HARBO) (1995) es un método de observación centrado en las posiciones de las manos en relación al cuerpo y se evalúa a través de un sistema computerizado. Ofrece una estimación fiable del tiempo total empleado en cada una de las cinco posturas de trabajo establecidas en el método para una jornada de trabajo. El software que utiliza ha sido desarrollado por Portable Ergonomics Observation (PEO) [329].

5.3.2.6. Videofilmteknik för Registrering och Analys

El método Videofilmteknik för Registrering och Analys (VIRA) fue desarrollado por Kilbom y Personn (1983) a través de la National Board of Occupational Safety and Health de Suecia. Se trata de un método de evaluación, mediante registro en video, de las posturas forzadas en cuello y extremidades superiores. Es utilizado para estudios de trabajo de ciclos cortos y repetitivos y en aquellos donde no se requiere la manipulación de objetos pesados.

El registro en video es realizado mediante dos ángulos distintos y claramente visibles. Los puntos seleccionados son puntos de referencia que se corresponderán con una tecla del ordenador. Se recomienda realizar cuatro registros mínimos y promediar los valores obtenidos.

Como principal ventaja, el método detecta las diferencias interpersonales entre los trabajadores [330].

⁴⁴⁵ Asociación para la Investigación Tecnológica del Automóvil

⁴⁴⁶ Ibidem.

⁴⁴⁷ Ibidem.

5.3.2.7. Arbetsanalys

Desarrollado por Holzmann (1982), Arbetsanalys⁴⁴⁸ (ARBAN) es un método para el análisis ergonómico para aquellas situaciones de trabajo con diferentes cargas posturales. Analiza el “estrés ergonómico”, vibración y choque de varias partes del cuerpo o de todo el cuerpo, excepto las manos, utilizando para ello la escala de Borg. El método puede ser utilizado para un amplio rango de situaciones de trabajo de acuerdo con el problema estudiado. Facilita de igual forma diferentes resultados, de tal manera que se pueden observar los problemas ergonómicos desde ángulos muy diversos, permitiendo no sólo plantear el enunciado del problema, sino también ayudar a solucionarlos [331].

El resultado de la aplicación es la identificación de situaciones importantes de la carga postural dentro de un ciclo de trabajo, al obtener las curvas de tiempo/estrés ergonómico. El ciclo de trabajo puede ser dividido en operaciones para ser comparadas entre sí o con otros ciclos de trabajo. También es aplicable en el caso de procesos no cíclicos⁴⁴⁹.

La idea del método es tal que todas las fases del proceso de análisis implican conocimientos específicos sobre ergonomía e incluye la grabación de la tarea y operaciones mediante la filmación y una rutina de equipo que incluya el software⁴⁵⁰.

El método de análisis de ARBAN consta de cuatro pasos⁴⁵¹:

1. Grabación inicial en video donde son identificadas seis partes del cuerpo y se cuantifica mediante la escala de Borg el nivel de estrés medio de todas ellas. Esta operación se realiza en un número de imágenes determinado a intervalos regulares, habitualmente es suficiente dividir el ciclo en unos 100 o 200 intervalos de pocos segundos.
2. Codificación de la postura y ubicación de la máxima carga y el centro de gravedad en la imagen congelada.
3. Cálculo informático.
4. Evaluación de los resultados.

El software específico, calcula las cifras de la tensión total ergonómica en todo el cuerpo, así como en diferentes partes del cuerpo por separado. Se presentan como "curvas ergonómicas de tensión/tiempo", cuando las situaciones de carga pesada se producen en los picos de la curva. El ciclo de trabajo también se puede dividir en diferentes tareas, donde los patrones de estrés y la duración se pueden comparar. La integral de las curvas se calcula para una sola figura

⁴⁴⁸ Análisis del Trabajo

⁴⁴⁹ Ibídem.

⁴⁵⁰ Ibídem.

⁴⁵¹ Ibídem.

mediante la comparación de las diferentes actividades, así como las diferentes situaciones y procesos de trabajo⁴⁵².

5.3.2.8. Ergonomics Analysis

El mismo Holzmann, evolucionó en el desarrollo de ARBAN hasta llegar a lo que se conoce como Ergonomics Analysis (ERGAN). Este método tiene en cuenta tres ideas básicas [332]:

1. Una situación de trabajo que cambia continuamente puede ser estudiada a partir de imágenes o grabaciones en video. Bajo esta circunstancia, es posible apreciar detalles que a simple vista no se pueden denotar.
2. Un complicado esquema de grabación puede ser dividido en un número definido de partes pequeñas.
3. Una calificación subjetiva de una situación hace posible la integración de un gran número de factores que individualmente no se puede definir o medir. La escala de Borg es una herramienta ideal para estas calificaciones.

El análisis, se lleva a cabo de la siguiente manera⁴⁵³:

- a) En primer lugar se estudia el lugar de trabajo para conocer las situaciones típicas.
- b) La situación laboral es filmada por un período de tiempo relativamente largo.
- c) El contenido de la película se analiza con respecto al tiempo y los acontecimientos.
- d) Las partes representativas de la película se cortan considerando el continuo de los eventos de una situación normal de trabajo.
- e) La película se analiza fotograma a fotograma.
- f) Los datos de carga de trabajo son procesados con el programa informático.
- g) Los picos de carga en el diagrama de tiempo/carga de trabajo son identificados y contados.
- h) El diagrama de tiempo/carga de trabajo se compara con el curso de los acontecimientos en la película y a razón de cada máximo establecido.
- i) Se organizan los diagramas de tiempo/carga de trabajo y se revisan las fotografías de la situación laboral en cada pico.

El objetivo del análisis mediante ERGAN es aclarar las situaciones ergonómicas posibles en un entorno de trabajo y para ello utiliza los diagramas de tiempo/carga de trabajo. La película también se puede mostrar en la cámara en

⁴⁵² Ibidem.

⁴⁵³ Ibidem.

situación lenta o congelada en los puntos críticos, por lo que es posible estudiar y comprender perfectamente la situación ⁴⁵⁴.

5.3.2.9. Postural workload evaluation system by Chung

Fue desarrollado en Corea durante los años 90, pero hasta principios del año 2000 no se comenzaron a ver los resultados. Una parte del método LUBA [258], sirvió como aporte para su elaboración. Finalmente, el método completo culminó en 2005 [333].

En las primeras investigaciones, se consideró que para la evaluación de las cargas posturales se debía aplicar un índice para determinar la incomodidad subjetiva del individuo en distintas partes del cuerpo [334-336]. Esto sirvió como configuración de la evaluación postural de carga de trabajo que se desarrolló en 2005⁴⁵⁵.

Prosiguiendo con estas investigaciones, y teniendo en cuenta los anteriores estudios, en 2005 se relacionaron las actividades repetitivas y prolongadas con el factor de posturas forzadas. Se evaluó la carga postural en las distintas articulaciones y se desarrolló entonces un esquema de clasificación macropostural. El esquema de clasificación se construyó sobre la base de las molestias percibidas por varias propuestas de resolución común, así como los resultados de investigaciones previas. Sobre la base de la incomodidad percibida, los niveles de estrés postural en las articulaciones individuales también fueron definidos a partir una escala partiendo de la postura neutral en estado de pie. Los experimentos de laboratorio se construyeron simulando las tareas de montaje de automóviles y se pudo investigar la relación entre el malestar del cuerpo, las articulaciones y el cuerpo completo. Los resultados mostraron una relación lineal entre los dos tipos de molestias en el hombro y la zona dorsolumbar de la espalda, que eran las regiones dominantes en la determinación de las tensiones posturales corporales generales. Finalmente, se desarrolló el software con el fin de automatizar los resultados de análisis de la carga postural y mejorar la usabilidad y aplicabilidad práctica⁴⁵⁶.

5.3.2.10. 3D Static Strength Prediction Program

El 3D Static Strength Prediction Program (SSPP) es un software desarrollado por la Universidad de Michigan para predecir las condiciones estáticas de fuerza. El programa ofrece una simulación en 3D del trabajo realizado que incluye datos de la postura, los parámetros de la fuerza y los datos antropométricos de la población masculina o femenina. Las comparaciones de datos se realizan siguiendo las directrices de NIOSH. Se pueden analizar giros del torso y curvatura del tronco, así como las funciones complejas de las posturas de la mano. Requiere un conocimiento previo de la actividad registrada y destreza en

⁴⁵⁴ Ibídem.

⁴⁵⁵ Ibídem.

⁴⁵⁶ Ibídem.

el uso. Además considera la carga soportada y se puede describir la actividad al detalle [337, 338].

5.3.2.11. MAPFRE

El Instituto MAPFRE ha desarrollado, diversas aplicaciones informáticas para la aplicación del análisis, evaluación y gestión ergonómica en los puestos de trabajo.

El software actualizado que actualmente comercializa MAPFRE es el llamado ERGOMET, que consiste en una aplicación para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo facilitando el uso de los métodos RULA, REBA, STRAIN INDEX, OCRA, OWAS, NIOSH, INSHT, UNE EN-1005 y Herramienta MIC. Permite trabajar por empresas múltiples, añadir puestos de trabajo y generar informes en Word, añadiendo el vídeo y la captura de fotos.

El Instituto MAPFRE en colaboración con la Universidad de Zaragoza ha desarrollado también la Herramienta de Análisis y Diseño Asistido (HADA), mediante la cual es posible capturar de forma rápida y sencilla imágenes en tiempo real de un puesto de trabajo.

Mediante un menú diseñado específicamente, es posible “copiar” los movimientos reales del sujeto. También es posible representar elementos físicos del puesto de trabajo (mesa, silla, etc.) e importar objetos desde otras aplicaciones.

Una vez simulado el escenario, HADA permite modificar los datos antropométricos, los elementos de la escena y simular los movimientos en función de las medidas preventivas que se establezcan.

Los movimientos se exportan a una base de datos para obtener un completo análisis de movimientos, lo que facilita la aplicación de los diferentes métodos de evaluación, como son OCRA, REBA, NIOSH, etc. [339].

5.3.2.12. ERGOWEB

Ergoweb, Inc. fue fundada el 1 de enero de 1995 para la comercialización de software industrial de evaluación de trabajo, entonces en fase de desarrollo en la Universidad de Utah. Actualmente, es una empresa privada y con multitud de software en el mercado de la ergonomía, centrado principalmente en cuestiones de ergonomía física, tales como el lugar de trabajo y evaluación de equipos humanos y el diseño del puesto de trabajo. ERGOWEB ha realizado un programa completo de cálculo, denominado Job Evaluator Toolbox (JET), que describe un análisis biomecánico completo del cuerpo sirviéndose del método de Rodgers MFA, la ecuación de NIOSH y las tablas de la Liberty Mutual entre otros [340].

5.3.2.13. Video-och Datorbaserad Abetsanalys

El método Video-och Datorbaserad Abetsanalys (VIDAR) es una herramienta para usar, como método de desarrollo participativo, en el diseño del puesto de trabajo. La primera versión del método VIDAR se presentó en el año 1997 [341] y ha sido mejorado, posteriormente, en el año 2003 y en el año 2006. VIDAR

incorpora un listado que relaciona las normas ergonómicas. Plantea un método participativo, donde la empresa se interesa por la opinión de los trabajadores. Inicialmente, VIDAR evaluaba las situaciones o posturas incómodas en las tareas haciendo uso de la escala de Borg CR-10. Posteriormente, en el año 2006, se comenzó a utilizar la lista de chequeo QEC [342].

Para el uso de VIDAR, se necesita un ordenador, el software y una cámara para la grabación. Cuando el operario/a identifica en el ordenador una situación exigente, se le pregunta sobre la incomodidad, el nivel de dolor o malestar, el nombre de la tarea de trabajo y la frecuencia de desarrollo de la actividad. También permite registrar comentarios opcionales. A partir de aquí comienza el análisis⁴⁵⁷.

VIDAR fue desarrollado con la idea de contribuir a la participación del usuario final [343]. A continuación, se muestra un ejemplo del contenido de VIDAR en la propia aplicación del programa.

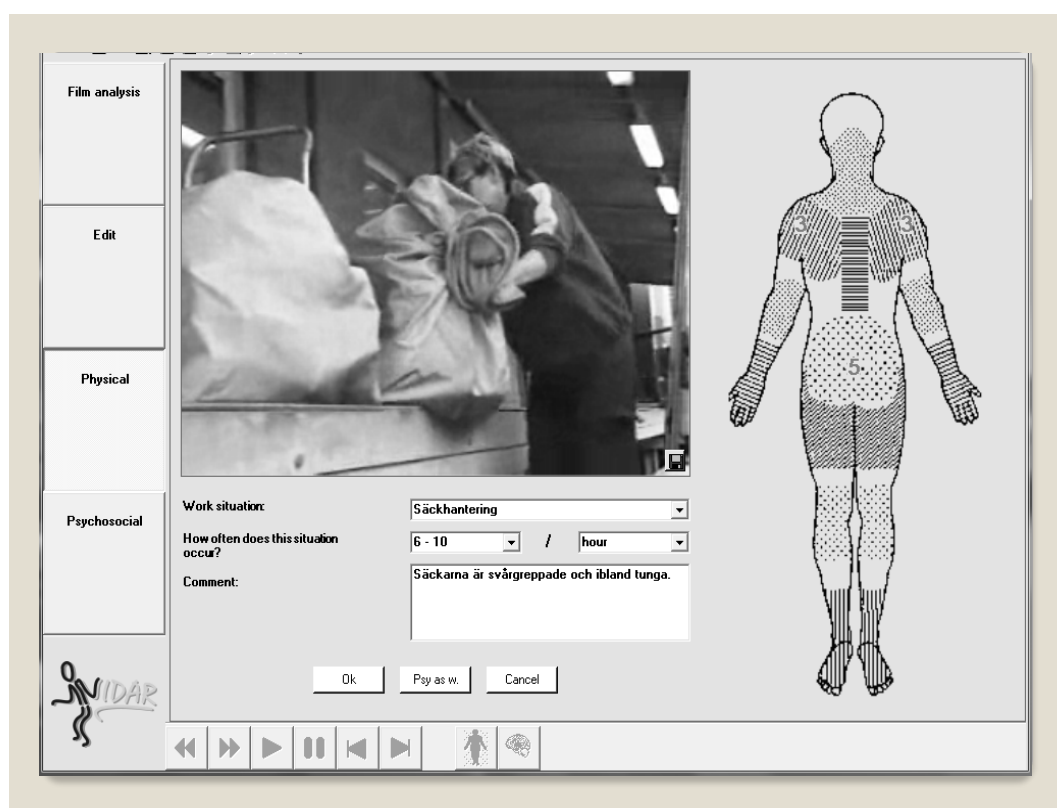


Figura 43. Ejemplo de aplicación de VIDAR.

5.3.2.14. Task Recording and Analysis on Computer

Task Recording and Analysis on Computer (TRAC) está preparado para el análisis de campo, ya que únicamente requiere el uso de un controlador tipo Handheld (también llamado PDA). Utiliza las posturas descritas en OWAS. TRAC permite al observador elegir y definir las variables y las categorías dentro

⁴⁵⁷ Ibídem.

de las variables, que se registran en el mismo lugar de trabajo para analizarlas posteriormente. El método permite además facilitar el análisis de manera sistemática y simultánea [344, 345].

El equipamiento necesario ha sido mejorado posteriormente y ha sido implementado en posteriores investigaciones [346, 347].

5.3.2.15. Industrial Lumbar Motion Monitor

Industrial Lumbar Motion Monitor consta de un dispositivo que se utiliza para capturar el movimiento en tres dimensiones de la región dorsolumbar. Se trata esencialmente de un equipo que se coloca en la región de la espalda y que registra las medidas de la posición angular en tres dimensiones. Los datos registrados de posición angular son diferenciados mediante el uso del software que acompaña al equipo [348].

5.3.2.16. Método desarrollado por Wells

Wells, Moore, Potvin y Norman presentaron en el año 1994 una evaluación de la exposición a factores de riesgo, para el desarrollo de TME's crónicos por esfuerzo repetitivo de los miembros superiores y la espalda dorsolumbar, combinando sistemas de video y la monitorización computerizada cuantitativa y semicuantitativa [349].

La instrumentación que utilizaron para su experimento combinaba una imagen de vídeo del trabajador al realizar la tarea con la información superpuesta cuantitativa en relación a los factores de riesgo. La monitorización continua de la activación muscular y la grabación de vídeo son aspectos útiles para identificar los factores de riesgo en las lesiones agudas y crónicas en ciertos lugares de trabajo. El enfoque del método proporcionaba información sobre aspectos del desarrollo de TME crónicos que no se identifican fácilmente con los métodos de observación directa⁴⁵⁸.

Desafortunadamente, el uso de este método presenta un alto costo del equipo y entrenamiento del personal involucrado⁴⁵⁹.

5.4. Teoría de métodos epidemiológicos descriptivos

La epidemiología es la disciplina que estudia la aparición de enfermedades en la población. Constituye una rama de las ciencias biomédicas que estudia la enfermedad y las causas por las cuales ésta sucede. Siguiendo este contexto, la epidemiología ocupacional consiste en el estudio de la frecuencia de la enfermedad y su relación con las frecuencias de factores de riesgo, de carácter psicosocial u organizacional, físicos y biomecánicos e individuales, centrados en aspectos relacionados con el puesto de trabajo, la organización, las actividades

⁴⁵⁸ Ibidem.

⁴⁵⁹ Ibidem.

mecánicas o posturales, la edad, el género, entre otras condiciones externas, junto a las características específicas del individuo [218, 350].

Se desarrollan en los siguientes apartados dos formas de aplicación de los métodos epidemiológicos. Por una parte, la elaboración de una entrevista-cuestionario y por otra el estudio de accidentes de trabajo [351].

5.4.1. La investigación de accidentes

Una de las funciones generales de la vigilancia de la salud en el trabajo es la identificación de casos individuales de enfermedades y lesiones profesionales, para así estar en condiciones de detectar y evaluar a otras personas dentro del mismo lugar de trabajo, que puedan estar en situación de riesgo. Además, a través de la identificación de casos individuales se puede incidir en el proceso de asistencia médica, de tal forma que la persona afectada reciba un seguimiento clínico adecuado [352, 353].

La investigación de accidentes persigue conocer lo más fielmente posible las circunstancias y situaciones de riesgo que se han producido y han posibilitado la materialización del accidente. El fin consiste en llegar a identificar las causas a través del previo conocimiento de los hechos. El conocimiento de tales causas debería permitir eliminar aquellas que son determinantes del accidente así como evitar la repetición del accidente. Por otra parte, la identificación, eliminación o reducción de las causas que provocan los accidentes permite el aprovechamiento de la experiencia adquirida previamente en un puesto de trabajo, con el fin de establecer mejoras preventivas [354].

Por todo esto, se recurre a las técnicas de investigación de accidentes como estrategia para la identificación de los casos y el conocimiento de las situaciones que pueden llegar a desencadenarlos.

Las técnicas de la investigación de accidentes de trabajo constituyen un tema fundamental en materia de la seguridad laboral. Muchos métodos y modelos diferentes [355-361] han sido sugeridos para apoyar la investigación eficiente de accidentes, y constantemente siguen apareciendo nuevos métodos y modelos para la estrategia de la investigación [362-364].

La metodología a seguir en el proceso de investigación de accidentes debe contemplar cinco etapas sucesivas: toma de datos, integración de los mismos, determinación de las causas, selección de las principales y ordenación de las mismas [365].

El enfoque principal de los métodos de investigación actuales es la comprensión de por qué ocurren los accidentes, así como la toma de decisión de las causas que los producen [366].

El objetivo de la investigación de accidentes en ergonomía biomecánica está directamente relacionado con la determinación de las causas, siguiendo un proceso de investigación integral [354]. Las causas involucran el conocimiento previo de los hechos por los que se fijan las razones del suceso de accidente, es decir, se buscan las causas inmediatas del accidente y la raíz. La causa inmediata puede ser el agente que produce directamente la lesión o enfermedad, esto es, las condiciones subyacentes. La causa principal es el fracaso de todos

los otros defectos que crecen, a menudo, alejados en el tiempo y en el espacio desde el accidente [367].

Actualmente, no existen normas específicas para la investigación de accidentes, aunque muchos países europeos recurren a diferentes métodos y procedimientos de recogida y compilación de datos sobre accidentes del trabajo [368].

Por otra parte, la investigación de accidentes permite la obtención de la morbilidad, que es un término que se define como el número de casos nuevos de una enfermedad multiplicado por mil y dividido por el número de personas en riesgo de sufrir la enfermedad [369].

Por último, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) de 1995 obliga al empresario a garantizar la protección eficaz de los trabajadores en su puesto de trabajo y ello conlleva la identificación de las causas que han posibilitado la materialización del accidente o EP, en tanto que el incidente no es sino la manifestación objetiva o irrefutable de que una situación de riesgo no está suficientemente o correctamente controlada⁴⁶⁰.

Con el fin de aplicar medidas y acciones preventivas dirigidas a reducir las situaciones que producen los accidentes de trabajo y EP donde aparecen implícitos trastornos musculares, se detalla un procedimiento de investigación. En primer lugar, se estudian las causas que los producen a medio y largo plazo. En segundo lugar, se atiende a las circunstancias y causas que producen los accidentes y EP [370].

5.4.2. La entrevista

Una entrevista es un procedimiento diseñado para obtener información derivada de las respuestas verbales que una persona proporciona a preguntas orales [371], con la finalidad de indagar sobre los hechos, conocimientos, opiniones, juicios y motivaciones.

La entrevista semiestructurada es utilizada mediante un cuestionario que sirve como guía al entrevistador. Permite obtener información precisa en poblaciones específicas [372]. De esta forma, el entrevistador -mediante el uso del cuestionario- es capaz de establecer estándares personales durante la entrevista, mediante la aplicación de un enfoque comunicativo pragmático y el análisis de un discurso [373].

En el desarrollo del cuestionario se deben seleccionar escalas adecuadas que sigan los criterios de fiabilidad, validez y factibilidad [374]. En el caso de la factibilidad, se puede determinar, por ejemplo, la consistencia interna según Alfa de Cronbach [375].

⁴⁶⁰ Ibidem.

5.5. Teoría de métodos epidemiológicos analíticos

En el CAPÍTULO 4 se han desarrollado los modelos que explican los factores relacionados con el desarrollo de los TME's. A través del CAPÍTULO 3, se han relacionado los TME's reconocidos en la bibliografía y literatura, de los el principal interés es la existencia y la gravedad de la lesión. Los TME's han sido comentados en el CAPÍTULO 2, mediante la perspectiva anatómica de la lesión y la valoración del daño tisular. En conjunto, la valoración de la lesión, la explicación de mecanismos que la producen y el conocimiento anatómico de los TME's constituyen un planteamiento viable en el área de salud.

Mediante la epidemiología analítica es posible establecer relaciones causales entre factores a los que se exponen personas y poblaciones, y las enfermedades que presentan.

5.5.1. Estudio analítico procedente de los casos etiológicos definidos en la literatura

La etiología representa y explora las causas que producen enfermedades [376]. La utilización de la etiología dentro de los sistemas de salud ocupacional ha servido como base para el desarrollo de programas destinados al control de las enfermedades laborales en el propio lugar de trabajo. Dado que el papel de las causas regula tanto las acciones médicas y la confianza pública en la medicina, es altamente deseable que el conocimiento sobre la etiología de una enfermedad esté bien fundamentado y como requisito previo se deben conocer las causas que la desarrollan [377].

La etiología requiere de la aplicación de la epidemiología para establecer los factores de riesgo biomecánicos (extrínsecos e intrínsecos) y la intervención de otras ciencias sociales aplicadas, para identificar los determinantes de los comportamientos organizativos e individuales, que dan lugar a la existencia de condiciones inseguras, es decir, como ya se ha venido comentando, responde a un modelo multifactorial secuencial, es decir, que el efecto acumulativo de diversos factores podrán dar lugar a la manifestación clínica, tras un periodo de desencadenamiento de la enfermedad y un periodo de latencia [119].

Por otra parte, la etiología del desarrollo de los TME's laborales, debido al carácter multifactorial [378] y su carácter acumulativo en el tiempo, añade dificultades para la predicción precisa, por lo que se requiere la diferenciación⁴⁶¹:

- Enfermedad general: cuando los factores individuales y extralaborales son la causa suficiente y necesaria para explicar el origen común de la enfermedad y no se presenta exposición a los factores de riesgo en el trabajo.
- Enfermedad general relacionada con el trabajo: su etiología es fundamentalmente no ocupacional (individual o extralaboral) aunque los

⁴⁶¹ Ibídem.

factores ocupacionales exacerban las manifestaciones de las enfermedades.

- Enfermedad profesional (EP): está propiciada por alguna de las siguientes situaciones:
 - La etiología ocupacional tiene mayor peso en la presentación de la enfermedad que los factores de origen común.
 - La relación causal entre una exposición ocupacional y una enfermedad específica resulta clara (tanto médica como legalmente), por lo tanto, se trata de una EP típica.

La dificultad principal consiste en determinar el nivel de predicción absoluto o multicausal de los factores de riesgo biomecánico, que se relacionan con los TME's laborales en cada caso. Con la especificación etiológica probada en ciencias médicas de la existencia de la enfermedad, se deberían poder establecer relaciones de causalidad. Ahora bien, la principal dificultad inherente a toda investigación etiológica es el extremo de prudencia a la hora de emitir un juicio acerca de cualquier relación causal [379]. Por el contrario, la apreciación del hecho multicausal favorece el abordaje de los problemas de salud desde diversas perspectivas, ya que, al aceptarse que existen varias causas, se puede actuar con diversas herramientas, en definitiva, tanto desde la acción preventiva como curativa. Para poder concluir que un factor de riesgo contribuye al desarrollo de cierta enfermedad, es necesario que concurren ciertas circunstancias, que son: a) la asociación debe preceder al desenlace, es decir, que debe existir una secuencia temporal, b) la asociación no debe obedecer a alguna fuente de error sistémico (es decir, debe contener validez) y c) la asociación entre exposición y desenlace debe ser estadísticamente significativa [380].

Por último, cabe citar que los estudios etiológicos transversales, longitudinales y experimentales, han demostrado que para cada enfermedad musculoesquelética ocupacional existe cierta exposición a una combinación de dos o más de los factores relacionados con el trabajo físico: actividades que implican posturas forzadas, posturas estáticas, movimientos repetitivos, elevación manual de cargas, manipulación manual, empuje, arrastre de cargas, aplicación de fuerza o esfuerzo físico y vibraciones [29].

5.5.2. Estudio analítico de casos y controles

El estudio analítico de casos y controles es un tipo de investigación epidemiológica del tipo analítica, debido a que verifica una o varias hipótesis previamente establecidas. Entre sus características destacan [381, 382]:

- Dentro del estudio de casos y controles, la figura del investigador debe mantener una participación pasiva y observacional, ya que se trata de que los hechos hayan ocurrido en el pasado y se están investigando en el presente (medición retrospectiva).
- Son verdaderamente útiles en estudios de enfermedades de baja frecuencia poblacional, por lo que resulta interesante conocer la morbilidad de la población previo al desarrollo del estudio de casos y controles.

5.6. Teorías de métodos globales de análisis de las condiciones del trabajo

Algunos métodos de análisis de las condiciones de trabajo⁴⁶² (ACT) han sido desarrollados para la evaluación del puesto de trabajo en general, muchos de los cuales son considerados casi universales. La característica principal es que estos métodos son muy prácticos para establecer una evaluación en puestos de trabajo de caracteres industriales o similares, donde la descripción de tareas se puede establecer rápidamente. A pesar de todo, el uso de estos métodos está limitado a especialistas entrenados. La metodología consta principalmente de la observación directa de los puestos y de la entrevista a los trabajadores. Muchos de estos métodos son considerados incluso listas de verificación o comprobación (como sucede p.e. en los casos de los métodos desarrollados en el apartado 5.6.1 y el 5.6.2) [383]. También cabe destacar que se están implementando en la actualidad numerosas herramientas informáticas que implementan dichos métodos (adaptados y mejorados), así como el análisis mediante cálculos reservados que incluyen informes y valoraciones independientes para casos específicos.

Otros de los métodos que también son excluidos en este estudio de investigación son aquellos que forman parte de estudios higiénicos. Cabe citar el método Back-Exposure Sampling Tool (Back-EST) para el análisis de las vibraciones, además de la postura y la fuerza aplicada en el movimiento.

5.6.1. Método desarrollado por la Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse

El desarrollo del método se produjo cuando en 1979, Landau, Haider y Rohmert comenzaron a investigar sobre un sistema universal de trabajo, en un intento de mejorar el análisis productivo hombre-máquina. El concepto, finalmente, fue desarrollado por los autores en términos universales de aplicabilidad y fue diseñado para el estudio del contenido del trabajo y no los términos individuales de la realización de una actividad [384].

Este método sirve principalmente para detectar condiciones estresantes para el trabajador y propone buscar una solución por medio de observaciones detalladas y reuniones de equipos de trabajo, por lo que es necesario un especialista en ergonomía durante el procedimiento para poder llevar a cabo una evaluación del lugar de trabajo [383, 385].

El método de la Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse⁴⁶³ (AET), plantea durante la ejecución de un trabajo los requisitos del análisis de la conducta orientada al trabajo y los aspectos

⁴⁶² Condiciones de trabajo: Engloba tanto factores de riesgo ergonómicos, sociales y organizacionales, higiénicos, etc.

⁴⁶³ Ciencias del Trabajo para la Recopilación de Datos sobre el Análisis de Actividad.

psicológicos. Se estructura en tres partes: sistema de trabajo, análisis de las tareas y análisis de los requisitos⁴⁶⁴.

En el análisis de los sistemas de trabajo, los tipos y propiedades de los objetos del trabajo, el equipo que se usa, el ambiente físico social y organizacional, son documentados en escalas nominales y numéricas⁴⁶⁵.

Los requerimientos conductuales son cubiertos en el análisis de las condiciones para efectuar el trabajo, donde se clasifican 31 ítems numéricamente escalados⁴⁶⁶.

El sistema de trabajo -tareas y demandas en los lugares de trabajo- es dividido por este método en una serie de ítems, que son investigados usando la técnica de observación/entrevista estructurada por un especialista entrenado en este campo⁴⁶⁷.

Cada ítem del método AET consta de una pregunta que cuestiona el estado de la situación a evaluar -se apoya con ejemplos y guías para ayudar a contestar la pregunta- y que anexa un código que clasifica esta característica⁴⁶⁸.

Así, p.e., los ítems del análisis de la demanda del trabajo contienen ayuda adicional para su clasificación en la forma de “escalas de tareas o actividades”. La escala de actividad, basada en información investigada previamente, contiene una serie de grados de actividades y tareas. Esto es equivalente a una escala de clasificación ascendente que normalmente se intensifica con puntuaciones altas del nivel de estrés⁴⁶⁹.

Las desventajas que se observan en este método son que no evalúa el gasto metabólico de energía ni la carga biomecánica a que puede estar sujeta la persona evaluada, además de que el evaluador no toma en cuenta la opinión del trabajador⁴⁷⁰.

5.6.2. Método desarrollado por el Laboratoire de Economie et Sociologie du Travail

Elaborado por miembros del Laboratoire de Economie et Sociologie du Travail (LEST) [386], el método LEST se constituyó como una herramienta muy eficaz que nació de la necesidad industrial de describir y medir las condiciones de trabajo de la forma más objetiva y global posible, estableciendo un diagnóstico final indicando si cada una de las situaciones consideradas en el puesto es satisfactoria, molesta o nociva. Esto se determina por medio de 16 criterios

⁴⁶⁴ Ibidem.

⁴⁶⁵ Ibidem.

⁴⁶⁶ Ibidem.

⁴⁶⁷ Ibidem.

⁴⁶⁸ Ibidem.

⁴⁶⁹ Ibidem.

⁴⁷⁰ Ibidem.

agrupados en cinco aspectos: entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo. Aunque algunas partes de la “Guía de Observación” puedan ser utilizadas para evaluar otros puestos más cualificados del sector industrial y para muchos del sector servicios. En ningún caso debería ser usado para trabajadores de la construcción o de mantenimiento ya que es un método especializado para actividades fijas y de producción en serie del sector industrial, donde las condiciones físicas (y/o físicas biomecánicas) y el lugar de trabajo no varían apenas [387].

5.6.3. Método desarrollado por la Régie Nationale d'Usines Renault

El método de la Régie Nationale d'Usines Renault (RNUR), también llamado “Perfil del Puesto”, es un método de evaluación para las condiciones del trabajo que atiende a los siguientes factores: concepción del puesto, seguridad, entorno físico, carga física, carga nerviosa, autonomía, relaciones, repetitividad y contenido [388].

A diferencia del método LEST, la “Guía de análisis del perfil del puesto” es poco significativa y se limita a una hoja de anotaciones, por lo que exige que el investigador sea un experto en condiciones de trabajo capaz de captar las peculiaridades de cada puesto [389].

Al igual que el método LEST es un método apropiado para el sector servicios e industrial.

5.6.4. NASA Task Load Index

El método Nasa Task Load Index (NASA-TLX) desarrollado por Hart y Stavenland (1988) es un método subjetivo de evaluación que permite la valoración multidimensional del puesto de trabajo. Para ello, consta de seis subescalas de puntuación: demandas mentales, demandas físicas, demandas temporales, actuación individual, esfuerzo y frustración.

El método NASA se define como una escala subjetiva de evaluación de esfuerzo y carga de trabajo [390].

Entre las ventajas del método, destacan las posibilidades de aplicación a una gran variedad de tareas, la rapidez en el uso y la simplicidad de la técnica utilizada. La principal desventaja es el hecho de realizar una evaluación subjetiva de cada individuo [391, 392]

5.6.5. ERGOS

El método ERGOS, es un procedimiento de trabajo desarrollado por el Servicio de Prevención de la antigua Empresa Nacional Siderúrgica (ENSIDESA), mediante el cual es posible identificar y evaluar todos los factores de riesgo, a través del uso de una guía de campo para la recogida de datos del puesto de trabajo. Está compuesto por seis grandes grupos de factores: configuración del puesto y microclima, carga física, carga mental, contaminantes químicos, agentes físicos y seguridad.

El método obtiene una puntuación final que es indicativa de las condiciones de trabajo existentes en cada puesto desde el punto de vista global [136].

5.6.6.FAGOR

El método de Evaluación de las Condiciones del Trabajo desarrollado por FAGOR (1986), define el puesto de trabajo, los equipos utilizados y la ropa de protección, el indicador de riesgo de accidente y la opinión subjetiva del trabajador. Los factores que evalúa son cinco: físicos, psíquicos, químicos, accidentabilidad y organizativos. El método estudia aspectos de la organización, el horario de trabajo, los tiempos de ciclos, el tiempo de autonomía, así como los espacios y grupos de trabajo [393].

5.6.7.Método de la Agence Nationale pour L'Amélioration des Conditions de Travail

El método de la "Agence Nationale pour L'Amélioration des Conditions de Travail" (ANACT), parte de la filosofía de que son los propios individuos quienes mejor conocen su trabajo. Considerando este principio, el método no pretende ser una solución única para una situación o trabajo concreto, sino que su premisa es el compromiso y participación activa entre los que efectúan el trabajo y los supervisores del mismo o la propia empresa [394].

Está compuesto por una serie de fichas prácticas y estructuradas que recogen la información necesaria en el puesto. Para poner en práctica este método no hace falta ser experto en la materia. De los resultados obtenidos de las fichas, se propondrán las mejoras necesarias para solucionar el problema⁴⁷¹.

Está estructurado en diferentes etapas⁴⁷²:

1. Conocimiento de la empresa
2. Análisis global
3. Encuesta sobre el terreno
4. Balance del estado de las condiciones del trabajo
5. Discusión de los resultados obtenidos y propuesta de un programa de mejora

Se considera esta herramienta como la representación de los métodos subjetivos porque se basa en la opinión que los propios interesados tienen sobre sus condiciones de trabajo y porque es una herramienta muy estructurada y con una amplia muestra de factores de riesgo⁴⁷³.

No es un método propuesto para expertos y dada su sencillez es útil para aplicar

⁴⁷¹ Ibidem.

⁴⁷² Ibidem.

⁴⁷³ Ibidem.

internamente en la estructura de empresa⁴⁷⁴.

5.6.8. Método de Malchaire e Indesteege

Propuesto por Malchaire e Indesteege (1997) evalúa la incomodidad -de las posturas de trabajo en los miembros superiores- percibido para un conjunto de movimientos articulados incluyendo los de la mano, brazo, cuello y espalda, y los correspondientes tiempos máximos manteniendo la postura [395].

Siguiendo la estrategia SOBANE, Malchaire e Indesteege, plantearon un método experimental en cada etapa de análisis tanto del propio trabajador como del puesto de trabajo⁴⁷⁵.

Divide el desarrollo en tres etapas: la primera etapa o análisis global, la segunda etapa o análisis por observación y la tercera etapa o análisis cuantitativo. Para ello, recurre a la elaboración de diversos cuestionarios relacionados con el estado de salud o las características individuales, el examen clínico, una lista de chequeo, y finalmente, concluye con el análisis por electromiografía⁴⁷⁶.

5.6.9. MAPFRE

El método MAPFRE desarrollado por el Instituto Tecnológico de Seguridad MAPFRE y denominado "Método del análisis ergonómico del puesto de trabajo", pretende ser una valoración ergonómica simplificada, en la que, a partir de un análisis general de las condiciones del puesto, se puedan abordar estudios más profundos y específicos de los aspectos considerados como negativos [387].

La valoración es realizada tanto de forma objetiva (por parte del técnico que estudia el puesto), como de forma subjetiva (por parte del operario)⁴⁷⁷.

Este método consta de tres partes perfectamente diferenciadas: una descriptiva, donde se indican los datos más significativos del puesto de trabajo (denominaciones de las máquinas, equipos, materiales empleados, así como una breve descripción de las tareas que se realizan), una parte evaluativa, donde se evalúan los 15 factores que componen el método, objetiva y subjetivamente y, por último, una parte donde se proponen las medidas correctivas del puesto de trabajo y se abordan las posibles mejoras técnicas, organizativas, administrativas o formativas⁴⁷⁸.

5.6.10. Ergonomic Workplace Analysis

El método Ergonomic Workplace Analysis (EWA) desarrollado por el Finnish Institute of Occupational Health (Arbetshälsoninstitutet) (1989), es un instrumento

⁴⁷⁴ Ibídem.

⁴⁷⁵ Ibídem.

⁴⁷⁶ Ibídem.

⁴⁷⁷ Ibídem.

⁴⁷⁸ Ibídem.

ideado para el análisis global de las condiciones del trabajo. Consta de una serie de listas de verificación que se cumplimentarán mediante entrevista y su particularidad es que no es efectivo en los trabajos de la cadena de producción. El trabajo presentado y revisado posteriormente, ofrece medidas correctivas, guías y propuestas de mejora de las condiciones del trabajo [396].

En las últimas investigaciones sobre la fiabilidad y facilidad del uso ha sido denominado Ergonomic Workplace Method (EWM) [397].

Los principales métodos utilizados en la recolección de datos consisten en la observación visual durante el trabajo real y las entrevistas de los trabajadores, los supervisores y delegados de prevención. Cada elemento que se evalúa, consta de una escala de tres categorías que representan riesgos para la salud (1 = riesgo sin complicaciones, 2= riesgo moderado, 3= riesgo intolerable). En la escala de EWM se han incorporado cinco categorías⁴⁷⁹.

El método incluye los siguientes 12 puntos⁴⁸⁰:

1. Régimen general del espacio de trabajo.
2. Las tareas de trabajo y el contenido del trabajo.
3. Las características del lugar de trabajo.
4. Los indicadores y controles, procesamiento de la información.
5. Equipos de trabajo.
6. Características del objeto de trabajo.
7. La actividad física, levantar y cargar.
8. Condiciones de iluminación.
9. Ambiente térmico.
10. Medio-ambiente acústico.
11. Orientación e instrucciones para el trabajo.
12. Otros factores pertinentes.

El marco teórico de este método se encuentra en la fisiología del trabajo, la biomecánica, la psicología de la información, la higiene industrial y la técnica de modelado de la organización del trabajo⁴⁸¹.

⁴⁷⁹ Ibidem.

⁴⁸⁰ Ibidem.

⁴⁸¹ Ibidem.

CAPÍTULO 6. Materiales y métodos

6.1. Introducción

En este capítulo se presentan los materiales y métodos que se utilizan para el desarrollo de la investigación. En primer lugar, se define la selección de la muestra de estudio y la toma de datos. En segundo lugar, se exponen los métodos utilizados que incluye: la normalización de métodos y la descripción de las fases que son seguidas para el desarrollo de esta investigación. Se desarrollan cuatro fases: fase 1 sobre definición de procesos y actividades, fase 2 sobre métodos de observación directa, fase 3 sobre métodos directos de análisis biomecánico, fase 4a sobre métodos epidemiológicos descriptivos y fase 4b sobre métodos epidemiológicos analíticos.

6.2. Selección de la muestra de estudio y toma de datos

Teniendo en cuenta los objetivos de esta tesis, se planteó la investigación sobre empresas del sector de la construcción. Este estudio se ha llevado a cabo en una organización especializada en instalaciones mecánicas de climatización que subcontrata habitualmente mano de obra directa de tipo redes de conductos, redes eléctricas, redes de tubería y maquinaria frigorífica, redes de tubería de PCI y albañilería para los acabados de las instalaciones. Los datos fueron recogidos a través de la observación directa de los puestos de trabajo, la interacción con los trabajadores mediante entrevistas y el análisis de accidentes facilitados por las empresas subcontratistas o por los propios trabajadores. De esta forma, han podido ser descritas también las actividades que además han sido cotejadas a través de la participación activa de los operarios en la entrevista.

Todos los puestos de trabajo han sido estudiados durante el proceso de construcción de las instalaciones de un edificio de gran envergadura en el centro de Bilbao, provincia de Bizkaia, España. Se seleccionó únicamente la muestra en esta única obra, debido no sólo a su magnitud, (el número de operarios que trabajaban en el sector de las instalaciones mecánicas permitió la selección de una muestra suficientemente representativa), sino también a que los procesos realizados disponían en principio de unas condiciones de trabajo más favorables que en otras obras conocidas, de menor tamaño o relevancia. Sirva como ejemplo de estas condiciones que el transporte de cargas se vió reducido al mínimo debido a la presencia abundante de medios mecánicos de carga y elevadores y se dispuso de maquinaria para la colocación de los aparatos y equipos en techo. De hecho, a pesar de que una obra de construcción incluye

baja tecnología⁴⁸² [398], de ser utilizada sólo se incluye en proyectos de gran envergadura y grandes infraestructuras [399].

En cualquier caso, se ha excluido de este estudio la etapa de puesta en marcha de las instalaciones, así como aquellas tareas que requieren la utilización de maquinaria específica para el traslado de materiales, ya que estos trabajos son propios de otros puestos específicos no analizados en esta investigación, como ya se ha explicado en el ámbito de este estudio (ver apartado 1.1. sobre alcance del trabajo).

El registro de datos se llevó a cabo durante un año, desde el periodo comprendido entre el 6 de abril de 2010 hasta el 31 de marzo de 2011. Durante este tiempo fue posible establecer herramientas y técnicas que permitieron estructurar el trabajo, identificar, analizar y evaluar los riesgos.

En total se ha estudiado un grupo de 150 operarios de los cuales 34 han participado en la entrevista. Los que participaron en la entrevista relataron que padecían algún tipo de dolor muscular o que habían sufrido algún tipo de patología musculoesquelética relacionada con el trabajo que desarrollaban en ese momento.

En la investigación de accidentes y EP se recogieron un total de 6 muestras. Los 6 operarios accidentados además contestaron a la entrevista.

Para el estudio epidemiológico de casos y controles, el número de casos expuestos es de 34 (los 34 operarios que completaron la entrevista). De estos 34 operarios, se registraron 6 accidentes de trabajo o EP (que incorporaron el informe médico que avala el diagnóstico). Hay que sumar a esta cantidad otros 9 casos de trabajadores, obtenidos a partir de la entrevista, que indicaron que habían sufrido algún tipo de TME ocupacional. De estos 9 casos no se dispone de los informes médicos que lo avalen.

El número de operarios seleccionados para obtener la muestra se basa en estudios previos del sector de la construcción que han contenido un número inferior de trabajadores para la obtención de datos. Así por ejemplo, el método OWAS fue probado en un grupo de 18 trabajadores entre operarios del sector de la construcción realizando actividades como martillar o golpear [400]. Algunos estudios para el sector de la construcción, incluso se limitan a la definición de actividades sin tener en cuenta una muestra de operarios, como sucedió, por ejemplo, en un estudio realizado sobre identificación ergonómica donde se recurre a un grupo de 17 ergónomos del sector de la construcción [401].

Por otra parte, el fichero de grabaciones de video y reportaje fotográfico ha sido gestionado de tal forma que sólo se ha conservado en archivo la cantidad necesaria para el fin de esta investigación de manera que no se sobrecargase de datos el fichero. También cabe indicar que durante la filmografía se ha mantenido en todo momento el derecho de los operarios a la intimidad y a la integridad física. Por esta razón, no se ha dispuesto de imágenes ni grabaciones sin el debido consentimiento de los trabajadores. De igual forma, las entrevistas

⁴⁸² Los proyectos de baja tecnología se basan en tecnologías existentes donde un contratista vuelve a generar un producto existente [398] Dvir D, Lipovetsky S, Shenhar A, Tishler A. In search of project classification: a non-universal approach to project success factors. *Research Policy*. 1998;27:915-35..

y la recopilación de informes médicos de los accidentes se hicieron anónimamente.

Los tiempos han sido ajustados en cada caso y se ha cronometrado cada actividad hasta obtener una descripción homogénea de tiempos. Siguiendo este criterio, se ha abordado así toda la descripción de actividades.

Hay que tener en cuenta que en este tipo de empresas no existe personal adecuado para la gestión de tiempos y control de actividades, luego la labor para recopilar los datos ha sido muy intensa y tediosa, ya que no se ha partido en ningún momento de dato alguno que pudiera reflejarse directamente en este estudio. Es por esto, que a falta de esta información procedente de los controles de empresas, se ha seguido el criterio de mantener los casos más desfavorables. Esto también se aplica a las operaciones de desplazamiento, donde se atribuye la mayor distancia que haya podido efectuarse por planta de trabajo.

Con esto, se han adjuntado al proceso final sólo aquellos datos relevantes y críticos para llevar a cabo este estudio.

Para la recopilación de los datos, se utilizan varios métodos: 1) la observación de los trabajos, tareas y actividades, 2) las entrevistas semiestructuradas cara a cara, y 3) una revisión de las colecciones de accidentes en el grupo de participantes.

El programa de recolección de datos se inspira en un enfoque etnográfico y participativo, donde se tiene en cuenta que prestar atención a la opinión de los participantes es tan importante como el tiempo que se dedica a la observación de sus actividades [402, 403].

Por último, cabe indicar que en la metodología utilizada en esta investigación no es posible realizar estudios comparados totalmente, ya que hasta el momento, no existen estudios en el sector de la construcción y subsectores de éste que utilicen una metodología trazable como la que se lleva a cabo en esta investigación. Se realizan comparaciones en las fases en las que así sea posible.

6.3. Métodos utilizados

Este estudio se lleva a cabo desarrollando un concepto de análisis multimetodológico que integra la epidemiología (tanto analítica como descriptiva), la metodología directa observacional y el empleo de software específico para poder realizar un análisis distribuido de resultados cualitativos y cuantitativos. Y todo esto se consigue partiendo del conocimiento y la descripción de los procesos realizados en el sector de las instalaciones mecánicas en edificios. Mediante la interpretación de los resultados se llega a la justificación del desarrollo de TME's ocupacionales relacionados con los factores de riesgo biomecánicos del sector de las instalaciones mecánicas en edificios.

La metodología que se desarrolla en esta investigación, trata de integrar al mismo tiempo, conceptos de medicina e ingeniería para llevar a cabo el análisis ergonómico desde criterios biomecánicos [9]. La clasificación resultante simplificada de la integración de la metodología, se detalla en la **Figura 44**.

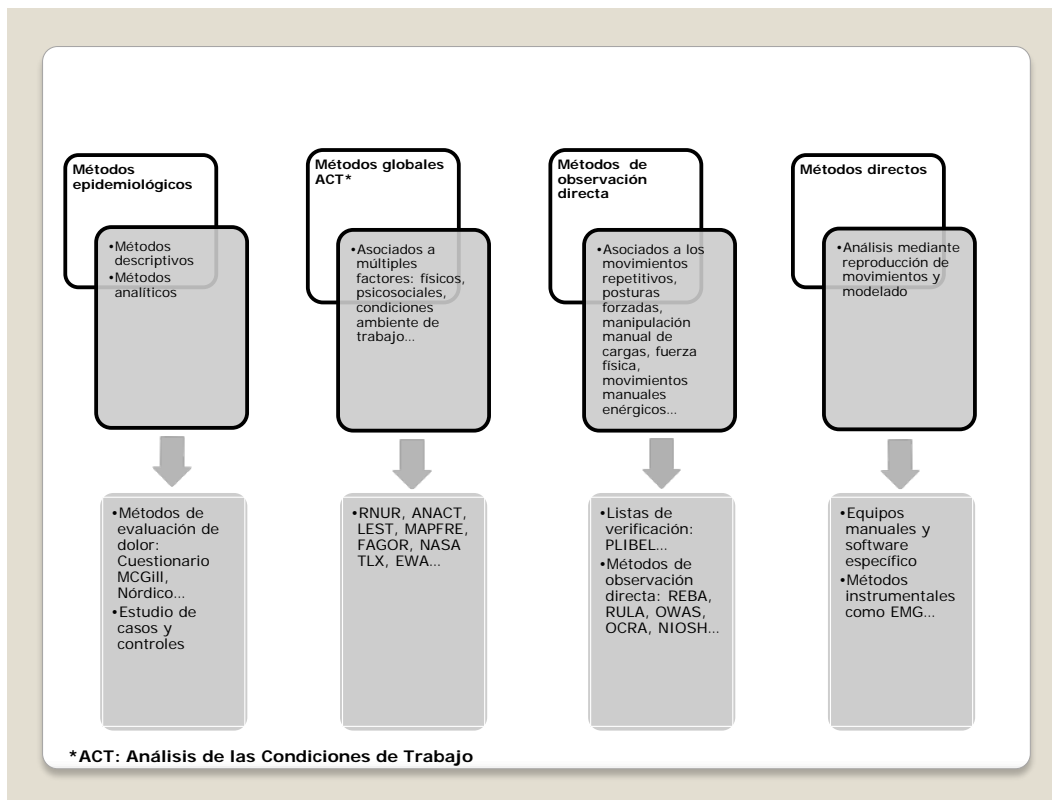


Figura 44. Clasificación de métodos ergonómicos (de evaluación de factores biomecánicos).

Existen distintos tipos de métodos para la evaluación de riesgos, por una parte, las listas de verificación como elementos rápidos para la identificación de los factores de riesgo, y por otra, los métodos de análisis detallado (p.e. REBA, RULA, OWAS, OCRA, etc.) que son utilizados como herramienta de análisis en este estudio. También existen los métodos globales de Análisis de las Condiciones de Trabajo (ACT) que no se desarrollan en este capítulo y que no se emplearán en la evaluación, pero que fueron descritos en el capítulo anterior.

A modo de resumen, los métodos globales de ACT incluyen tanto factores ergonómicos como psicosociales. Los métodos globales de ACT han sido excluidos del análisis ergonómico y evaluación de los puestos de trabajo de este estudio por las siguientes razones:

- Algunos de éstos no deberían ser utilizados en el sector de la construcción (p.e. LEST que sólo está recomendado en actividades meramente industriales y trabajos en serie).
- No se ajustan al objetivo número 1 de esta investigación “Desarrollo de una metodología que permita el análisis y evaluación de los riesgos biomecánicos en el sector de los trabajos llevados a cabo en instalaciones mecánicas en edificios”, ya que incluyen la evaluación de factores psicosociales e higiénicos (p.e. condiciones térmicas).

En este estudio, las listas de verificación no son utilizadas, ya que éstas se corresponden con herramientas para la toma del primer contacto con el puesto de trabajo. La autora dispone de experiencia probada en el sector de la

construcción y en el campo de la ergonomía por lo que se ha omitido este primer contacto con el puesto de trabajo.

La metodología a seguir en esta investigación está basada en las estrategias propuestas en el apartado 4.11. Hay que tener en cuenta que la secuencia modificada de realización de las etapas no altera el resultado de la investigación.

La metodología queda dividida en cuatro partes diferenciadas. En la **Tabla 1** quedan descritas las etapas. En primer lugar, la metodología incluye el reconocimiento de las tareas y actividades del sector de las instalaciones mecánicas en edificios. Esto se lleva a cabo mediante la descripción de diagramas de flujo y procesos. En segundo lugar, los métodos de observación directa se utilizan para el análisis clasificados en función del factor de riesgo biomecánico. Más adelante, se describen los métodos de observación directa a emplear en la investigación. En tercer lugar, se realiza el análisis mediante los métodos directos que incluyen software específico y se comparan los resultados con la metodología anterior. Se hace a través de dos programas: 3DSSPP y ERGO/IBV. Por último se desarrolla la metodología epidemiológica, en sus dos vertientes [217]: descriptiva –incluye la investigación de accidentes y la entrevista estructurada- y analítica –incluye el estudio de casos etiológicos definidos previamente y el estudio de casos y controles.

Etapa 1: Definición de tareas, procesos y actividades	<i>Diagramas de Flujo y Procesos</i>	
Etapa 2: Métodos de Observación Directa	<i>REBA</i> <i>RULA</i> <i>etc.</i>	
Etapa 3: Métodos Directos	<i>3DSSPP</i> <i>ERGO/IBV</i>	
Etapa 4: Métodos Epidemiológicos	<i>Métodos Epidemiológicos Descriptivos</i>	<i>Investigación de accidentes</i> <i>Entrevista estructurada</i>
	<i>Métodos Epidemiológicos Analíticos</i>	<i>Estudio de casos etiológicos definidos previamente</i> <i>Estudio de casos y controles</i>

Tabla 1. Descripción de la estrategia multimetodológica para las instalaciones mecánicas en edificios.

6.3.1. Normalización de métodos utilizados

Los métodos elegidos para el análisis (observación directa y análisis biomecánico mediante software) no conservan el mismo nivel de puntuación. Por ello, es necesario realizar una normalización de los métodos.

La normalización en este estudio es realizada siguiendo los criterios de puntuación de Everest (1997), donde existen tres posibilidades: el nivel de riesgo es insignificante o no existe (por lo que no se requiere una intervención ergonómica), es moderado (se necesita efectuar modificaciones a medio o largo plazo) o por último, el nivel de riesgo es elevado (por lo que se requiere una

intervención urgente) [404]. De esta forma, en los métodos donde existan escalas de 2 puntos se seleccionan los límites asignados para la normalización que son: la puntuación final de 0 o la puntuación final de 2 (la puntuación final de 1 se omite). Las escalas de 3 puntos no se modifican (continúan existiendo en las puntuaciones finales de 0, 1 y 2). En las escalas de 4 puntos se admiten dos puntuaciones finales en algún extremo: o dos puntuaciones reales pasan a ubicarse en el extremo de riesgo bajo de puntuación final 0 o en el elevado de puntuación final 2). Las escalas de 5 puntos incluyen dos puntuaciones en los extremos. Por último, las escalas de 6 incluyen 3 puntuaciones en los 3 tipos de riesgo (2 puntuaciones se normalizan en puntuación final de 0, dos en 1 y dos en tipo 2).

Como ejemplo de esto, en la guía del INSHT para la manipulación, levantamiento y transporte de cargas sólo se contemplan dos niveles básicos de puntuaciones con lo cual el riesgo no es nunca del tipo intermedio en la evaluación del software de ERGO/IBV. Otro ejemplo es el caso de 3DSSPP, donde el resultado se traduce en aceptable (lo cual equivale a una puntuación final de 0) e inaceptable (puntuación final 2).

En la **Tabla 2** se ha expuesto una clasificación equivalente para cada nivel de puntuación y análisis, con el fin de homogeneizar las puntuaciones.

La puntuación final 0 por semejanza con los métodos, implica que no se requieren cambios sobre la actividad, la puntuación final 1 implica cambios previstos a corto/medio plazo y la puntuación final 2 implica que deben realizarse cambios urgentes para reducir la situación.

<i>Método</i>	<i>Puntuación del método</i>	<i>Nivel de acción y riesgo</i>	<i>Puntuación final de conversión</i>
REBA	1	0 (riesgo inapreciable)	0
	2-3	1 (riesgo bajo)	0
	4-7	2 (riesgo medio)	1
	8-10	3 (riesgo alto)	2
	11-15	4 (riesgo muy alto)	2
RULA	1-2	1 (riesgo bajo)	0
	3-4	2 (riesgo medio)	1
	5-6	3 (riesgo alto)	2
	7 o más	4 (riesgo muy alto)	2
OWAS	1	Riesgo bajo	0
	2	Riesgo medio	1
	3	Riesgo alto	2
	4	Riesgo muy alto	2
LUBA	índice ≤ 5 y > 10 min	Aceptable o bajo	1
	índice 5-10 y 5-10 min	Riesgo medio	1
	índice 10-15 y ≤ 5 min	Riesgo alto	2
	índice ≤ 15 y < 2 min	Riesgo muy alto	2

<i>Método</i>	<i>Puntuación del método</i>	<i>Nivel de acción y riesgo</i>	<i>Puntuación final de conversión</i>
OCRA	<=5	Verde (riesgo óptimo)	0
	5,1-7,5	Amarillo-rojo (aceptable)	0
	7,6-11	Verde-amar. (muy ligero)	1
	11,1-14	Rojo claro (ligero)	1
	14,1-22,5	Rojo (riesgo medio)	2
	>22,5	Rojo intenso (riesgo alto)	2
JSI	<=3	Riesgo bajo	0
	3-7	Riesgo medio	1
	>7	Riesgo alto	2
Modelo del Cubo	Exigencia baja	Riesgo bajo	0
	Exigencia media	Riesgo medio	1
	Exigencia alta	Riesgo alto	2
Snook&Ciriello	=> 90 % protegidos	Riesgo bajo	0
	25-90 % protegidos	Riesgo medio	1
	<=25 % protegidos	Riesgo alto	2
NIOSH	<=1	Riesgo bajo	0
	1-3	Riesgo medio	1
	=>3	Riesgo alto	2
Guía del INSHT	Peso real <= aceptable	Riesgo bajo	0
	Peso real > aceptable	Riesgo alto	2
Arbouw Guideline	=> 90 % protegidos	Riesgo bajo	0
	25-90 % protegidos	Riesgo medio	1
	<=25 % protegidos	Riesgo alto	2
Rodgers MFA	Prioridad bajo	Riesgo bajo	0
	Prioridad medio	Riesgo medio	1
	Prioridad alta	Riesgo alto	2
Posición de la mano	> 10 min	Confortable	0
	=>5 - >=10 min	Moderado	1
	< 5 min	Incómodo	2
IBV	Nivel 1	Riesgo bajo	0
	Nivel 2	Riesgo medio	1
	Nivel 3	Riesgo alto	2
	Nivel 4	Riesgo muy alto	2
3DSSPP	Aceptable	Riesgo bajo	0

Tabla 2. Tabla de conversión de las categorías de riesgo para las puntuaciones finales.

6.3.2.Fase 1. Definición de procesos y actividades

Para el reconocimiento de las procesos y actividades del sector de las instalaciones mecánicas en edificios se utilizan diagramas de flujo y procesos. Para la construcción de estos diagramas se parte de que cada actividad analizada, forma parte de la cadena productiva que tiene por objetivo llevar a cabo las instalaciones mecánicas en edificios, de tal forma que se pueden incluir dentro de alguno de los siguientes grupos de trabajos:

- Grupo (a). Tareas el montaje de conductos o redes de conductos, cuyo objetivo final es la construcción de redes de climatización, incluyendo el montaje de rejillas y/o toberas.
- Grupo (b). Tareas de montaje de maquinaria y tubería frigorífica, cuyo fin es la construcción de la instalación de aire acondicionado incluyendo aquellos equipos que conforman la instalación (evaporadoras y condensadoras).
- Grupo (c). Tareas de montaje de tubería de PCI, cuyo objetivo es la construcción de la instalación de PCI. Se excluyen aquellas operaciones que son desarrolladas mediante grúa de obra.
- Grupo (d). Tareas de las instalaciones eléctricas, cuyo fin es la instalación de las redes eléctricas que se distribuyen a los sistemas de climatización. Se han excluido de este estudio las redes de suministro a máquinas y general del edificio, ya que éstas forman parte de otros procesos eléctricos de la construcción del edificio.
- Grupo (e). Tareas de albañilería fina, cuyo objetivo es dar apoyo y realizar el recibido y acabado de las instalaciones de climatización.

Cabe indicar que aquellas actividades que requieren del uso de medio de carga, han sido excluidas, por no ser la base de este estudio (ver apartado 1.1. sobre alcance del trabajo).

Las actividades u operaciones son las piezas fundamentales que se requieren para completar una tarea o proceso. Dicho de otra forma, actividad es una subdivisión de tareas o procesos por lo que una tarea puede incluir actividades variadas [274, 275]. En conjunto, los procesos/tareas y actividades/operaciones constituyen el trabajo/s a realizar. A los operarios que realizan dicho trabajo se les denomina gremio o grupo de trabajo (como se menciona en el CAPÍTULO 7).

La herramienta a utilizar para la definición de procesos y actividades procede del “lean manufacturing”. El “lean” en el sector de la construcción está enfocado en la disminución de la tasa de defectos, reducción de los tiempos de fabricación y mejorar la tasa de accidentabilidad [405]. Los diagramas de flujo y los diagramas de proceso constituyen una de las múltiples herramientas utilizadas en “lean manufacturing” para la planificación, optimización y mejora de procesos [406].

El diagrama de flujo constituye la representación mediante imágenes [407, 408] y **el diagrama de procesos** constituye el texto que lo describe más

abiertamente [407].

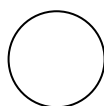
La identificación y definición de los procesos mediante diagramas de flujo y procesos permite familiarizarse con los trabajos y las tareas que se están evaluando, de tal forma que este nivel de conocimiento y datos permita que sea más sencillo sacar conclusiones y comparaciones [409].

La manera de proceder en el uso combinado de un diagrama de flujo y un diagrama de procesos debería ser en primer lugar, realizando el diagrama de flujo y en segundo lugar el diagrama de procesos [410].

La representación gráfica de los algoritmos mediante diagramas de flujo permiten trazar y describir las actividades y tareas de los puestos de trabajo observados [407].

Por su parte, el diagrama de procesos ofrece la posibilidad de que de forma estructurada y objetiva se analicen las actividades que conforman el proceso [411].

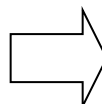
Para que un **diagrama de flujo** ofrezca la idea descriptiva general de cómo transcurre el proceso, las operaciones deben ser secuenciadas y se suceden unas a otras. Las operaciones que puede sufrir un producto⁴⁸³ a lo largo del proceso productivo se agrupan en cinco categorías, cada una de las cuáles contiene los siguientes símbolos [410, 412, 413]:



Operación o conector: El símbolo de operación se implementa cuando se modifica de forma intencionada cualquiera de las características físicas o químicas de un objeto (como taladrar, cortar, u otras actividades que implique movimiento como escribir, colocar, sujetar, leer, etc.).



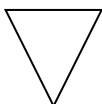
Inspección: Se denomina inspección, cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades.



Traslado o transporte: Se llama transporte, cuando un objeto es llevado de un lugar a otro, salvo cuando el traslado es parte de la operación, es decir, que es efectuado por los operarios en su lugar de trabajo, en el curso de una operación o inspección.



Demora, espera o retraso: Se denomina demora, espera o retraso - en relación a un objeto- cuando las condiciones (salvo las que modifiquen intencionalmente las características físicas o químicas del objeto) no permitan o requieran de la ejecución de la acción siguiente prevista. A la demora también se le denomina almacenamiento temporal.



Almacenamiento: Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo.

El **diagrama de procesos** aparece reflejado en una ficha que contiene la siguiente información [407]:

⁴⁸³ En teoría de procesos, se denomina producto a los elementos de salida.

1. Descripción del proceso. Se realiza al inicio del diagrama una descripción del proceso que se estudia. Cada diagrama de procesos es independiente. Cada reglón del diagrama está destinado a un número y cada reglón configura un paso. Cada paso del diagrama es totalmente independiente. Una buena descripción del proceso ayuda a conocer lo que está ocurriendo.
2. Operaciones. La ficha contiene la información sobre las operaciones: denominación y número específico de operación.
3. Símbolos. Los símbolos son clasificados en cada paso. Se utilizan los cinco símbolos definidos en el párrafo anterior: operación o conector, inspección, traslado o transporte, demora, espera o retraso y almacenamiento. Se debe sombrear el símbolo que corresponde a cada operación.
4. Recorrido (en m). Se utiliza solamente junto con el símbolo de transporte. La suma de esta columna ofrecerá la distancia recorrida.
5. Repetitividad de la operación. En caso de que se trate de una actividad de tipo repetitiva, se debe señalar con una "X" la casilla denominada "Repetitiva".

El detalle del ejemplo de construcción del diagrama de proceso se ha incluido en el Anexo IV: tabla para el diagrama de procesos.

Entre los singulares beneficios que aporta la recreación mediante diagramas de flujo en combinación con los diagramas de procesos, se citan los siguientes [414]:

- Proporcionan una comprensión del conjunto, de tal forma que cualquier individuo externo al proceso puede comprender fácilmente el mismo.
- Permite identificar y clasificar aquellas actividades que previamente pueden ser ignoradas dentro del proceso.

Una tercera herramienta no utilizada en este estudio es **la gráfica de función-tiempo o mapeo de proceso**. La utilidad de ésta es tal que ofrece la posibilidad de mejorar los tiempos productivos de los procesos. Consta de un diagrama de flujo al que se le añade una barra horizontal con el tiempo [411].

Por último, cabe indicar que no se utilizan diagramas de flujo y procesos demasiado detallados con el fin de gestionar la información más relevante fácilmente y evitar la tendencia de no poder utilizar información previa de los procesos [415].

6.3.3.Fase 2. Métodos de observación directa

Este estudio no consiste en una comparación metodológica de los métodos de observación directa, por lo que para llevar a cabo el análisis, se han seleccionado únicamente aquellos métodos que mejor vienen desarrollados en la literatura, de tal forma, que se permite realizar el análisis al menos con un método para cada uno de los factores para los que son desarrollados. A modo de resumen, se presenta a continuación la **Tabla 3**, donde aparecen reflejados los métodos de observación directa clasificados en la metodología según los factores de riesgo que evalúan.

<i>Factores de riesgo</i>	<i>Métodos de observación directa</i>
Posturas forzadas y estáticas	<i>Rapid Entire Body Assessment "REBA"</i> <i>Rapid Upper Limb Assessment "RULA"</i> <i>Ovako Working Analysis System "OWAS"</i> <i>Postural Loading on the Upper Body Assessment "LUBA"</i> <i>UNE-EN 1005-4</i> <i>Procedimiento de Neuropatías por Presión</i> <i>Método de Armstrong</i> <i>Posture, Activity, Tools and Handling "PATH"</i> <i>Método de Swat</i> <i>Upper Limbs Expert Tool</i>
Movimientos repetitivos	<i>Occupational Repetitive Action "OCRA"</i> <i>Job Strain Index "JSI"</i> <i>Módulo del Cubo</i> <i>ISO 11228-3</i> <i>UNE-EN 1005-5</i> <i>Assessment of Repetitive Task "ART"</i> <i>ACGIH TLV "HAL"</i> <i>HARM</i> <i>Upper Limbs Expert Tool</i>
Levantamiento de cargas, MMC y transporte de cargas	<i>The National Institute for Occupational Safety and Health Method "NIOSH"</i> <i>Liberty Mutual Insurance Company Tables</i> <i>UNE-EN 1005-2</i> <i>ISO 11228-1; ISO 11228-2; ISO 11228-3</i> <i>Guía del INSHT</i> <i>Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung "REFA"</i> <i>Key Indicator Method "KIM"</i> <i>Manual Handling Assessment Chart "MAC tool"</i> <i>Procedimiento de Neuropatías por Presión</i> <i>Arbow Guideline</i>
Movimientos manuales enérgicos (empuje y arrastre)	<i>Liberty Mutual Insurance Company Tables</i> <i>ISO 11228-2</i> <i>Key Indicator Method "KIM"</i> <i>Pressure Neuropathies Procedure</i> <i>Arbouw Guideline</i>
Aplicación de fuerza y esfuerzo físico	<i>UNE-EN 1005-3</i> <i>Posture, Activity, Tools and Handling "PATH"</i> <i>ACGIH TLV "HAL"</i> <i>Rodgers Muscle Fatigue Analysis "MFA"</i> <i>Upper Limbs Expert Tool</i>
Posturas estáticas puras	<i>ISO 11226</i> <i>WR Model</i> <i>Método de la Posición de la Mano</i> <i>Posture Targetting</i>

Tabla 3. Resumen de métodos de evaluación por observación directa.

En la **Figura 45**, se exponen los métodos seleccionados, donde se ha sombreado los métodos que han sido escogidos.

Para la estrategia de selección de los métodos de observación directa se ha tenido en cuenta el principio de observación repetida de los puestos de trabajo

[416], así como la selección de los métodos que puedan ser comparados y que más abundantemente han sido utilizados en la literatura científica.

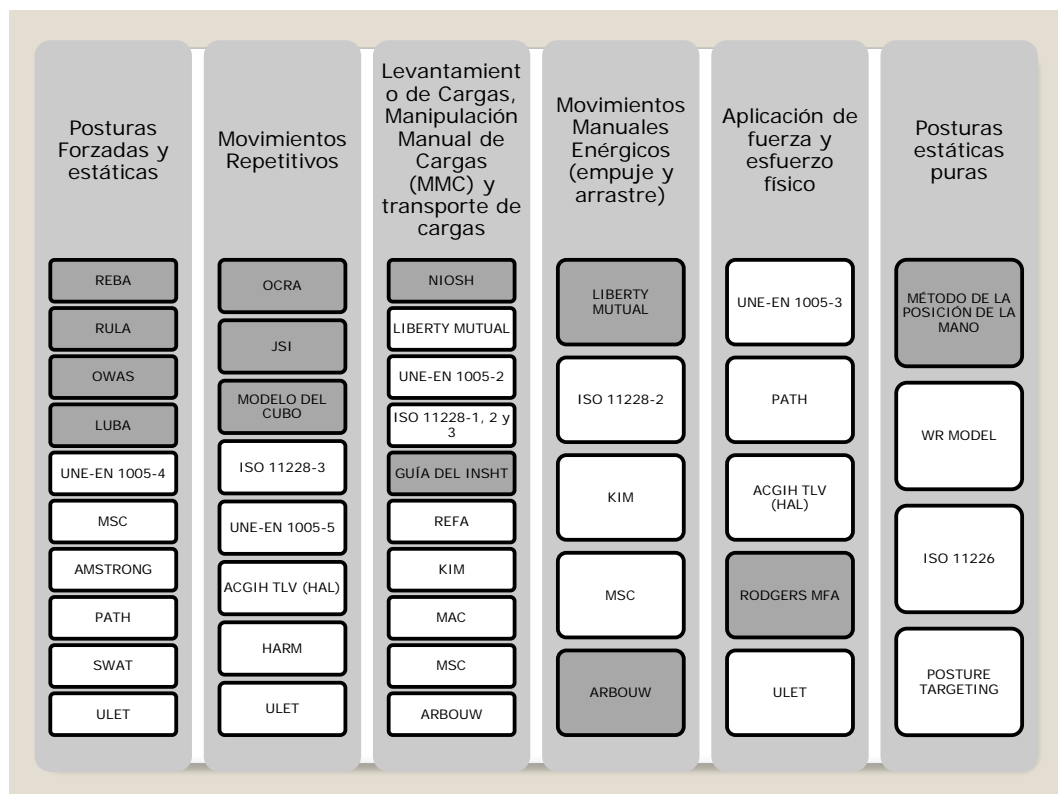


Figura 45. Representación de los métodos seleccionados para la evaluación de las actividades objeto de estudio.

Así, para la evaluación de las posturas forzadas y estáticas, asociadas a las características de frecuencia de movimientos, duración de la postura, posturas del tronco desarrolladas, posturas del cuello, de las extremidades superiores e inferiores se aplican los métodos REBA (M1), RULA (M2), OWAS (M3) Y LUBA (M4).

Para los movimientos repetitivos, asociados a las características de frecuencia de movimientos, uso de la fuerza, adopción de posturas y movimientos forzados, tiempo de recuperación insuficiente, se aplican los métodos OCRA (M5), JSI (M6), el modelo del CUBO (M7), para el proceso de evaluación.

En actividades donde se identifique el levantamiento de cargas, MMC y transporte de cargas, asociados a las características de peso a levantar, frecuencia de levantamientos, agarre de la carga, asimetría o torsión del tronco, distancia de la carga al cuerpo, desplazamiento vertical de la carga, duración de la actividad, y otros como la realización de movimientos bruscos, carga inestable, superficie resbaladiza o trabajar en suelo inestable se utilizan NIOSH (M8) y la guía del INSHT (M9) para la evaluación de la actividad.

En las actividades de empuje y arrastre de cargas (movimientos manuales energéticos), cuyas características asociadas son la fuerza, las características del objeto, la altura de agarre, la distancia recorrida, la frecuencia y la duración, la postura adoptada, el estado de la superficie y la estabilidad del objeto, se utilizan

las tablas de la Liberty Mutual (M10) (denominado simplificado en esta investigación como SNOOK&CIRIELLO en honor a sus creadores) y las guías de ARBOW (M11). Las tablas de la Liberty Mutual, sólo se emplean para el empuje de arrastre en este estudio, si bien es cierto, que Liberty Mutual también dispone de tablas para el levantamiento de cargas pero que no se utilizan porque para tal efecto se utilizan el método NIOSH y la guía del INSHT.

En los casos de aplicación de fuerza, y sus características que son la frecuencia, la postura adoptada, la duración, la fuerza desarrollada y la velocidad de movimientos se utiliza para la evaluación el método Rodgers MFA (M12).

Para las posturas estáticas puras, como comprobación a los límites encontrados en la aplicación de REBA: se emplea el método de la evaluación de la postura por la posición de la mano (M13).

Los métodos de los registros de actividades para los cuales se ha desarrollado el cálculo se encuentran detallados en la **Tabla 4**. Obsérvese que los Métodos han sido denominados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12 y M13. Estos valores se corresponden con los siguientes: M1: REBA, M2: RULA, M3: OWAS, M4: LUBA, M5: OCRA, M6: JSI, M7: Modelo del Cubo, M8: NIOSH, M9: Guía del INSHT, M10: Tablas de la Liberty Mutual o Snook&Ciriello, M11: Arbow Guideline, M12: Rodgers MFA y M13: Evaluación de la posición de la mano. Por otra parte, la enumeración de las 38 actividades, se corresponde con la numeración propuesta en la **Tabla 6** (ver CAPÍTULO 7). Las marcaciones con X indican qué método es utilizado.

Actividades=>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
M1 :REBA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
M2: RULA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
M3: OWAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
M4: LUBA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
M5: OCRA		X												X	X																								X	
M6: JSI		X												X	X																									X
M7: CUBO		X												X	X																									X
M8: NIOSH				X	X	X	X	X											X				X	X	X														X	
M9:INSHT				X	X	X	X	X											X				X	X	X														X	
M10: S&C																																								X
M11: ARBOUW																																								X
M12: RODG.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M13: MANO										X	X	X	X	X	X					X	X			X	X	X	X	X											X	

Tabla 4. Representación de métodos utilizados en función de las actividades.

6.3.4.Fase 3. Métodos directos de análisis biomecánico

Siguiendo el objetivo de realizar un estudio que no genere coste añadido, que sea fácil de utilizar en estudios de campo, así como que permita interferir mínimamente en los trabajos, se seleccionan para el cálculo aquellos métodos directos con fines públicos, abiertos o versiones de prueba, con equipos poco o nada robustos previstos para el estudio de campo.

En esta investigación se utilizan dos herramientas para el cálculo y análisis de las actividades propuestas. Por una parte, el software ERGO/IBV, y por otra, el software 3DSSPP. Se han considerado estos métodos por ser herramientas en versión de prueba, gratuitas, lo cual contribuye a la estrategia de realizar esta investigación con el mínimo coste posible.

6.3.4.1. Software ERGO/IBV

Mediante consulta directamente sobre la versión de prueba, se ha obtenido una licencia de 10 días, en la cual se utilizan los siguientes métodos: REBA, OWAS, OCRA, IBV, NIOSH y Snook&Ciriello.

Una ventaja del uso del software es que el método OCRA permite registrar fases para las actividades, por lo que se han podido definir mejor las actividades que se alternan (p.e. es lo que sucede en el montaje de conductos de pie y en cuclillas) con lo cual se ha llegado a establecer continuidad entre actividades sucesivas.

Para la evaluación de tareas repetitivas, se aplica el método IBV a todas las actividades que lo requieren, como método paralelo.

Para el arrastre de cargas, el cálculo propuesto por el software, propone la aplicación de las magnitudes en kg.

La facilidad de manejo del software -muy intuitivo- hace que los resultados sean fáciles de interpretar.

Entre las desventajas del software, la principal es que no se contemplan métodos para el análisis de los factores de aplicación de fuerza y las posturas estáticas puras. Por otra parte, el software no distingue claramente entre proceso y operación (actividad), y en su lugar expone tareas, subtareas, posturas y tareas de la tarea. La mejor opción que se ha encontrado para esa aplicación es utilizar cada método por separado, en lugar de seguir un proceso completo. Otro inconveniente que existe es a la hora de borrar y renombrar tareas y operaciones o la propia recuperación de datos que han sido borrados.

Por su parte, el método Ergo/IBV es utilizado siguiendo los módulos de evaluación de riesgos que fueron descritos en el apartado 5.3.2.1. [325]:

MMC Simple y MMC Múltiple, para analizar actividades de levantamiento, transporte, empuje o arrastre de cargas, y determinadas combinaciones de estas acciones. Está realizado a partir de la ecuación de NIOSH revisada, la Guía Técnica del INSHT, las tablas de Snook y Ciriello y la norma UNE-EN 1005-2.

Tareas Repetitivas, para analizar actividades con movimientos repetitivos de los miembros superiores. Se ha realizado a partir de un estudio de investigación desarrollado por el IBV en colaboración con mutuas de trabajo y sindicatos.

Posturas Forzadas, para evaluar el nivel de riesgo de las posturas inadecuadas de la espalda, los brazos y las piernas. Utiliza el método OWAS de análisis postural.

Posturas (mediante REBA), para evaluar el nivel de riesgo de las posturas inadecuadas de tronco, cuello, miembros superiores o inferiores mediante la denominada puntuación REBA.

MMC Variable, para analizar actividades de levantamiento manual de cargas con una gran variabilidad en las condiciones de manipulación. Utiliza un procedimiento desarrollado conjuntamente por varios autores de la propia ecuación NIOSH, del centro Ergonomía de la Postura y Movimiento de Milán y de la Universidad Politécnica de Cataluña.

UNE EN 1005-5 (mediante OCRA), para analizar actividades con movimientos repetitivos de los miembros superiores aplicando la normativa vigente basada en el cálculo del índice OCRA. Utiliza la norma UNE EN 1005-5 sobre seguridad de las máquinas.

6.3.4.2. Software 3DSSPP

El programa 3DSSPP descrito en el apartado 5.3.2.10. es un programa de simulación en 3D que utiliza los límites propuestos por la ecuación NIOSH para la MMC, transporte y levantamiento de cargas [337, 338]. Permite la simulación de todos los movimientos que sean realizados para una actividad. Los resultados del cálculo vienen dados indicando si el movimiento es aceptable o no. En la respuesta del cálculo incorpora datos sobre las desviaciones y demandas de la columna lumbar, las fuerzas de comprensión lumbar, así como de la carga en las piernas. La pantalla de inicio del diseño donde se van aplicando las distintas posturas, es como se muestra en la **Figura 46**.



Figura 46. Pantalla en uso de 3DSSPP 6.0.5.

6.3.5.Fase 4a. Métodos epidemiológicos descriptivos

En el desarrollo de este estudio epidemiológico, se parte del individuo como unidad de análisis, mediante una selección de muestreo constatado por trabajadores expuestos a los factores de riesgo biomecánicos ocupacionales [351].

Para el análisis epidemiológico este capítulo propone un estudio descriptivo, es decir, recogiendo la información a tal efecto: cuestionarios específicos e informe de diagnóstico del servicio de salud.

La aplicación de la metodología epidemiológica en su aspecto descriptivo conlleva la elaboración de una entrevista-cuestionario y la realización de un estudio de los accidentes de trabajo.

6.3.5.1. Descripción de la metodología de la investigación de accidentes y EP

La investigación de accidentes en este estudio conduce a la secuencia lógica con el fin de obtener las causas que produjeron el daño musculoesquelético [417]. Es por ello, que se incluyen cuatro etapas durante el proceso de investigación de accidentes y EP: la toma de datos, la determinación de las causas, la selección de las causas principales y la ordenación de las causas en función de las actividades realizadas [365]. Además, cada caso de accidente o enfermedad está acompañado del historial médico o el protocolo de valoración del daño -el cual es recogido anónimamente-.

La valoración del daño es realizada por los servicios de salud con el fin de llevar a cabo la parte del protocolo correspondiente a la valoración funcional del trabajador. Requiere la utilización de formularios que permiten registrar documentalmente datos referentes a la anamnesis, inspección y exploración clínica (incluida la medición de la movilidad de las articulaciones) [418].

6.3.5.1.1. Toma de datos

Durante el proceso de la toma de datos, lo que se persigue es reconstruir in situ la situación que se ha originado, antes de llegar a la situación de producirse el accidente o enfermedad profesional, para lo cual se detallan todos los aspectos que han ocasionado el daño (condiciones organizativas, ambientales...), se realiza una investigación lo más rápidamente posible y se mantiene, sobre todo, un análisis objetivo durante la entrevista [365].

En primer lugar, se detalla si la toma de datos trata de investigar un accidente de trabajo o una EP, ya que, la diferencia principal es que el proceso de análisis de un accidente, permite analizar los factores que causaron el daño más claramente que en el caso de una enfermedad profesional⁴⁸⁴.

Durante la toma de datos, se particularizan los siguientes epígrafes A, B y C [365]:

⁴⁸⁴ Ibidem.

A1: Tipo de análisis: accidente o Enfermedad Profesional.

A2: Edad del Trabajador.

A3: Fecha y hora del accidente o momento en que la EP ha sido detectada.

A4: Trabajo que realiza habitualmente, antigüedad del puesto y experiencia en años.

B1: Uso de EPI's (sí o no).

B2: Formación e Información recibida.

B3: Omisión de medidas (protección colectiva, uso de EPI's, falta de información y formación).

B4: Testigos en el accidente o EP en el momento de producirse.

C1: Descripción de las causas que lo han producido.

C2: Actividades y otras causas relacionadas.

C3: Informe del servicio médico.

Se han excluido en este estudio los datos particulares de los trabajadores con el fin de mantener su anonimato.

La particulación de los epígrafes A y B se describen como sigue en los siguientes apartados: 6.3.5.1.1.1. y 6.3.5.1.1.2. El epígrafe C es descrito en el apartado 6.3.5.1.2. sobre determinación de causas.

6.3.5.1.1.1. Detalle de Grupo A.

En este detalle de grupo de epígrafe se hace referencia únicamente al tipo de incidente producido, a saber, accidente de trabajo o EP. La diferenciación es muy clara: depende de la variable en el tiempo. En el caso de las enfermedades, como es sabido, es más complejo determinar el momento en el que aparecieron los primeros indicios, excepto si la enfermedad está provocada por un accidente preliminar.

6.3.5.1.1.2. Detalle de Grupo B.

Se hace referencia únicamente a los datos básicos del trabajador lesionado, como es el nombre, categoría profesional, años que lleva trabajando en ese puesto de trabajo, etc. En definitiva, los datos generales.

También se comienza mediante estos epígrafes a realizar una pequeña descripción de los hechos acontecidos y a analizar las causas básicas que los han producido, así como la omisión de medidas de protección colectiva, omisión de equipos de protección individual, descripción general del accidente... Es decir, se hace la investigación del accidente como es habitual, y utilizando los métodos de análisis conocidos, mediante la entrevista al trabajador, la visita al lugar de los hechos, la información a través de testigos, etc.

Estos dos grupos dan una primera idea básica del resultado del hecho producido.

6.3.5.1.2. Determinación de causas

Se describe a continuación el detalle del grupo C.

6.3.5.1.2.1. Detalle de Grupo C.

En esta etapa se persigue el análisis de los hechos, con el fin de obtener las causas del accidente en respuesta a la pregunta: ¿por qué sucedió?. Se deben aplicar los siguientes criterios:

- Las causas deben ser siempre agentes, hechos o circunstancias realmente existentes en el acontecimiento y nunca las que se supone que podían haber existido.
- Sólo se deben aceptar como causas las deducidas de los hechos demostrados y nunca las apoyadas en meras suposiciones.
- Tener presente que rara vez un accidente se explica por una sola causa o unas pocas, más bien al contrario suelen ser consecuencia de varias causas concatenadas entre sí.

Como herramienta de uso, se utiliza un listado de código Causas de Accidentes y EP (Anexo II: listado de códigos y causas), elaborado partiendo de los datos de empresas que desarrollan trabajos en la construcción (CNAE 45332 – Instalaciones) y partiendo de las indicaciones del “Programa Nacional de Análisis Cualitativo de Accidentes Mortales” coordinado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y en el que participan las Comunidades Autónomas.

Por último, se requiere el uso de los datos del accidente o EP en concreto, realizados por el servicio médico, donde queda reflejado el diagnóstico.

6.3.5.1.3. Selección de las causas principales

Conviene seleccionar entre las causas obtenidas, aquellas que tienen una participación decisiva en el accidente (causas principales) de las que no la tienen (causas secundarias) [419].

Para discernir de si una causa es principal o no, se recurre al apoyo de los siguientes criterios⁴⁸⁵:

- Las causas principales deben ser causas sobre las que se pueda actuar para su eliminación, dentro del contexto de posibilidades sociológicas, tecnológicas y económicas.
- Las causas principales deben ser causas cuya individual eliminación evita la repetición del accidente o sus consecuencias, en todos o por lo menos en un porcentaje elevado de los casos.
- Las causas que producen los accidentes de trabajo son relacionadas mediante un árbol de causas.

⁴⁸⁵ *Ibidem.*

Muchos de los modelos explicativos de mecanismos que producen el desarrollo de patologías musculoesqueléticas desarrollan factores que no son incluidos., es decir, todas aquellos factores que no sean meramente biomecánicos (p.e. factores psicosociales, individuales, genéticos etc.). Por otra parte, NIOSH, ha publicado numerosos factores y los ha relacionado entre ellos pormenorizándolos y ajustándolos en cada caso, según el trastorno producido. Esta guía ha servido también de apoyo para elaborar el Anexo II: listado de códigos y causas⁴⁸⁶.

Para la selección de las causas y diferenciación de las mismas, se utiliza “El método del árbol de causas”, ya que se trata de una metodología muy útil para profundizar en el análisis causal de los accidentes. Este método, fue desarrollado por L’Institut National de Recherche et Sécurité (INRS), en los años 70, que incorpora una secuencia de cadena lógica de las causas que producen el accidente [420]. Tiene el inconveniente de que no se puede utilizar para el caso de enfermedades como ya se ha comentado.

6.3.5.1.4. Ordenación de las causas en función de las actividades realizadas

Una vez conocidas las causas y seleccionadas la principales se deben ordenar las mismas, de manera que permitan adoptar un orden de prioridades en el establecimiento de las acciones correctoras futuras. Evidentemente, debe actuarse con prioridad sobre el grupo de causas principales, recordando que en teoría es suficiente la acción sobre una de ellas para evitar la repetición del accidente, si bien, para una mayor fiabilidad preventiva, se puede y se debe actuar sobre todas ellas.

Las causas primarias (origen del proceso causal) son debidas, generalmente, a errores de diseño o fallos de gestión y la importancia de actuar sobre ellas radica en que están en el origen de la mayoría de las situaciones anómalas que se producen; es decir, que son, individualmente, la causa de una tipología muy amplia de los accidentes que suceden.

Por otra parte, el fin principal es relacionar y analizar en qué medida las causas que producen el accidente o EP, en función de las actividades relacionadas, pueden determinar o procurar el accidente de trabajo o EP.

El esquema completo que representa las características principales de la investigación de accidentes está indicado en el Anexo III: ficha para la descripción de la investigación de accidentes de trabajo. Se han omitido las características personales con el fin de mantener el anonimato de los mismos, como ya se ha venido comentando con anterioridad.

6.3.5.2. Descripción de la entrevista

Se ha optado por la entrevista semiestructurada mediante cuestionario por las siguientes circunstancias [421, 422]:

⁴⁸⁶ Ibídem.

- La muestra está constituida por personas que aunque puedan leer y escribir con facilidad, no entienden exactamente lo que se está preguntando, por lo que se requiere un entrevistador que aclare las cuestiones. No existen barreras lingüísticas, puesto que los entrevistados considerados son todos de nacionalidad española. Además se ha utilizado un lenguaje verbal claro y sencillo.
- Los intereses de la investigación están claros y bien definidos (ver apartado 1.4.).
- La entrevista permite dar objetividad al cuestionario, ya que, p.e. el entrevistador puede aclarar las cuestiones que no se entiendan. En este sentido, un entrevistador experimentado debe demostrar cualidades tales como actitud imparcial y abierta, que no tenga prejuicios, que sepa respetar la opinión, que no influya en sus conceptos sobre el entrevistado, etc. [423]. A la inversa, el cuestionario permite evitar las subjetividades del entrevistador, quien debe ceñirse a las cuestiones planteadas [424].
- Para la realización de la entrevista como medio de obtención de datos epidemiológicos descriptivos, se ha planteado un cuestionario mediante escalas y preguntas estandarizadas de tal forma que sean superadas las desventajas principales que plantea el uso de la entrevista.
- La entrevista mediante cuestionario vence los parámetros subjetivos, tratando de esclarecer lo más íntimamente posible las preguntas.
- Las personas entrevistadas no hacen las cosas de diferente manera en otras ocasiones, es por ello que se ha establecido previamente un periodo de observación y medición de las actividades.

Por otra parte, los cuestionarios específicos recurren al hecho de que aspectos que se pueden apreciar fácilmente como el dolor inicial y las puntuaciones de discapacidad permiten confirmar el estado general de salud [425], es decir, parten de la relación existente entre el TME y el dolor como principal razón de la prolongación de los procesos de IT [55]. Sin embargo, según diversos autores, el dolor está mucho más afectado por las emociones que por la propia intensidad del dolor [426, 427], aspecto que debería tenerse en cuenta en estudios psicosociales paralelos.

Como se ha realizado una entrevista personal a cada uno de los encuestados, se ha vencido el riesgo que existe en el empleo de material documentado sin considerar el sentido crítico [365].

La entrevista mediante cuestionario es un patrón terciario en el estudio de la investigación⁴⁸⁷.

6.3.5.2.1. Objetivos de la Entrevista en la Investigación

Los objetivos de los que se parte esta investigación con el fin de desarrollar la encuesta son los siguientes:

⁴⁸⁷ Ibidem.

- 1) Conocer ciertos aspectos de la población de estudio.
- 2) Conocer intrínsecamente el tipo de trabajo desarrollado.
- 3) Proveer información de confianza en relación a los síntomas musculoesqueléticos [110]:
 - Investigar sobre trastornos musculoesqueléticos que no hayan generado discapacidad en una población activa.
 - Comprobar los datos planteados mediante otras técnicas con la información facilitada por los trabajadores.
 - Aplicar un método estandarizado para la determinación de los TME's y comparar los datos obtenidos con el grupo, la actividad desarrollada y los factores de riesgo evaluados.
 - Conocer los problemas y dolencias musculares con patrón de origen laboral que afectan al sector instalaciones mecánicas en la construcción.
 - Promocionar la participación activa y consulta de los empleados para el planteamiento de la mejora del entorno ergonómico.

6.3.5.2.2. Descripción y diseño de la Entrevista-Cuestionario

La entrevista contempla tanto aspectos terapéuticos como sociales, con el fin de servir para recabar los datos sociales del perfil demográfico de trabajadores seleccionados y contrastar éstos mediante otros métodos [428].

Una herramienta eficaz para el desarrollo de una entrevista semiestructurada es el "Cuestionario Nórdico" (ver 2.4.7). Como diferencia respecto a otros métodos, el "Cuestionario Nórdico" permite utilizar la entrevista en población activa cuando el dolor aún no supone una incapacidad [110].

El "Cuestionario Nórdico" se complementa con una entrevista con el fin de lograr resultados que puedan esclarecer aspectos relacionados con el TME que relacionen el riesgo de lesión [425]. Por otra parte, el "Cuestionario Nórdico" ofrece una buena relación entre TME y el dolor en los procesos de IT [55].

Algunas de las preguntas formuladas abiertas en el cuestionario han sido establecidas a partir de los datos realizados en la anamnesis al producirse un accidente o enfermedad profesional, es decir, que tienen relación o intentan indagar sobre el TME producido, pero esto es algo que también se describe en el "Cuestionario Nórdico".

Se han incorporado algunas pregunta extra al "Cuestionario Nórdico", las cuales se han formulado siguiendo como índice de respuesta una escala con cuatro puntos, uno de los cuales es el cero [429], que permite la cualificación y la cuantificación, de forma numérica [430].

Finalmente, la entrevista contempla las siguientes cuestiones, según se indica en el Anexo I: entrevista estructurada para la identificación de signos de trastornos musculoesqueléticos:

6.3.5.2.2.1. *Cuestión P1.*

Se refiere al rango de edad de los entrevistados.

6.3.5.2.2.2. *Cuestión P2.*

Sexo de los entrevistados. La muestra corresponde únicamente al sexo masculino.

6.3.5.2.2.3. *Cuestión P3.*

Grupo de trabajo. Se han incluido aquí los diferentes puestos de trabajo, correspondientes a: redes de climatización, maquinaria y tubería frigorífica, redes eléctricas, redes de tubería y PCI y albañilería fina.

6.3.5.2.2.4. *Cuestión P4.*

Actividades que los operarios consideran que se han estado realizando más a menudo durante los dos últimos años.

6.3.5.2.2.5. *Cuestión P5.*

Tiempo que el operario lleva en este puesto de trabajo.

6.3.5.2.2.6. *Cuestión P6.*

Factores que considera que incrementan el desarrollo de un TME.

Se propone el listado de factores de riesgos (tanto ergonómicos como los que no lo son) siguientes:

- Factores de tipo biomecánicos. Fatiga. Se superan los límites energéticos del organismo.
- Factores de riesgo biomecánicos debidos a la aplicación de fuerza física requerida para el desarrollo de las tareas.
- Factores de riesgo biomecánicos debidos a las posturas de trabajo inadecuadas (forzada, estáticas o estáticas puras) que afectan al sistema musculoesquelético.
- Factores de riesgo biomecánico. Presión mecánica directa sobre los tejidos corporales (neuropatías por presión debida a posturas y cargas, como se indicó en el método MSC).
- Factores de riesgo biomecánico por trabajos repetitivo: el trabajo implica tareas cortas y repetitivas.
- Factores de tipo biomecánicos de tipo repetitivo. Movimientos muy repetitivos de los miembros inferiores o superiores.

- Factores de riesgo biomecánico por levantamiento, manipulación y empuje de cargas: se levantan, manipulan o empujan cargas pesadas o difíciles de manejar.
- Factores de tipo organizacional. Falta de formación ergonómica y concienciación cultural.
- Factores de tipo organizacional. Trabajo monótono.
- Factores de tipo organizacional y comunitario. Las herramientas y máquinas no se adaptan completamente a la tarea requerida.
- Factores de tipo organizacional y comunitario. Sistemas de retribución: el trabajo está mal retribuido.
- Factores de tipo organizacional y comunitario. Falta de utilización de técnicas afines: búsqueda de soluciones, legislación...
- Factores higiénicos. Vibraciones corporales.
- Factores de tipo organizacional. La supervisión y el liderazgo es deficiente.
- Factores de tipo organizacional. Influencia del MA. Entornos de trabajos fríos o cálidos.
- Factores de tipo organizacional. Falta de condiciones extras que pudieran ayudar como la fisioterapia de entrenamiento, masajes, acupuntura, técnicas de relajación...
- Factores de tipo psicosociales y de personalidad. Relaciones interpersonales deficientes (p.e. mobbing y estrés por presión de tiempo innecesaria).
- Factores de tipo organizacional y psicosocial. Ritmo de trabajo: no se tiene libertad para hacer un descanso, autonomía en el trabajo.
- Factores de tipo psicosociales. Horarios de trabajo. Se superan los límites establecidos inicialmente y estrés por la presión de tiempos, etc.

Se ha excluido de estos factores el factor genético y los factores personales, que pudieran tener un valor intrínseco por sí mismo y serían objeto de estudios paralelos.

6.3.5.2.2.7. Cuestión P7.

Se pregunta si en los últimos dos años se ha padecido algún trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo, y en tal caso, el diagnóstico médico.

6.3.5.2.2.8. Cuestión P8

Tiempo que el operario ha requerido ausentarse del trabajo debido a la afección producida.

6.3.5.2.2.9. Cuestión P9.

En el caso de no haya tenido que ausentarse del trabajo, se pide al operario que indique si padecer dolor o molestias que pudieran tener relación con su puesto de trabajo y dónde.

6.3.5.2.2.10. Cuestión P10.

En el caso de que el operario haya sentido molestias, se pide que indique cada cuanto tiempo siente las molestias.

6.3.5.2.2.11. Cuestión P11.

Es la cuestión relativa a la duración de la molestias en el tiempo.

6.3.5.2.2.12. Cuestión P12.

Se pide poner nota a las molestias de la cuestión P10.

6.3.5.2.3. Validación, Fiabilidad y Confiabilidad

La validez, es la capacidad del cuestionario para medir lo que dice medir. Se han identificado dos en este estudio: la del contenido y la validez externa.

La validez del contenido del cuestionario-entrevista viene dada por la circunstancia de que los datos obtenidos son comparados con otros cuestionarios reconocidos como idóneos para tal efecto y se ajustan a la realidad sin distorsión, en tal caso, el que se ha decidido utilizar por su simplicidad y validez es el "Cuestionario Nórdico". Al ser introducidas preguntas extra en este cuestionario, se aplicó una prueba piloto a cinco participantes, que se prestaron voluntariamente. Se realizó mediante entrevista personalizada. En cuanto a la validez externa, este carácter viene dado por el planteamiento de la hipótesis de la encuesta y de la investigación en sí, ya que el desarrollo de la misma permite corroborar los datos que han sido analizados mediante otras técnicas. Por otra parte, el uso de escalas reconocidas, como es el caso de la "Escala de Likert" y la "Escala de Borg" de puntuaciones, proporciona la posibilidad de construir el instrumento que sirve para la medida y análisis de actitudes, permitiendo analizar el tipo de actividades y factores que propician el desarrollo de TME's así como la calificación funcional del trabajador y la consulta de valoración del daño. Estos dos últimos en este caso, resultan datos extraídos de la investigación de accidentes o de los datos comentados por los operarios en las preguntas relativas a otros accidentes dentro del período marcado. La calificación funcional y la valoración del daño es expuesta por el servicio médico que en este caso haya atendido al operario [418].

En segundo lugar, la factibilidad o sensibilidad viene dada por la facilidad que tiene el cuestionario de ser aplicado en diferentes situaciones y sujetos, es por ello que se ha planteado el uso de una entrevista a diferentes grupos de sujetos pertenecientes al área de las instalaciones mecánicas.

Por último, la fiabilidad viene dada por la consistencia interna, que está definida por la característica del Coeficiente de Alfa de Cronbach, que indica como

distintos elementos del cuestionario miden la misma variable. En este cuestionario viene dada por la elaboración de cuestiones con ítems valorados mediante la escala de Likert. Para el total de las 34 encuestas, el alfa de Cronbach obtenido mediante el programa IBM SPSS Statistics, v.19., resultó de un valor de 0,591 para la cuestión P4, que, aunque siendo un poco bajo, tiene su explicación puesto que la cuestión ha sido establecida para todos los operarios que en realidad están sujetos a diferentes procesos, razón por la que muchas de las actividades se han indicado como nunca (0). Por otra parte, en la cuestión P6 se han registrado un valor para la muestra de alfa de Cronbach 0,715, lo cual indica que es un nivel aceptable y se han mantenido por lo tanto, todos los ítems.

El resto de cuestiones no requiere de la aplicación del coeficiente alfa de Cronbach ya que se parte del cuestionario estandarizado "Cuestionario Nórdico" (ver apartado 2.4.7).

6.3.6.Fase 4 b. Métodos epidemiológicos analíticos

Este estudio plantea el análisis epidemiológico analítico bajo dos circunstancias. Por una parte, se aplica la metodología para el estudio analítico de los casos que proceden de la etiología procedente de literatura. Por otra parte, se utiliza la epidemiología analítica para comprobar aquellos casos cuyo factor de exposición no queda del todo probado o definido en la literatura médica y simplemente como situación especial del sector de las instalaciones mecánicas en edificios.

Finalmente, lo que se pretende con el análisis epidemiológico analítico es determinar algún factor de riesgo que se relacione con causas-efectos del desarrollo de TME's o la explicación de la causalidad de la existencia de ciertas molestias musculoesqueléticas ocupacionales.

6.3.6.1. Metodología para el estudio analítico de casos etiológicos procedentes de la literatura

Como se ha venido explicando, los factores de riesgo biomecánicos aunque no lleguen a causar forzosamente enfermedades, sumados a otras múltiples circunstancias aumentan el riesgo de producirla, de tal forma que cada factor contribuye un poco a la génesis del TME. Bajo este principio, se puede establecer una relación entre enfermedades descritas en la literatura clínica y experimental [431] (desarrollada en el CAPÍTULO 3) y el factor o factores biomecánicos. Para los procesos estudiados en las instalaciones mecánicas en edificios, la conexión de los TME's con los factores de riesgo estudiados ha sido resumida como se describe en la **Tabla 5**.

Nótese que para el caso de las bursitis subcutáneas debe producirse además de la postura forzada o estática, una presión directa en contacto con una superficie dura para que la enfermedad se produzca.

Lesiones musculoesqueléticas	Factores biomecánicos					
	Posturas forzadas y estáticas	Movimientos repetitivos	Levantamiento manual de cargas, MMC y transporte de cargas	Movimientos Manuales Enérgicos	Aplicación de Fuerza y Esfuerzo Físico	Posturas estáticas puras
Tendinitis (rotad., bicc., calcárea)		X	X	X		
Tendinitis (bíceps braquial)	X	X	X	X		
Peritendinitis/tenosinovitis/sinovitis		X				
Enfermedad de Quervain					X	
Epicondilitis	X	X		X		
Epitrocleititis		X			X	
Tendinitis tricpital		X				
Dedos resorte		X				
Tendinitis aquiliana		X		X	X	
Tendinitis rotuliana		X				
Otras tendinitis muñeca-mano		X	X			X
Síndrome del Túnel Carpiano	X	X	X	X	X	X
Síndrome del Canal Guyon		X				
Síndrome del Canal ulnar		X				
Síndrome del Pronador redondo		X				
Síndrome del Opérculo torácico	X	X				X
Radiculopatía cervical	X	X	X	X		X
Síndrome del túnel tarsiano		X			X	
Ciatalgia	X	X	X	X	X	X
Contractura muscular	X	X	X	X	X	X
Dolor miofascial	X	X	X	X	X	X
Miositis osificante	X	X	X	X	X	X
Tensión muscular cervical	X	X				
Lumbalgia mecánica	X	X	X	X	X	X
Síndrome de Raynaud		X				
Enfermedad articular degenerativa	X	X	X	X	X	X
Bursitis subcutáneas	X					X
Bursitis profunda	X	X	X	X		X
Lesiones crónicas meniscos	X	X	X	X		X
Ganglión carpiano		X				
Lesiones ligamentosas	X	X	X	X	X	X

Tabla 5. Matriz de posible relación entre factor biomecánico y TME.

6.3.6.2. Metodología para el estudio de casos y controles

Se aplica la técnica de estudio de casos y controles a partir de la muestra de personas enfermas para llegar a estudiar los factores de exposición. De esta forma, se identifica a los enfermos (casos), que no tienen la enfermedad en estudio pero que son similares a los casos, que se llaman controles. La medida de asociación es el odds ratio (OR) [432, 433].

El estudio es calificado como retrospectivo [434]⁴⁸⁸, ya que los datos son recogidos durante el periodo de investigación (del 6 de abril de 2010 hasta el 31 de marzo de 2011) y proceden de accidentes ocurridos durante la ejecución de la obra o anteriores. Se elabora el estudio de casos y controles con datos procedentes del pasado. Además para que la comparación entre casos y controles se considere legítima en lo que concierne a la situación que presentan en términos de exposición, es necesario que todos los datos procedan de la misma población de referencia [217, 432, 435, 436].

La técnica a seguir en el estudio de casos y controles es la siguiente⁴⁸⁹:

⁴⁸⁸ Nótese que en la calificación de los estudios epidemiológicos en función del tiempo, el tipo de estudio longitudinal contiene dos vertientes: acepta tanto mediciones tanto mediciones prospectivas (desde un tiempo cero en adelante) como retrospectivas (desde un tiempo cero hacia el pasado). Para diferenciarlo, los estudios de seguimiento deberían identificarse como prospectivos.

⁴⁸⁹ *Ibidem*.

1. Seleccionar una muestra de población con la enfermedad o con el problema de estudio. Estas enfermedades proceden del análisis realizado mediante los métodos epidemiológicos entre la población de estudio (entrevista e investigación de accidentes y EP). A los individuos de esta muestra se les denomina casos.
2. Seleccionar una muestra de la población de riesgo de enfermar pero que esté libre de la enfermedad problema, que es el grupo control. El grupo de control es la muestra total objeto de estudio epidemiológico en esta investigación.
3. Medir las variables predictivas, que son los factores de riesgo. El cálculo se hace utilizando el programa Epidat 3.1., para el análisis de datos tabulados. Epidat es un programa de libre distribución desarrollado por el Servicio de Epidemiología de la Dirección General de Innovación y Gestión de Salud Pública de la Consejería de Sanidad (Junta de Galicia)⁴⁹⁰ con el apoyo institucional de la Organización Panamericana de la Salud (OPS-OMS) [437].

Las medidas de asociación que se presentan en los resultados de Epidat 3.1. son⁴⁹¹:

- OR e intervalo de confianza para una incidencia acumulada. El OR en el programa se utiliza para un intervalo de confianza (IC) aproximado por el método de Woolf y para un intervalo de confianza aproximado por el método de Cornfield. El IC es de un 95%.
- Fracción atribuible o prevenible para la población expuesta e intervalo de confianza.

En cuanto a las medidas de impacto para la asociación entre variables:

- Fracción atribuible o prevenible para la población.

Y por último, las medidas de significación estadística

- Prueba Ji-cuadrado de asociación, con y sin corrección.
- Prueba exacta de Fisher y valor de p, unilateral y bilateral.

Las fracciones prevenidas en expuestos y en la población tienen la misma interpretación que la fracción atribuible, en tanto que las pruebas estadísticas con valores de p pequeños (en particular, menores a 0,05) indican que se puede descartar el azar como explicación de la asociación observada con una reducida probabilidad de cometer el error de primer tipo (hacer un rechazo indebido).

Por último, el estudio de casos y controles sólo puede ser desarrollado en aquellas situaciones en las que se pueda establecer una manifiesta relación causal⁴⁹².

⁴⁹⁰ Servicio de Epidemiología de la Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública de la Consellería de Sanidade⁴⁹⁰ (Xunta de Galicia)

⁴⁹¹ Ibídem.

⁴⁹² Ibídem.

CAPÍTULO 7. Resultados y discusión

7.1. Introducción

En este capítulo se identifican en primer lugar los puestos de trabajo observados para lo cual se utilizan los diagramas de flujo y procesos tal y como se ha descrito en el CAPÍTULO 6.

En segundo lugar, se realiza el análisis mediante diversos métodos de análisis detallado.

En tercer lugar, se aplican las técnicas de análisis biomecánico mediante software característico.

En cuarto lugar, se realiza la investigación epidemiológica para recogida de datos mediante la investigación de accidentes de trabajo y la elaboración de entrevistas.

Por último, se utiliza la técnica epidemiológica de estudio de casos y controles.

También se analizan en el último apartado los TME's que parten de estudios epidemiológicos definidos previamente en la literatura.

7.2. Resultados de la definición de procesos y actividades

Los procesos y actividades realizados por los operarios observados son descritos en este apartado mediante el uso de diagramas de flujo y procesos. En total, se han descrito 38 operaciones en función de los grupos estudiados de trabajo, tal y como se indica en la **Tabla 6**. Nótese que la numeración de las actividades en la **Tabla 6** coincide con la numeración propuesta en la **Tabla 4** (ver CAPÍTULO 6).

En la **Tabla 6** se describen las actividades de cada proceso/tarea y el grupo de trabajo que lo realiza.

Cada actividad analizada, forma parte de la cadena productiva para llevar a cabo las instalaciones mecánicas en edificios tal y como queda descrita en los diagramas de flujo y procesos que se detallan en este apartado. El código que va entre paréntesis en la **Tabla 6**, es el código que se representa en el diagrama de flujo y procesos.

Por otra parte, hay que indicar también que aquellas actividades que requieren del uso de medio de carga, han sido excluidas, por no ser la base de este estudio (ver apartado 1.1. en relación al alcance del estudio).

Otro hecho a considerar es que la distancia de desplazamiento manual desde el tajo hasta el lugar de acopio más cercano es de 30 m., razón por la cual se está utilizando normalmente esta distancia. Coincide con el mayor desplazamiento producido en cada planta del edificio en construcción.

Por último, cabe indicar que en los procesos estudiados, se ha denotado que las actividades que incluyen tareas repetitivas son realizadas sin pausas ni descansos identificados.

Las tareas analizadas para la cadena productiva de instalaciones mecánicas (aire acondicionado/climatización, PCI, eléctricas y albañilería) en edificios, son ejecutadas en alguno de los siguientes grupos de trabajo (ver apartado 1.1. sobre alcance del estudio):

- Grupo (a). Tareas el montaje de conductos o redes de conductos, cuyo objetivo final es la construcción de redes de climatización completas, incluyendo el montaje de rejillas y/o toberas.
- Grupo (b). Tareas de montaje de maquinaria y tubería frigorífica, cuyo fin es la construcción de las redes de aire acondicionado incluyendo el montaje de aquellos equipos que conforman la instalación (evaporadoras y condensadoras).
- Grupo (c). Tareas de montaje de tubería de PCI, cuyo objetivo es la construcción de la instalación de PCI. Se excluyen aquellas operaciones que son desarrolladas mediante grúa de obra.
- Grupo (d). Tareas de las instalaciones eléctricas, cuyo fin es la instalación de las redes eléctricas que se distribuyen para los sistemas de climatización. Se han excluido de este estudio las redes de suministro a máquinas y general del edificio, ya que éstas forman parte de otros procesos eléctricos de la construcción del edificio.
- Grupo (e). Tareas de albañilería fina, cuyo objetivo es dar apoyo y realizar el recibido y acabado de las instalaciones de climatización.

Código	Actividad	Grupos de trabajo				
		a	b	c	d	e
(1)	Montaje de conductos de chapa: subir conductos	✓				
(2)	Montaje de conductos de chapa sobre techo	✓				
(3)	Construcción de conducto de fibra de vidrio o similar	✓				
(4)	Transformación piezas conducto en cuclillas	✓				
(5)	Transformación de piezas de conducto de pie	✓				
(6)	Colocación sellante de conducto	✓				
(7)	Colocación de rebordes de juntas	✓				
(8)	Aislamiento conductos de chapa (con fibra de vidrio o similar)	✓				
(9)	Montaje de conductos de fibra de vidrio o similar	✓				
(10)	Colocación de compuertas y rejillas	✓				
(11)	Montaje de conductos en patinillo	✓				
(12)	Colocación de toberas y accesorios	✓				
(13)	Traslado de conductos	✓				
(14)	Medición y marcado en techos	✓	✓	✓	✓	✓
(15)	Atornillado en techos, paredes y colocación de soportes	✓	✓	✓	✓	✓
(16)	Atornillado en suelos	✓	✓	✓	✓	✓
(17)	Corte con amoladora en suelo	✓	✓	✓	✓	✓
(18)	Corte con amoladora en techo	✓	✓	✓	✓	✓
(19)	Colocación de evaporadoras		✓			
(20)	Colocación y movimiento de condensadoras		✓			
(21)	Corte de tubería en mesa de trabajo		✓	✓		
(22)	Traslado de tubería		✓	✓		
(23)	Colocación de tuberías en techo		✓	✓		
(24)	Colocación de tuberías en patinillo		✓	✓		
(25)	Soldadura en mesa de trabajo		✓	✓		
(26)	Soldadura en techo		✓	✓		
(27)	Soldadura en paredes		✓	✓		
(28)	Canalización eléctrica					✓
(29)	Pasar cable					✓
(30)	Embarnar cable					✓
(31)	Conexionado eléctrico de máquinas					✓
(32)	Recibido y acabado de compuertas					✓
(33)	Raseado de paredes					✓
(34)	Colocación de toldos para la recogida de aguas					✓
(35)	Preparación de muretes de ladrillo					✓
(36)	Transporte de cargas					✓
(37)	Montaje de canalón de PVC					✓
(38)	Corte con máquina de cinta					✓

Tabla 6. Relaciones entre actividades y grupos de trabajo.

A las actividades indicadas, hay que añadir tres operaciones que son incluidas en los diagramas de flujo y procesos:

- Almacenamiento de producto.
- Tiempo de espera.
- Inspección de proceso y producto final.

Se especifican a continuación, las máquinas herramientas y una breve descripción de la actividad en cada caso:

- Actividad 1. Montaje de conductos de chapa. Subir conductos. El conducto es colocado en un maquinillo manual y se sube hasta el nivel del techo. Los operarios se sirven de escaleras para situarse al nivel del techo una vez el conducto está elevado sobre el maquinillo.
- Actividad 2. Montaje de conductos de chapa sobre techo. El conducto es soportado al techo y anclado.
- Actividad 3. Construcción de conductos de fibra de vidrio o similar. Se trabaja sobre una mesa de trabajo. Las piezas a montar están previamente precortadas. El trabajo consiste en eliminar la junta precortada y plegar el conducto. Finalmente se introduce la varilla para fijar la posición del tramo. Se dispone de una cuchilla para rematar las piezas en caso de que quede algún sobrante.
- Actividad 4. Transformación de piezas de conducto en cuclillas. Las piezas de chapa son unidas. El operario utiliza un martillo para realizar esta operación.
- Actividad 5. Transformación de piezas de conducto de pie. Las piezas de chapa son unidas esta vez en posición de pie. El operario también necesita un martillo para llevar a cabo esta operación.
- Actividad 6. Colocación sellante de conducto. Se dispone de sellante en las esquinas interiores del conducto.
- Actividad 7. Colocación de rebordes de juntas. Se coloca el reborde de juntas en los bordes de la chapa de conducto.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos de chapa con fibra de vidrio o similar. Se forra el conducto de chapa mediante fibra de vidrio o similar sobre mesa de trabajo.
- Actividad 9. Montaje de conductos de fibra de vidrio o similar.
- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas. Se dispone de una plataforma elevadora.
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillo. Los conductos de fibra son dispuestos en el techo. El operario se sirve de una plataforma elevadora para tener accesibilidad hasta el techo.
- Actividad 12. Colocación de toberas y accesorios. Como en el caso anterior, las toberas, rejillas, etc.. son dispuestas en techo (en las zonas requeridas para tal efecto). El operario se sirve de una plataforma elevadora.
- Actividad 13. Traslado de conductos. Los conductos de chapa son transportados por dos operarios manualmente. Cada trabajador manipula el conducto por uno de los extremos.
- Actividad 14. Medición y marcado en techos. La medición y marcado en techos se ejecuta sobre plataforma elevadora.

- Actividad 15. Atornillado en techos, paredes y colocación de soportes. Se dispone de atornillador para anclajes. Los operarios realizan esta operación sobre plataforma elevadora.
- Actividad 16. Atornillado en suelos. El operario realiza el atornillado de piezas apoyándose en el suelo. En esta ocasión no se dispone de mesa de trabajo.
- Actividad 17. Corte con amoladora en suelo. El operario realiza el corte de rebabas de piezas apoyando la pieza en el suelo.
- Actividad 18. Corte con amoladora en techo. Las rebabas que sobran en piezas una vez instaladas (p.e. varillas que sobresalen) son eliminadas mediante el corte con amoladora.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. Se instalan las evaporadoras en el techo. Para esta actividad, el operario se sirve de plataforma elevadora (autopropulsada de tijera).
- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras. Las condensadoras son desplazadas hasta la posición requerida.
- Actividad 21. Corte de tubería en mesa de trabajo. Para esta operación se requiere de una amoladora.
- Actividad 22. Traslado de tubería. Las tuberías son trasladadas entre dos operarios.
- Actividad 23. Colocación de tuberías en techo. Para esta operación, los trabajadores requieren de plataforma elevadora.
- Actividad 24. Colocación de tuberías en patinillo. Se utiliza una polea para descender la tubería por el patinillo.
- Actividad 25. Soldadura en mesa de trabajo. Se utiliza un equipo de soldadura.
- Actividad 26. Soldadura en techo. Se utiliza un equipo de soldadura.
- Actividad 27. Soldadura en paredes. Se utiliza un equipo de soldadura.
- Actividad 28. Canalización eléctrica. El canal se distribuye a través de los soportes.
- Actividad 29. Pasar cable. El cable se pasa por el canal. Se utilizan unas tijeras para efectuar el corte.
- Actividad 30. Embornar cable.
- Actividad 31. Conexión eléctrico de máquinas. Se utilizan tijeras.
- Actividad 32. Recibido y acabado de compuertas. Una vez finalizado la instalación de rejillas y compuertas se procede al raseado y recibido.
- Actividad 33. Raseado de paredes. Una vez construido un muro o pared se realiza el raseado.
- Actividad 34. Colocación de toldos para la recogida de aguas. Se dispone de toldos en huecos de la construcción para proteger las instalaciones del agua de lluvia.
- Actividad 35. Preparación de muretes de ladrillo. Los ladrillos están dispuestos previamente en el puesto de trabajo (otros gremios no evaluados se encargan de llevar la carga).
- Actividad 36. Transporte de cargas. Se consideran aquellas cargas manuales que no han podido ser transportadas por medios mecánicos.
- Actividad 37. Montaje de canalón de policloruro de vinilo (PVC). Se coloca el canalón de PVC. Se utiliza una plataforma elevadora para tal

efecto. Otro gremio no evaluado, se encargará de unir las partes entre canalones.

- Actividad 38. Corte con máquina de cinta. La máquina de cinta es utilizada para realizar el corte a los conductos fabricados de fibra de vidrio o similar.

Cabe indicar que las plataformas elevadoras son medios mecánicos concebidos para elevar personas y herramientas manuales utilizados para transportar personas, pero no cargas que sobrepasen las dimensiones y pesos recomendados en el aparato [438].

7.2.1.Redes de climatización

Se observa en la **Figura 47** el diagrama de flujo con la representación gráfica de las tareas de montaje de conductos. Se ejecuta desde que las piezas de conducto, rejillas, toberas y compuertas se encuentran en obra -han sido trasladadas mediante medios mecánicos hasta su punto de trabajo- hasta que el proceso está listo para ser inspeccionado y se realiza el correspondiente plan de inspección y pruebas de proceso.

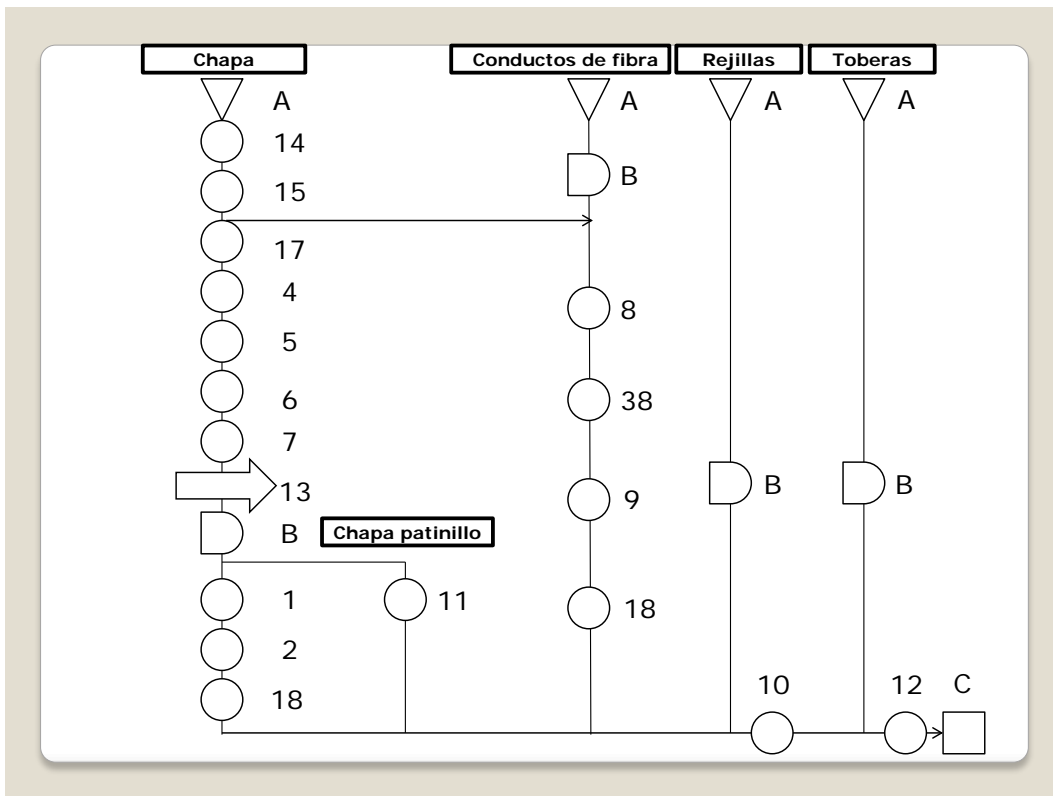


Figura 47. Diagrama de flujo de los procesos de redes de climatización.

Diagrama de proceso de montaje de conductos tipo I

El proceso lo componen actividades relacionadas con el montaje de conductos, cuyo objetivo final es la construcción de redes de climatización (**proceso de montaje de conductos tipo I**). En la **Tabla 7** se describe la construcción de las redes de chapa y fibra de vidrio o similar. En el siguiente diagrama de procesos se indican las rejillas, compuertas y toberas hasta llegar a inspección. Se han indicado con “X” aquellas actividades que incluyen el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento de material de chapa
0	X	●→□ D ▽	14	Medición y marcado en techos
0	X	●→□ D ▽	15	Operación de atornillado
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento de material
0		○→□ D ▽	B	Espera de material
0		●→□ D ▽	17	Corte con amoladora sobre suelo
0		●→□ D ▽	4	Construcción de conductos: Cucillas
0		●→□ D ▽	5	Construcción de conductos: Pie
0		●→□ D ▽	6	Colocación de sellante en conducto
0		●→□ D ▽	7	Colocación de rebordes de juntas
30		○→□ D ▽	13	Traslado de conductos
0		○→□ D ▽	B	Tiempo de espera para la chapa
0		●→□ D ▽	11	Montaje de conductos en patinillo
0		●→□ D ▽	1	Subir conductos de chapa
0		●→□ D ▽	2	Montar conductos de chapa en techo
0		●→□ D ▽	18	Corte con amoladora sobre techo

Tabla 7. Diagrama de procesos de redes de climatización (chapa y fibra de vidrio).

Diagrama de proceso de montaje de conductos tipo II

Este proceso está compuesto por actividades relacionadas con el montaje de conductos, cuyo objetivo final es la construcción de redes de climatización completas, incluyendo el montaje de rejillas y/o toberas (**proceso de montaje de conductos tipo II**). En la **Tabla 8** se describe la construcción de las rejillas, compuertas y toberas hasta llegar a inspección. También se incluye el apartado de fibra de vidrio que se quedó en espera en el diagrama anterior. Se han indicado con “X” aquellas actividades que incluyen el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento de rejillas y compuertas
0		○→□ ■ ▽	B	Tiempo de espera de rejillas y compuertas
0	X	●→□ D ▽	8	Construcción conductos de fibra de vidrio
0	X	●→□ D ▽	38	Corte con máquina de corte
0		●→□ D ▽	9	Montaje de conductos de fibra
0		●→□ D ▽	18	Corte con amoladora sobre techo
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento de rejillas y compuertas
0		○→□ ■ ▽	B	Tiempo de espera de rejillas y compuertas
0		●→□ D ▽	10	Colocación de compuertas y rejillas
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento de toberas y accesorios
0		○→□ ■ ▽	B	Tiempo de espera de toberas y accesorios
0		●→□ D ▽	12	Colocación de toberas y accesorios
0		○→■ D ▽	C	Inspección del proceso

Tabla 8. Diagrama de procesos para las actividades del montaje de conductos (rejillas, compuertas, toberas...).

7.2.2. Maquinaria y tubería frigorífica

En la **Figura 48** se muestra la descripción mediante el diagrama de flujo de la construcción y montaje de las redes de tubería frigorífica y redes de climatización, desde el momento en que el material ha sido acopiado en cada lugar reservado a tal efecto -para lo cual se han empleado medios mecánicos de carga- hasta el momento en que se han instalado y conectado las tuberías a las evaporadoras y condensadoras y la instalación queda lista para ser probada y verificada. Los elementos como instalación de valvulería han sido incluidos dentro del proceso de soldadura, por lo cual no aparecen reflejados en el diagrama.

Nótese que para el caso de la actividad de colocación y movimiento de condensadoras, se han omitido las situaciones en que se utilizan medios mecánicos de carga: traspaletas, máquinas automotoras, etc. Sin embargo, si se consideran las situaciones de movimiento de condensadoras cuando se dispone de ruedas.

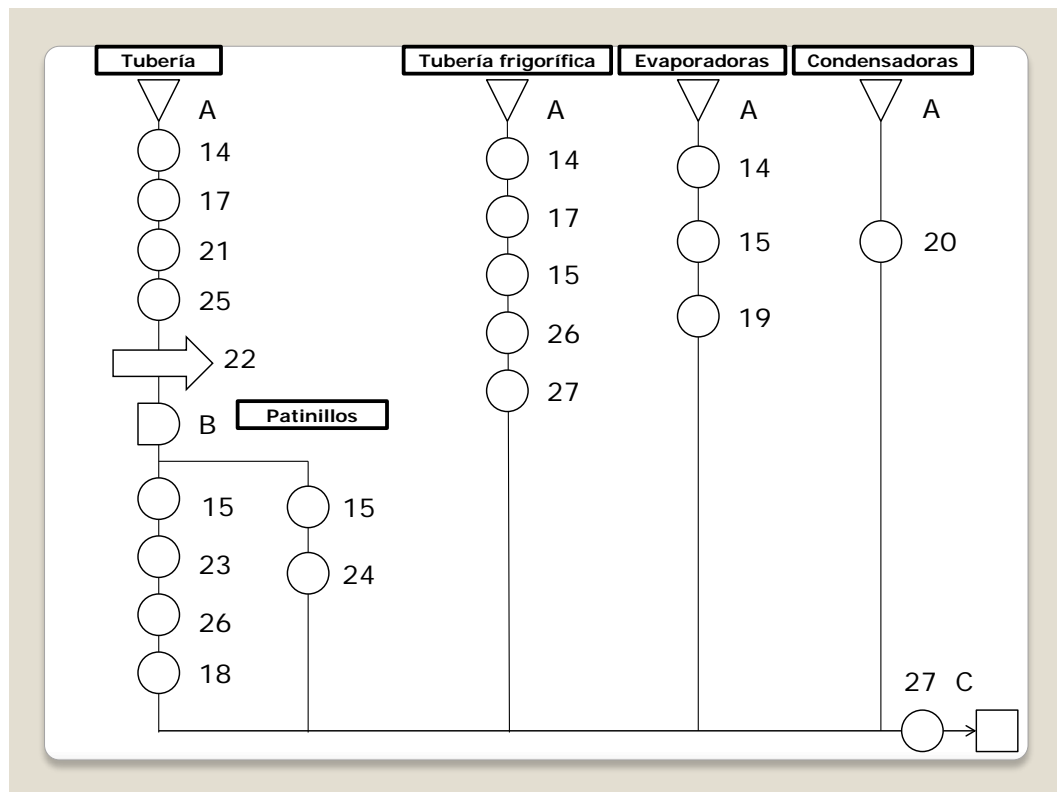


Figura 48. Diagrama de flujo sobre la construcción de las redes de tubería y equipos de climatización.

Diagrama de procesos de montaje de maquinaria y tubería frigorífica tipo I

El diagrama se ha representado incluyendo tres procesos: proceso de tubería, proceso de patinillos y proceso de tubería frigorífica. El fin de estos tres procesos es la construcción de la instalación frigorífica o tubería, incluyendo la construcción y montaje como se observa en la **Tabla 9**. Se han marcado con "X" aquellas actividades que incluyen el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento tubería
0	X	●→□ D ▽	14	Medición y marcado para tubería
0		●→□ D ▽	17	Corte con amoladora sobre suelo
0		●→□ D ▽	21	Corte de tubería en mesa de trabajo
0	X	●→□ D ▽	25	Soldadura en mesa de trabajo
30		○→□ D ▽	22	Traslado de tubería
0		○→□ D ▽	B	Demora tubería
0		●→□ D ▽	15	Atornillado en paredes de patinillo
0		●→□ D ▽	24	Colocación de tubería en patinillos
0	X	●→□ D ▽	15	Atornillado techos
0		●→□ D ▽	23	Colocación de tubería en techos
0		●→□ D ▽	26	Soldadura en techo
0		●→□ D ▽	18	Corte con amoladora sobre techo
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento evaporadoras
0	X	●→□ D ▽	14	Medición y marcado para tub. frigorífica
0		●→□ D ▽	17	Corte con amoladora sobre suelo
0	X	●→□ D ▽	15	Atornillado en techos
0		●→□ D ▽	26	Soldadura en techos
0		●→□ D ▽	27	Soldadura en paredes

Tabla 9. Diagrama de procesos para las actividades de montaje de maquinaria y tubería frigorífica (construcción y montaje de tubería).

Diagrama de proceso de montaje de maquinaria y tubería frigorífica tipo II

El proceso se refiere al montaje de evaporadoras, como se observa en la **Tabla 10**. Se han indicado con "X" aquellas actividades que incluyen el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento evaporadoras
0	X	●→□ D ▽	14	Medición y marcado
0	X	●→□ D ▽	15	Atornillado y colocación de soportes evaporadoras
0	X	●→□ D ▽	19	Colocación evaporadoras

Tabla 10. Diagrama de proceso para las actividades de montaje de maquinaria y tubería frigorífica (evaporadoras).

Diagrama de proceso de montaje de maquinaria y tubería frigorífica tipo III

El proceso se refiere a las operaciones relacionadas con la instalación de condensadoras como se observa en la **Tabla 11**

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento condensadoras
0		●→□ D ▽	20	Colocación y movimiento de condensadoras
0		●→□ D ▽	27	Soldadura en paredes
0		○→□ D ▽	C	Inspección del proceso

Tabla 11. Diagrama de proceso para las actividades de montaje de maquinaria y tubería frigorífica (condensadoras).

7.2.3. Redes eléctricas para los equipos de climatización

En la **Figura 49** se ha representado en el diagrama de flujo las actividades que se realizan en los trabajos de redes de instalación de eléctrica para dar suministro eléctrico a la instalación de los equipos de climatización. Se ha suprimido en este análisis las redes eléctricas de gran demanda, que se han incluido en los patinillos, por ser una actividad dentro del área de las instalaciones eléctricas no estudiada. Se incluyen únicamente las redes de baja potencia y las redes de suministro de datos, no así la instalación destinada al suministro de potencia de las máquinas y general del edificio.

Se observa en la **Figura 49** que se ha incluido el símbolo de demora llamado B. Se trata del tiempo de espera que los operarios necesitan hasta que los cuadros eléctricos con todos sus elementos han sido ubicados (por otro gremio) en la bancada correspondiente, las evaporadoras son instaladas en el techo (por el grupo de trabajo de montaje de maquinaria y tubería) y las condensadoras son dispuestas en su habitáculo correspondiente (trabajo que también es ejecutado por el gremio correspondiente, en ocasiones por el grupo de montaje de maquinaria y tubería y en otros casos por otros gremios no estudiados). Posteriormente, los operarios realizan la conexión eléctrica a los cuadros y a los equipos (condensadoras/evaporadoras).

Al igual que sucede en otros casos, el traslado de los cuadros de suministro eléctrico para las condensadoras forma parte de otros procesos donde se incluye el uso de carretillas automotoras de mantenimiento, por lo que no ha sido objeto de este estudio el montaje de los cuadros al realizarse el posicionamiento de los mismos sobre bancada utilizando medios mecánicos.

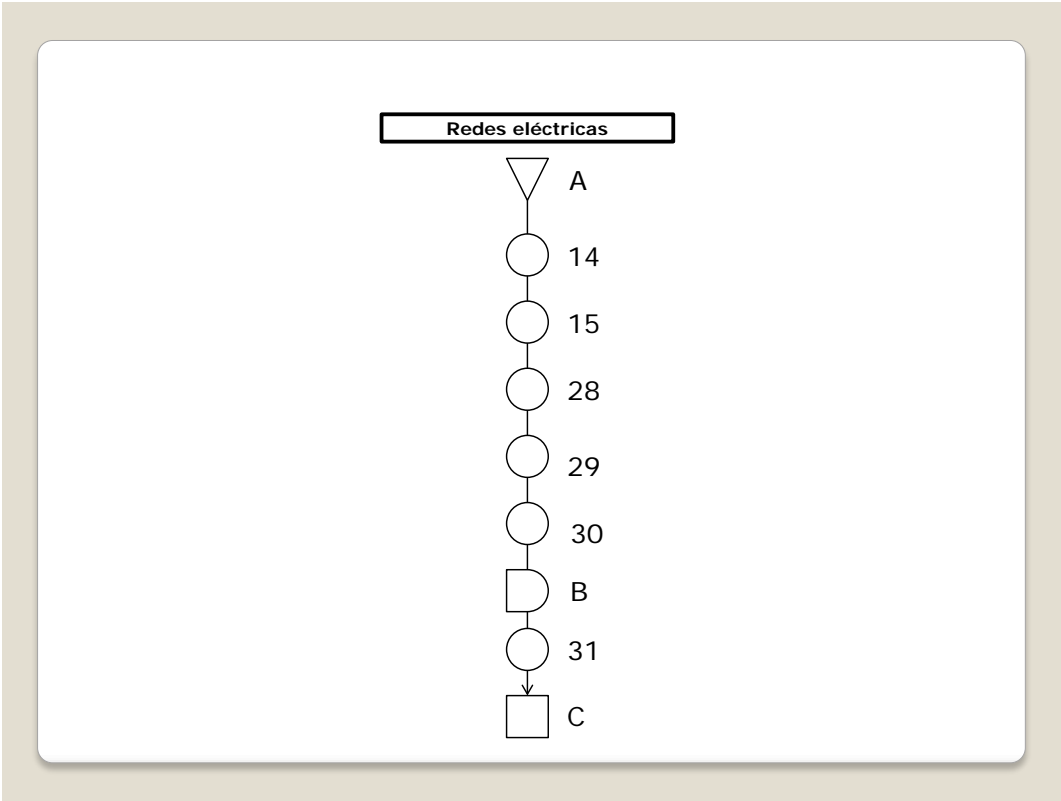


Figura 49. Diagrama de flujo sobre la construcción de redes eléctricas para la instalación de los equipos de climatización.

Diagrama de proceso de redes eléctricas

El proceso descrito en la **Tabla 12** incluye las actividades relacionadas con las instalaciones eléctricas, cuyo fin es la instalación de las redes eléctricas que se distribuyen a los sistemas de climatización (**proceso de redes eléctricas**). Se han excluido de este estudio las redes de suministro a máquinas y general del edificio. Se han indicado con “X” aquellas actividades que incluyen el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento cableado y otros materiales
0	X	●→□ D ▽	14	Medición y marcado en techos
0	X	●→□ D ▽	15	Atornillado en techos
0	X	●→□ D ▽	28	Canalización eléctrica
0	X	●→□ D ▽	29	Pasar cable
0	X	●→□ D ▽	30	Embarnar
0		○→□ D ▽	B	Espera para cuadros y máquinas
0	X	●→□ D ▽	31	Conexión de máquinas y cuadros eléctricos
0		○→□ D ▽	C	Inspección

Tabla 12. Diagrama de proceso de redes eléctricas para los equipos de climatización.

7.2.4. Redes de tubería de PCI

En la **Figura 50** se observa la descripción de la instalación de las redes de protección contra incendios. Se han incluido los componentes y elementos (p.e. rociadores, valvulería), durante las operaciones de soldadura. Se denota coincidencia con las redes de tuberías, ya que no existe ninguna diferencia en el proceso constructivo, sino en el tipo de materiales y la inspección del proceso y pruebas, que no son objeto de este estudio.

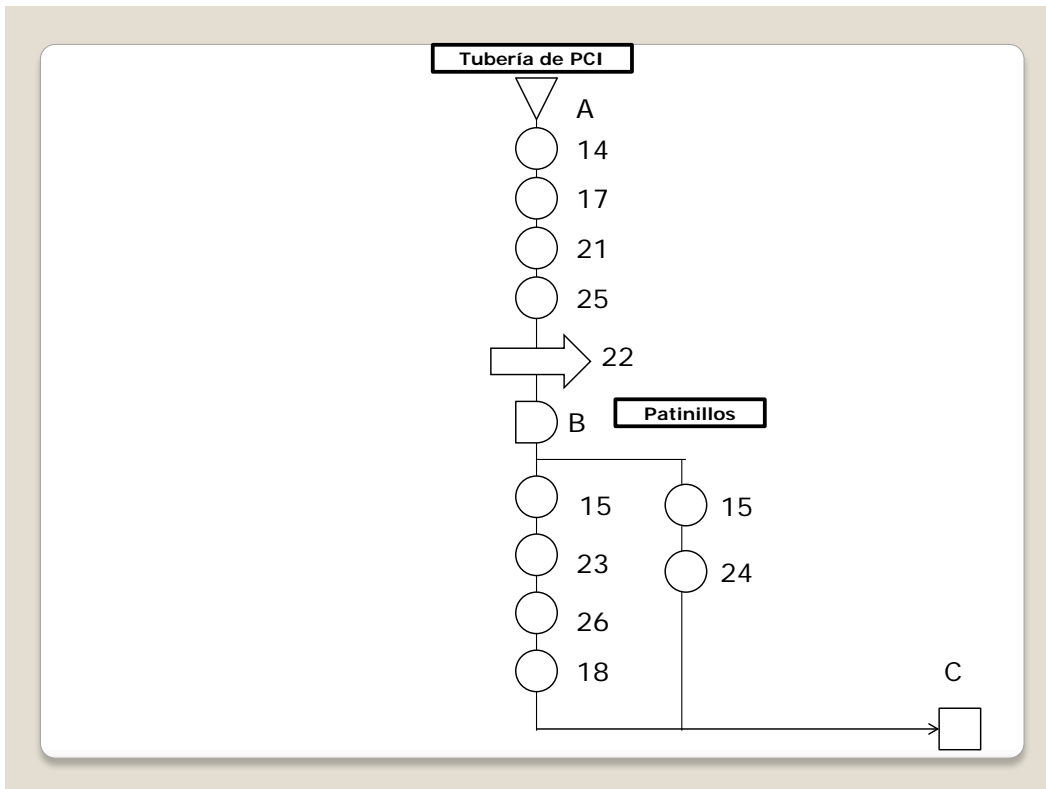


Figura 50. Diagrama de flujo de redes de tubería de PCI.

Diagrama de proceso de redes de tubería PCI

El proceso representado en la **Tabla 13** incluye actividades relacionadas con la instalación y montaje de tubería de PCI (**proceso de PCI**), cuyo objetivo es la construcción de los sistemas de PCI. Se han indicado con “X” aquellas actividades que incluyen el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento tubería
0	X	●→□ D ▽	14	Medición y marcado para tubería
0		●→□ D ▽	17	Corte con amoladora sobre suelo
0		●→□ D ▽	21	Corte de tubería en mesa de trabajo
0	X	●→□ D ▽	25	Soldadura en mesa de trabajo
30		○→□ D ▽	22	Traslado de tubería
0		○→□ D ▽	B	Demora tubería
0		●→□ D ▽	15	Atornillado en paredes de patinillo
0		●→□ D ▽	24	Colocación de tubería en patinillos
0	X	●→□ D ▽	15	Atornillado techos
0		●→□ D ▽	23	Colocación de tubería en techos
0		●→□ D ▽	26	Soldadura en techo
0		●→□ D ▽	18	Corte con amoladora sobre techo

Tabla 13. Diagrama de proceso sobre la construcción y montaje de tubería de PCI.

7.2.5. Albañilería fina

El diagrama de flujo representado en la **Figura 51** para las actividades de albañilería fina muestra procesos diferentes, en particular, se han estudiado el caso de construcción de paredes, la construcción de canalón de PVC y el remate de compuertas cortafuegos. En comparación con otros procesos, los procesos relacionados con la albañilería utilizan menos medios mecánicos de carga que el resto de puestos de trabajo. En definitiva, uno de los puntos interesantes es la MMC para estos puestos de trabajo. La preparación de la masa, también se ha excluido por utilizarse generalmente maquinaria para tal efecto. El traslado de cargas, es una actividad propia de distintos procesos, como en otros casos, efectuada mediante medios mecánicos de carga. Para el caso de albañilería, traslados de peso superiores a 15 kg son realizados mediante medios mecánicos por otros puestos de trabajo de albañilería no concretados en estos procesos.

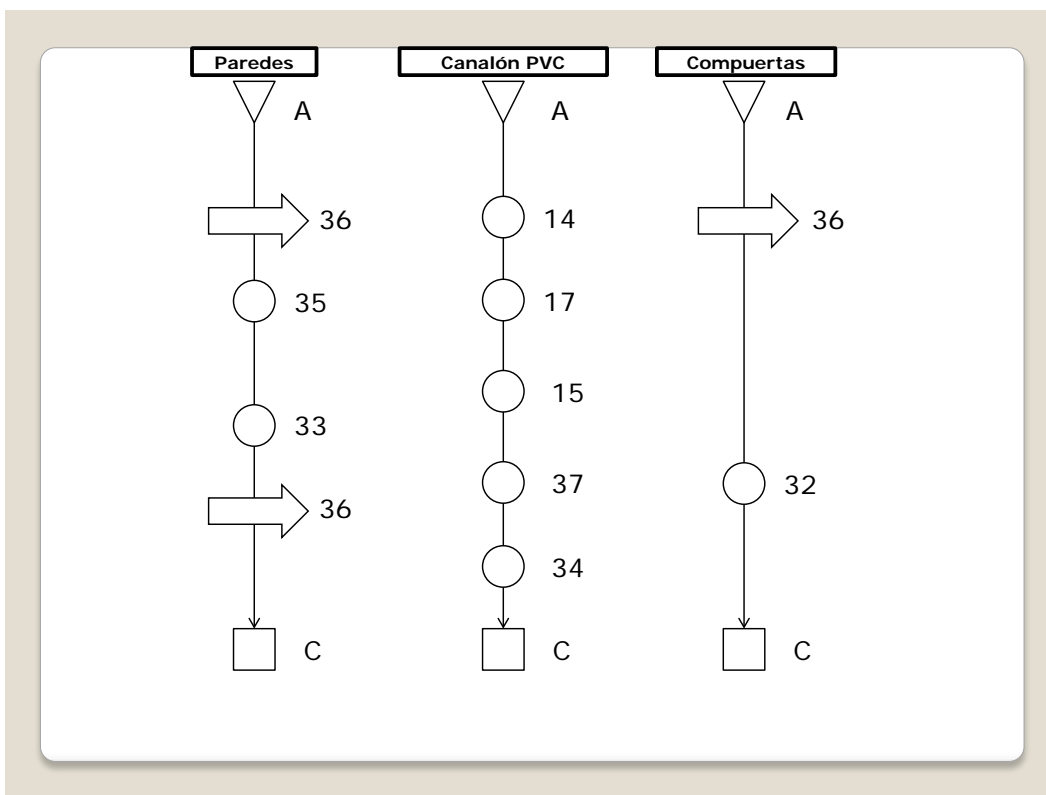


Figura 51. Diagrama de flujo de albañilería.

Diagrama de albañilería fina tipo I

El proceso se corresponde con actividades relacionadas con la albañilería fina, cuyo objetivo es la construcción de paredes y muretes⁴⁹⁴ que protejan de la lluvia los equipos de climatización y al edificio inacabado (**albañilería fina tipo I**), como muestra la **Tabla 13**. La “X” especifica el factor de movimientos repetitivos

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento ladrillos
0		●→□ D ▽	36	Transporte de ladrillos
0	X	●→□ D ▽	35	Preparación de muretes de ladrillo
0	X	●→□ D ▽	33	Raseado de paredes
0		○→□ D ▽	36	Trasporte de residuos
0		○→■ D ▽	C	Inspección de proceso

Tabla 14. Diagrama de proceso de albañilería fina (construcción de paredes y muretes).

Diagrama de albañilería fina tipo II

El proceso que muestra la **Figura 14** incluye actividades relacionadas con la albañilería fina, cuyo objetivo es la construcción del canalón de PVC y la colocación de toldos para recogida de aguas (**albañilería fina tipo II**).

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○→□ D ▽	A	Almacenamiento de material
0		●→□ D ▽	14	Medición y marcado en techo
0		●→□ D ▽	17	Corte con amoladora sobre suelo
0		●→□ D ▽	15	Atornillado y colocación de soportes
0		●→□ D ▽	37	Montaje de canalón de PVC
0		●→□ D ▽	34	Colocación de toldos para recogida de aguas
0		○→■ D ▽	C	Inspección de proceso

Tabla 15. Diagrama de proceso de albañilería fina (canalón de PVC y toldos).

⁴⁹⁴ Murete: muro pequeño, pared muy baja.

Diagrama de albañilería fina tipo III

El proceso indicado en la **Tabla 16** se refiere a las actividades de albañilería fina, cuyo objetivo es dar apoyo y rematar las instalaciones de climatización. El caso para **albañilería fina tipo III** describe el remate de compuertas. Se ha indicado con “X” la actividad que incluye el factor de movimientos repetitivos.

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama		Operaciones
0		○➔□ D ▼	A	Almacenamiento de material
0		○➔□ D ▼	36	Transporte de cargas
0	X	●➔□ D ▼	32	Recibido y acabado de compuertas
0		○➔■ D ▼	C	Inspección de proceso

Tabla 16. Diagrama de proceso de albañilería fina (recibido y acabado de compuertas).

Finalmente, el sector de las instalaciones mecánicas puede ser comprendido mediante los diagramas de flujo y de procesos. De esta forma, se puede estandarizar el trabajo. Como ejemplo de comparación, los diagramas de flujo han sido probados previamente en un estudio sobre la estandarización de procesos mediante diagramas de flujo en las instalaciones de climatización [439].

7.3. Resultados de los métodos de observación directa

Durante el análisis, es interesante reflejar algunos aspectos particulares que se han tenido en cuenta entre las diversas actividades, como:

Actividad 3 (construcción de conductos de fibra de vidrio o similar). La actividad de construcción de conductos de fibra de vidrio introduce un movimiento repetitivo en su conjunto que se desarrolla principalmente al realizar movimientos en los miembros superiores para la transformación en piezas o partes de piezas. Los operarios dedicados a este proceso, pasan gran parte del tiempo realizando estas actividades.

Actividad 9 (montaje de conductos de fibra de vidrio o similar). La actividad de montajes de conducto de fibra de vidrio se analiza teniendo en cuenta la particularidad de que los conductos se colocan en la plataforma elevadora de tijera que los operarios utilizan. La actividad no está clasificada como repetitiva ya que abarca descensos por el andamio, recorridos hasta el producto construido, etc. Por otra parte, este tipo de actividad tampoco requiere de la manipulación de cargas (los conductos de fibra o de vidrio no superan los 3 kg de peso).

Actividad 4 (transformación de piezas de conducto en cuclillas) y actividad 5 (transformación de piezas de conducto de pie). En la actividad de montaje de conductos de chapa se adoptan posturas mantenidas durante la operación en posición de cuclillas y de pie. Las actividades se analizan independientemente. Hay que tener en cuenta que ambas actividades no son repetitivas ya que el

operario tras finalizar la transformación de piezas de conducto, se dispone a colocarlos –lo que no ocurre en la fabricación de piezas de fibra de vidrio, ya que hasta que no se acaba la construcción de todas las piezas no se procede al montaje-. Las piezas de conducto de chapa además de ser voluminosas, también superan en ocasiones los 3 kg de peso, requisito que es contemplado para llevar a cabo el método que propone la guía del INSHT [288, 291].

Cabe destacar que se han registrado dos variantes en las dimensiones de conductos de chapa galvanizada. No se encontraron más situaciones durante el periodo en el que se realizó la investigación. Las dimensiones y peso son:

- Conductos de dimensiones 400x400x1000 mm para tramos rectos, con un peso de 10,05 kg.
- Conducto de dimensiones 900x1250x1000 mm para patinillos, con un peso de 27 kg.

Actividad 10 (colocación de compuertas y rejillas). Las rejillas y compuertas son instaladas ayudándose de la plataforma elevadora ya que no existen medios mecánicos para el efecto de elevar compuertas de gran tamaño y, por lo tanto, no pudiendo ser elevadas absolutamente mediante medios mecánicos de carga.

Actividad 11 (montaje de conductos en patinillos). En la actividad de montaje de conductos en patinillos, los operarios disponen de una polea instalada en la planta superior para hacer descender el conducto a través del patinillo. La instalación de la polea no es incluida en este estudio porque fueron trabajadores de otros gremios no contemplados en esta investigación los que se encargaron de instalar la polea. Tampoco están registradas las operaciones de medición en patinillos, ya que esta medición de patinillos forma parte de las actividades desarrolladas por encargados y no directamente por los operarios.

Actividad 13 (traslado de conductos). El factor principal es el levantamiento de cargas y traslado de las mismas. Los conductos son trasladados hasta el punto de almacenamiento y una vez construidos son instalados. La mayor parte de las veces el almacenamiento es de escasos minutos, con la particularidad, de que los operarios desarrollan tiempos de descanso no planificados. Esto conlleva la desventaja de que cuando se produce el traslado, el operario puede proceder de una situación de descanso no programada.

Actividad 14 (medición y marcado en techos). Esta actividad está incluida como una de las actividades repetitivas comunes en todos los operarios observados. Para instalar cualquier equipo o accesorio o pieza de conducto o tubería, siempre hay que hacer primero una medición y marcado en techo, seguido de la operación de atornillado. La repetitividad se relaciona con la situación de que hasta que no han marcado todas las zonificaciones y secciones, no se finaliza esta actividad, y se procede así durante días o semanas.

Actividad 16 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes). Esta actividad al igual que la anterior está fuertemente relacionada con la repetitividad del trabajo. De igual forma, es realizada hasta que se finaliza una sección o zona de trabajo y tras haber preparado previamente las zonas o secciones mediante marcado.

Actividad 20 (colocación y movimiento de condensadoras). Es la única actividad propia de los movimientos de empuje, desarrollados para colocar las máquinas condensadoras en el lugar adaptado para tal efecto.

Actividad 21 (corte de tubería en mesa de trabajo). Esta actividad requiere diversas variables posturales, ya que en un breve tiempo se realizan numerosos movimientos con los miembros superiores.

Actividad 23 (colocación de tuberías en techo). Mediante el uso de plataforma elevadora se dispone la tubería sobre la máquina y de aquí se soporta al techo. Se analiza tanto para el montaje de tubería frigorífica como para el montaje de tubería de PCI. Para el caso más desfavorable, existe una carga de más de 3 kg. Los trabajos de instalación de tubería varían considerablemente al cabo del día, ya que previamente hay que preparar la tubería, se suelda la pieza en mesa de trabajo, se soporta o cuelga y después se suelda nuevamente sobre el techo o pared -según el caso-.

Actividad 19 (colocación de evaporadoras). Requiere en esta investigación una especial atención. Volviendo a la definición de movimiento repetitivos, se recuerda la diferencia entre posturas estáticas y dinámicas, al incluir la definición de baja repetitividad al producirse una baja frecuencia de acciones técnicas, para cada miembro superior, por debajo de 40 acciones por minuto [271]. Siguiendo este contexto se ha indicado qué significa un requerimiento postural dinámico, es decir, aquel que es debido a la adopción de posturas mediante movimientos frecuentes o repetición de éstos [270]. En el caso de montaje de evaporadoras, la actividad se corresponde con una actividad repetitiva de baja frecuencia (ya que se realizan menos de 40 acciones por minuto). Los operarios durante el montaje de las evaporadoras trabajan una línea completa de planta y al finalizar suben a la siguiente y continúan con dicha planta. Esta actividad dentro del proceso de montaje de evaporadoras, se lleva a cabo de la siguiente manera: Las evaporadoras son previamente dispuestas en la zona de trabajo, debajo de los puntos donde se instala. La actividad comienza cuando los operarios agarran la evaporadora y la suben a la plataforma, inmediatamente suben a la misma, la plataforma asciende y elevan la evaporadora hasta el techo. Los operarios desplazan la plataforma 6 m en línea recta hasta llegar a la ubicación de la nueva evaporadora y se repite. El propio montaje de evaporadoras sería un único proceso si durante el transcurso del montaje de las mismas se hubieran realizado otras actividades intermedias (como atornillar), pero no es el caso ya que los operarios avanzaron con el montaje de evaporadoras hasta que finalizaron completamente las plantas previstas.

Actividad 38 (corte con máquina de cinta). Es propia de los montadores de conductos de fibra de vidrio y característica de factores repetitivos. El corte es realizado mediante el uso de una máquina de cinta, y los aspectos observados están directamente relacionados con los movimientos que se deben realizar para el manejo de esta máquina. No se incluyen los movimientos relativos al mantenimiento y reparación.

7.3.1. Resultados de los métodos de observación directa por actividades

En la **Tabla 17** se han registrado los cálculos obtenidos mediante la aplicación de los métodos de observación directa que son los siguientes:

- REBA (M1), RULA (M2), OWAS (M3), LUBA (M4) que evalúan el factor sobre posturas forzadas y estáticas.
- OCRA (M5), JSI (M6), modelo del Cubo (M7) que evalúan el factor movimientos repetitivos.
- NIOSH (M8) y guía del INSHT (M9) que evalúan los factores de MMC, levantamiento y transporte de cargas.
- Snook&Ciriello o Tablas de la Liberty Mutual (M10) y Arbouw Guideline (M11) que evalúan en este estudio el factor movimientos manuales enérgicos (empuje).
- Rodgers MFA (M12) que evalúa el factor de aplicación de fuerza y esfuerzo físico.
- Método de la posición de la mano (M13) que evalúa el factor posturas estáticas puras.

A simple vista se observa que en los niveles de puntuación obtenidos predomina el número dos y el uno y se han registrado muy pocos ceros. De la propia definición de factor de riesgo [246] (ver apartado 5.2.2.1.) se explica como las actividades que contemplan riesgos moderados a elevados tienen también mayores probabilidades de desarrollar un TME. Por otra parte, se dan varias actividades que no suponen un riesgo elevado o muy elevado en relación a los factores estudiados para los métodos calculados, y éstas son por actividades (**Tabla 17** y **Tabla 6**): 1) montaje de conductos de chapa (subir conductos), 12) colocación de toberas y accesorios, 14) medición y marcado en techos, 25) soldadura en mesa de trabajo, 26) soldadura en techo, o en altura, 37) montaje de canalón PVC y 38) corte con máquina de cinta.

Actividades=>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
M1 :REBA	0	2	0	2	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	0		
M2: RULA	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
M3: OWAS	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	2	1	2	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	0	
M4: LUBA	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	0	0		
M5: OCRA	X	X	2	X	X	X	X	2	X	X	X	X	X	0	2	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	1	0	0	0	0	2	X	0	X	X	1		
M6: JSI	X	X	1	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	1	1	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	1	1	1	1	1	2	X	0	X	X	0		
M7: CUBO	X	X	1	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	1	1	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	2	X	0	X	X	0		
M8: NIOSH	X	X	X	2	2	2	2	X	2	2	X	2	X	X	X	X	X	X	2	X	X	2	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	
M9:INSHT	X	X	X	2	2	2	2	X	2	2	X	2	X	X	X	X	X	X	2	X	X	2	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	
M10: S&C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M11: ARB.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M12: RODG.	0	1	0	1	1	0	0	1	2	2	0	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	0	0	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	0	0		
M13:MANO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	X	0	X	1	2	2	2	X	X	0	1	X	1	0	0	2	0	0	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X		

Tabla 17. Resultados de los métodos de observación directa.

Las actividades que han obtenido una puntuación final 2 (riesgo alto o muy alto, situación inaceptable que requiere cambios inmediatos o urgentes) en cada uno de los métodos evaluados, relacionadas con los factores de riesgo y grupos de trabajo son:

- Actividad 10 sobre colocación de compuertas y rejillas (actividad realizada por el grupo de trabajo de redes de conductos). Ha obtenido una puntuación final 2 en: REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), NIOSH, guía del INSHT (MMC y levantamiento) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).
- Actividad 11 sobre montaje de conductos en patinillo (grupo de trabajo redes de conductos): REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), NIOSH, guía del INSHT (MMC y levantamiento), Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico) y método de la posición de la mano (posturas estáticas puras).
- Actividad 19 sobre colocación de evaporadoras (es desarrollada por los trabajadores del maquinaria y tubería frigorífica): REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), OCRA, JSI, modelo del Cubo (movimientos repetitivos), NIOSH, guía del INSHT (MMC y levantamiento) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).
- Actividad 20 sobre colocación y movimiento de condensadoras (realizada por el grupo de trabajo de maquinaria y tubería frigorífica): REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), Snook&Ciriello o tablas de la Liberty Mutual y Arbouw Guideline (empuje) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).
- Actividad 23 sobre colocación de tubería en techo (grupos de trabajo maquinaria y tubería frigorífica y tubería de PCI): REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), NIOSH, INSHT (MMC y levantamiento) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).
- Actividad 33 sobre raseado de paredes (grupo de trabajo albañilería fina): REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), OCRA, JSI, modelo del Cubo (movimientos repetitivos) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).

Para realizar un análisis más intrínseco se realiza una descripción siguiendo los diagramas de flujo contemplados en el apartado 7.2, para cada proceso descrito. En cada actividad se ha indicado un paréntesis con las puntuaciones según el método, separadas de comas. En caso de no aplicarse dicho método, o bien no se incluye directamente (esto sucede en el caso del método de la posición de la mano, que es el último), o bien se indica una X o dos (como sucede en el caso de Snook&Ciriello y Arbouw Guideline, ya que estos métodos sólo son empleados con la actividad 20).

7.3.2. Redes de climatización

En los procesos de redes de climatización se ha efectuado el cálculo siguiendo los métodos de los factores de posturas forzadas, estáticas y aplicación de fuerza, movimientos repetitivos, manipulación manual, levantamiento y transporte de cargas y aplicación de fuerza y esfuerzo físico. No se ha identificado ninguna actividad para el análisis mediante Arbouw Guideline y las Tablas de la Liberty Mutual (Snook&Ciriello), en el aspecto de empuje de cargas, ya que la única actividad identificada en este caso, se corresponde con los procesos de montaje de maquinaria y tubería frigorífica.

Se observa en el diagrama de flujo de la **Figura 52**, la prevalencia de las actividades con una puntuación de 1, esto sugiere cambios a corto/medio plazo (ver apartado 6.3.1.). Se han obtenido puntuaciones elevadas en la actividad 2 (2,2,0,2), 4 (2,2,1,2), 17 (1,1,1,1, y un 2 para el método de la posición de la mano), 18 (1,1,0,1, y un 2 para el método de la posición de la mano) y 10 (2,2,2,2), correspondientes a las actividades de montaje de conductos sobre techo, transformación de las piezas de conducto de chapa en posición de cuclillas, corte con amoladora y herramientas de corte sobre suelo, corte con amoladora y herramientas de corte sobre techo y colocación de compuertas y rejillas, lo cual significa que el riesgo es elevado a muy elevado en estos casos y se requeriría una intervención inmediata para un rediseño de la tarea en estos casos. Se registran pocas situaciones en las que el resultado es adecuado, por lo cual, en el caso de este análisis se tiende a pensar que el proceso realizado debería modificarse o rediseñarse incidiendo en las actividades de puntuaciones altas.

En la **Figura 53**, se ha realizado el cálculo mediante movimientos repetitivos para cuatro actividades, que son, 14 (0,1,1), 15 (2,1,1), 8 (2,1,1) y 38 (1,0,0), respectivamente, atornillado en techos o paredes y colocación de soportes, atornillado en suelos, aislamiento de conductos mediante fibra o fibra de vidrio y corte con máquina de cinta. Son las únicas operaciones identificadas como repetitivas. Se han registrado puntuaciones elevadas en general y muy pocos casos resultan aceptables.

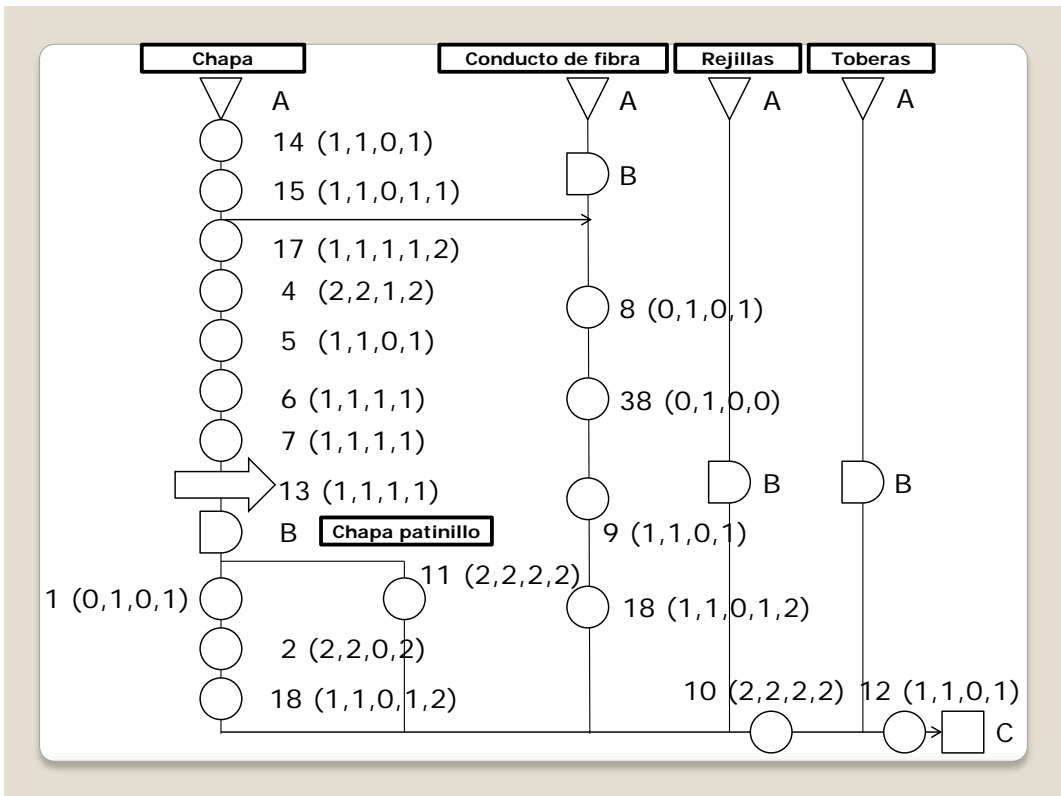


Figura 52. Diagrama de flujo de redes de climatización con los resultados del análisis de posturas forzadas, estáticas y estáticas puras.

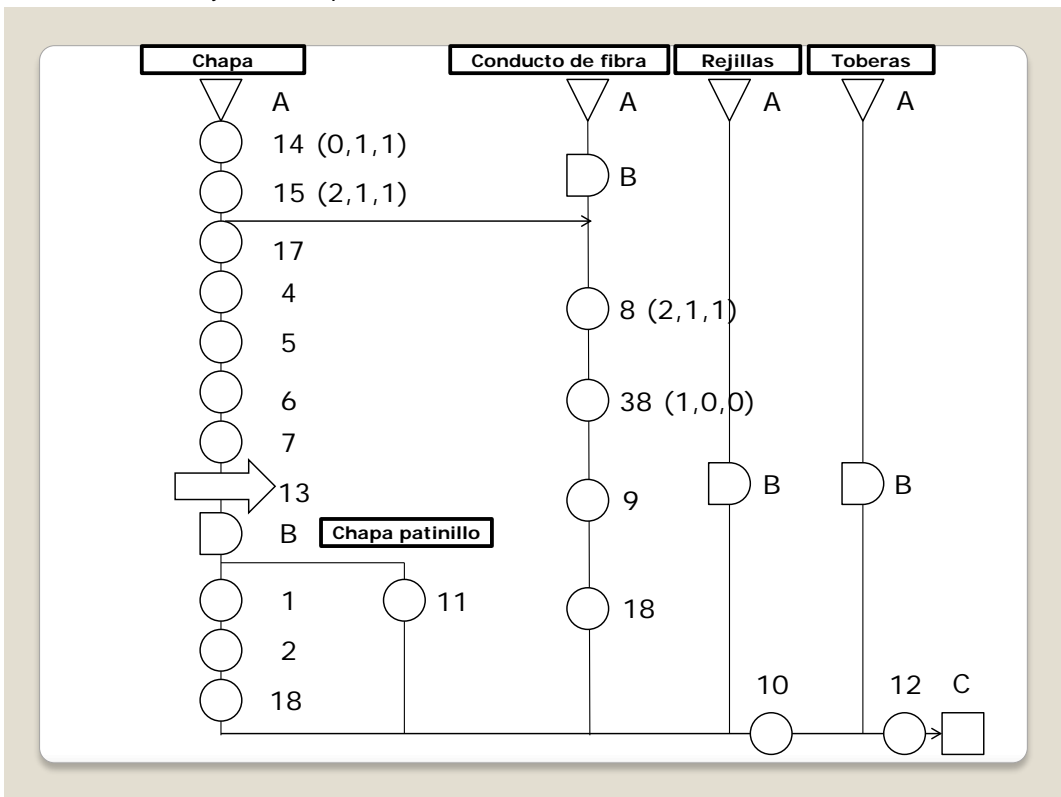


Figura 53. Diagrama de flujo de redes de climatización con los resultados del análisis de movimientos repetitivos.

Para la **Figura 54**, en el análisis mediante NIOSH y la Guía del INSHT en el caso de manipulación manual y levantamiento, el resultado es muy homogéneo y además elevado. En todos los casos se requiere la consideración urgente o muy urgente del rediseño de la actividad, o en su caso, por la gravedad del análisis, del proceso entero. Las actividades son las correspondiente a 4 construcción de conductos, transformación de las piezas en cuclillas, 5 construcción de conductos, transformación de las piezas en posición de pie, 6 colocación de sellante en conductos, 7 colocación de rebordes de juntas en conductos, 8 aislamiento de conductos mediante fibra (Fibra de vidrio) -posicionando el conducto en mesa de trabajo "provisional"-, 10 colocación de compuertas y rejillas, 11 montaje de conductos en patinillos y 13 traslado de conductos construidos de dimensiones 900x1250x3000 cm. Los resultados ofrecidos son congruentes con el hecho de que aquellas actividades donde se manipulan conductos de 27 kg tienen un riesgo elevado. No sucede lo mismo para el caso de conductos de 10 kg o inferior, como se ha podido comprobar en los cálculos. Se reconoce en este diagrama de esta forma el caso más desfavorable del cálculo, que no es otro que para conductos de 27 kg es decir, de dimensiones 900x1250x100 cm, que son los que se instalan además en los patinillos. También se han comprobado que para las actividades donde se manipulan compuertas, con un peso de 27 kg también supone riesgos elevados. El límite de peso tanto para conducto como para compuertas (las rejillas no ocupan lugar en el análisis de peso por estar fabricadas en Al), estaría en accesorios de hasta 19 kg según la Guía del INSHT, si se quiere proteger a la mayor parte de la población y un límite de 15 kg siguiendo la ecuación de NIOSH.

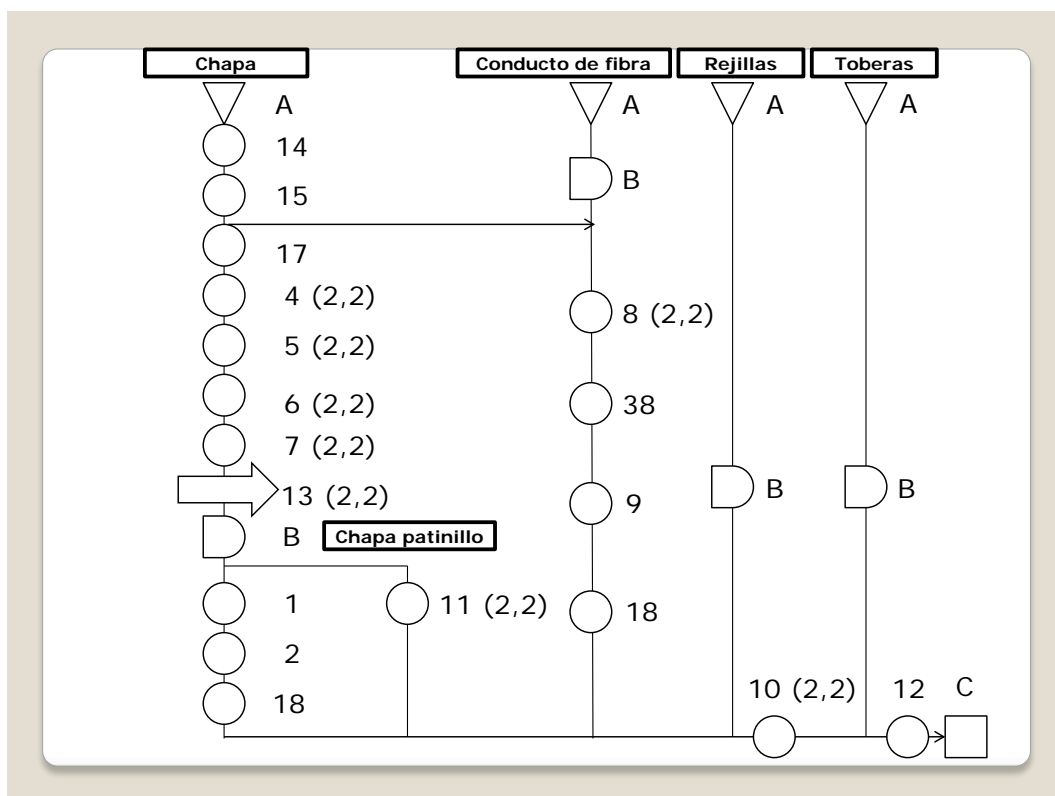


Figura 54. Diagrama de flujo de redes de climatización con los resultados del análisis de la manipulación manual, transporte y levantamiento de cargas.

En la **Figura 55**, se muestra como ya viene siendo habitual actividades próximas al límite y que suponen cambios urgentes, éstas son la 13, 11, 10, correspondientes a traslado de conductos, montaje de conductos en patinillos y colocación de compuertas y rejillas. Se sigue manteniendo que hay que soportar cargas elevadas y esto supone un esfuerzo considerable, de ahí que siguiendo el método de Rodgers los resultados no sean tan optimistas.

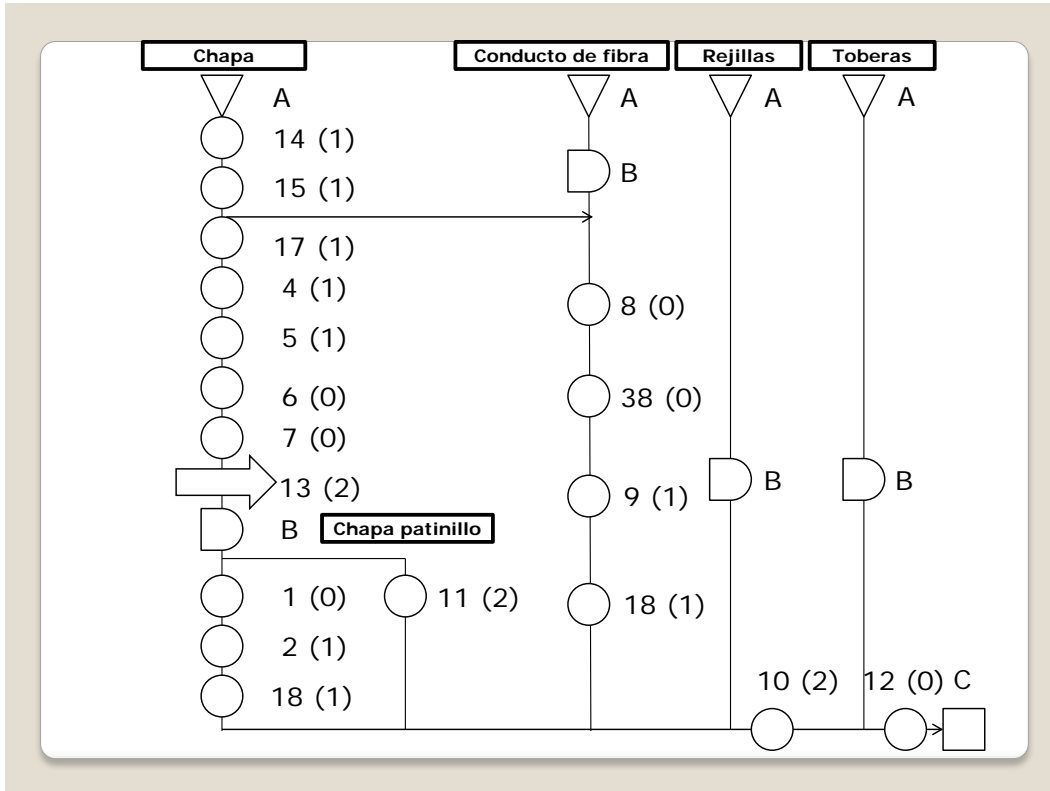


Figura 55. Diagrama de flujo de redes de conductos con los resultados del análisis de aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

7.3.3. Maquinaria y tubería frigorífica

En el proceso de montaje de maquinaria y tubería frigorífica, se han realizado los cálculos siguiendo los métodos de los factores de posturas forzadas, estáticas y aplicación de fuerza, movimientos repetitivos, manipulación manual, levantamiento y transporte de cargas, empuje y aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

En la **Figura 56**, se observa que algunas actividades se encuentran en situación intolerable, éste es el ejemplo de las actividades 17 (1,1,1,1 y un 2 para posturas forzadas estáticas puras por el método de la posición de la mano), 22 (2,2,2,1,1), 24 (2,2,1,2,1), 27 (1,1,2,1,2), 19 (2,2,2,2), 20 (2,2,2,2) y 23 (2,2,2,2). En particular, la actividad 19 sobre colocación de evaporadoras, la actividad 20 relativa al empuje de condensadoras y la actividad 23 sobre la colocación de tuberías en techo. Todas éstas se encuentran en una situación delicada.

Por otra parte, también se observa la afluencia de actividades con una puntuación moderada y pocos análisis han denotado situaciones completamente aceptables, luego como en el caso anterior, el rediseño del proceso completo,

sería un buen principio a tener en cuenta.

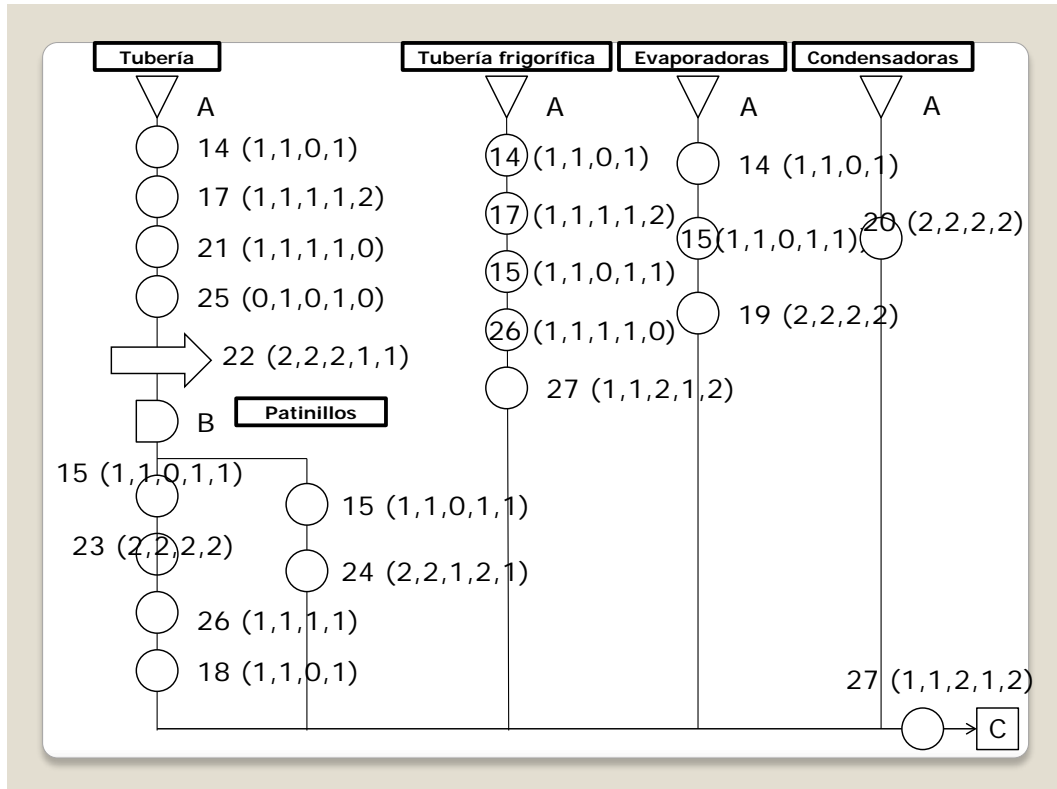


Figura 56. Diagrama de flujo de montaje de maquinaria y tubería frigorífica con los resultados del análisis de posturas forzadas, estáticas y estáticas puras.

Existen pocas actividades en la **Figura 57**, que hayan sido evaluadas siguiendo los métodos para movimientos repetitivos. De entre estas actividades, las que mayor riesgo suponen son: la 19 sobre la colocación de evaporadoras -debido al peso cargado y la postura adoptada al realizar la manipulación- y la 15 sobre atornillado en techos o paredes y colocación de soportes, aunque en este caso, sólo mediante el método OCRA se ha determinado el riesgo elevado.

En la **Figura 58**, se denota que en el cálculo de todas las actividades, se ha obtenido la misma puntuación, luego el proceso se encuentra en un nivel de riesgo elevado en relación al levantamiento, manipulación, transporte y empuje de cargas. Nótese que en el diagrama se ha incluido una "X" con el fin de delimitar los factores para los que la actividad es evaluada. La "X" indica que no se ha evaluado para esta actividad. Los dos primeros códigos (comenzando por la izquierda) se refieren al factor MMC, levantamiento y transporte de cargas que emplean NIOSH y la guía del INSHT, y los dos siguientes se refieren al factor movimientos manuales enérgicos (empuje) que utilizan los métodos de Snook&Ciriello y Arbouw Guideline.

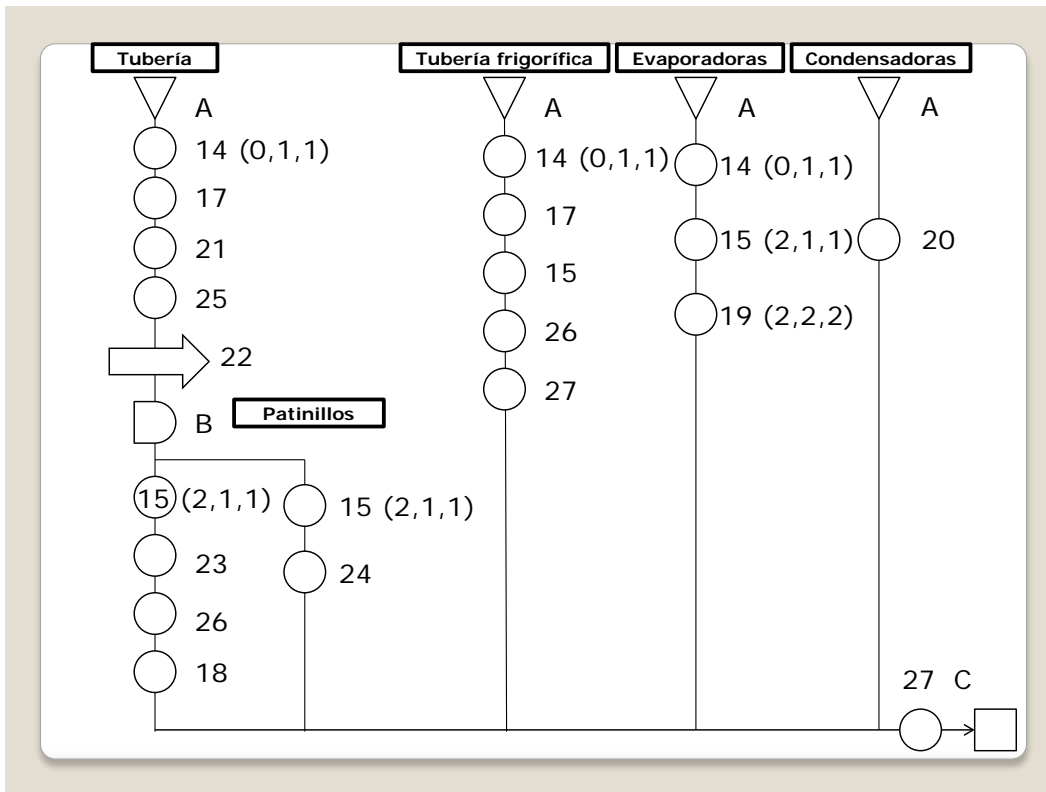


Figura 57. Diagrama de flujo de montaje de maquinaria y tubería frigorífica y resultados del análisis de movimientos repetitivos.

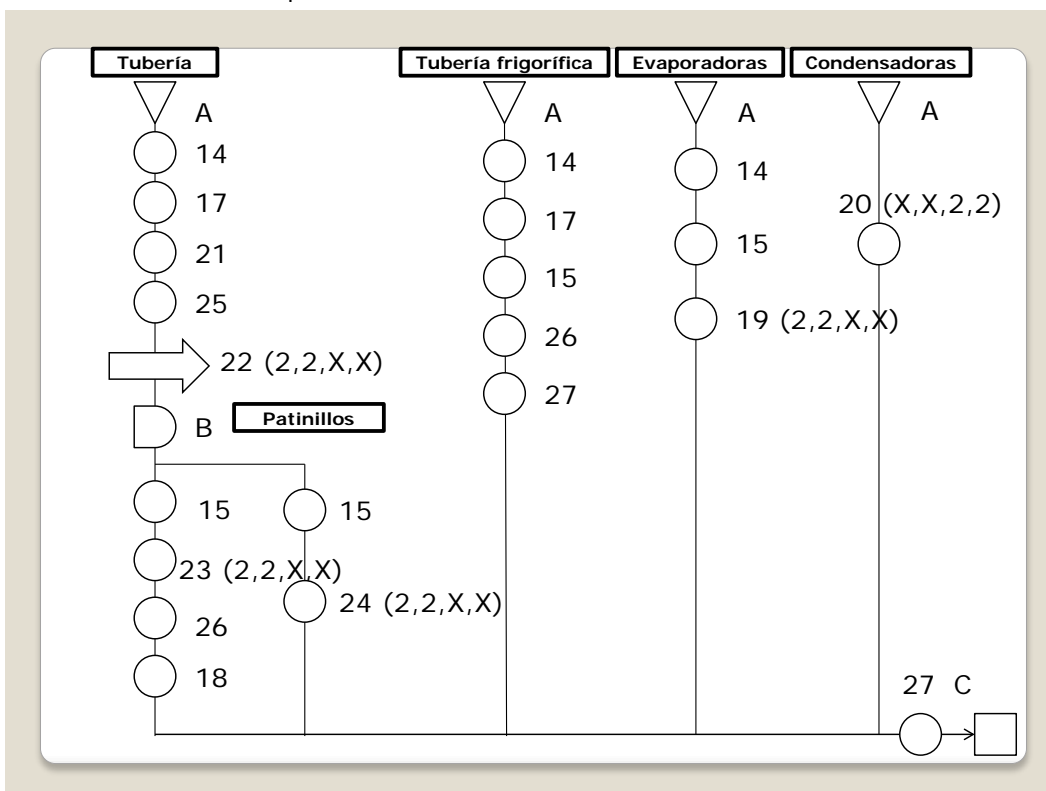


Figura 58. Diagrama de flujo de montaje de maquinaria y tubería frigorífica y resultados (MMC, transporte, levantamiento de cargas y empuje).

Una vez más en la **Figura 59**, vuelven a aparecer valores de riesgo elevado, como es el caso de las actividades 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27 y una vez más, se observa pocas veces la situación aceptable compuesta por un cero.

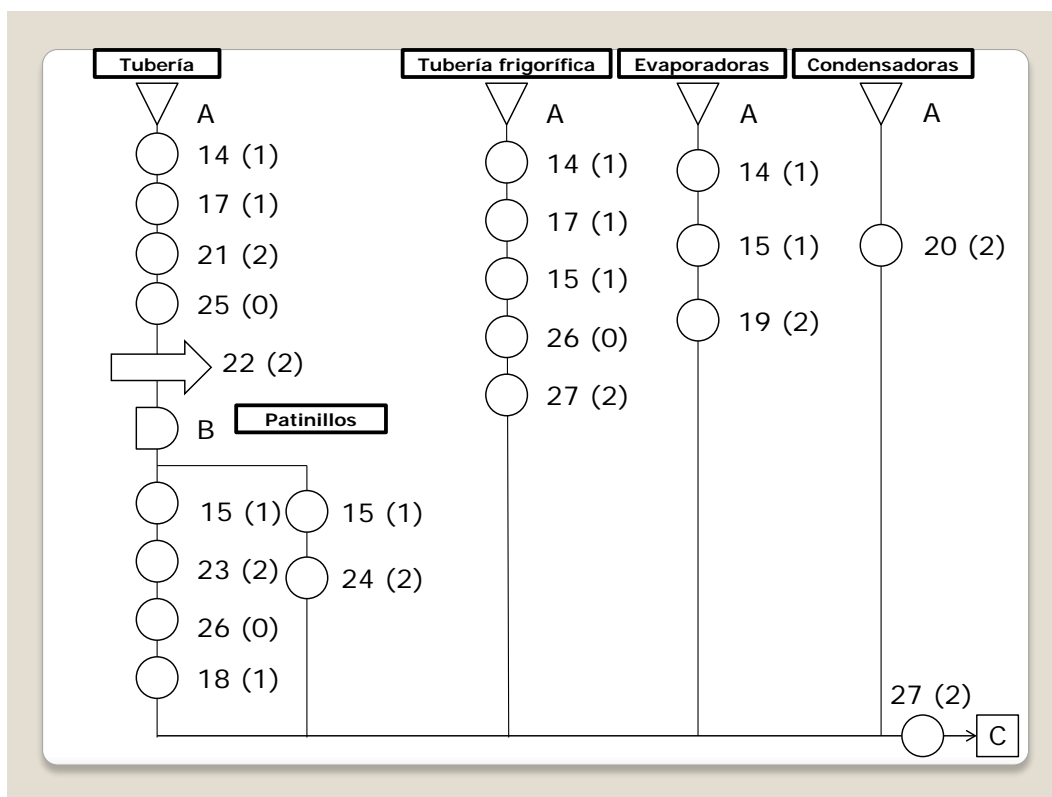


Figura 59. Diagrama de flujo de las actividades de montaje de maquinaria y tubería frigorífica y resultados del análisis de aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

7.3.4. Redes eléctricas para los equipos de climatización

En el proceso de instalaciones eléctricas, se ha efectuado el análisis para estos factores: posturas forzadas, estáticas y aplicación de fuerza, movimientos repetitivos y aplicación de fuerza y esfuerzo físico. No se han aplicado los casos de MMC, levantamiento, empuje y arrastre, ya que en este proceso no se han identificado.

Así, en la **Figura 60** se sigue con la prevalencia de actividades con riesgo elevado, es el caso de 28 (1,2,0,2,0), 29 (2,2,0,2,0), 30 (1,2,0,2) y 31 (1,2,0,2). También se observa que a diferencia de los anteriores diagramas, existen más casos en los que las actividades son aceptables. Se describen a continuación, los diagramas de estos procesos y los resultados obtenidos.

Como muestra la **Figura 61**, sólo se ha encontrado la actividad 15 (2,1,1) como más desfavorable para el caso de movimientos repetitivos, y ésta en particular, ya queda reflejada en otros procesos además del proceso de instalaciones eléctricas.

En la **Figura 62**, ha resultado la actividad 29 con riesgo máximo, siendo ésta la relativa a pasar cable (a través del canal) y el esfuerzo realizado está relacionado con el hecho de tirar del cable impetuosamente.

A diferencia de otros diagramas analizados, como en el caso 7.3.2 y 7.3.3, en los procesos de instalaciones eléctricas se encuentran actividades con menos riesgo.

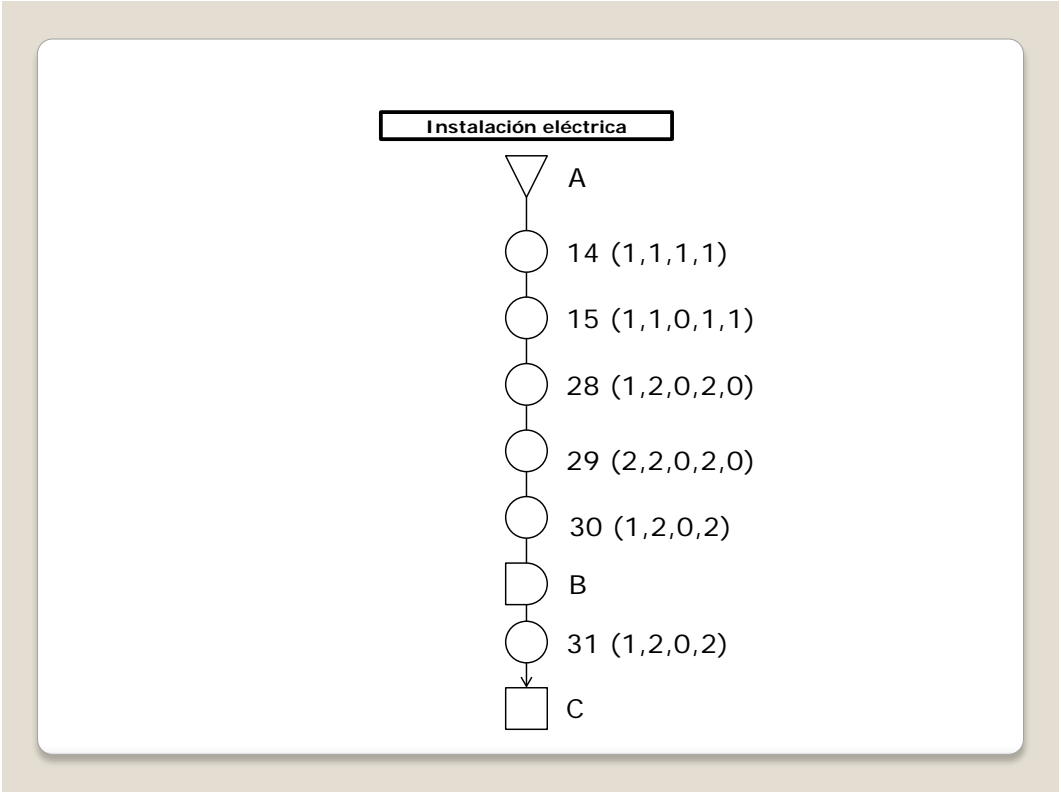


Figura 60. Diagrama de flujo de redes eléctricas y resultados del análisis de posturas forzadas, estáticas y estáticas puras.

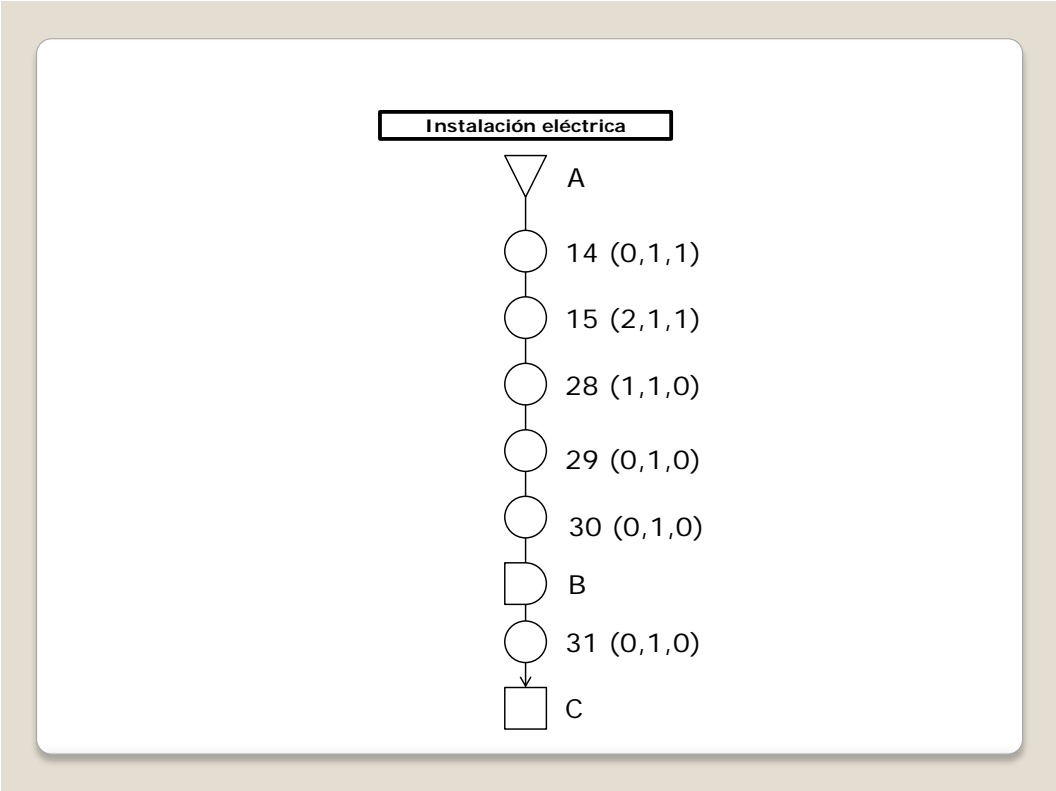


Figura 61. Diagrama de flujo de redes eléctricas y resultados del análisis de movimientos repetitivos.

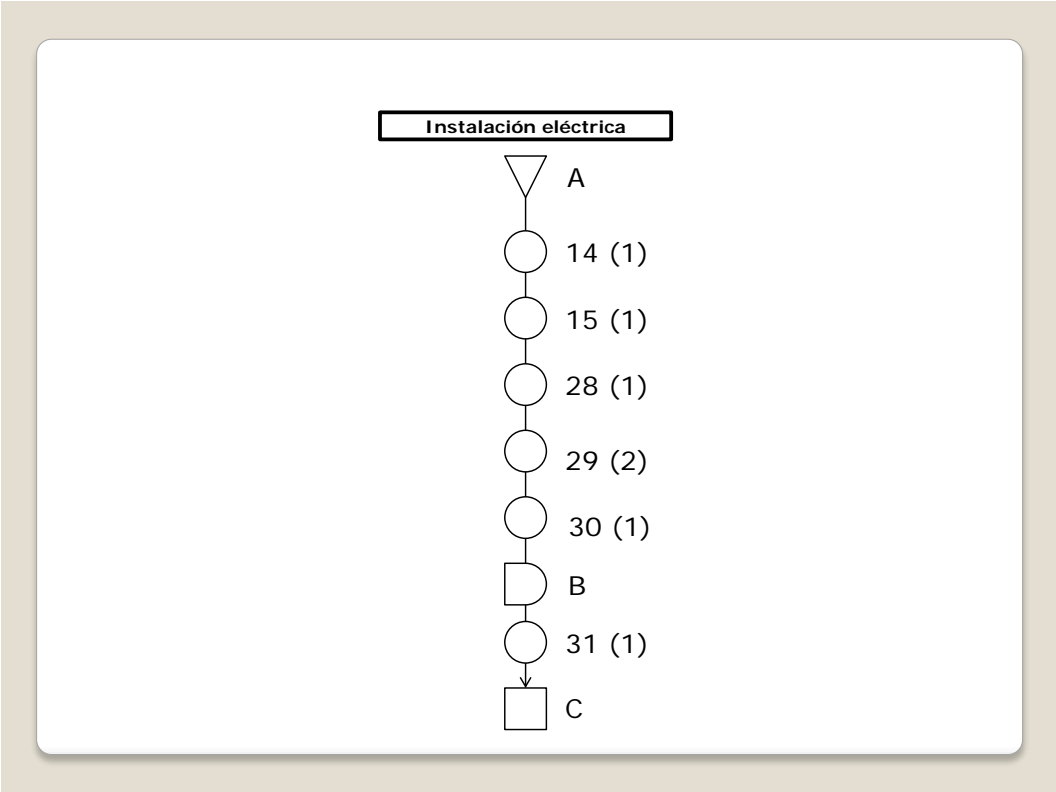


Figura 62. Diagrama de flujo de redes eléctricas y resultados del análisis de aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

7.3.5. Redes de tubería de PCI

Para el caso del proceso de montaje de tubería de PCI, se describen las actividades y resultados del proceso de la **Figura 63** a la **Figura 66**. Parte del proceso es coincidente con los diagramas de flujo y los resultados de las actividades de procesos de maquinaria y tubería frigorífica del apartado 7.3.3, como ya es sabido, si bien, no se va redundar en los comentarios, aunque se introducen a continuación las ilustraciones comentadas. Los cálculos han sido realizados siguiendo los métodos definidos para los factores de posturas forzadas, estáticas y aplicación de fuerza, movimientos repetitivos, manipulación manual, levantamiento y transporte de cargas y aplicación de fuerza y esfuerzo físico. Para el caso del empuje no se calcula ya que no hay actividad que lo describa.

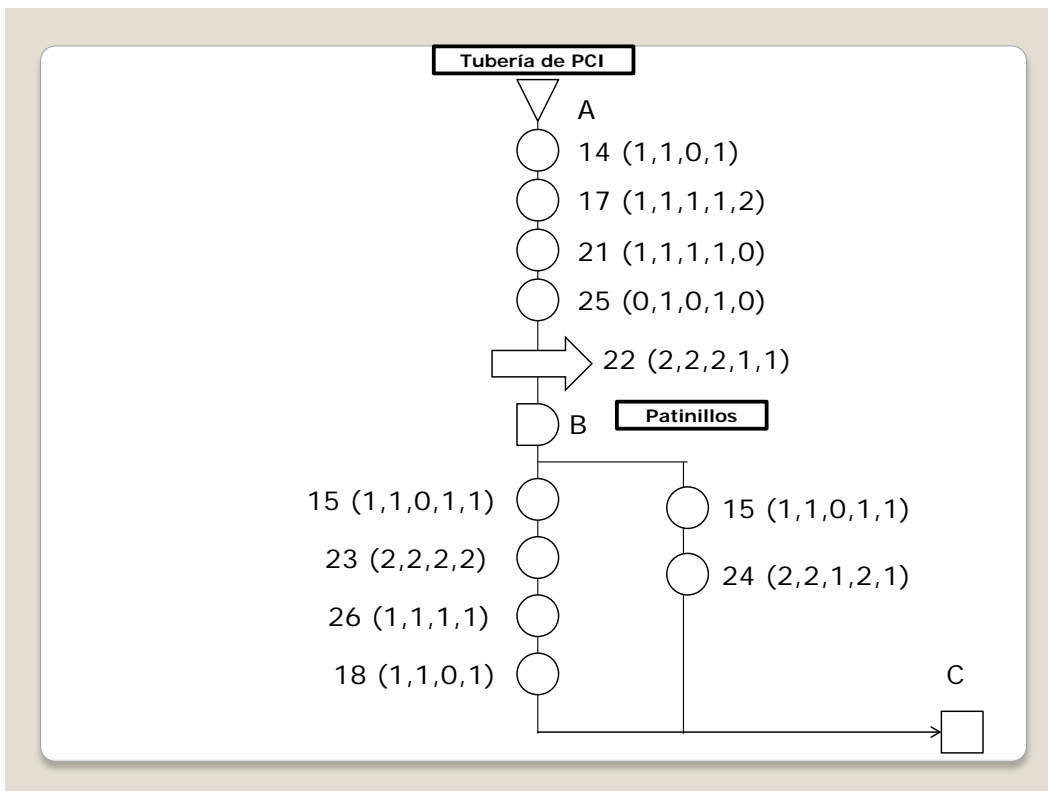


Figura 63. Diagrama de flujo de redes de tubería de PCI y resultados del análisis de posturas forzadas, estáticas y estáticas puras.

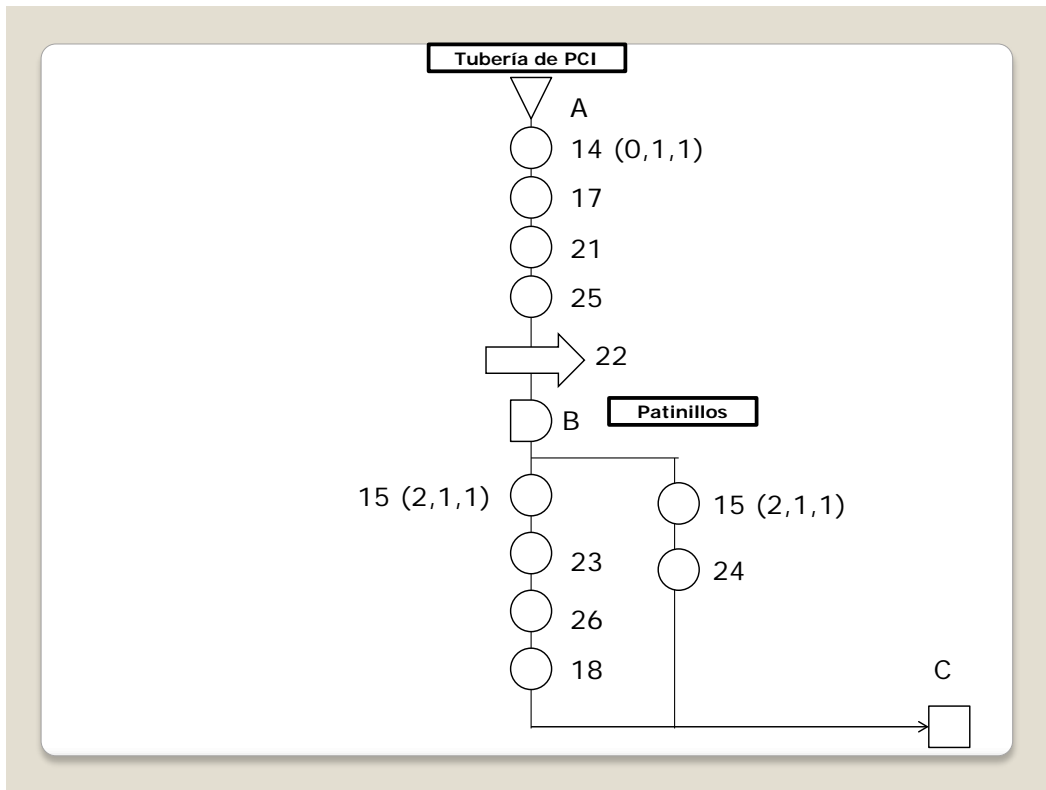


Figura 64. Diagrama de flujo de redes de tubería de PCI y resultados del análisis de movimientos repetitivos.

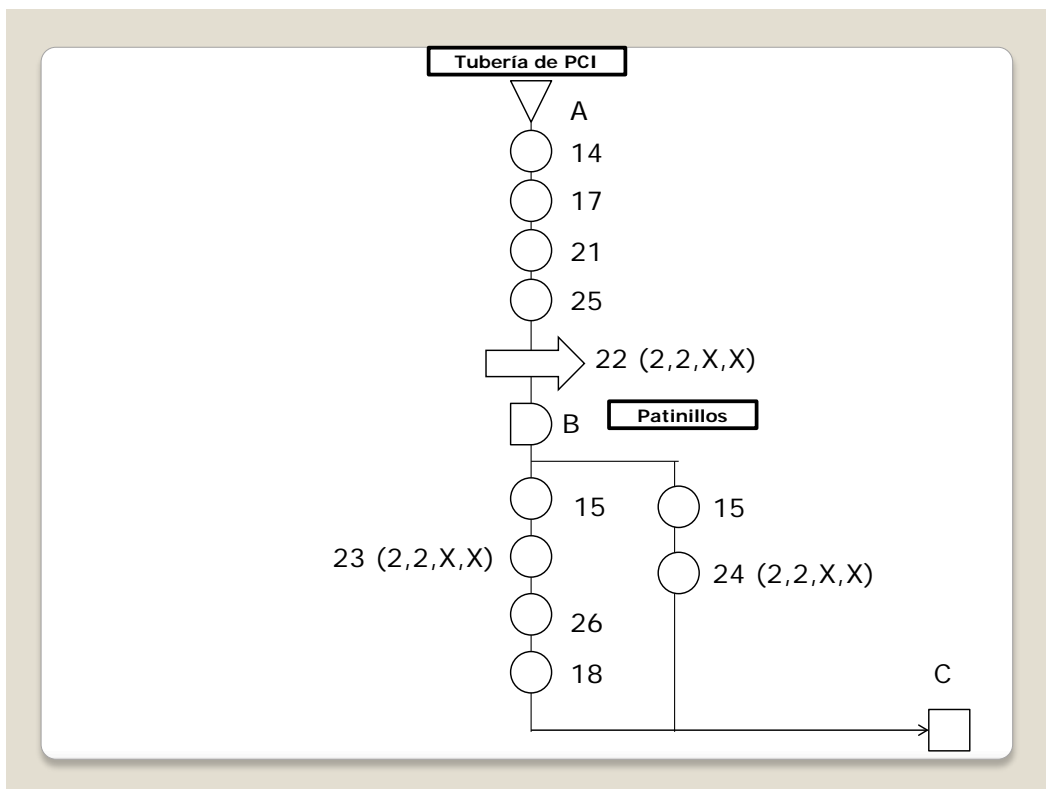


Figura 65. Diagrama de flujo de redes de tubería de PCI y resultados del análisis de MMC, transporte, levantamiento de cargas y empuje.

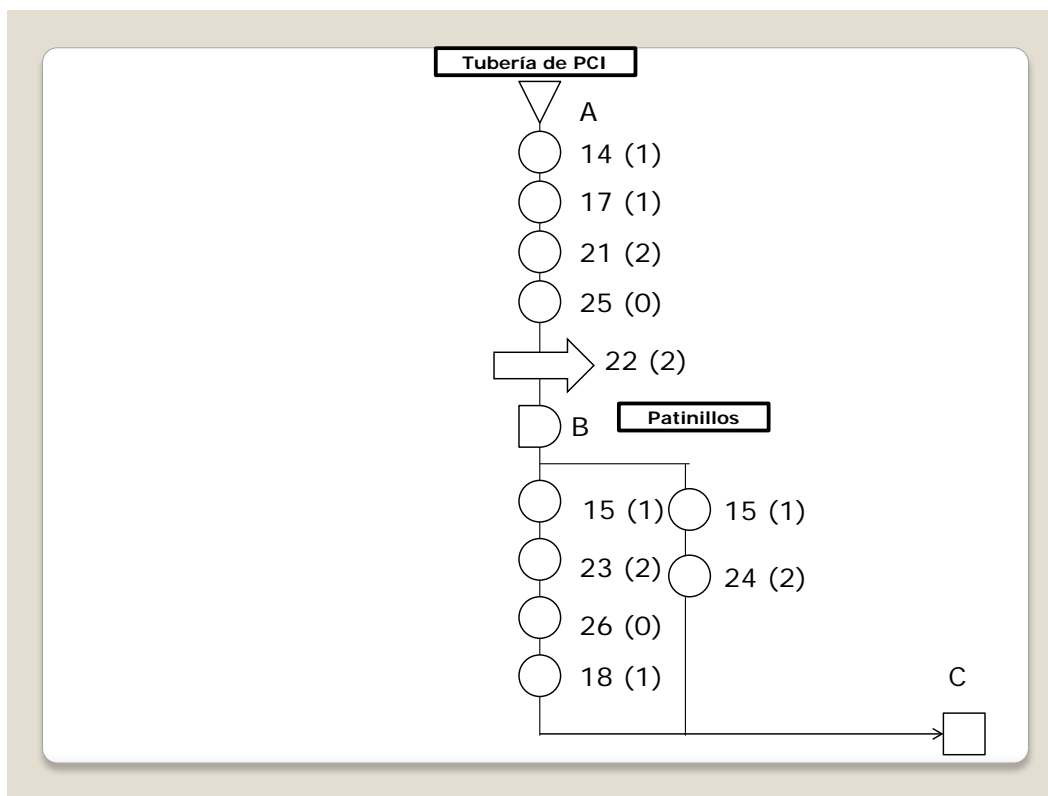


Figura 66. Diagrama de flujo de redes de tubería de PCI y resultados del análisis de aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

7.3.6. Albañilería fina

Se analizan e interpretan en los siguientes puntos los resultados obtenidos para las actividades del proceso de albañilería fina. Como aclaración, se recuerda que existían varios procesos: la construcción de paredes, el montaje de canalón de PVC y el remate de compuertas cortafuegos en paredes. Los cálculos se han realizado para los métodos que relacionan las posturas forzadas, estáticas y estáticas puras, los movimientos repetitivos, la manipulación manual, levantamiento y transporte de cargas y para la aplicación de fuerza y esfuerzo físico. Los resultados se muestran de la **Figura 67** a la **Figura 70**.

En la **Figura 67**, se denota que las actividades aparecen con puntuaciones por lo general altas.

Para la **Figura 68**, el resultado más intolerable es el caso de la actividad 33 (2,2,2) y también cabe comentar la actividad 15 (2,1,1), ya conocida en los resultados de otros procesos.

En cuanto a la **Figura 69**, los resultados no presentan situaciones de riesgo elevado, y sólo cabe citar como interés la 36 (1,0) de tipo moderado.

En la **Figura 70**, los resultados contemplan que la actividad 36 (2) y la 33 (2) son las que aportan el riesgo más elevado.

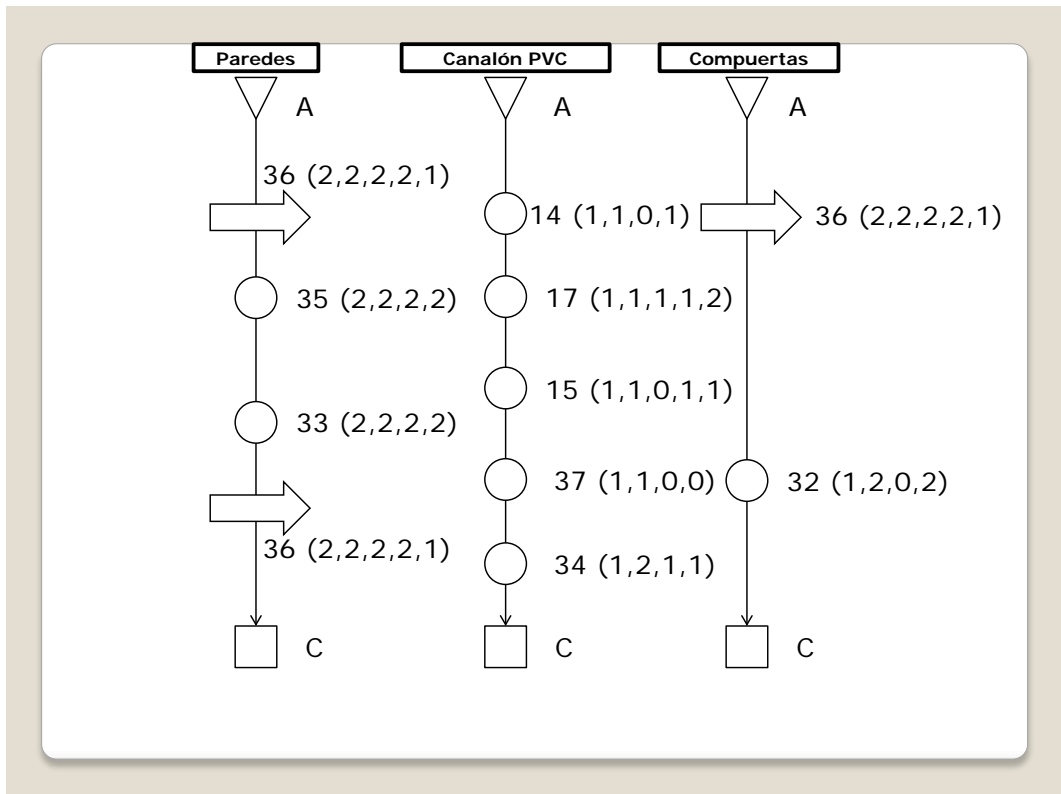


Figura 67. Diagrama de flujo de albañilería fina y resultados del análisis de posturas forzadas, estáticas y estáticas puras.

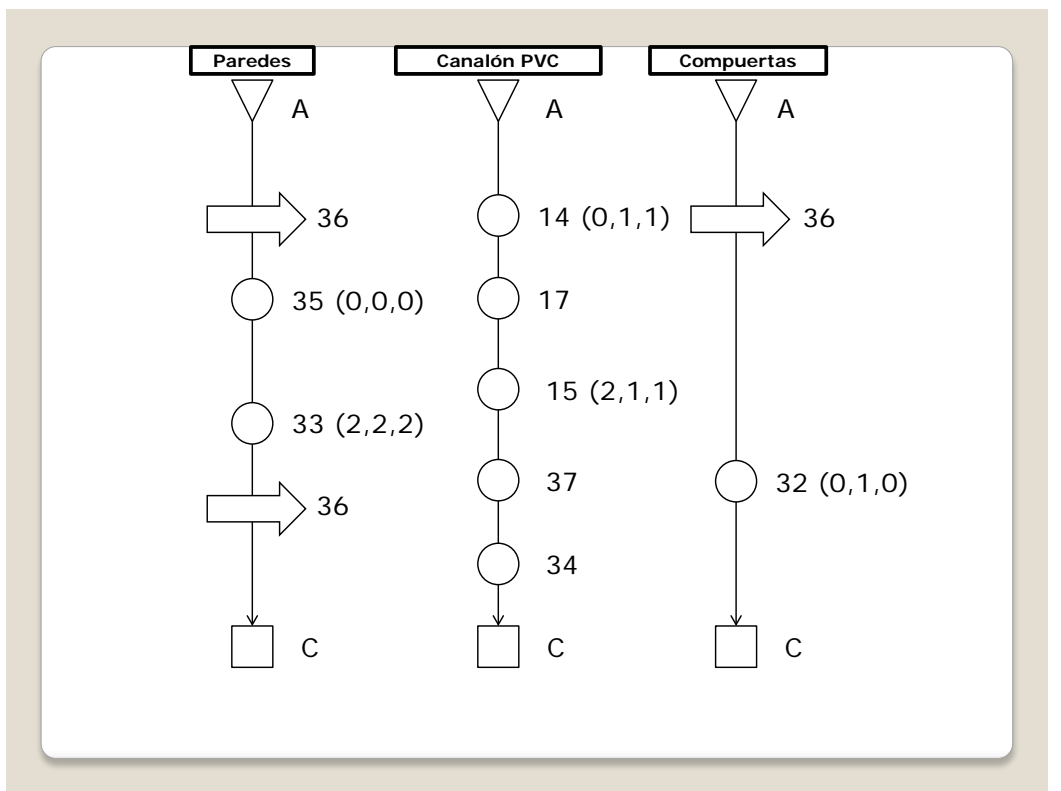


Figura 68. Diagrama de flujo de las actividades de albañilería fina y resultados del análisis de movimientos repetitivos.

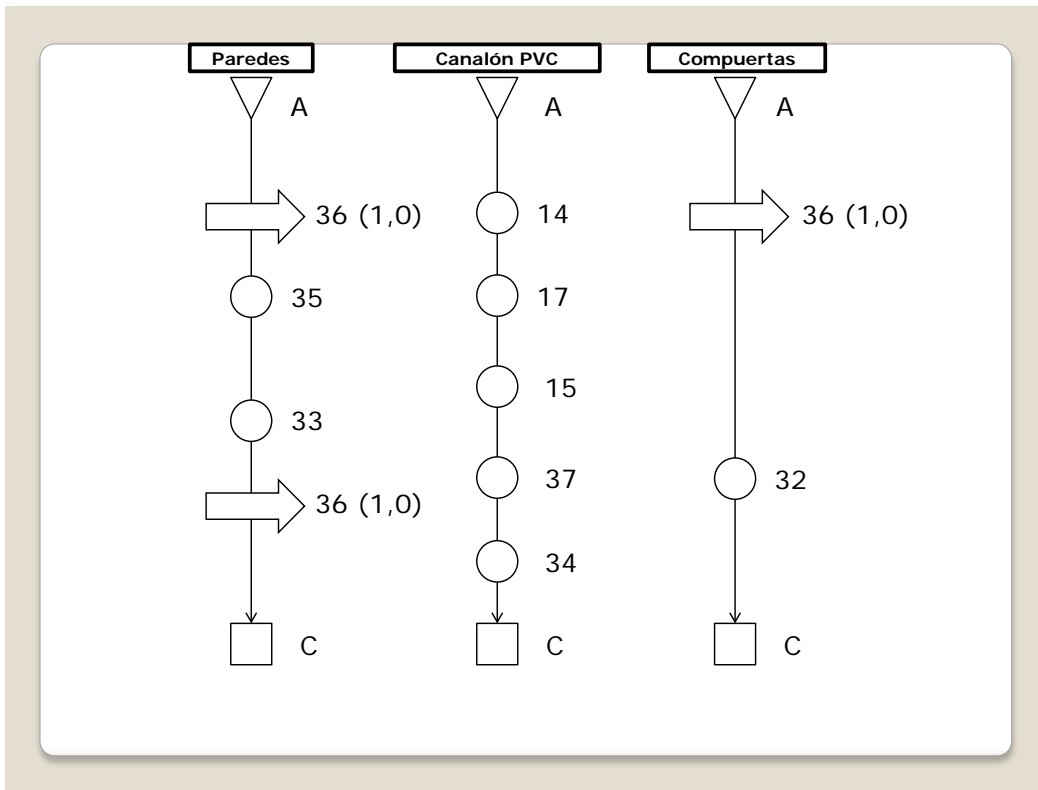


Figura 69. Diagrama de flujo de las actividades de albañilería fina y resultados del análisis de manipulación manual, levantamiento y transporte de cargas.

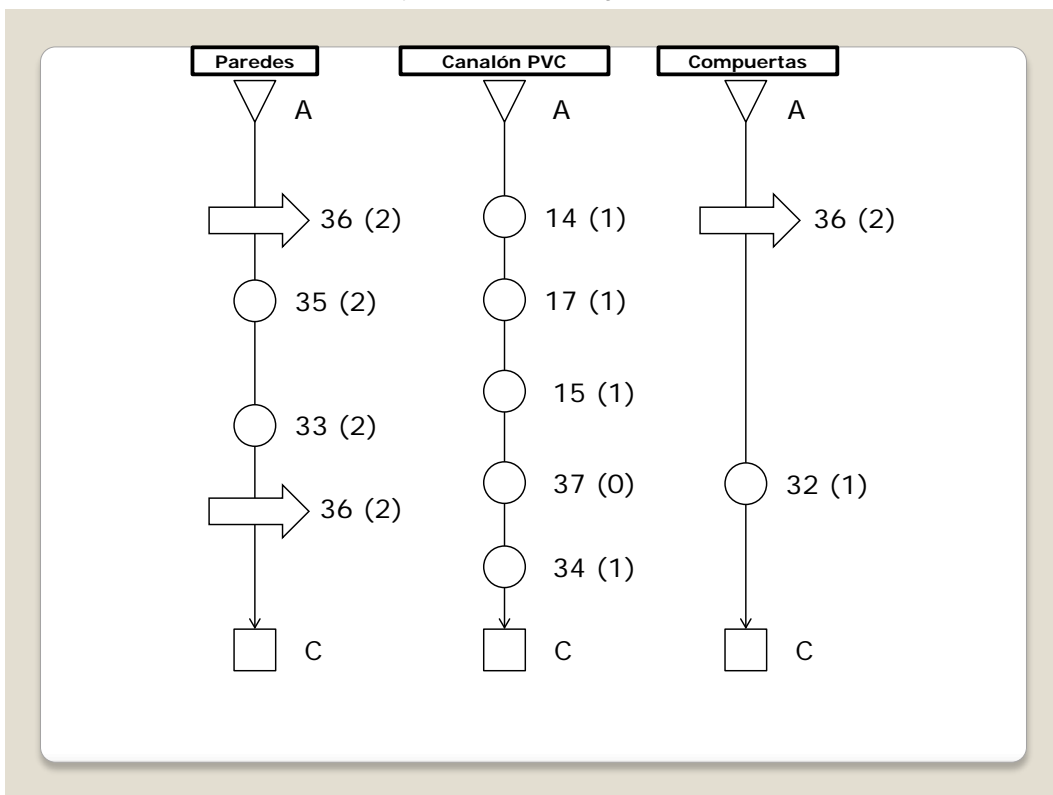


Figura 70. Diagrama de flujo de las actividades de albañilería fina y resultados del análisis de aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

En este estudio se ha observado que las actividades que están expuestas a riesgos más elevados son las correspondientes a montaje de conductos, de tubería frigorífica y maquinaria, de tubería de PCI y por otra parte, cabe mencionar el caso de los procesos de albañilería al realizar el análisis mediante posturas forzadas, estáticas y estáticas puras.

En conclusión, ninguno de los procesos estudiados ha obtenido puntuaciones totalmente bajas para todas las actividades, lo cual implica que estos procesos requieren una reducción o eliminación de riesgos. Esto coincide con estudios realizados en el sector de las instalaciones mecánicas donde se ha indicado que los trabajadores de este sector están expuestos de forma moderada o peligrosamente a todos los factores de riesgo: posturas forzadas y estáticas, posturas estáticas puras, aplicación de fuerza y esfuerzo físico, levantamiento de cargas, MMC y transporte de cargas y movimientos de empuje y arrastre de objetos y movimientos repetitivos [440-442].

7.4. Resultados de los métodos directos de análisis biomecánico

En este capítulo se utilizarán dos herramientas para el cálculo y análisis de las actividades propuestas, que son:

ERGO/IBV, gracias a la cortesía del IBV por la prestación de la herramienta durante un periodo de 10 días.

3DSSPP, cortesía de la Universidad de Michigan, que en su página web ofrecen el programa en versión de prueba de 14 días.

Con ello, se pretende comprobar que las herramientas de cálculo y el software aplicado ofrecen resultados similares.

7.4.1. Software ERGO/IBV 9.1.

Los resultados obtenidos al utilizar el programa se muestran a continuación.

En el caso de la aplicación del método de evaluación de posturas forzadas, que el programa lo resuelve aplicando el método OWAS, se ha realizado un análisis de las posturas críticas, para posteriormente aplicar un análisis detallado de las que así lo requieran como se muestra en la **Tabla 18**. Siguiendo lo indicado en la metodología descrita en el apartado 6.3.4.1. se ha procedido, en primer lugar, la codificación genérica de las posturas para detectar las más desfavorables. Una vez identificadas, se realiza el análisis detallado donde se incluyen posturas neutras, de nivel 1, que son consideradas al inicio de la tarea (p.e. posturas de pie, con las herramientas en la mano o posturas en bipedestación, caminando para recoger la pieza). Se describen a continuación las actividades neutras añadidas y el resultado obtenido de la **Tabla 18**:

- La actividad 4 (transformación de piezas de conducto en cuclillas) y 5 (transformación de piezas de conducto de pie) son analizadas en dos situaciones: para el caso de piezas de 10 kg (actividad denominada 4.1) y 27 kg (actividad denominada 4.2). Lo mismo para la 5 (10 kg denominada 5.1 y 27 kg denominada 5.2). En las actividades 6 (colocación sellante de

conducto) y 7 (colocación rebordes de juntas) se obtiene una puntuación de 2 en ambos casos. Estas cuatro actividades son analizadas en serie, como si se tratase de una misma actividad (primero se realiza la transformación en cuclillas, después de pie, en tercer lugar se coloca el sellante de conductos y por último rebordes de juntas).

- En el estudio de la actividad 10, se ha analizado el montaje de dos pesos de rejillas o compuertas: 10 kg y 27 kg. Se incorpora la acción de caminar entre montaje de rejilla y rejilla. Luego la acción se produce así: montaje de rejilla de 10 kg (10.1), caminar (10.2), montaje de rejilla de 27 kg (10.3) y caminar (10.4).
- Para la actividad 11, se realiza el análisis teniendo en cuenta que el operario puede colocarse en posición erguida en algún momento y que al inicio de la actividad, no hay peso de la carga, es decir, existen secuencias del movimiento detallado que obligan a contemplar que durante todo el proceso no se realiza solamente la actividad estática de soportar el conducto.
- La actividad 13 está dividida en varias partes, por una parte la correspondiente al momento en que se toma el conducto del suelo (13.1) y la siguiente es la correspondiente al propio traslado (13.2). Finalmente, y también incluido en este análisis, el conducto de deposita (nuevamente 13.1), normalmente sobre una superficie adaptada y de cierta altura para que el material se encuentre protegido (pallet o similar).
- En la actividad 17, se ha cotejado además la posibilidad de que el trabajador comience la actividad desde el momento que se encuentra con las herramientas de pie, por lo tanto, quedan identificados para el análisis dos niveles, el primero de tipo 1 y el segundo de tipo 2. En el esquema de cálculo de la **Tabla 18** aparece expuesto sólo el nivel 2.
- Para la actividad 19 se han incorporado posturas como la de coger la evaporadora que se realiza dos veces, una desde el suelo y otra desde la propia plataforma y colocar la evaporadora en la plataforma –con los brazos por encima de los hombros- (19.1) y también la postura de colocar la evaporadora con un brazo elevado y el otro no (19.2) (momento en el que se soporta la evaporadora en el hombro del operario).
- La actividad 20 se alterna con la postura neutra de caminar.
- La actividad 21 contempla también situaciones neutras donde se recoge el material depositado en la mesa de trabajo de las proximidades.
- En la actividad 22, aparecen las posturas referidas de levantamiento de tubería (22.1), traslado de tubería (22.2) y posteriormente, depositar nuevamente la tubería (22.1). Se analiza la postura de levantamiento e posición de agachado con la espalda recta.
- En la actividad 23 sucede como en la actividad 19.
- Las actividades 26 y 27 se han calculado en la misma secuencia, es decir, que el operario en primer lugar realiza la soldadura de la tubería en el techo y posteriormente se remata la tubería mediante soldadura en la pared. Se alternan estas posturas con posturas neutras de pie.

- La actividad 33 incluye las posturas de pie (33.1), semiagachado (33.2) y agachado (33.3) para el raseado de paredes, que se alternan con posturas de pie.
- La actividad 34 se alterna con la postura neutra de pie.
- La actividad 35 incluye las posturas de pie (35.1) y en cuclillas (35.2) para la preparación de muretes, que se alternan con posturas neutras de pie.
- En la actividad 36, sucede lo mismo que en la actividad 22, se eleva el material, se transporta y posteriormente se deposita.

Actividades	Codificación	Nivel
1	1121	1
2	1231	1
3	1111	1
4.1	1142	2
4.2	1143	2
5.1	1122	1
5.2	1123	1
6	2121	2
7	2121	2
8	1121	1
9	1321	1
10.1	2122	2
10.2	1322	1
10.3	2123	3
10.4	1323	1
11	2323	3
12	1321	2
13.1	1143	2
13.2	1173	1
14	1321	1
15	1321	1
16	1161	1
17	2161	2
18	1321	1
19.1	2143	3
19.2	1323	1
20	2373	4
21	2121	2
22.1.	2123	3
22.2.	1273	1
23.1	2143	3
23.2	1323	1
24	1123	1
25	1121	1
26	1212	2
27	2141	3
28	1321	1
29	1321	1
30	1321	1
31	1321	1
32	1321	1
33.1	1221	1
33.2	1121	1
33.3	2141	3
34	2161	2
35.1	4121	2
35.2	4161	2
36.1	2123	3
36.2	1273	1
37	1121	1
38	1121	1

Tabla 18. Actividades según codificación OWAS y niveles.

Los resultados de la aplicación de los métodos mediante el software, aparecen reflejados en la **Tabla 19**. Los métodos han sido denominados como: M1: REBA,

M3: OWAS, M5: OCRA, M14: IBV; M8: NIOSH y M10: Snook&Ciriello, para tener una correspondencia con la **Tabla 17**. Por otra parte, la enumeración de las 38 actividades, se corresponde con la numeración propuesta en la **Tabla 4**. Los resultados obtenidos son semejantes a los métodos por observación directa.

La excepción explícita en relación a los métodos de observación directa, se encuentra en el método IBV en comparación con el método OCRA. Se aprecia que todos los valores obtenidos indican un riesgo elevado incluso en las actividades 38 (corte con máquina de cinta) y 14 (medición y marcado de conductos). Esto es un indicador de la discrepancia existente entre métodos que evaluando el mismo factor de riesgo llegan a resultados distintos [124]. Sin embargo, no forma parte de los objetivos analizar la validez de los métodos existentes.

Actividades=>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
M1 :REBA	0	2	0	2	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	0		
M3: OWAS	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	2	1	2	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	0	
M5: OCRA	X	X	2	X	X	X	X	2	X	X	X	X	X	0	2	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	1	0	0	0	0	2	X	0	X	X	1		
M14: IBV	X	X	2	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	2	2	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	2	2	2	2	2	2	2	X	2	X	X	2	
M8: NIOSH	X	X	X	1	1	1	1	X	2	2	X	2	X	X	X	X	X	X	2	X	X	2	2	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X
M10: S&C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 19. Resumen de resultados según el software del IBV.

Las actividades que han obtenido puntuaciones finales de 2 en relación a las actividades, grupos de trabajo, métodos de evaluación y factores biomecánicos a los que están expuestos son:

- Actividad 10 sobre colocación de compuertas y rejillas (actividad realizada por el grupo de trabajo de redes de conductos). Ha obtenido una puntuación final 2 en: REBA, OWAS (posturas forzadas y estáticas) y NIOSH (MMC y levantamiento).
- Actividad 11 sobre montaje de conductos en patinillo (grupo de trabajo redes de conductos): REBA, OWAS, (posturas forzadas y estáticas) y NIOSH (MMC y levantamiento).
- Actividad 19 sobre colocación de evaporadoras (es desarrollada por los trabajadores del maquinaria y tubería frigorífica): REBA, OWAS, (posturas forzadas y estáticas), OCRA, IBV (movimientos repetitivos), NIOSH (MMC y levantamiento).
- Actividad 20 sobre colocación y movimiento de condensadoras (realizada por el grupo de trabajo de maquinaria y tubería frigorífica): REBA, OWAS (posturas forzadas y estáticas), Snook&Ciriello o tablas de la Liberty Mutual y Arbouw Guideline (empuje).
- Actividad 22 sobre traslado de tubería (correspondiente a los grupos de trabajo maquinaria y tubería frigorífica y redes de tubería de PCI): REBA, OWAS (posturas forzadas y estáticas) y NIOSH (MMC y levantamiento).
- Actividad 23 sobre colocación de tubería en techo (grupos de trabajo maquinaria y tubería frigorífica y tubería de PCI): REBA, OWAS (posturas forzadas y estáticas) y NIOSH (MMC y levantamiento).
- Actividad 33 sobre raseado de paredes (grupo de trabajo albañilería fina): REBA, OWAS (posturas forzadas y estáticas) y OCRA, IBV (movimientos repetitivos).

Nótese que las actividades con puntuaciones más elevadas coinciden con los resultados obtenidos por los métodos de observación directa, a excepción de la actividad 22 que ha obtenido puntuaciones de nivel 2 en la evaluación por métodos directos de análisis biomecánico. Mediante los métodos de observación directa, la actividad 22 obtuvo una puntuación de 1 por el método LUBA (posturas forzadas y estáticas) y en el método de la posición en la mano (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).

Un aspecto a comentar es el hecho de que en algunas actividades se obtienen distintos resultados en la aplicación de distintos métodos que evalúan lo mismo, es el caso de:

- Actividad 3. Construcción de conductos fibra de vidrio. Se alcanza una puntuación elevada en el cálculo con OCRA e IBV, para JSI y el modelo del CUBO, el resultado es de puntuación 1.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos de chapa mediante fibra de vidrio. Como en el caso anterior, se ha obtenido puntuación elevada en el cálculo con OCRA e IBV, para JSI y el modelo del CUBO, el resultado es de puntuación 1.

Estas diferencias entre herramientas es lo que otros autores han tratado en investigaciones sobre TME's en los miembros superiores utilizando métodos de evaluación de factores repetitivos. Al aplicar distintos métodos para el mismo factor de riesgo, los resultados pueden llegar a discernir entre sí [124, 443], lo cual está relacionado con la sensibilidad de los métodos [444] y la precisión [445].

7.4.2. Software 3DSSPP 6.0.5.

Se realiza el análisis para las actividades expuestas a la MMC, levantamiento, transporte de cargas y empuje, siendo las siguientes:

Actividad 4, sobre "Transformación de conductos de chapa en cuclillas". La situación se produce cuando el operario da la vuelta a la pieza para trabajar sobre la cara opuesta. El análisis se expone para una situación de un conducto de 10 kg y de 27 kg, lo cual responde a que la fuerza soportada en cada mano es de aproximadamente 100 N y 270 N (30 N mano izquierda y 70 N mano derecha), dentro del proceso de manipulación vertical, si bien la fuerza que soporta la mano derecha y la izquierda no están proporcionalmente repartidas, cuando se manipula los 10 kg, y en el caso de los 27 kg se reparten proporcionalmente (135 N cada mano).

Actividad 5, 6 y 7 sobre "Transformación de conductos de chapa de pie", "Colocación de sellante de conducto" y "Colocación de rebordes de junta" respectivamente. Se realiza el cálculo para la misma situación y para los mismos pesos de piezas. Como en el caso anterior la fuerza de levantamiento producida por ambas manos tampoco está proporcionalmente repartida para la manipulación de 10 kg. Se aplica con las mismas fuerzas que en el anterior caso. Se va a considerar un caso muy desfavorable, aunque en REBA no se haya incluido en todo el análisis postural -que es el caso en el que se produce abducción y rotación del tronco con 10 kg-. En el caso de 27 kg el análisis se hace sin abducción, ni rotación ya que el propio peso del objeto no permite realizar tales maniobras.

Actividad 8, sobre “Aislamiento de conductos mediante fibra de vidrio o similares”. Ocurre como en los casos anteriores. Se aplica la evaluación de la actividad para los mismos pesos de 10 kg y 27 kg.

Actividad 10, sobre “Colocación de compuertas y rejillas”. La situación se produce al elevar la pieza sobre la máquina y posteriormente colocarla. En esta situación, la manipulación se hace con las dos manos en carga proporcional (50 N cada mano para el caso de 10 kg y 133 N cada mano para el caso de 27 kg).

Actividad 11, sobre “Montaje de conductos en patinillo”. Este caso sólo se produce en situaciones de máxima carga (27 kg). La postura se mantiene estáticamente, aunque se ha considerado la situación de sujeción del conducto al principio, donde se varían las posturas inicialmente hasta que se encuentra la más adecuada. La carga es soportada por ambas manos proporcionalmente.

Actividad 13, sobre “Traslado de conductos”. La situación se produce al levantar el conducto hasta la altura de la propia manipulación y bajar posteriormente al suelo (situación inversa). La situación se analiza para una fuerza en cada brazo de 198 N. En el caso de situarse la carga atrás, el resultado es desfavorable, ahora bien, se ha comprobado, que si la carga hubiera sido menor (27 kg, es decir, 133 N), hubiera resultado una situación aceptable. En el caso de disponerse la carga adelante, el resultado es válido para 198 N.

Actividad 19, sobre “Colocación de evaporadoras”. La situación se produce al elevar la carga primero hasta la plataforma y posteriormente hasta el techo. En la situación del techo la carga se queda soportada en el hombro del operario. Se estudia para una carga de 30 kg, lo cual equivale a una fuerza proporcional de 147 N en cada brazo.

Actividad 20, sobre “Colocación y movimiento de condensadoras”. La situación se produce al ser desplazada la condensadora por varios operarios. Se analiza la actividad de uno de los operarios en el momento del empuje de la carga. Se aplica para el caso de una fuerza inicial individual de 70 kg que continúa con 60 kg de fuerza.

Actividad 22, sobre “Traslado de tuberías”. Se analiza el caso de que la carga se eleva desde el suelo hasta el hombro del operario, después se produce el transporte y por último se deposita.

Actividad 23, sobre “Colocación de tuberías en techo”. La situación se produce por una parte, al elevar la tubería hasta la plataforma y posteriormente de la plataforma al techo.

Actividad 24, sobre “Colocación de tuberías en patinillo”. El operario soporta la carga mientras ésta desciende lentamente por el patinillo y el trabajador encontrar el encaje adecuado con la pieza ubicada en el piso inferior.

Actividad 36, sobre “Transporte de cargas”. La situación se produce al elevar la carga individualmente hasta el hombro y proceder posteriormente a depositarla de nuevo (situación inversa).

Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 20**, donde se puede observar qué niveles de puntuación son elevados (puntuación final 2) y qué actividades requieren tomar acciones correctivas urgentes en la realización de las mismas. Estas actividades son: 4 (a 10 y 27 kg), 5, 6, 7 y 10 (a 10 kg), 11, 13 (con la carga hacia atrás), 19 (hasta hombro), 20, 22 y 36.

Las diferencias más interesantes en relación al cálculo con los métodos de observación directa suceden en la actividad 10 (con 27 kg), la 24 y la 23 donde el análisis de la postura mediante 3DSSPP ha obtenido una puntuación de 0, mientras que en los métodos de observación directa, las puntuaciones obtenidas mediante la ecuación NIOSH y el método del INSHT se correspondían con un nivel de puntuación de 2. El cálculo de 3DSSPP es más riguroso que los métodos de observación directa, luego se toma como aceptable para estas tres actividades. Por otra parte, también es más riguroso el cálculo para la actividad 36. donde el resultado mediante 3DSSPP a diferencia de NIOSH y el método del INSHT ha resultado ser elevado, por lo que como en los casos anteriores, se corrige el valor, y se admite como riesgo elevado el caso de la actividad 36.

Actividades	Puntuaciones 3DSSPP
4 a 10kg	2
4 a 27kg	2
5, 6 y 7 a 10 kg	2
5, 6 y 7 a 27 kg	0
8 a 10 kg	0
8 a 27 kg	0
10 a 10 kg	0
10 a 27 kg	0
11	2
13 carg. atrás	2
13 carg. adel.	0
19 hasta plat.	0
19 hasta hombro	2
20	2
22	2
23 hasta plat.	0
23 hasta tech.	0
24	0
36	2

Tabla 20. Resultados en la aplicación del software 3DSSPP 6.0.5.

7.5. Resultados epidemiológicos descriptivos

En este apartado se exponen los resultados epidemiológicos obtenidos mediante la realización de la entrevista personalizada a una muestra de 34 operarios y los resultados obtenidos mediante la investigación de accidentes. El fin es configurar alguna característica que ofrezca las causas-efectos del desarrollo de TME's relacionados con el trabajo realizado o la explicación de la causalidad de la existencia de ciertas molestias musculoesqueléticas.

Tras realizar el análisis mediante las técnicas epidemiológicas, se inicia una discusión sobre el tipo de trastorno musculoesquelético que pudiera llegar a producirse en aquellas actividades y tareas evaluadas como peligrosas, en relación a la descripción de lesiones.

7.5.1. Resultados de la investigación de accidentes y EP

En la investigación de accidentes se han analizado varios ocurridos en diferentes periodos. En total, se han recopilado 5 accidentes de trabajo y 1 investigación sobre Enfermedad Profesional. Corresponden a personal propio de las empresas subcontratadas durante el curso de esta investigación. Se sigue la metodología comentada para la investigación de accidentes y enfermedades y el modelo propuesto en teoría. Se muestran en las siguientes tablas y figuras los accidentes y EP investigados siguiendo el modelo del anexo III. Las tablas detallan los criterios relativos a la toma de datos, determinación de las causas, etc, según se ha indicado en el apartado 6.3.5.1. Las figuras (73, 74, 75, 76 y 77) muestran el árbol de causas de la investigación de accidentes.

Cabe indicar que para el caso de la investigación de enfermedades (caso de la bursitis olecraniana), el árbol de causas no es integrado ya que no es una técnica para la investigación de EP (ver apartado 6.3.5.1.2.).

Descripción Número: 1

- A1 Enfermedad profesional, tipificada en el cuadro de EP⁴⁹⁵.
- A2 29 años.
- A3 18 de Mayo de 2010, sobre las 12:00 (hora a la que comienza a sentir el dolor).
- A4 Montaje de conductos. 11 años de antigüedad y experiencia en este puesto.
- B1 Sí, utilizaba EPI's.
- B2 Formación en entrada de obra y cursos habituales del SPA.
- B3 No se han omitido las protecciones colectivas.
- B4 Sí, su compañero habitual, es denominado el Sr. X1.
- C1 Al montar el conducto, el trabajador siente un dolor en el codo derecho, cuyas causas pueden estar relacionadas con factores de riesgo biomecánicos (debido a la mala postura de trabajo, pudiera haber tenido contacto habitual con partes duras de paredes, etc.).
- C2 En el momento de producirse el accidente, el trabajador se encontraba realizando el montaje de conductos de chapa sobre techo. Este puesto de trabajo, propiamente, pudiera estar relacionado con las causas que lo producen, por el hecho de adoptar posturas forzadas y aplicar fuerza mientras se realizan ciertas actividades como el montaje de conductos de chapa sobre techo.
- C3 Se adjunta informe médico. El diagnóstico es bursitis olecraniana (lesión vascular producida por compresión, gota, proceso bacteriológico...).

Árbol de Causas: No se describe por no tratarse de un accidente de trabajo.

Tabla 21. Investigación de enfermedad profesional. Bursitis olecraniana.

⁴⁹⁵ Cuadro de EP. La bursitis olecraniana o higroma crónico del codo está definida con el código 2C0601 para aquellos trabajos que requieren de un apoyo prolongado sobre la cara posterior del codo (REAL DECRETO 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de EP en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.



Figura 71. Fotografía que representa la parte de unión del codo entre el olécranon (ulna) y húmero. Se observa la cápsula y la bolsa sinovial [446].



Figura 72. Bursitis olecraniana de etiología traumática [447].

Descripción Número: 2

- A1** Accidente de trabajo.
- A2** 25 años.
- A3** 12 de Junio de 2010, aproximadamente sobre las 17:30 horas.
- A4** Montaje de tubería y maquinaria. 5 años de antigüedad y experiencia en el puesto.
- B1** Sí, utilizaba EPI's.
- B2** Formación en entrada de obra y cursos habituales del SPA.
- B3** No se han omitido las protecciones colectivas.
- B4** Sí, su compañero habitual, es llamado el Sr. X2.
- C1** En el momento de producirse el dolor, el trabajador se encontraba realizando el montaje de la tubería sobre el techo, tras haber realizado el corte con amoladora sobre suelo de las piezas.
- C2** No se ha descrito actividades de transporte de cargas para la descripción de este accidente, aunque este puesto requiere la manipulación de cargas.
- C3** El diagnóstico propuesto por el Servicio Vasco de Salud ha sido "lumbalgia".
-

Tabla 22. Investigación de accidente de trabajo. Lumbalgia.

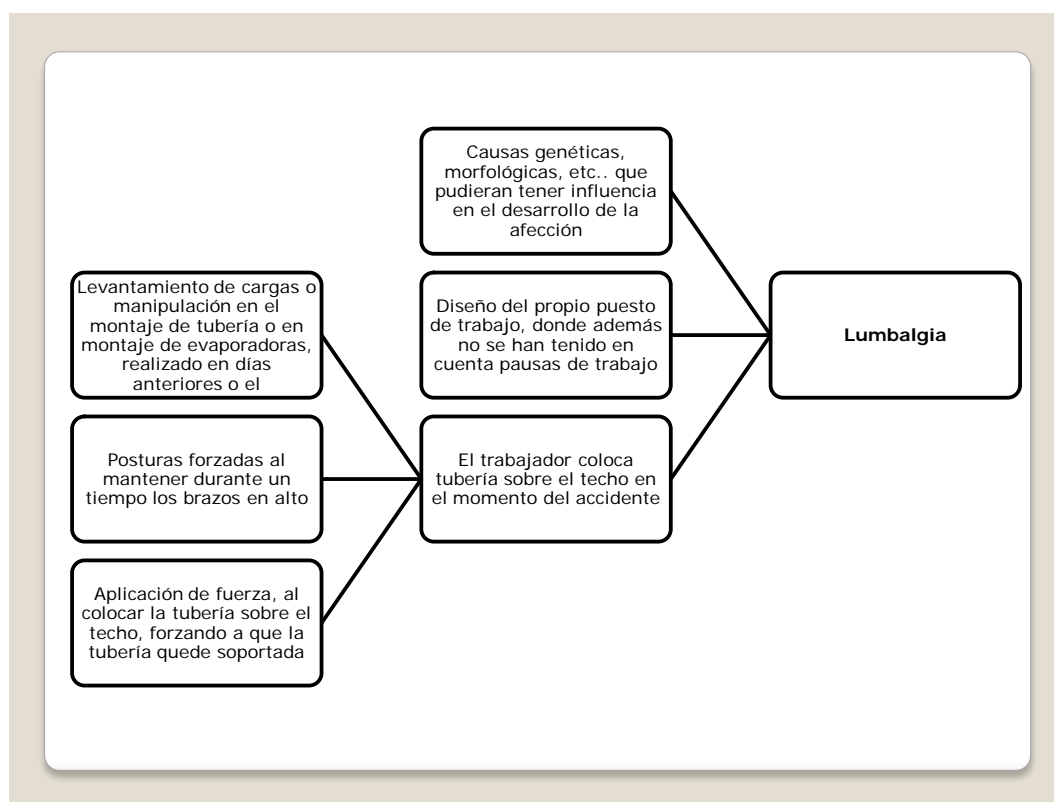


Figura 73. Árbol de causas número 2.

Descripción Número: 3

- A1** Accidente de trabajo.
 - A2** 35 años.
 - A3** 1 de febrero de 2008, aproximadamente sobre las 18:00 horas (al abarcar la jornada de trabajo el trabajador comienza a sentir un ligero tirón y es al día siguiente es cuando acude al servicio médico de urgencia).
 - A4** Montaje de tubería y maquinaria, 17 años de experiencia y antigüedad en el puesto.
 - B1** Sí, utilizaba EPI's.
 - B2** Cursos habituales del SPA.
 - B3** No se han omitido las protecciones colectivas.
 - B4** Su compañero habitual (Sr. X3).
 - C1** El día anterior, el trabajador ha estado reportando actividades de montaje de evaporadoras, traslado de condensadoras (arrastre y empuje).
 - C2** Otras causas son descritas en el árbol de causas.
 - C3** El diagnóstico propuesto por el Servicio Vasco de Salud ha sido "contractura muscular en los músculos lumbares (lumbalgia), sobre todo el lado derecho".
-

Tabla 23. Investigación de accidente de trabajo. Lumbalgia.

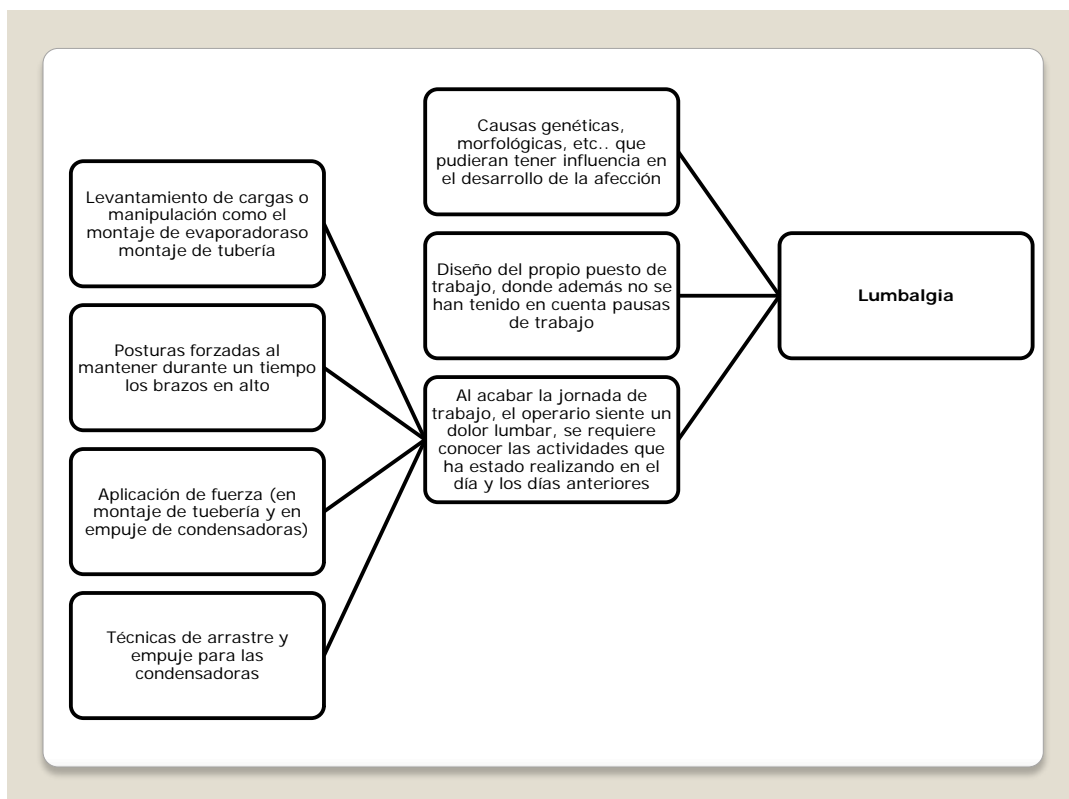


Figura 74. Árbol de causas número 3.

Descripción Número: 4

- A1 Accidente de trabajo.
 - A2 45 años.
 - A3 2 de julio de 2008, aproximadamente sobre las 18:00 horas (al abarcar la jornada de trabajo el trabajador comienza a sentir un ligero tirón en el cuello y es al día siguiente es cuando acude al servicio médico de urgencia).
 - A4 Montaje de tubería y maquinaria..
 - B1 Sí, utilizaba EPI's.
 - B2 Cursos habituales del SPA.
 - B3 No se han omitido las protecciones colectivas.
 - B4 Su compañero habitual (Sr. X4).
 - C1 El día anterior, el trabajador ha estado reportando actividades de montaje de evaporadoras sobre techo, también de corte con amoladora sobre techo, etc.
 - C2 Otras causas son descritas en el árbol de causas.
 - C3 El diagnóstico propuesto por el Servicio Vasco de Salud ha sido "contractura muscular en la región del cuello".
-

Tabla 24. Investigación de accidente de trabajo. Contractura muscular.

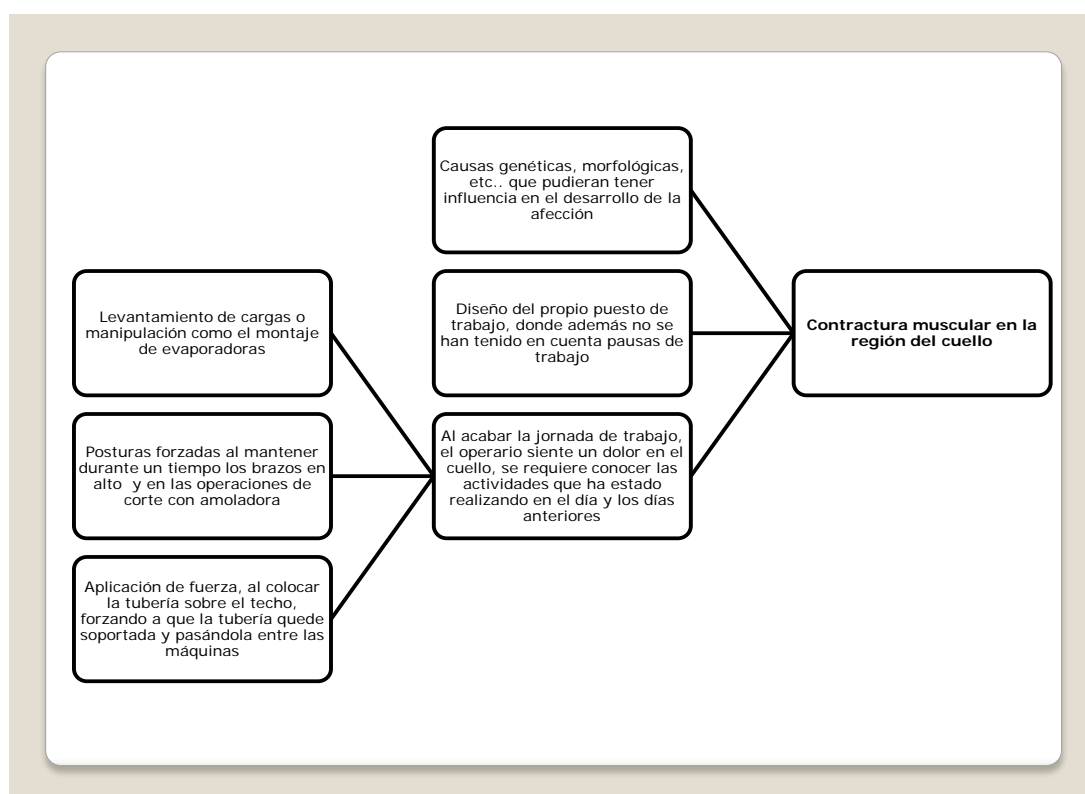
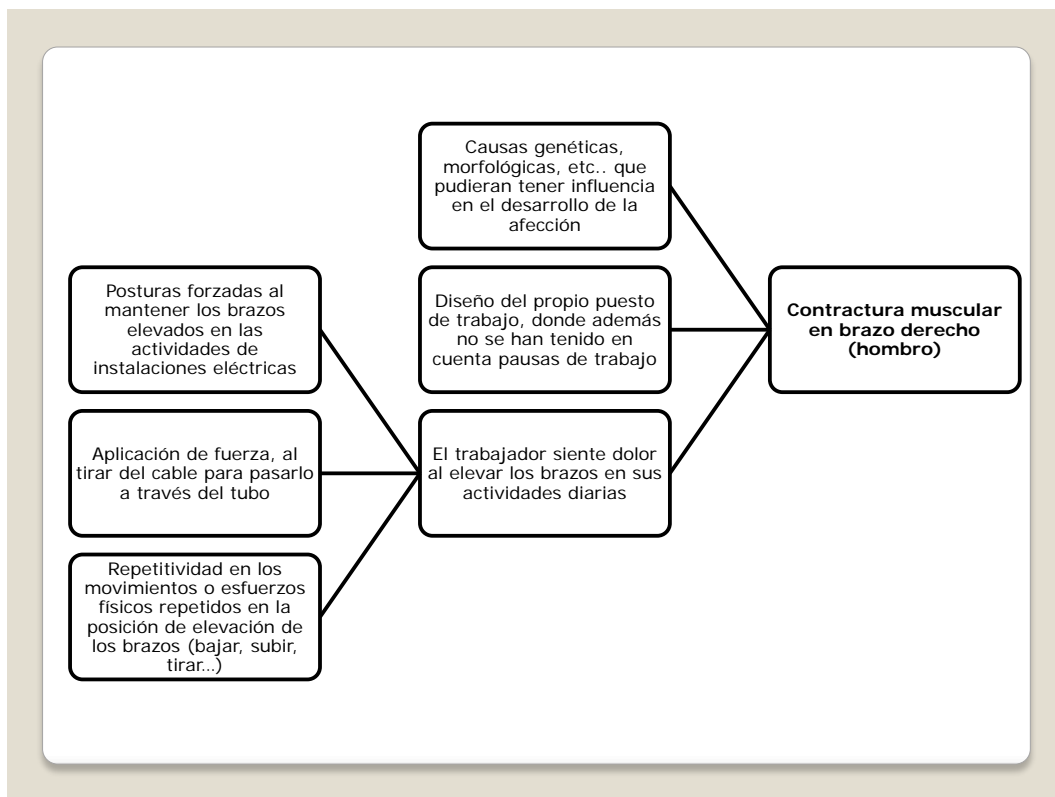


Figura 75. Árbol de causas número 4.

Descripción Número: 5

- A1** Accidente de trabajo, reincidente.
- A2** 45 años.
- A3** El trabajador acude al servicio de urgencias en reiteradas ocasiones (no se adjuntan informes). Finalmente, el 1 de junio de 2010, le realizan una resonancia magnética y posteriormente, el 19 de agosto de 2010 acude al servicio de urgencias por el mismo motivo.
- A4** Instalaciones eléctricas o redes eléctricas.
- B1** Sí, utilizaba EPI's.
- B2** Cursos habituales del SPA.
- B3** No se han omitido las protecciones colectivas.
- B4** Su compañero habitual (Sr. X5).
- C1** El trabajador realiza actividades repetitivas en su puesto de trabajo y en las cuales se realizan numerosas posturas forzadas. El trabajador describe dolor al elevar el brazo derecho (diestro) en las actividades de embornado, canalización eléctrica, etc.
- C2** Otras causas son descritas en el árbol de causas.
- C3** El diagnóstico no es claro, remite dolor pero no hay signos de tendinopatía, por lo tanto, se refiere a dolor muscular o "contractura muscular en brazo derecho".

Tabla 25. Investigación de accidente de trabajo. Contractura muscular.**Figura 76.** Árbol de causas número 5.

Descripción Número: 6

- A1** Accidente de trabajo, reincidencia.
- A2** 51 años.
- A3** El trabajador ha sufrido reiteradas veces lumbalgias y acude al servicio de salud el 13 de enero de 2010 con ocasión al dolor y la falta de movilidad..
- A4** Montaje de conductos con 33 años de experiencia en este puesto de trabajo..
- B1** Sí, utilizaba EPI's.
- B2** Cursos habituales del SPA.
- B3** No se han omitido las protecciones colectivas.
- B4** Su compañero habitual (Sr. X6).
- C1** El trabajador realiza actividades de montaje de conductos conocidas y descritas. Cabe destacar que en el momento de esta recaída, el trabajador se encontraba construyendo conductos de chapa en el garaje.
- C2** Otras causas son descritas en el árbol de causas.
- C3** El diagnóstico es cialgia.
-

Tabla 26. Investigación de accidente de trabajo. Cialgia.

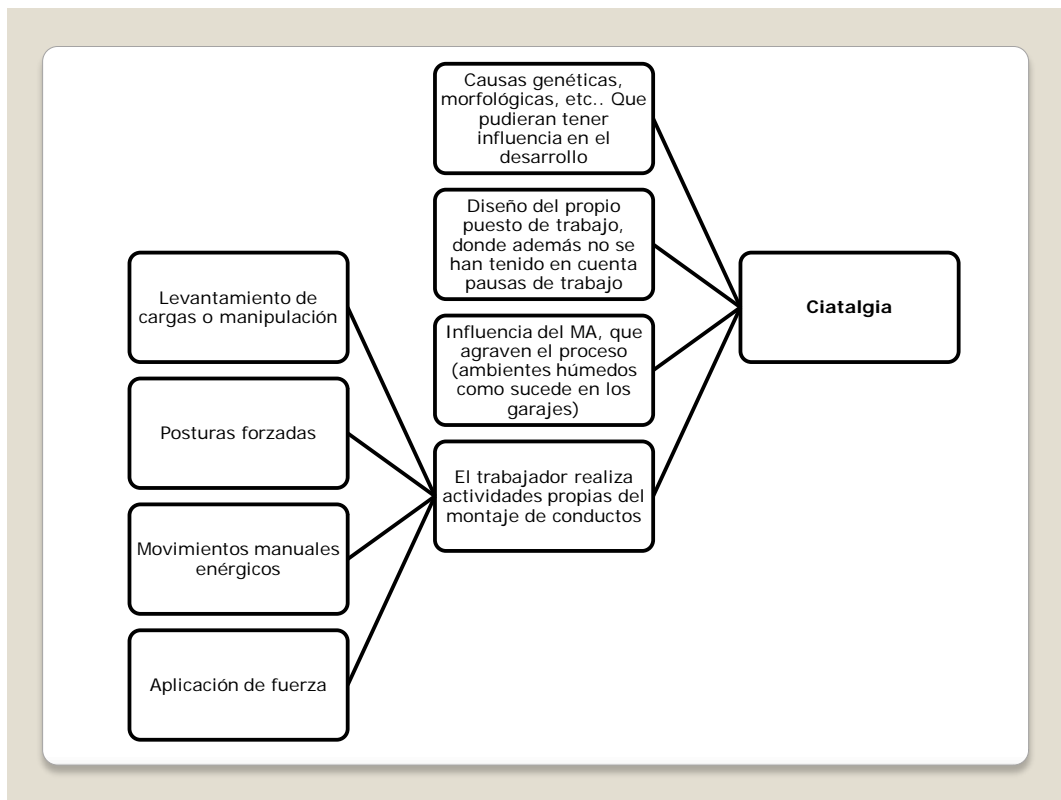


Figura 77. Árbol de causas número 6.

El resultado de las 6 investigaciones realizadas se expone a continuación y aparece ilustrado en la **Tabla 27** correspondiente a los TME's bursitis olecraniana, lumbalgia y contractura lumbar, contractura muscular en la región del cuello, ciatalgia, contractura muscular en brazo derecho (hombro). Dado el escaso número de muestras no es posible realizar una comparación de incidencias y tampoco se ha podido calcular la morbilidad.

La dificultad en el análisis de la investigación de accidentes es diferenciar cuales son las causas principales.

Por otra parte, la diferenciación entre accidente y EP no está clara, si bien, en este caso, se ha tenido que recurrir a mencionar aquellas enfermedades que están tipificadas.

Bursitis olecraniana	¿Predisposición genética?
	¿Causas organizativos y la influencia del ambiente de trabajo?
	Causas biomecánicas: posturas forzadas y aplicación de fuerza.
Lumbalgia y contractura lumbar	¿Predisposición genética?
	¿Causas organizativos y la influencia del ambiente de trabajo?
	Causas biomecánicas: posturas forzadas, aplicación de fuerza, empuje y arrastre.
Contractura muscular en la región del cuello	¿Predisposición genética?
	¿Causas organizativos y la influencia del ambiente de trabajo?
	Causas biomecánicas: levantamiento de cargas, posturas forzadas y aplicación de fuerza.
Ciatalgia	¿Predisposición genética?
	¿Causas organizativos y la influencia del ambiente de trabajo?
	Causas biomecánicas: levantamiento de cargas o manipulación, posturas forzadas, movimientos manuales enérgicos y aplicación de fuerza.
Contractura muscular en brazo derecho (hombro)	¿Predisposición genética?
	¿Causas organizativos y la influencia del ambiente de trabajo?
	Causas biomecánicas: posturas forzadas, aplicación de fuerza y repetitividad en los movimientos o esfuerzos físicos repetidos.

Tabla 27. Resumen de la enfermedad y accidentes investigados.

7.5.2. Resultados de la entrevista

La entrevista dispuesta en el Anexo I: entrevista estructurada para la identificación de signos de trastornos musculoesqueléticos, ha sido realizada para una población de 34 operarios que denotaron molestias musculoesqueléticas relacionadas con su trabajo o revelaron enfermedades musculoesqueléticas profesionales o sufrieron accidentes de trabajo con relación a un TME durante los dos últimos años.

En la **Figura 78** se han representado gráficamente los resultados obtenidos en las tres primeras preguntas realizadas, que son:

Cuestión (P1). Rango de edad. Los resultados obtenidos indican que el porcentaje medio de los entrevistados se encuentra entre 25 y 54 años. Se ha indicado un rango de edad en esta escala desde la edad mínima límite que un trabajador comienza a trabajar en obras de construcción (18 años), hasta la edad de jubilación (65 años).

Cuestión (P2). Sexo de los entrevistados. La muestra corresponde únicamente al sexo masculino.

Cuestión (P3). Grupo de trabajo. Se han incluido aquí los diferentes puestos de trabajo, correspondientes a: redes de climatización, maquinaria y tubería frigorífica, redes eléctricas, redes de tubería de PCI y albañilería fina. Cabe destacar que el 100% de los entrevistados del grupo de redes eléctricas, ha indicado que tiene entre 25 y 54 años. El porcentaje más pequeño registrado se encuentra en el grupo de montaje de conductos, con 3% de población de 55 a 65 años de edad.

Tal y como se describe en la **Figura 79**, el mayor porcentaje de entrevistados, pertenece al grupo de “redes de climatización”, con un 31%, y el menor porcentaje a “albañilería fina”, con un 9% de entrevistados sobre el total.

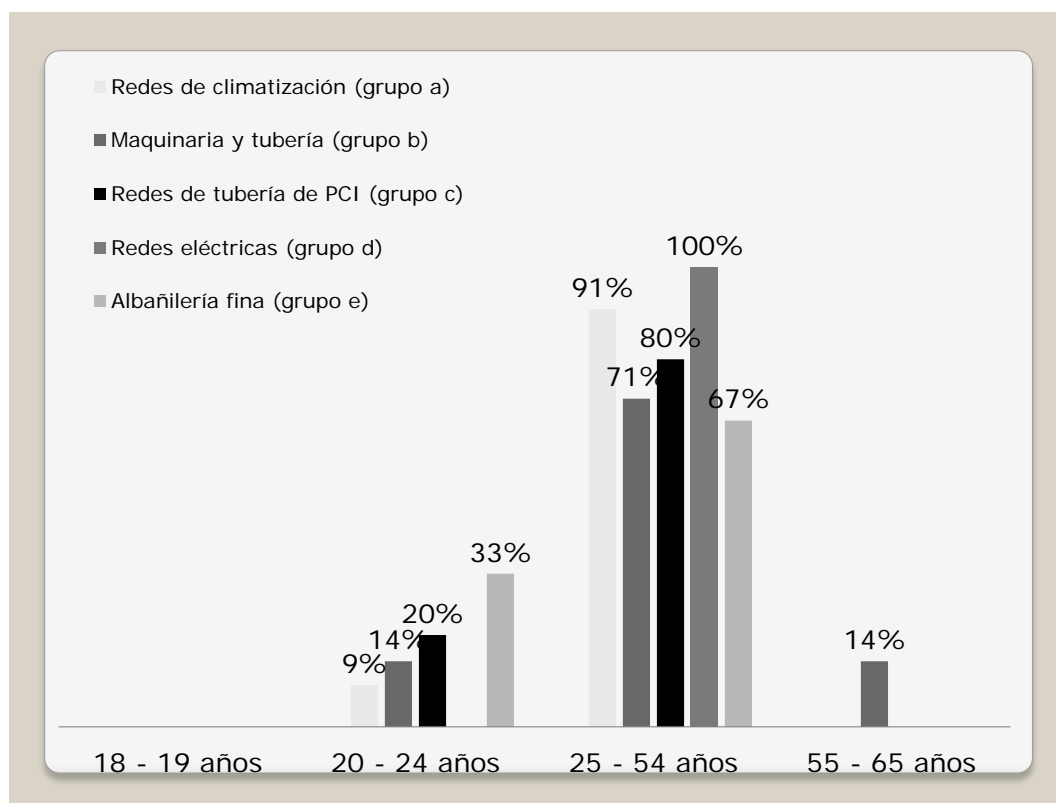


Figura 78. Grupos de trabajo en función de la edad

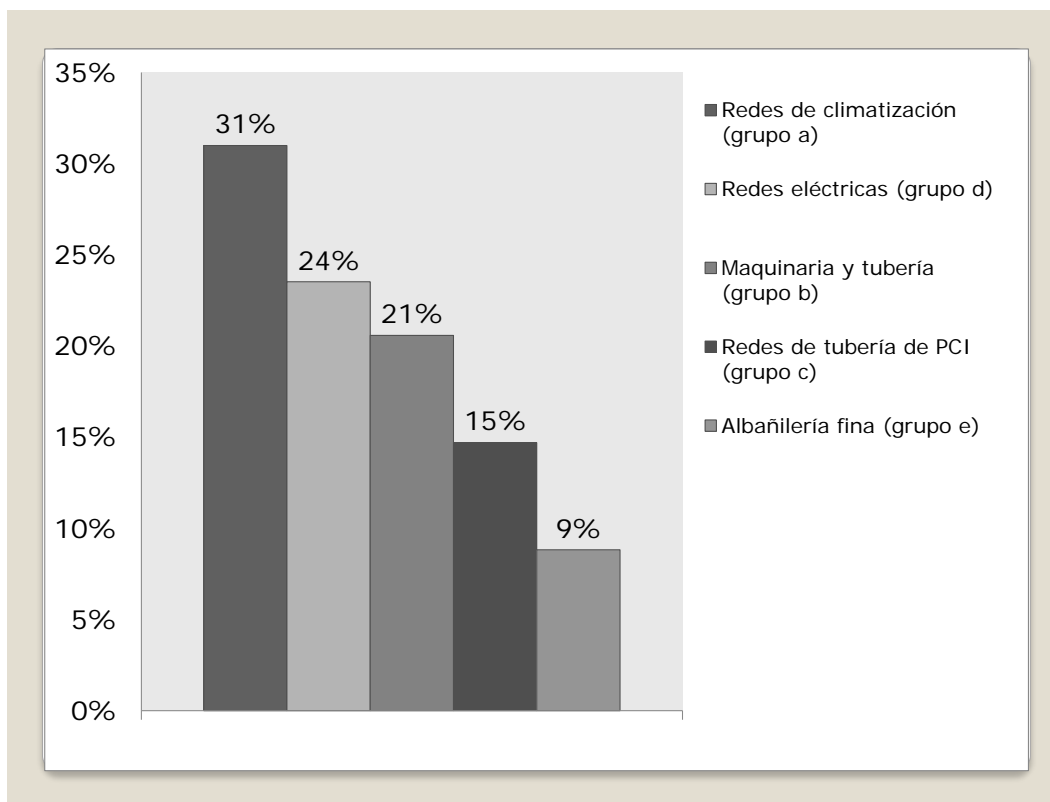


Figura 79. Representación gráfica en porcentaje de la población según grupos de trabajo.

En la siguiente **cuestión (P4)**, **Figura 80**, se ha preguntado sobre las actividades que los operarios consideran que se han estado realizando más a menudo durante los dos últimos años. Hay que tener en cuenta que muchos de estos operarios han estado realizando trabajos muy distintos al que ahora vienen realizando, aspecto que se ve tipificado en la **cuestión (P5)**, donde se observa que un 32% de los trabajadores entrevistados llevan menos de un año en este puesto de trabajo.

El resultado queda expuesto en la **Figura 80**, donde se observa que la puntuación de un 77%, más elevada, corresponde al “Transporte de cargas”, seguido de un 73% para las operaciones de “Corte con amoladora y herramientas de corte sobre suelo”. Las actividades que son respondidas como realizadas más a menudo son “Atornillado en techos” y “Medición y marcado”, que han sido incluidas como repetitivas en el diagrama de flujos y procesos.

Los resultados de los dos primeros casos son interesantes, dado que además en este estudio se cuenta con los siguientes aspectos:

- Los operarios disponen de medios mecánicos de carga para realizar su trabajo.
- Para este estudio se dispone de mesas (para realizar el corte) y espacios únicos (para moverse y desarrollar las piezas).
- Un 32% de los operarios entrevistados, como se observa en la cuestión P4, ha estado realizando durante el periodo indicado otro puesto de trabajo relacionado con la construcción, pero no de instalaciones mecánicas en edificios.

Para el análisis de las puntuaciones, se han considerado las siguientes opciones, tal y como se han descrito en el Anexo I y siguiendo la escala de Likert (ver apartado 6.3.5.2.2.):

- Nunca, se ha valorado con un “0”.
- Raras veces, se ha valorado con un “1”.
- A menudo, se ha valorado con un “2”.
- Muy a menudo, se ha valorado con un “3”.

De esta forma, resulta que el porcentaje 100% se establece para un máximo de puntuaciones de 102, resultante de la multiplicación del valor máximo (3) por el número de entrevistados (34).

En la **cuestión (P5)**, correspondiente a la **Figura 81**, se observa que entre el porcentaje de los entrevistados, un 33% lleva menos de un año trabajando en el mismo puesto de trabajo y un 13% lleva entre 1 y 5 años, es decir, se parte de una población que lleva poco tiempo en este puesto, por lo tanto, no está experimentada.

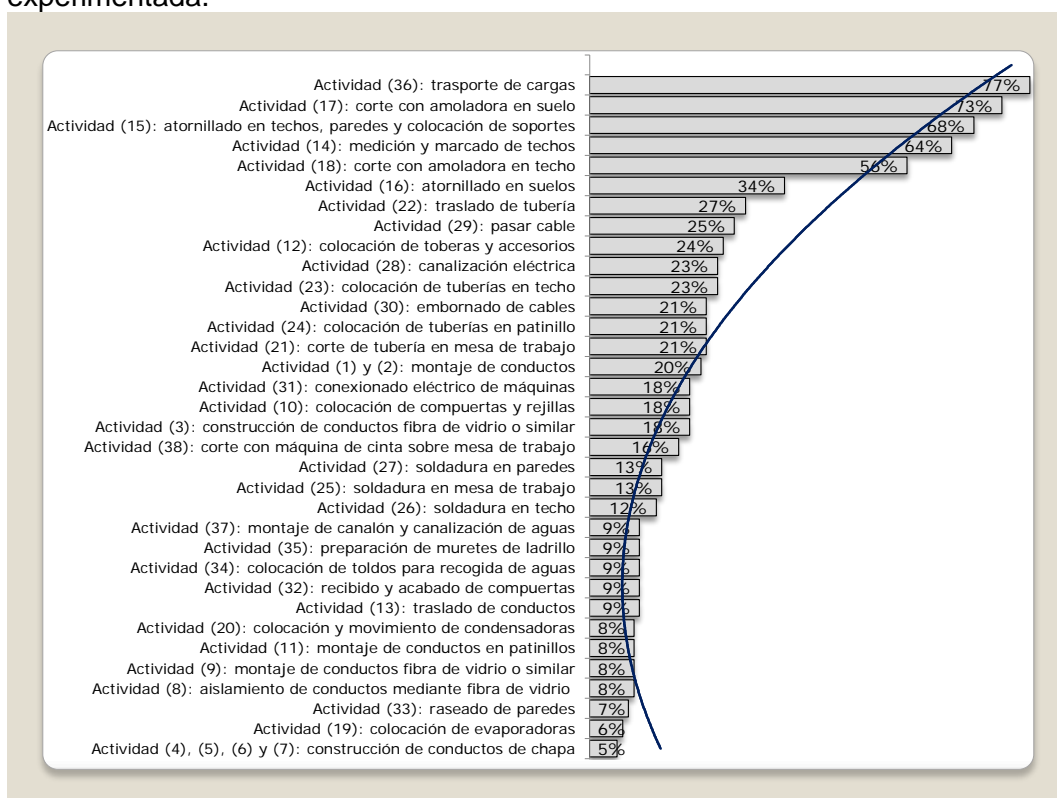


Figura 80. Representación de puntuaciones de actividades realizadas a menudo y muy a menudo durante los dos últimos años.

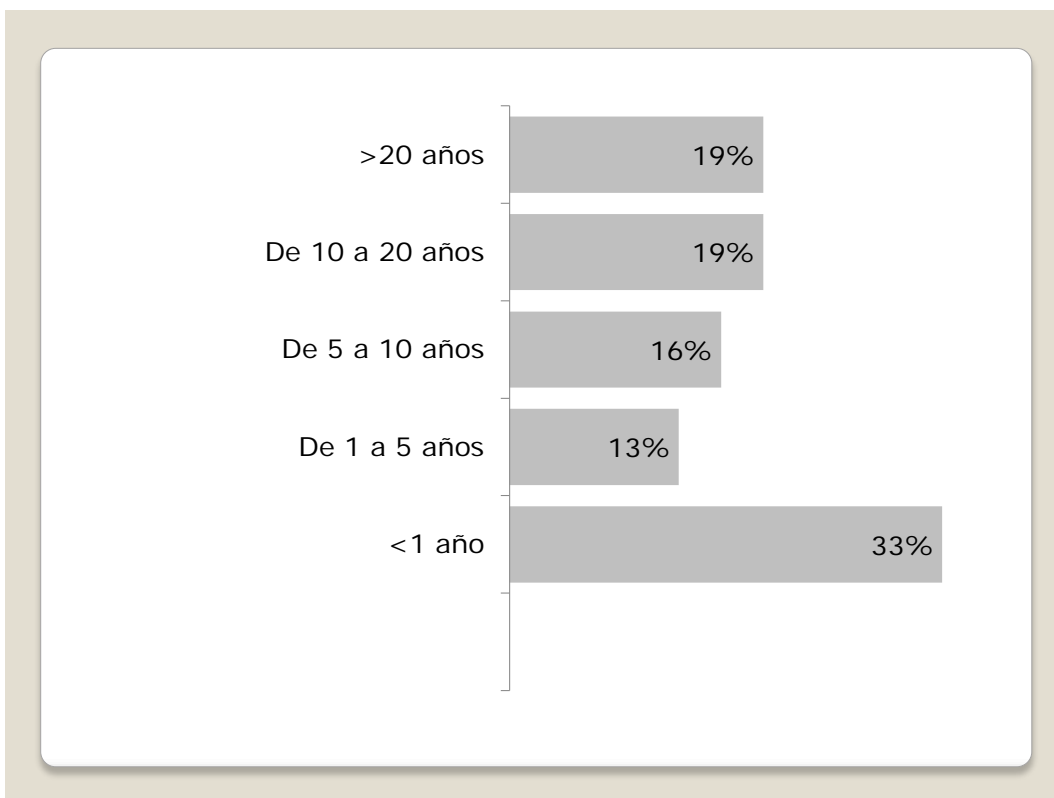


Figura 81. Representación gráfica del tiempo trabajado en el puesto de trabajo.

En la siguiente **cuestión (P6)**, que se muestra en la **Figura 82**, se ha preguntado a los operarios sobre cuáles son los factores que incrementan el riesgo de padecer TME's.

Para la representación gráfica de la **Figura 82**, se han tomado los valores en porcentajes sumados correspondientes a las respuestas de “bastante” (puntuación 2) y “mucho” (puntuación 3).

El resultado (**Figura 82**) ha sido que la población entrevistada considera que los factores que más probablemente incrementan el hecho de producirse un TME son los movimientos repetitivos que han obtenido un porcentaje 92%, le sigue las condiciones de tipo organizacional (como la falta de fisioterapia para el entrenamiento, masajes, etc.) con un resultado del 87% y las malas posturas, también con un 87%.

Para la población entrevistada, los factores menos importantes han sido los factores psicosociales, los horarios de trabajo y los ritmos de trabajo.

El resultado es que a pesar de que los operarios han indicado que los factores de tipo biomecánico como los movimientos repetitivos o las malas posturas pueden llegar a incrementar el riesgo, la MMC (que incluye además el levantamiento, el transporte y el empuje de cargas) no figura dentro de los más importantes según la población entrevistada, quedando éste factor por debajo de factores como la retribución económica o la falta de utilización de técnicas afines (soluciones, legislación,...).

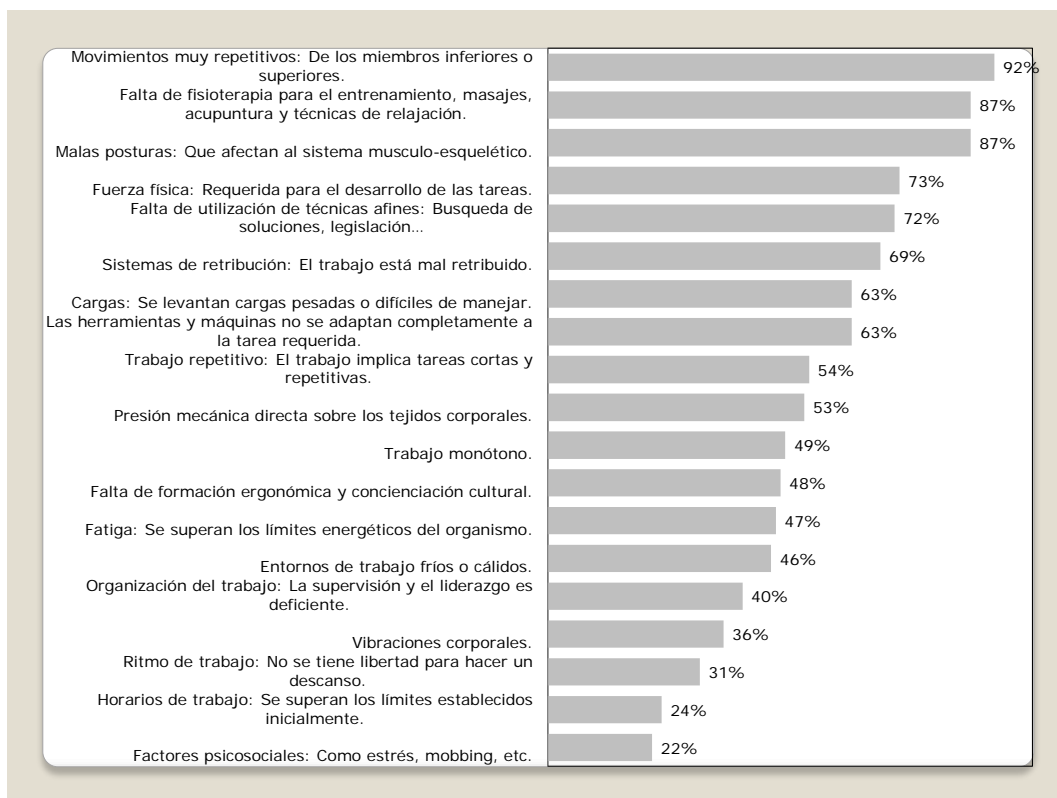


Figura 82. Factores que incrementan los TME's según los entrevistados.

En la siguiente **cuestión (P7)**, que se observa en la **Figura 83**, se ha preguntado a la muestra sobre si han padecido algún trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo y por el cual haya debido ausentarse del mismo (esto engloba desde unas horas a varios días, semanas o meses). Los datos representados están calculados para un total de 15 casos identificados, de los cuales seis han sido investigados y el resto, han sido indicados por los trabajadores durante la entrevista.

Los seis resultados de esta cuestión se corresponden con los resultados obtenidos en la investigación de accidentes del apartado 7.5.1.

La **albañilería fina (grupo e)**, realiza actividades como la MMC que pudiera estar originando las lumbalgias, o movimientos repetitivos en las actividades de raseado de paredes que pudieran estar originando las tendinitis a medio o largo plazo.

Las lesiones producidas en las **redes de conductos (grupo a)**, se corresponden con las lumbalgias, tendinitis y epicondilitis. Las lumbalgias pudieran estar relacionadas con las posturas adoptadas, al igual que las tendinitis y epicondilitis.

En las actividades que realiza el grupo de **redes eléctricas (grupo d)**, se producen innumerables movimientos repetitivos, lo cual es lógico pensar que algunos operarios tal vez puedan llegar a padecer tendinitis relacionadas con los movimientos repetitivos que llevan a cabo en su puesto de trabajo.

En los puestos de trabajo del grupo de **maquinaria y tubería (grupo b)**, se han registrado lumbalgias y contracturas en cuello. A priori, se observa que las

lumbalgias y las contracturas en cuello (o incluso en cualquier otra parte del cuerpo) pudieran estar producidas por las actividades que integran las posturas forzadas, las posturas estáticas, la MMC, el transporte y el empuje de cargas.

En el grupo de **redes de tubería de PCI (grupo c)** sucede exactamente lo mismo que para el caso del grupo b, aunque con la particularidad de que sólo se han registrado como trastorno las lumbalgias.

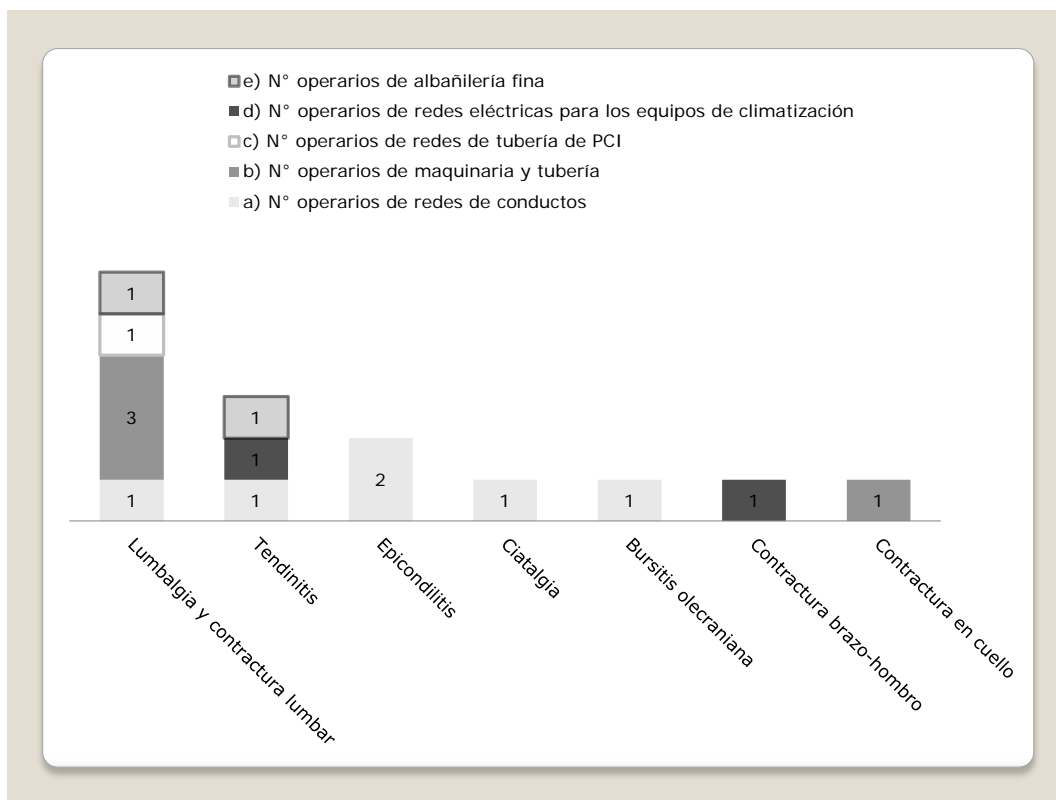


Figura 83. Trastornos musculoesqueléticos producidos por el trabajo realizado según grupos.

En la **cuestión (P8)**, de la **Figura 84**, se ha preguntado a los operarios por el tiempo que han requerido para ausentarse del trabajo debido a la afección producida. Se muestra el resultado obtenido global para todos los grupos de trabajo, donde se representa además la diferencia entre los trastornos producidos y el periodo requerido para ausentarse del trabajo. Destaca una vez más como dato interesante las lumbalgias coincidiendo con los registros de datos de accidentes producido. Las lumbalgias requieren periodos diferentes de ausencia (menos de 1 día, de 1 a 7 días y de 1 a 4 semanas). Las tendinitis también aparecen como dato interesante, con un periodo de ausencia de entre 1 a 7 días. Los datos se refieren a la muestra de n=9 (que han respondido haber padecido alguna afección) y no se han incluido los datos procedentes de la entrevista de trabajo.

Cabe destacar que no se han registrado TME's en los que los operarios hayan tenido que ausentarse más de un mes de su puesto de trabajo.

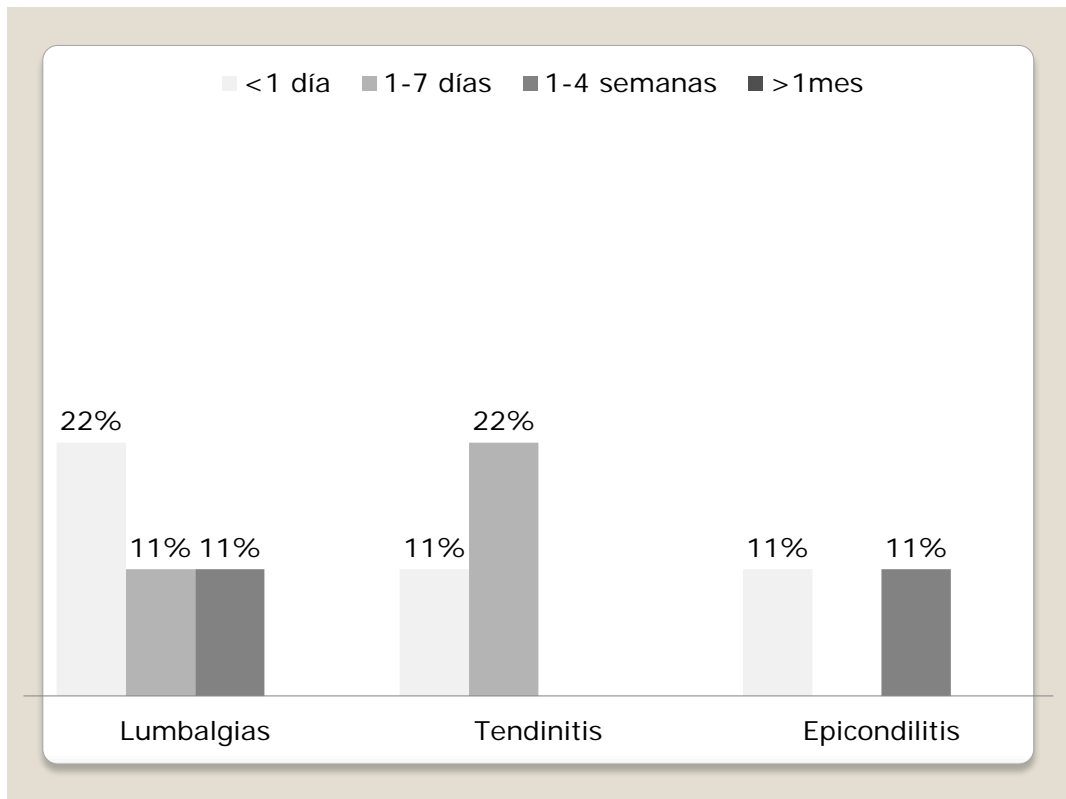


Figura 84. Tiempo requerido para ausentarse del trabajo debido a alguno de los trastornos musculoesqueléticos producidos durante la actividad de trabajo.

Los casos en los que los entrevistados no han tenido que ausentarse del trabajo (pero el trabajador siente algún dolor musculoesquelético que pudiera estar relacionado con su trabajo) han sido preguntados en la **cuestión (P9)**. Las respuestas obtenidas (**Figura 85**) muestran que el mayor porcentaje está aquejado de la región de la columna lumbar (16 operarios). Le siguen con 11 operarios, los dolores en el hombro y cuello.

Estos datos coinciden con las regiones de molestias de la **Figura 83**, donde se reflejaban los porcentajes mayores para la columna lumbar, cuello/hombros, etc.

Los porcentajes correspondientes a la muestra de n=34 y 59 respuestas, están distribuidos por grupos de trabajo en la **Figura 86**. Se observa como la columna lumbar prevalece con respecto al resto, le siguen el cuello, los hombros y la columna dorsal.

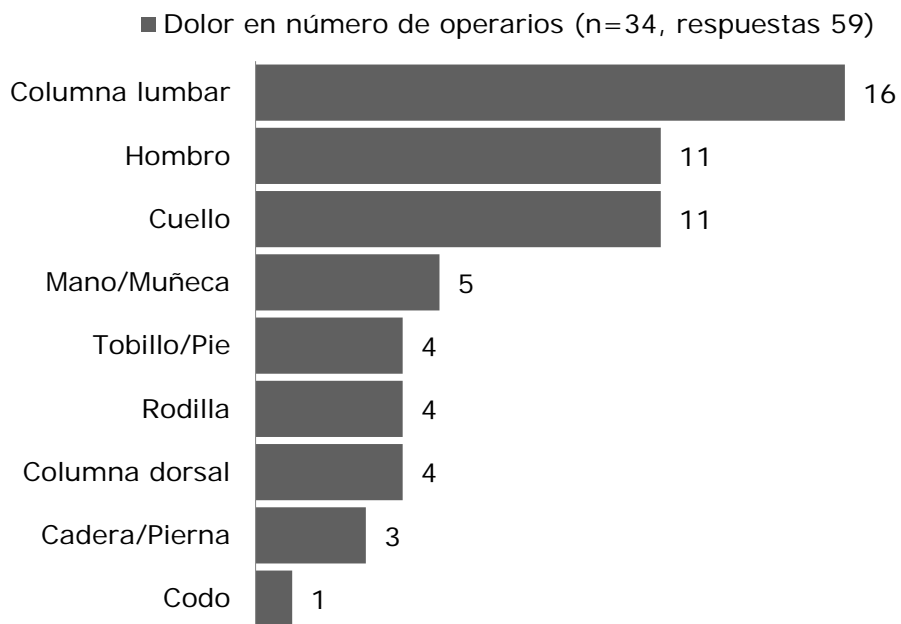


Figura 85. Dolor que no provoca ausencia y que está relacionado con las actividades realizadas en el puesto de trabajo (n=34).

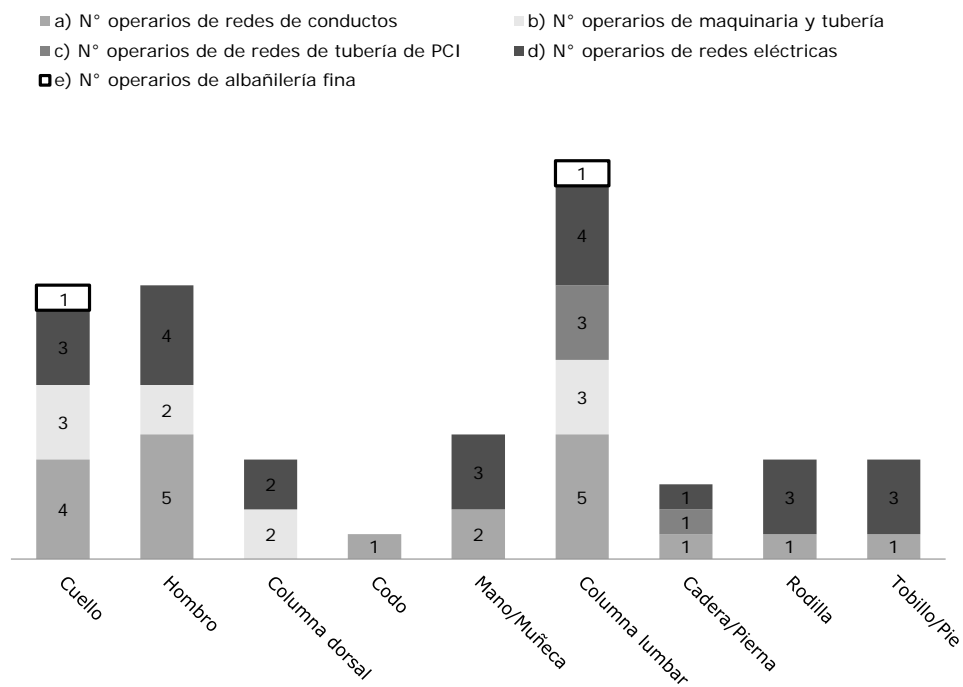


Figura 86. Dolor que no provoca ausencia y que está relacionado con las actividades realizadas en el puesto de trabajo, representado por grupos.

En la **Figura 87** correspondiente a la **cuestión (P10)** se sugiere que se indique cada cuanto tiempo se sienten las molestias y no engloba aquellos casos en los que se haya tenido que ausentar del trabajo. Se obtienen nuevamente los resultados orientados a la región de la columna lumbar, como ya se ha ido verificando en anteriores apartados. Los datos interesantes se reflejan también para el cuello y hombros.

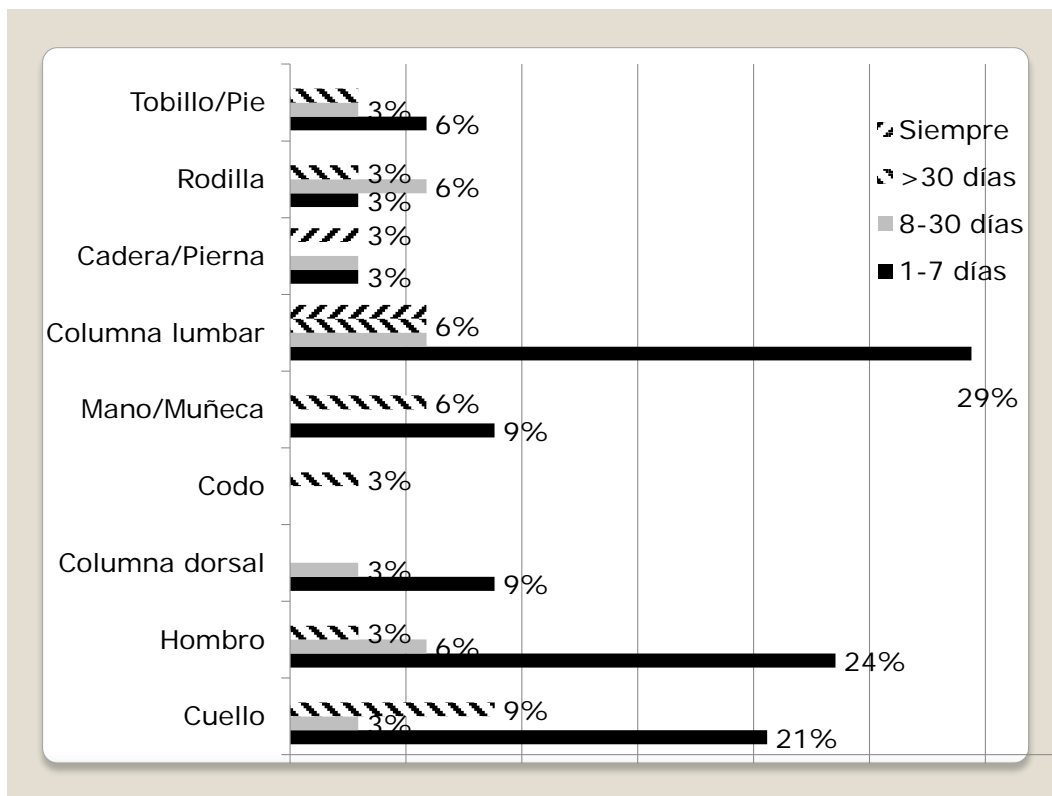


Figura 87. Representación gráfica de la temporización de las molestias.

A continuación, en la **Figura 88** de la **cuestión (P11)** se muestra la duración del episodio doloroso. Cabe indicar que la columna lumbar vuelve a ocupar el nivel más trascendente, a pesar de la diversidad en temporización y es de este dato de donde se puede obtener una orientación, puesto que también es el valor que más se repite en las anteriores ilustraciones. Es significativo el hecho de que no se produzca en un entorno de más de un mes ni de una a cuatro o cinco semanas. El mayor porcentaje está en menos de un día de duración del curso doloroso. En el hombro y cuello, tampoco se da la opción de más de un mes y de una a cuatro o cinco semanas. Este tipo de dolores cursan por lo tanto en un periodo muy corto y remiten aunque vuelven a reincidir de manera habitual como se ha visto en las anteriores ilustraciones.

Por último, en la **cuestión (P12)**, **Figura 89**, se ha pedido a la muestra de trabajadores entrevistados dar una nota a las molestias en una escala de 1 a 5 (como sucede en el escala de Borg), donde se sigue obteniendo la máxima nota en la columna lumbar como cabía esperar.

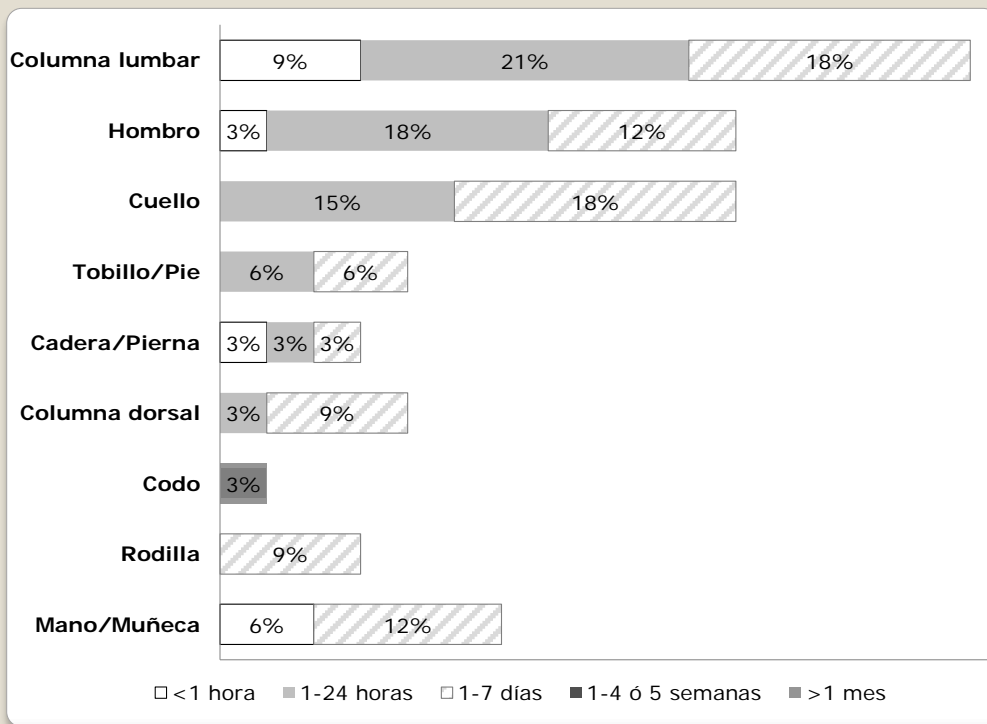


Figura 88. Representación gráfica de la duración del episodio.

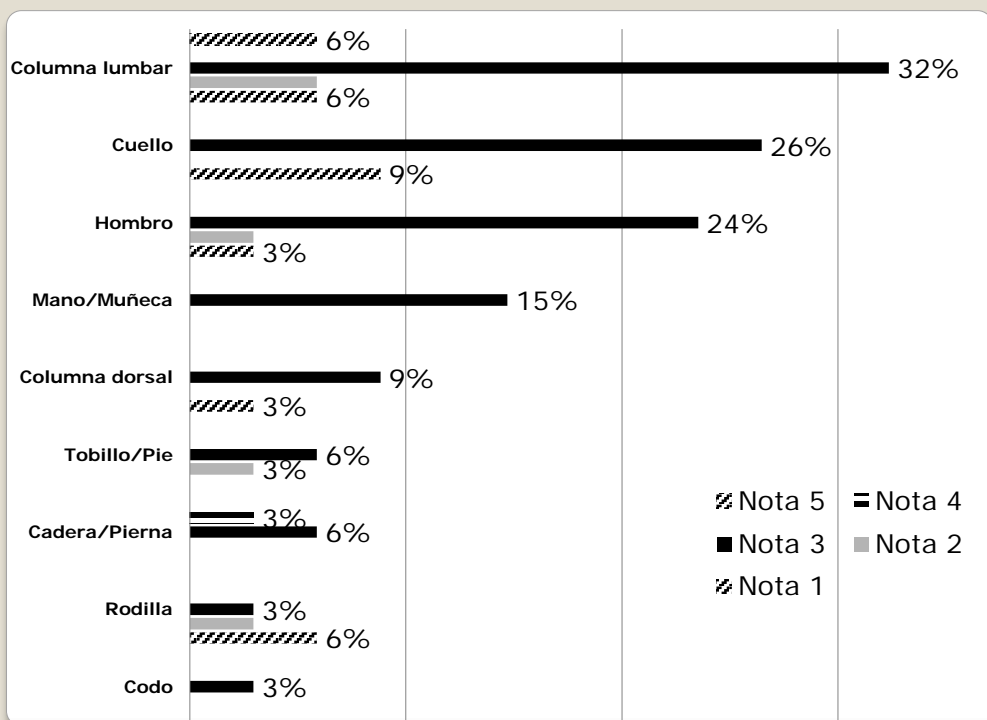


Figura 89. Escala de clasificación de las molestias producidas.

7.6. Resultados epidemiológicos analíticos

Para iniciar este apartado, se relacionan las lesiones comentadas en la teoría con la puntuación obtenida mediante los métodos de observación directa y los resultados de la evaluación mediante software. Las puntuaciones de 2 (riesgo elevado) son incluidos con posibilidad de producirse la lesión indicada. Finalmente, se representa una tabla donde queden reflejadas las puntuaciones por actividad y por proceso.

7.6.1. Descripción de TME's y actividades asociadas

Se describen a continuación los TME's relacionados con las actividades mediante el análisis de qué actividades están expuestas a los factores de riesgo biomecánico asociados a las enfermedades. Tal y como se ha explicado en el CAPÍTULO 6, se recogen aquí los TME's y los factores que la propia teoría indicaba (ver CAPÍTULO 3) y se relacionan con las actividades que incluyen dichos factores siguiendo las puntuaciones obtenidas en los anteriores métodos.

7.6.1.1. Tendinitis (del manguito rotador, bicipital, calcárea...)

Tendinitis del manguito rotador: Se recuerda que era característico de esfuerzos físicos repetidos de elevación anterior o hiperutilización del miembro superior por encima de la horizontal. Los factores relacionados son, por lo tanto, los movimientos repetitivos. Éstos son realizados por encima de la horizontal.

Las actividades con puntuaciones elevadas y en las que se reflejan este tipo de movimientos son:

- Actividad 8. Aislamiento de conductos fibra de vidrio o similares. Se ha obtenido una puntuación elevada mediante el cálculo con el método OCRA y el software IBV.
- Actividad 14. Medición y marcado en techos. Se ha obtenido una puntuación alta mediante el cálculo por el software IBV.
- Actividad 15. Atornillado en techos y colocación de soportes. Se ha obtenido una puntuación elevada mediante el cálculo en OCRA y el software IBV.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. En este caso el riesgo es muy elevado, ya que se ha obtenido un resultado alto utilizando todos los métodos de análisis correspondientes (observacionales y software).
- Actividad 33. Raseado de paredes. En este caso, como en el anterior, se ha obtenido un valor elevado mediante el cálculo por todos los métodos. Es una actividad que representa un riesgo muy elevado.

Tendinitis bicipital distal. Se recuerda que podía aparecer como consecuencia de movimientos de supinación repetitivos, sobre todo si se realizan con el codo en flexión o extensión máximas. Suele producirse como consecuencia del transporte de cargas y levantamiento de pesos con los brazos, con lo cual es característico de movimientos repetitivos al realizar transportes de cargas con movimientos repetitivos y esta confluencia de factores no se observa en ninguna de las actividades estudiadas.

Tendinitis calcárea. Se recuerda que era secundaria a un proceso tendinoso de larga evolución, con lo cual se probaría su relación con los microtraumatismos repetidos, esto se observa en las actividades mencionadas para la tendinitis del manguito rotador.

7.6.1.2. Tendinitis de la porción larga del bíceps braquial

Se comentaba en la teoría que se trata de lesiones traumáticas, degenerativas o inflamatorias, estas últimas de manera repetitiva. Aunque la lesión suele aparecer aislada, es más frecuente encontrarla asociada a lesiones del manguito de los rotadores, con lo cual los factores desencadenantes, pueden suceder para las actividades comentadas en la tendinitis del manguito rotador. En la teoría también se hablaba de los traumatismos. Los factores relacionados que citaba la teoría relacionados con la tendinitis de la porción larga del bíceps braquial se correspondía con la MMC, arrastre, posturas forzadas y movimientos repetitivos.

Además de las actividades comentadas en el anterior apartado para el manguito rotador, también se observan en las siguientes actividades:

- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas. La evaluación de posturas forzadas ha resultado elevada en todos los casos y para la MMC, se ha obtenido un valor elevado en NIOSH y el INSHT, aunque según el software 3DSSPP, el resultado es aceptable.
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillos. En este caso, la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, OWAS y LUBA) ha dado lugar a un riesgo elevado, así como el cálculo para MMC (NIOSH y Guía del INSHT). También existe un riesgo elevado en la aplicación de fuerza (Rodgers MFA).
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. Esta actividad ya ha sido incluida en la tendinitis del manguito rotador y calcárea. Se tratan movimientos repetitivos y posturas forzadas en su máxima gravedad, así como MMC y aplicación de fuerza.
- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras. Esta actividad no está reflejada como repetitiva, aunque el nivel de riesgo queda al límite bajo posturas forzadas (en todos los métodos: REBA, RULA, OWAS y LUBA), aplicación de fuerza (por el método Rodgers MFA) y arrastre (tanto para el método de Snook&Ciriello como mediante Arbouw).

7.6.1.3. Peritendinitis/tenosinovitis/sinovitis

En la teoría se comentó que era producto de la sobrecarga del músculo debido a sobreuso o uso repetitivo o traumatismo directo, con la particularidad de ser en el pie. En los procesos no se han podido realizar evaluaciones de pies, debido a que no existe ningún método que se concentra en esto.

7.6.1.4. Tenosinovitis estenosante o enfermedad de Quervain

Se recuerda que la etiología se caracterizaba por dolor localizado en el borde radial de la muñeca que se acentúa con los movimientos del pulgar, siendo los microtraumatismos los que jugaban un papel. Se producía por movimientos repetitivos y potentes del pulgar.

En las actividades observadas no se han encontrado situaciones de riesgo con estas características.

7.6.1.5. Epicondilitis

En la teoría se ha venido comentando que afecta preferentemente a individuos que someten a sobrecarga funcional los músculos del antebrazo y realizan una repetición continua de movimientos, con lo que la etiología corresponde a traumatismos de tracción repetitiva o contracción muscular reiterada. En ocasiones también suele coincidir con un solo episodio de sobrecarga brusca. El brazo afectado suele ser el dominante. Siguiendo estas indicaciones, los factores son posturas forzadas, posturas estáticas, aplicación de fuerza, movimientos repetitivos, arrastre... y bajo estas circunstancias, se encuentran las siguientes actividades:

- Actividad 8. Aislamiento de conductos de fibra de vidrio o similar. Se ha obtenido una puntuación elevada mediante el cálculo con el método OCRA y el software IBV.
- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas. La evaluación de posturas forzadas ha resultado elevada en todos los casos y para la MMC, se ha obtenido un valor elevado en NIOSH y el INSHT, aunque según el software 3DSSPP, el resultado es aceptable.
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillos. En este caso, la evaluación de posturas forzadas y estáticas resulta tener un riesgo elevado en todos los métodos (REBA, RULA, OWAS, LUBA), así como el cálculo para MMC y levantamiento de cargas (NIOSH, INSHT, software 3DSSPP). También existe un riesgo elevado en la aplicación de fuerza (método Rodgers MFA).
- Actividad 14. Medición y marcado en techos. Se ha obtenido una puntuación alta mediante el cálculo por el software IBV.
- Actividad 15. Atornillado en techos y colocación de soportes. Se ha obtenido una puntuación elevada mediante el cálculo en OCRA y el software IBV.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. En este caso el riesgo es muy elevado, ya que se ha obtenido un resultado alto utilizando todos los cuatro métodos de análisis (observacionales y software).
- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras. Esta actividad no está reflejada como repetitiva, aunque el nivel de riesgo queda al límite bajo posturas forzadas (en todos los métodos: REBA, RULA, OWAS y LUBA), aplicación de fuerza (por el método Rodgers MFA) y arrastre (tanto para el método de Snook&Ciriello como mediante

Arbouw).

- Actividad 33. Raseado de paredes. En este caso, como en el anterior, se ha obtenido un valor elevado mediante el cálculo por todos los métodos, tanto para posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, OWAS, LUBA), movimientos repetitivos (OCRA, JSI, modelo del Cubo) y aplicación y esfuerzo físico (Rodgers MFA). Es una actividad que representa un riesgo muy elevado.

7.6.1.6. Epitrocleitis

Se recuerda que era producto del sobreuso de la musculatura que se inserta en la epitroclea.

La etiología al igual que en la epicondilitis era debida a microtraumatismos por repetición o por contracción muscular reiterada y también se comentaba que no se había encontrado relación entre la epitrocleitis y trabajos repetitivos que no requieran fuerza. Luego las situaciones son idénticas a la epicondilitis porque las actividades estudiadas y comentadas requieren puntuaciones de riesgo elevadas en el caso de la aplicación de fuerza, excepto en el caso de las actividades 8, 14 y 15.

7.6.1.7. Tendinitis tricipital

En la teoría se ha comentado que estaba producida por traumatismos directos o movimientos repetitivos de hiperextensión, y estas situaciones se producen en las actividades indicadas en el apartado 7.6.1.2. sobre la tendinitis de la porción larga del bíceps braquial (actividades 10, 11, 19 y 20).

7.6.1.8. Dedos en gatillo o en resorte

Entre las causas del dedo en resorte además de las causadas por enfermedad (artritis reumatoide o gota), también se encuentran las relacionadas con el uso excesivo de la mano y movimientos repetitivos.

Las actividades con uso excesivo de la mano y movimientos repetitivos, son las siguientes:

- Actividad 3. Construcción de conductos fibra de vidrio o similares. Se ha obtenido puntuación elevada en el cálculo con OCRA y IBV, para JSI y el modelo del CUBO, el resultado es de puntuación 1. Por lo tanto, al existir dos métodos que indican que el riesgo es moderado no queda claro que la actividad pueda estar asociada a los dedos en gatillo o en resorte.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos de chapa mediante fibra o fibra de vidrio. Como en el caso anterior, se ha obtenido puntuación elevada en el cálculo con OCRA y IBV, para JSI y el modelo del CUBO, el resultado es de puntuación 1.
- La operación 19, que a simple vista debiera estar incluida, no está debido a que los movimientos repetitivos de la mano se van alternando con otras posturas neutras.

7.6.1.9. Tendinitis aquiliana

Las causas van desde cambios de superficie o cambio de calzado. También sucede por uso excesivo de la pierna y tobillo o debido a un traumatismo. En este caso, la tendinitis sucede al repetirse el traumatismo.

Para la tendinitis aquiliana, no se ha podido realizar una evaluación de los factores asociados al uso de la pierna o tobillo.

7.6.1.10. Tendinitis rotuliana o de la pata de ganso

La causa más frecuente es el desequilibrio entre los componentes medial y lateral del cuádriceps, lo que da lugar a un estiramiento desigual del tendón rotuliano.

Como en el caso anterior, tampoco ha podido ser evaluada mediante ningún método. Además este tipo de tendinitis puede estar muy asociada a factores individuales.

7.6.1.11. Otras tendinitis de la muñeca y mano

En el caso de otras tendinitis, se recuerda que existía una etiología de tipo inflamatoria, mecánica o producida por microtraumatismos.

Por ejemplo, en el caso de la tenosinovitis de los extensores radiales, era muy común en trabajos en los que se produce movimientos repetitivos de levantamiento de pesos.

Luego para estas tendinitis se relacionan los factores de riesgo de tipo repetitivos (repetición del trabajo utilizando manos y muñecas) y MMC. Existe asociación con las siguientes actividades:

- Actividad 8. Aislamiento de conductos mediante fibra de vidrio o similares. Está asociada a valores elevados tanto de movimientos repetitivos como de MMC.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. En este caso el riesgo es muy elevado.

7.6.1.12. Síndrome del túnel carpiano (STC)

Se recuerda que los movimientos repetitivos de la mano, tendían a ser un factor causal y otras causas del desarrollo del STC estaban relacionadas con la flexión y extensión prolongadas de la muñeca o un traumatismo agudo, con lo cual los factores pueden ser de tipo repetitivo, posturas forzadas o estáticas, aplicación de fuerza y MMC. Se registran las siguientes actividades:

- Actividad 8. Aislamiento de conductos mediante fibra de vidrio o similares. Está asociada a valores elevados tanto de movimientos repetitivos como de MMC.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. En este caso el riesgo es muy elevado.

- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras. Se adaptan posturas forzadas en la mano y muñeca al empujar la máquina. La puntuación de posturas forzadas ha sido elevada siguiendo todos los métodos.
- Actividad 33. Raseado de paredes. En este caso, se observan los movimientos repetitivos en manos-muñecas y posturas forzadas.

7.6.1.13. Síndrome del Canal de Guyon o del túnel cubital o ulnar

Se recuerda como se indicó en la teoría que está asociado a actividades ocupacionales en las que se ejercen movimientos repetitivos, ocasionando microtraumas repetitivos que desencadenan la compresión del nervio. Suelen desarrollar entumecimiento en el dedo meñique y en la cara medial de la mano.

Se registran las actividades donde existen factores desencadenantes de tipo repetitivo asociados a los movimientos de la mano-muñeca:

- Actividad 3. Construcción de conductos fibra de vidrio o similares. Se producen movimientos repetitivos en muñecas-manos.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos mediante fibra de vidrio o similares. Está asociada a valores elevados tanto de movimientos repetitivos como de MMC.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. En este caso el riesgo es muy elevado.
- Actividad 33. Raseado de paredes. En este caso, se observan los movimientos repetitivos en manos-muñecas y posturas forzadas.

7.6.1.14. Síndrome del túnel radial o atrapamiento del canal ulnar

Se ha comentado en la teoría que las causas que pueden ocasionar este trastorno son múltiples, pudiéndose agrupar en sistémicas y locales: diabetes mellitus, alcoholismo crónico, insuficiencia renal crónica, subluxación crónica reincidente del nervio, hipertrofia de la cabeza medial del tríceps, compresión del músculo cubital anterior debido a microtraumatismos repetitivos. Por lo tanto las causas son los factores de tipo repetitivo en brazos:

- Actividad 3. Construcción de conductos fibra de vidrio o similares.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos fibra de vidrio o similares.
- Actividad 14. Medición y marcado en techos.
- Actividad 15. Atornillado en techos y colocación de soportes.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras.
- Actividad 33. Raseado de paredes.
- Actividad 38. Corte con máquina de cinta.

7.6.1.15. Síndrome del pronador redondo

Como se ha comentado con anterioridad, un traumatismo, fractura del húmero e hipertrofia del músculo pronador redondo podría ser la causa del atrapamiento. También sucede este atrapamiento como consecuencia de la compresión producida al realizar movimientos repetitivos de la extremidad con el antebrazo en pronación y los dedos flexionados. Los factores desencadenantes son entonces los de tipo repetitivo. Se ha observado en las siguientes actividades, con ocasión a la pronación:

- Actividad 3. Construcción de conductos fibra de vidrio o similares.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos fibra de vidrio o similares.
- Actividad 15. Atornillado en techos y colocación de soportes.
- Actividad 33. Raseado de paredes.
- Actividad 38. Corte con máquina de cinta.

7.6.1.16. Síndrome del opérculo torácico

Se ha comentado en la teoría que las causas que son proclives al desarrollo de esta neuropatía son: Anomalías posturales, movimientos repetitivos que inducen posturas que producen la compresión, traumatismos, etc. Se ha comprobado que puede producirse al realizar las siguientes actividades.

- Actividad 2. Montaje de conductos sobre techo.
- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas.
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillos.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras.
- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras.
- Actividad 22. Traslado de tubería.
- Actividad 28. Canalización eléctrica.
- Actividad 29. Pasar cable.
- Actividad 30. Embornar.
- Actividad 31. Conexión de máquinas.
- Actividad 32. Recibido y acabado de compuertas.
- Actividad 33. Raseado de paredes.
- Actividad 36. Transporte de cargas.

7.6.1.17. Radiculopatía Cervical

En la teoría se ha comentado que las causas de la radiculopatía son múltiples, desde la esterosis foraminal, tumor, formación de osteofitos, en raros casos, como resultado de una infección o bien, el origen de un traumatismo

agudo, con motivo de la compresión de los nervios. También se indicaba que el resultado de una radiculopatía de tipo nervioso puede ir encaminado a la hernia discal cervical o hernia de núcleo pulposo cervical.

Por consiguiente, se han detectado factores relacionados en aquellas actividades donde la carga se apoya en el hombro, relacionadas con posturas forzadas, que son las que a continuación se indican:

- Actividad 19. Colocación de evaporadoras.
- Actividad 22. Traslado de tuberías.
- Actividad 23. Colocación de tuberías en techo.
- Actividad 36. Transporte de cargas.

7.6.1.18. Síndrome del túnel tarsiano y del túnel tarsiano anterior

Se recuerda que la etiología es del tipo traumática generalmente, debido principalmente al sobreuso, sobrecarga mecánica, esguince o fractura de tobillo. El edema provocado por el traumatismo es el que genera la compresión de ambas ramas del nervio tibial interno.

Suele producirse debido a la sobrecarga mecánica, y se aprecian otros factores desencadenantes que lo agravan, como son los gangliones, contusiones o pie cavo.

En las actividades calculadas, no se ha podido realizar la evaluación para actividades relacionadas con los movimientos del pie.

7.6.1.19. Cialgia o radiculopatía lumbar

Como se ha venido comentando, la radiculopatía lumbar o neuritis del nervio ciático es producida por la compresión radicular y origina una neuralgia a lo largo del nervio ciático. Las posibles causas de presión sobre el nervio ciático son un tumor, un absceso, un coágulo de sangre, permanecer sentado o acostado por tiempo prolongado con presión directa sobre el nervio, cualquier trastorno nervioso y traumatismo o sobrecarga mecánica sobre el nervio.

Bajo estas circunstancias, se encuentran relacionados los factores de MMC, levantamiento y transporte de cargas, posturas forzadas y estáticas, empuje, movimientos repetitivos, sucediendo en las siguientes actividades:

- Actividad 4. Transformación de piezas de conducto en cuclillas.
- Actividad 5. Transformación de piezas de conducto de pie.
- Actividad 6. Colocación de sellante de conductos.
- Actividad 7. Colocación de rebordes de juntas.
- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas.
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillos.
- Actividad 13. Traslado de conductos.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras.

- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras.
- Actividad 22. Traslado de tuberías.
- Actividad 23. Colocación de tuberías en techo.
- Actividad 24. Colocación de tuberías en patinillo.
- Actividad 36. Transporte de cargas.

7.6.1.20. Contractura muscular

En la parte teórica se citó que las causas que provocaban la contractura muscular están relacionadas con la sobresolicitación, demanda y sobrecarga del músculo y en ocasiones, las contracturas musculares se deben a defectos del metabolismo muscular. Por esta razón, los factores están indicados en esta premisa, por lo que están afectadas todas las actividades, excepto las que han obtenido un nivel aceptable bajo todos los cálculos, que son: actividad 1, actividad 12, actividad 25, actividad 26 y actividad 37.

7.6.1.21. Síndrome del dolor miofascial y puntos gatillo miofasciales (trigger point)

Se recuerda como en la etiología de los puntos gatillo, éstos se desarrollaban después de una lesión inicial en las fibras musculares, que podía incluir un evento traumático o micro traumatismos repetitivos. Otras causas muy importantes que desencadenan estos fenómenos son las anomalías posturales, que se asumen durante las actividades laborales o incluso sobre actividades de la vida diaria. Con lo que en relación a los factores precipitantes relacionados con la lesión, se ha comprobado para las mismas actividades que en el caso de la contractura muscular.

7.6.1.22. Miositis osificante

La miositis osificante se manifestaba en el músculo en forma de osificación. Aparece después de una lesión traumática en el músculo a consecuencia de una metaplasia del tejido conectivo intermuscular. Como consecuencia, las actividades registradas coinciden como los casos anteriores.

7.6.1.23. Tensión muscular cervical

Como se ha comentado en la teoría, el aumento de tensión muscular, era prácticamente consecuencia de todos los trastornos de la columna cervical, desde los sobreesfuerzos exógenos, las posturas defectuosas y los desequilibrios musculares, hasta la restricción del movimiento a lo largo de la columna cervical. Por lo tanto, en relación a los factores, se aprecia que puede llegar a ocurrir en las siguientes actividades:

- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas.
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillos.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras.

- Actividad 22. Traslado de tuberías.
- Actividad 23. Colocación de tuberías en techo.
- Actividad 28. Canalización eléctrica.
- Actividad 29. Pasar cable.
- Actividad 30. Embornar.
- Actividad 31. Conexión de máquinas.
- Actividad 33. Raseado de paredes.
- Actividad 36. Transporte de cargas.

7.6.1.24. Lumbalgia mecánica o dolor lumbar mecánico simple

Dentro del cuadro clínico, se recuerda que los factores laborales eran consecuencias que predisponían el desarrollo de una lumbalgia (actividades como el levantamiento de cargas de forma repentina, arrastre de objetos pesados, posturas de flexión y/o rotación del tronco, trabajadores con elevada carga muscular estática, conductores con vehículos pesados durante largos periodos de tiempo a frecuentes vibraciones de cuerpo entero...).

Es coincidente con las actividades registradas para la cialgia, incluyendo además la 16 y la 17 donde se ha calculado un elevado riesgo por posturas estáticas puras y existe flexión elevada de la columna y la actividad 35 donde se observa una flexión de 90° de la columna.

7.6.1.25. Aneurisma de la arteria cubital o síndrome del martillo hipotenar

Se ha comentado en la teoría que la patología es debida principalmente a traumatismos repetitivos por el uso dominante de la mano y emulando movimientos como el golpe de martillo, en ocasiones también se produce por un único traumatismo agudo.

En el caso de las actividades estudiadas, las únicas calculadas donde se produce el golpe de martillo son las correspondientes a la construcción de conducto en cuclillas y de pie (4 y 5), y los resultados obtenidos para la aplicación de fuerza han sido aceptables. Por otra parte, estas actividades no han podido ser catalogadas como repetitivas. Por lo tanto, no se indica ninguna actividad objeto de esta lesión.

7.6.1.26. Síndrome de Raynaud

Como se ha descrito en la teoría para el caso vinculante relacionado con la actividad laboral, la consecuencia es debida a la reiteración de movimientos repetidos en las manos o vibraciones o por padecer el síndrome del martillo hipotenar.

En el caso de este síndrome, las actividades son coincidentes con las registradas para el caso del síndrome de canal de Guyon, canal ulnar, etc., es decir, para las actividades 3 y 8.

7.6.1.27. Enfermedad articular degenerativa u osteartrosis

En la parte teórica se había comentado que las articulaciones estaban preparadas para soportar el desgaste durante el paso del tiempo, y que el sobreuso y envejecimiento puede provocar cambios degenerativos, afectando también otras causas, como las actividades violentas y los impactos articulares, traumáticos o no, que erosionan con más facilidad la progresión de las superficies articulares y las superficies articulares subyacentes.

En este caso, las actividades registradas con una o varias puntuaciones elevadas -bajo el punto de vista de análisis de cualquier factor- pudieran propiciar el desarrollo de la enfermedad articular degenerativa, excepto, las que se encuentran bajo el resultado aceptable, que son 1, 12, 25, 26 y 37.

7.6.1.28. Bursitis subcutáneas prerrotuliana y olecraniana

Para el caso de la bursitis de olécranon, las causas más frecuentes resultaban ser traumatismos, infecciones bacterianas, gota y artritis reumatoidea. El derrame de la bursa olecraniana se produce normalmente al realizar fricción del codo sobre una superficie dura.

En las actividades registradas, no se puede evaluar el roce del codo con una superficie dura. Se observa que esto sucede en la operación de montar conductos sobre techo (2), al producirse el contacto directo del codo con la pared, ya que el conducto se encuentra muy cerca de la misma.

Por otra parte, se recuerda que la bursitis prerrotuliana se desarrollaba delante de la rótula y se divide, por su situación, en superficial media y profunda. El mecanismo típico de producción es el roce de la bolsa con una superficie dura con la rodilla en flexión. Se registra la actividad 35, donde el operario se arrodilla para la construcción del murete en el suelo (actividad estática o forzada).

7.6.1.29. Bursitis profunda anserina, prepatelar, gastrocnemio-semimembranoso y retrocalcánea

En la teoría se comentaba que la bursitis subacromial podía producir condiciones como la capsulitis adhesiva, también conocida como hombro congelado, como resultado de la inflamación capsular tras una lesión en el hombro o una fractura y que aparece ligada a condiciones de estrés físico localizado, como sucede con los microtraumatismos o macrotraumatismos a distancia de la columna cervical, pleura o corazón, esguinces o luxaciones del hombro, bursitis o tendinitis. Por lo tanto, las actividades registradas son aquellas identificadas para las tendinitis de los miembros superiores.

La bursitis anserina se caracterizaba por dolor en la zona interna de la rodilla al subir o bajar escaleras, con hipersensibilidad en la parte superointerna de la tibia correspondiente a la inserción del pes anserinus (pata de ganso) y también se mencionaba que con frecuencia el síndrome era consecuencia de la osteoartritis de la rodilla. Por otra parte, la bursitis de gastrocnemio-semimembranoso, corresponde a la extensión excesiva de líquido en la rodilla, produciendo lo que se denomina quistes de Baker, que son producidos por antecedentes patológicos o desgaste de la rodilla.

Se registran actividades en posición de cuclillas y arrodillado que pudieran propiciar el desgaste, éstas son: 4, 17, 34 y 35.

En la bursitis prepatelar (o también conocida como rodilla de beata), la lesión aparecía en la cara anterior de la rodilla. Se indicaba que solía aparecer en personas que pasan largos periodos de tiempo en posición de rodillas, esto sucede en la actividad 35.

La bursitis retrocalcánea o inflamación de la bursa ubicada entre el calcáneo y el tendón de Aquiles es frecuente en las espondilo artropatías, con inflamación del tendón de Aquiles y fascitis plantar. También puede ocurrir en artritis reumatoidea, gota o pseudogota. En este caso, no se registran actividades.

7.6.1.30. Lesiones crónicas de meniscos

Se ha venido comentando en la teoría que las roturas traumáticas se debían a lesiones ligamentosas previas no tratadas (como sucede en el caso del desgarramiento del ligamento cruzado anterior), degeneración por procesos degenerativos como la osteoartrosis o como resultado de movimientos bruscos de rotación de la pierna, con el pie fijado sobre el suelo. En este caso, las actividades son coincidentes con las registradas para las operaciones en posición de cuclillas: 4, 17, 34 y 35.

7.6.1.31. Ganglión carpiano

Se recuerda que la etiología frecuente era la presión repetitiva que irrita uno de los tendones que discurren a lo largo de la parte superior de la muñeca. Por lo tanto, las actividades son las mismas que para el caso de las tendinitis de la mano y muñeca, que son:

- Actividad 3. Construcción de conductos de fibra de vidrio o similares.
- Actividad 8. Aislamiento de conductos de chapa mediante fibra o fibra de vidrio.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. En este caso el riesgo es muy elevado.

7.6.1.32. Lesiones ligamentosas

Se recuerda que las lesiones ligamentosas o esguinces afectan principalmente a las articulaciones de tobillo y pie, con afección de los ligamentos tarsianos internos o externos, aunque también pueden producirse en los ligamentos metatarsifalángicos e interfalángicos o los ligamentos de la rodilla. En este caso, las lesiones ligamentosas de la rodilla, coinciden con los casos registrados de las actividades que se realizan en posición de cuclillas y arrodillado, que son: 4, 17, 34 y 35. La lesión ligamentosa puede ser producto del trabajo estático o repetitivo de las actividades de un determinado puesto de trabajo, resultando la hipertrofia de los ligamentos, como resultado de la estimulación mecánica que resulta un factor significativo para el desarrollo de un trastorno en los trabajos que requieren diariamente de la realización de movimientos estáticos o repetitivos, lo cual quiere decir, que cualquiera de los

ligamentos puede resultar afectado, y esto abarca a todas las actividades excepto aquellas con resultados aceptables.

7.6.2. Resumen de descripción de TME's, actividades y factores de riesgo

En la **Tabla 28** se resumen los factores de riesgo asociados al desarrollo de las diferentes patologías analizadas. La tabla responde a la revisión efectuada siguiendo los casos de la literatura indicados en los anteriores apartados. Se trata de una revisión de la **Tabla 5** inicialmente propuesta en el CAPITULO 6.

Se incluye en la **Tabla 29** un cuadro indicativo de las patologías que pueden desarrollar los trabajadores que realicen las actividades tipificadas en este estudio.

Lesiones musculoesqueléticas	Factores biomecánicos					
	Post. forz. y estáticas	Movimientos repetitivos	Levantamiento, soporte y MMC	Mov. Man. Enérgicos	Aplicación de fza. y e.fis.	Post. estát. puras
Tendinitis (rotador, calcárea)		X				
Tendinitis (biceps)	X	X	X	X		
Epicondilitis	X	X			X	
Epirocleititis		X			X	
Tendinitis tricpital		X				
Dedos resorte		X				
Otras tendinitis muñeca-mano		X	X			X
Síndrome del Túnel Carpiano	X	X	X	X	X	X
Síndrome del Canal Guyon		X				
Síndrome del Canal ulnar		X				
Síndrome del Pronador redondo		X				
Síndrome del Opérculo torácico	X	X				X
Radiculopatía cervical	X					X
Ciatalgia	X	X	X	X		X
Contractura muscular	X	X	X	X	X	X
Dolor miofascial	X	X	X	X	X	X
Miositis osificante	X	X	X	X	X	X
Tensión muscular cervical	X	X				
Lumbalgia mecánica	X	X	X	X		X
Síndrome de Raynaud		X				
Enfermedad articular regenerativa	X	X	X	X	X	X
Bursitis subcutáneas	X					X
Bursitis profunda	X	X	X	X		X
Lesiones crónicas meniscos			X	X		
Ganglión carpiano		X				
Lesiones ligamentosas	X	X	X	X		X

Tabla 28. Representación de factores y TME´s

Lesiones/activ.=>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38			
Tendinitis (rotador y calcárea)							X						X	X					X																			X			
Tendinitis (bíceps)							X	X	X				X	X					X	X																			X		
Epicondilitis							X	X	X				X	X					X	X																			X		
Epitrocleitis								X	X				X						X	X																			X		
Tendinitis tricpital							X	X	X				X	X					X	X																			X		
Dedos resorte	X						X																																		
Otras tendinitis muñeca-mano							X													X																					
STC							X													X	X																				
S. Canal Guyon	X						X													X																			X		
S. Canal ulnar	X						X						X	X						X																			X		
S. Pronador redondo	X						X						X																										X		
S. Opérculo torácico	X								X	X										X	X	X							X	X	X	X	X	X	X			X			
Radiculopatía cervical																				X		X																X	X		
Ciatalgia			X	X	X	X		X	X			X								X	X		X	X	X														X		
Contractura muscular	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dolor miofascial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Miositis osificante	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tensión muscular cervical								X	X											X		X	X					X	X	X	X								X		
Lumbalgia mecánica			X	X	X	X		X	X			X		X					X	X		X	X	X															X	X	
S. Raynaud	X						X																																		
Artrosis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bursitis subcutáneas	X																																							X	
Bursitis profunda	X			X	X	X	X					X	X		X				X	X																			X	X	X
Lesiones crónicas meniscos	X																			X																			X	X	
Ganglión carpiano	X						X													X																					
Lesiones ligamentosas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 29. Representación entre actividades y TME.

Haciendo una comparación entre los resultados de la investigación de accidentes, se observa que para el primer caso (**accidente n°1**), la bursitis olecraniana del montador de conductos, es identificada para las actividades 6.3.2. (montaje de conductos sobre techo) y esto está relacionado con la

situación de mantener el codo en contacto con la pared (esto sucede en la actividad 3), que es la causa biomecánica que se relaciona para el caso de este accidente.

En los **accidentes nº 2 y nº 3**, donde se ha diagnosticado una lumbalgia tanto para el caso del operario de redes de conductos (montaje de conductos) como para el de maquinaria y tubería (montaje de tubería y maquinaria), se observa que las actividades realizadas por los operarios de estos puestos engloban factores de tipo biomecánico que pudieran propiciar esta lesión o agravarla, tal es el caso, de las actividades realizadas en los procesos de montaje de tubería y maquinaria siguientes:

- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas por los métodos REBA, RULA, OWAS, LUBA, movimientos repetitivos (OCRA, JSI, modelo del Cubo, IBV), MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 20. Colocación y movimiento de condensadoras. Esta actividad obtuvo puntuaciones elevadas en la evaluación por posturas forzadas y estáticas (por los métodos REBA, RULA, OWAS, LUBA), arrastre y empuje (Snook&Ciriello, Arbouw Guideline y 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 22. Traslado de tubería. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas por los métodos REBA, RULA, OWAS, MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 23. Colocación de tuberías en techo. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, OWAS, LUBA), MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 24. Colocación de tuberías en patinillo. Esta actividad obtuvo puntuaciones elevadas en la evaluación por posturas forzadas y estáticas por los métodos REBA, RULA, LUBA, MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).

En la investigación del **accidente nº 4**, sobre un operario de montaje de tubería y maquinaria, las actividades relacionadas con la contractura muscular en el cuello son:

- Actividad 14. Medición y marcado en techos. La puntuación del nivel de riesgo al realizar movimientos repetitivos resultó elevada por el método propio del IBV.
- Actividad 18. Corte con amoladora y herramientas de corte-techo. Obtuvo puntuación elevada en la evaluación de posturas estáticas puras por el método de la posición de la mano.
- Actividad 19. Colocación de evaporadoras. Las puntuaciones obtenidas son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (por los métodos REBA, RULA, OWAS, LUBA), movimientos repetitivos (OCRA, JSI, modelo del Cubo, IBV), MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 22. Traslado de tubería. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas por los métodos REBA,

RULA, OWAS, MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).

- Actividad 23. Colocación de tuberías en techo. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, OWAS, LUBA), MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).

El **accidente nº5**, sobre contractura muscular en brazo derecho, para el caso del operario de instalaciones eléctricas, se observan las siguientes actividades:

- Actividad 14. Medición y marcado en techos. Obtuvo una puntuación elevada para el caso de movimientos repetitivos por el método IBV.
- Actividad 28. Canalización eléctrica. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (RULA, LUBA) y movimientos repetitivos por el método IBV.
- Actividad 29. Pasar cable. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, LUBA), movimientos repetitivos por el método IBV y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 30. Embornar. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (RULA, LUBA) y movimientos repetitivos por el método IBV.
- Actividad 31. Conexión de máquinas. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (RULA, LUBA) y movimientos repetitivos por el método IBV.

Obsérvese que las actividades coinciden con las indicadas en la contractura muscular que se ha definido en el apartado 7.6.1.20. (donde se han incluido todas las actividades excepto la 1, 12, 25, 26 y 27).

Por último, en la investigación de **accidentes nº 6** del operario de montaje de conductos las actividades identificadas relacionadas con los factores biomecánicos (siendo coincidentes para el **accidente nº2**), para la cialgia, son:

- Actividad 4. Transformación de piezas de conducto en cuclillas. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, LUBA) y MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP).
- Actividad 5. Transformación de piezas de conducto de pie. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP).
- Actividad 6. Colocación de sellante de conducto. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP).
- Actividad 7. Colocación de rebordes de juntas. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP).
- Actividad 10. Colocación de compuertas y rejillas. Las puntuaciones son elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, LUBA), MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).
- Actividad 11. Montaje de conductos en patinillos. Las puntuaciones son

elevadas en la evaluación de posturas forzadas y estáticas (REBA, RULA, LUBA), MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP), aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA) y posturas estáticas puras (método de la posición de la mano).

- Actividad 13. Traslado de conductos. Puntuaciones elevadas en la MMC y levantamiento (NIOSH, Guía del INSHT, 3DSSPP) y aplicación de fuerza y esfuerzo físico (Rodgers MFA).

En la entrevista y siguiendo con el análisis de comparación de resultados obtenidos en la **Tabla 28** y **Tabla 29**, se observa en la **cuestión P4**, relativa a las actividades que se han realizado más a menudo durante los últimos dos años. Los entrevistados han respondido que estas actividades son: el transporte de cargas o actividad 36 (77%), las operaciones de corte con amoladora sobre suelo o actividad 17 (73%), atornillado en techos o actividad 15 (68%), medición y marcado en techos o actividad 14 (64%) y corte con amoladora y herramientas de corte sobre techo o actividad 18 (56%). Para estas actividades descritas y las respuestas de las **cuestiones P7 y P8**: lumbalgia, tendinitis (inespecífica), esguince de pie y epicondilitis, se observa una relación directa entre:

- La lumbalgia y la actividad 36 (transporte de cargas) que obtuvo puntuaciones altas en la evaluación de MMC, levantamiento de cargas en los métodos REBA, RULA, OWAS, LUBA y 3DSSPP).
- La lumbalgia y la actividad 17 (corte con amoladora en suelo). La actividad 17 obtuvo puntuaciones altas en el método de la posición de la mano que analiza el factor de posturas estáticas puras.
- La tendinitis y/o epicondilitis y la actividad 14 (medición y marcado en techo). El resultado fue elevado en la evaluación de movimientos repetitivos por el método IBV.
- La tendinitis y/o epicondilitis y la actividad 15 (atornillado en techos). Obtuvo resultados altos en la evaluación de movimientos repetitivos en el método OCRA e IBV.

El esguince y luxación de pie no ha podido ser comprobado.

Cabe indicar que la aparición de dolor lumbar es mencionada habitualmente en la literatura, ya que los estudios epidemiológicos han vinculado causas tales como la repetitividad de acciones en la manipulación de cargas: elevación/MMC, empuje y arrastre [5, 168, 448-450], pero también puede ser debido a las posturas forzadas y estáticas -o posturas estáticas puras-, y la aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

El dolor lumbar también es mencionado por las fuentes estadísticas como la Eurostat [45]. Sin embargo, la mayoría de los casos de dolor lumbar no son específicos, sólo el 10% de los casos se corresponde con una causa específica que pueda ser identificada [378, 451].

Finalmente, existe correspondencia en los resultados de este estudio relacionados con el sector de la construcción, p.e. con los datos procedentes de la VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo (2011) donde los datos son relativos a que los operarios del sector de la construcción reportan afecciones en la región dorso-lumbar (ver **Figura 5**) [47] o los datos procedentes de European Agency for Safety and Health at Work (EASHW) (2010) (ver **Figura 5**) [26].

7.6.3. Estudio de casos y controles

La investigación de estudios de casos y controles para los TME's encontrados en la entrevista y la investigación de accidentes durante el periodo de investigación comienza por la distribución de los "n" sujetos. Éstos son estudiados según presenten o no la enfermedad y en función de la exposición a cada factor. Para expresar estos datos se forma una tabla 2 x 2 donde se indican los casos expuestos (a) y casos no expuestos (c), controles expuestos (b) y controles no expuestos (d). La **Tabla 30** muestra los casos de expuestos y no expuestos a los movimientos manuales enérgicos (empuje) y los casos (lumbalgias) para n=150 operarios.

	Casos con lumbalgias (c)	Controles sin lumbalgias (d)	Totales
Expuestos a movimientos manuales enérgicos (a)	2	4	6
No expuestos a movimientos manuales enérgicos (b)	4	140	144
Totales	6	144	150

Tabla 30. Tabla 2x2 de casos y controles.

La **Tabla 31** muestra el total de accidentes y enfermedades registradas, por una parte mediante la entrevista de trabajo y por otra a través de la investigación de accidentes -lo cual hace un total de 6 casos registrados en la investigación de accidentes y EP más los 9 casos registrados en la entrevista, equivalen a un total de 15 casos-. De éstos, se hace un estudio para las lumbalgias, ya que por una parte, tres de los accidentes se corresponden al grupo de trabajo de instalación de maquinaria y tubería frigorífica que a su vez es el único grupo que realiza actividades que incluyen el factor de riesgo de movimientos manuales enérgicos. Por otra parte, para el resto de casos no se puede hacer el cálculo ya que durante el periodo estudiado no se ha obtenido ninguna muestra de operarios expuestos que puede relacionarse con un factor en concreto, además en cierta medida, todos los grupos estudiados llevan asociados todos los factores de riesgo en estudio, excepto para el gremio de montaje de maquinaria y tubería frigorífica, donde existe un factor de riesgo que sólo este grupo experimenta y es el relativo a movimientos manuales enérgicos (arrastre y empuje). Es por eso, que mediante el estudio de caso y control, se analiza si existe alguna relación entre este factor y la lumbalgia.

Obsérvese que la **Tabla 31** se corresponde con una muestra de n=34 entrevistados, sobre un total de la muestra total n=150. En el resto de operarios (116) no se encontró durante el periodo ni trabajadores que reportasen molestias ni enfermedades.

Lesiones musculoesqueléticas		Casos					Número de operarios
		Redes de conductos	Redes de tubería de PCI	Maquinaria y tubería frigorífica	Redes eléctricas	Albañilería fina	
Expuestos y no expuestos	Lumbalgias	1	1	3		1	6
	Tendinitis	1			1	1	3
	Epicondilitis	2					2
	Ciatalgia	1					1
	Bursitis olecraniana	1					1
	Contractura brazo-hombro				1		1
	Contractura en cuello			1			1

Tabla 31. Lesiones musculoesqueléticas registradas (para n=34 entrevistados y n=15 casos).

En la **Tabla 32** se ha representado la matriz sobre el estudio de casos y controles para el trastorno lumbalgias. Para la muestra a comparar, los datos fueron recopilados de la siguiente manera:

- Se registraron 3 lumbalgias en el grupo de trabajo de montaje y maquinaria frigorífica, que realizan una actividad excepcionalmente que consiste en arrastrar y empujar condensadoras para ubicarlas en la posición adecuada. Esta situación se lleva a cabo porque la grúa no puede instalar las condensadoras en el lugar apropiado sin la ayuda mecánica humana.
- De las 5 personas identificadas en la actividad de arrastre y empuje de condensadoras, una persona indicó que había sufrido una lumbalgia. Los otros dos que también pertenecían al grupo de montaje de maquinaria y tubería, cuando se registraron los accidentes, no se encontraban entre el grupo muestreado en la actividad. Sin embargo, al preguntarles en la investigación del accidente, uno de ellos indicó que sí había realizado este tipo de actividad y el otro contestó que no. Con esto, fueron registrados 2 casos de lumbalgias y la muestra de 5 operarios expuestos se amplía a un total de 6.

Para disponer de un grupo de control, se partió de la muestra de 150 personas registradas.

Los resultados son obtenidos a través del programa Epidat 3.1, que presenta las siguientes medidas de frecuencia para una tabla de contingencia de tipo 2x2 en un estudio de casos y controles:

- Proporción de casos expuestos, en este caso, los afectados por lumbalgia que han estado expuestos al factor de empuje y arrastre de condensadoras y los que no han realizado esta actividad, por lo tanto, no han estado expuestos al factor de exposición en relación al arrastre y empuje de condensadoras.
- Proporción de controles expuestos, es decir, la muestra de personas expuestas al factor de exposición (arrastre y empuje de condensadoras) que no han resultado afectadas y la muestra de personas que no están expuestas al factor y no han padecido lumbalgias.

Las medidas de asociación que se presentan en los resultados son como se ha comentado en el apartado 6.3.6.2.:

- El OR e IC para una incidencia acumulada. El odds ratio en el programa se utiliza para un IC aproximado por el método de Woolf y para un IC aproximado por el método de Cornfield. El IC es de un 95%.
- Fracción atribuible o prevenible para la población expuesta e intervalo de confianza.

En cuanto a las medidas de impacto para la asociación entre variables:

- Fracción atribuible o prevenible para la población.

Y por último, las medidas de significación estadística

- Prueba Ji-cuadrado de asociación, con y sin corrección.
- Prueba exacta de Fisher y valor de p, unilateral y bilateral.

Asimismo, la interpretación de este resultado en términos epidemiológicos vendría a significar que existe una asociación entre las actividades donde se realizan movimientos enérgicos (arrastre y empuje) y la lumbalgia, donde el riesgo de desarrollarla en trabajadores del grupo montaje de maquinaria y tubería frigorífica (expuestos) es 17,5 (OR) veces más elevado que el resto de trabajadores (no expuestos) para un IC del 95%.

Las pruebas estadísticas con valores de p pequeños (en particular, menores a 0,05) indican que se puede descartar el azar como explicación de la asociación observada con una reducida probabilidad de cometer el error de primer tipo (hacer un rechazo indebido) como ya se comentó en el apartado 6.3.6.2. [452].

Otro argumento en contra de las asociaciones del azar sería que la mayoría de los resultados tienen patrones coherentes y que los factores analizados han sido identificados como asociados con los trastornos musculoesqueléticos en estudios anteriores⁴⁹⁶.

⁴⁹⁶ Ibídem.

	Estimación	IC 95%	
Proporción de casos expuestos	0,333333	---	---
Proporción de controles expuestos	0,027778	---	---
Odds ratio	17,500000	2,447946	125,104867 (Woof)
		2,942219	111,831798 (Cornfield)

	Estimación	IC 95%	
Fracción atribuible en expuestos	0,942857	0,591494	0,992007
Fracción atribuible poblacional	0,314286	-0,208249	0,610838

Prueba Ji-cuadrado de asociación	Estadístico	Valor P
Sin corrección	14,0046	0,0002
Corrección de Yates	7,1777	0,0074

Prueba exacta de Fisher	Valor P
Unilateral	0,0187
Bilateral	0,0187

Tabla 32. Resultados de casos y controles mediante Epidat 3.1.

Los resultados son avalados por estudios de casos y controles sobre la población ocupacional donde se ha encontrado que las lumbalgias están relacionadas con los factores como la altura de los individuos, la ocupación, la organización del trabajo, el trabajo físico (MMC, levantamiento, arrastre y otros) y la postura de trabajo [453].

Por otra parte, investigaciones sobre el sector de la construcción han evaluado el riesgo en actividades relacionadas con el factor de empuje coincidiendo con la afirmación de que este factor supone un riesgo habitualmente elevado. Este riesgo dependerá siempre de las características de la carga que se empuje [454].

CAPÍTULO 8. Conclusiones

8.1. Conclusiones sobre definición de procesos y actividades

En el apartado sobre definición de procesos y actividades han sido utilizados diagramas de flujos y procesos para identificar y definir claramente las operaciones que en éstos se realizan y de igual forma, mediante el uso de los mismos, esclarecer el análisis observacional.

Los métodos observacionales, forman una parte interesante de este estudio, si bien es cierto que esta técnica tiene sus virtudes, entre las que destacan las de ser económica, no interrumpir el trabajo, ser accesible a gran cantidad de personas y que el empleo de material es reducido (papel y lápiz principalmente), también es conocida su principal desventaja, esto es, su falta de precisión y que presenta una gran variabilidad inter e intraobservacional [322].

Por último, cabe indicar que la definición de procesos y actividades en cada grupo de trabajo de la construcción es una etapa previa y necesaria para poder evaluar los factores de riesgo. Además los procesos y actividades pueden resultar diferentes en sectores iguales de trabajo porque cada grupo de trabajo puede llegar a realizar su tarea de forma diferente.

Mediante los diagramas de flujo y proceso se puede particularizar la tarea, y, de esta forma, se evitan realizar comparaciones entre grupos de trabajo de sectores iguales pero que están organizados de diferente manera. Es el caso de Moriguchi, Carnaz y otros autores [455] que realizaron un estudio de comparación de posturas realizadas por electricistas del sector de la construcción entre distintos países, llegando a la conclusión de que todos están expuestos a altos niveles de elevación del brazo superior y extensión de la cabeza durante la ejecución de trabajos en altura. Sin embargo, aunque encontraron un patrón postural muy similar entre los electricistas de Brasil y Noruega, notaron que los noruegos elevaban menos los brazos por lo que el nivel de exposición a factores tales como la repetitividad o la adopción de posturas forzadas también era inferior en los trabajadores noruegos. Esta diferencia en la exposición a riesgos era consecuencia de la distribución del tiempo entre las tareas y las pausas de trabajo, es decir, la menor exposición a ciertos factores entre los trabajadores noruegos dependía directamente de la forma en que se organizaban las tareas.

8.2. Conclusiones derivadas de la aplicación de los métodos de observación directa

En la identificación, análisis y evaluación siguiendo los métodos de observación directa y aplicando aquellos en función del factor al que se

encuentran expuestas, se ha observado que existen ciertos gremios que están expuestos altamente a ciertas actividades:

- **Grupo de trabajo de redes de conductos.** Ha obtenido niveles altos de exposición en la actividad 10 sobre colocación de compuertas y rejillas. Las puntuaciones finales han resultado ser de 2 en los métodos de posturas forzadas y estáticas, en los métodos de MMC y levantamiento de cargas y en la aplicación de fuerza y esfuerzo físico. También ha obtenido altas puntuaciones finales de valor 2 la actividad 11, sobre montaje de conductos en patinillo, siguiendo los métodos de evaluación anteriores: posturas forzadas y estáticas, MMC y levantamiento y aplicación de fuerza y esfuerzo físico.
- **Grupo de trabajo de maquinaria y tubería frigorífica.** Actividad 19 sobre colocación de evaporadoras: posturas forzadas y estáticas, movimientos repetitivos, MMC y levantamiento de cargas y aplicación de fuerza y esfuerzo físico. Actividad 20 sobre colocación y movimiento de condensadoras: posturas forzadas y estáticas, MMC y levantamiento y arrastre de cargas y aplicación de fuerza y esfuerzo físico. Actividad 23 sobre colocación de tubería en techo: posturas forzadas y estáticas, MMC y levantamiento de cargas y aplicación de fuerza y esfuerzo físico.
- **Grupo de trabajo de redes de tubería de PCI.** Actividad 23 sobre colocación de tubería en techo: posturas forzadas y estáticas, MMC y levantamiento de cargas y aplicación de fuerza y esfuerzo físico.
- **Grupo de trabajo de albañilería fina.** Actividad 33 sobre raseado de paredes: posturas forzadas y estáticas, movimientos repetitivos y aplicación de fuerza y esfuerzo físico.

En estos casos, se debería actuar inmediatamente para eliminar o reducir los riesgos en las actividades indicadas.

Al interferir en la actividad también se deberían intentar la reducción y/o eliminación de los riesgos en los procesos en los que se engloban dichas actividades, que son:

- **Grupo de trabajo de redes de conductos.** Ha obtenido niveles altos de exposición en la actividad 10 sobre colocación de compuertas y rejillas que se encuentra dentro del proceso de montaje de rejillas que incluye a su vez las siguientes actividades: A (almacenamiento de producto), B (tiempo de espera), actividad 10 (colocación de compuertas y rejillas) actividad 12 (colocación de toberas y accesorios) y C (inspección de proceso y producto final). También en la actividad 11 sobre montaje de conductos en patinillo dentro del proceso de construcción y montaje de chapa en patinillo que incluye a su vez las siguientes actividades: A (almacenamiento de producto), actividad 14 (medición y marcado en techos), actividad 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes), actividad 17 (corte con amoladora en suelo), actividad 4 (transformación de piezas de conducto en cuclillas), actividad 5 (transformación de piezas de conducto de pie), actividad 6 (colocación de sellantes de conductos), 6 (colocación de sellante de conductos), actividad 7 (colocación de rebordes de juntas), actividad 13 (traslado de conducto), B (tiempo de espera), actividad 11 (montaje de conductos en

patinillo), actividad 10 (colocación de compuertas y rejillas) y actividad 12 (colocación de toberas y accesorios).

- **Grupo de trabajo de maquinaria y tubería frigorífica.** Actividad 19 sobre colocación de evaporadoras que está dentro del proceso de colocación de condensadoras, a su vez incluye las siguientes operaciones: A (almacenamiento de producto), actividad 14 (medición y marcado en techos), actividad 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes), actividad 19 (colocación de evaporadoras), actividad 27 (soldadura en paredes) y C (inspección de proceso y producto final). Actividad 20 sobre colocación y movimiento de condensadoras dentro del proceso de montaje y colocación de evaporadoras que incluye: A (almacenamiento de producto), actividad 20 (colocación y movimiento de condensadoras) actividad 27 (soldadura en paredes) y C (inspección de proceso y producto final). Actividad 23 sobre colocación de tubería en techo dentro del proceso de construcción y montaje de tubería que engloba las actividades: A (almacenamiento de producto), 14 (medición y marcado en techos), 17 (corte con amoladora en suelo), 21 (corte de tubería en mesa de trabajo), 25 (soldadura en mesa de trabajo), 22 (traslado de tubería), B (tiempo de espera), 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes), 23 (colocación de tubería en techo), 26 (soldadura en techo), 18 (corte con amoladora en techo), 27(soldadura en paredes), C (inspección de proceso y final).
- **Grupo de trabajo de redes de tubería de PCI.** Actividad 23 sobre colocación de tubería en techo dentro del proceso de construcción y montaje de tubería que engloba las actividades: A (almacenamiento de producto), 14 (medición y marcado en techos), 17 (corte con amoladora en suelo), 21 (corte de tubería en mesa de trabajo), 25 (soldadura en mesa de trabajo), 22 (traslado de tubería), B (tiempo de espera), 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes), 23 (colocación de tubería en techo), 26 (soldadura en techo), 18 (corte con amoladora en techo), C (inspección de proceso y final).
- **Grupo de trabajo de albañilería fina.** Actividad 33 sobre raseado de paredes que forma parte del proceso de construcción de paredes. Este proceso incluye: A (almacenamiento de producto), 36 (traslado de cargas), 35 (preparación de muretes de ladrillo), 33 (raseado de paredes), 36 (transporte de cargas), C (inspección de proceso y final).

Se han encontrado también algunos inconvenientes durante la aplicación de los métodos de observación directa. El principal inconveniente es la adquisición de datos mediante filmografía y obtención de imágenes fotográficas. Los métodos no indican la cantidad de datos para realizar un análisis adecuado. Ahora bien, cuanto mayor es la cantidad de imágenes y videos, mejor y más fácilmente se puede realizar el análisis. Sin embargo, una muestra excesiva de fotografías y videos, también puede intimidar al operario.

También en relación a los métodos de observación directa cabe indicar que la metodología no permite identificar, analizar y evaluar los TME's que afectan a los pies. Para tal efecto, se debería recurrir a metodología relacionada con EMG o cuestionarios específicos que relacionasen TME's de pies con las actividades desarrolladas.

8.3. Conclusiones derivadas de la aplicación de técnicas de análisis biomecánico mediante software específico

Los métodos empleados mediante las herramientas de software propuestas, aportan unos resultados mucho más detallados que cuando se han calculado manualmente. De esta forma, se puede corroborar por una parte, que el cálculo ha sido realizado correctamente, y por otra, se puede completar el análisis mediante el uso de otros métodos, como el que propone ERGO/IBV o el 3DSSPP.

El software ERGO/IBV aporta una evaluación muy similar a la realizada mediante los métodos de observación directa. Se ha encontrado que las actividades de mayor nivel de riesgo, es decir, aquellas que han obtenido una puntuación final de 2 en todos los métodos en los que se han evaluado, son coincidentes en ambos casos. Sin embargo, mediante el ERGO/IBV se ha denotado que la actividad 22 sobre traslado de tuberías ha obtenido puntuaciones altas mediante los métodos de ERGO/IBV. Cabe indicar que esta diferencia es debida a que mediante la evaluación por los métodos de observación directa, la actividad 22 ha obtenido una puntuación final de 1 mediante el método LUBA (posturas forzadas y estáticas) y método de la posición de la mano (posturas estáticas puras). Esta actividad es realizada por los siguientes gremios, quedando dentro de los procesos que a su vez engloban las siguientes actividades:

- **Grupo de trabajo de maquinaria y tubería frigorífica.** Actividad 22 sobre traslado de tubería que forma parte del proceso de construcción y montaje de tubería que engloba las actividades: A (almacenamiento de producto), 14 (medición y marcado en techos), 17 (corte con amoladora en suelo), 21 (corte de tubería en mesa de trabajo), 25 (soldadura en mesa de trabajo), 22 (traslado de tubería), B (tiempo de espera), 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes), 23 (colocación de tubería en techo), 26 (soldadura en techo), 18 (corte con amoladora en techo), 27 (soldadura en paredes), C (inspección de proceso y final).
- **Grupo de trabajo de redes de tubería de PCI.** Actividad 22 traslado de tubería dentro del proceso de construcción y montaje de tubería que engloba las actividades: A (almacenamiento de producto), 14 (medición y marcado en techos), 17 (corte con amoladora en suelo), 21 (corte de tubería en mesa de trabajo), 25 (soldadura en mesa de trabajo), 22 (traslado de tubería), B (tiempo de espera), 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes), 23 (colocación de tubería en techo), 26 (soldadura en techo), 18 (corte con amoladora en techo), C (inspección de proceso y final).

De tal forma, que además de realizar una reducción o eliminación de los riesgos para las actividades y procesos comentados en el apartado 8.2. se debería realizar también una reducción y eliminación para las actividades y procesos relacionados con la actividad 22.

Por último, ERGO/IBV aporta resultados más detallados y además permite asegurar que los resultados obtenidos por los métodos de observación directa

son correctos, lo cual debería ser tenido en cuenta en estudios de mejora del puesto de trabajo.

El método 3DSSPP que evalúa la MMC, levantamiento y transporte de cargas ha obtenido una puntuación final 2 (nivel de riesgo inaceptable) en las siguientes actividades: 4 (a 10 y 27 kg) referida a la transformación de piezas de conducto en cuclillas, 5 (transformación de piezas de conducto de pie), 6 (colocación de sellante de conductos), 7 (colocación de rebordes de juntas) y 10 (a 10 kg) sobre colocación de compuertas y rejillas, 11 (montaje de conductos en patinillo), 13 (con la carga hacia atrás) sobre traslado de conductos, 19 (hasta hombro) referida a la colocación de evaporadoras, 20 (colocación y movimiento de condensadoras), 22 (traslado de tuberías) y 36 (transporte de cargas).

El software 3DSSPP dispone de un modelo humano de representación de movimientos que mediante la simulación de la postura adoptada permite realizar un cálculo más exhaustivo y completo. De esta forma, los resultados indicados como inaceptables a través de la evaluación de este software deberían ser tenidos en cuenta en estudios posteriores a la hora de revisar la propia actividad y establecer medidas correctoras que eliminen o reduzcan el nivel de riesgo.

Como conclusión final, el uso de software específico es un complemento a los métodos de observación directa. Además permiten realizar una comparación y comprobación de resultados de éstos.

8.4. Conclusiones derivadas de la aplicación de métodos epidemiológicos descriptivos

Los trabajadores entrevistados han indicado molestias o dolores que confirman la aparición de los procesos que pueden conducir al desarrollo de patologías o TME's de origen laboral. El proceso como ya ha sido descrito, es lento y progresivo y comienza de manera insidiosa, en gran parte de los casos.

Por otra parte, en la investigación de accidentes y enfermedades se ha comprobado la relación causal que además confirma la relación de enfermedades indicadas en el CAPÍTULO 3.

Es interesante comprobar, que los resultados obtenidos en la entrevista, así como en los accidentes, apuntan hacia la región dorsolumbar y región de cuello-hombros como las zonas que más molestias ocasionan a los trabajadores. Aunque las molestias a priori, pudieran no parecer importantes, es un hecho probado que la reiteración de los casos es lo que supone a largo plazo la cronicidad y el diagnóstico de un TME [49].

Se ha justificado mediante la aplicación de estudios epidemiológicos descriptivos el porqué de estos procesos dolorosos y el factor biomecánico relacionado con las actividades. Además, se han relacionado los resultados obtenidos mediante la entrevista y la investigación de accidentes. Estos resultados concuerdan, por ejemplo, con los obtenidos en la VII Encuesta Nacional del 2011, que reflejaban que entre los trabajadores del sector de la construcción, la región lumbar es la zona que más frecuentemente sufre lesiones y daños musculoesqueléticos de origen laboral [26].

Por último, cabe indicar que la muestra de entrevistados coincide en que los

factores ergonómicos biomecánicos representan un aspecto importante en la producción y desarrollo de los TME's.

8.5. Conclusiones del resultado de la aplicación de métodos epidemiológicos analíticos

Los estudios de caso y control son muy útiles para relacionar el factor de exposición o la causa que produce la patología. En concreto para esta investigación, el único factor de exposición posible para llevar a cabo el estudio comparativo de casos y controles para el TME de lumbalgias ha sido para el ejemplo de la actividad relacionada con el arrastre de cargas, donde se ha querido evidenciar si existe o no una justificación trazable con el grupo de montaje de maquinaria y tubería frigorífica. El resultado es que existe una probabilidad de exposición aunque no se puede descartar el azar.

El resto de factores no resultan comparables en ningún caso, ya que no existen grupos de trabajo no expuestos a algún otro factor. La realidad es que los grupos de trabajo están realmente expuestos a estos factores como se ha demostrado mediante el análisis de las técnicas de observación directa y los métodos directos de análisis biomecánico.

También se han tenido en cuenta los datos derivados de estudios sobre patologías explicados en las teorías para probar su relación lineal con los TME's laborales. Con la etiología definida para estas enfermedades se ha podido trazar una relación causal y multicausal con los factores biomecánicos a los que los trabajadores de estudio se encuentran expuestos que son: posturas forzadas y estáticas, movimientos repetitivos, MMC y levantamiento, movimientos manuales enérgicos (empuje de objetos), aplicación de fuerza y esfuerzo físico y posturas estáticas puras.

8.6. Conclusiones finales y líneas futuras

Las conclusiones finales de esta investigación se explican mediante la comprobación de las hipótesis de trabajo y de los objetivos. Finalmente, se desarrollan una serie de líneas futuras.

8.6.1. Hipótesis de trabajo

A partir de los resultados indicados se comprueban las hipótesis formuladas al comienzo de este trabajo.

8.6.1.1. Hipótesis 1

“La maquinaria y herramientas utilizadas no eximen que los operarios -que desarrollan trabajos en el área de las instalaciones mecánicas en edificios- sigan expuestos a factores de riesgo biomecánicos”.

Las herramientas y maquinarias utilizadas, no evitan la alta exposición a factores de riesgo biomecánico de los operarios. Así sucede en las siguientes actividades:

- Actividad 19 (colocación de evaporadoras), se utiliza una plataforma elevadora de tijera que además sirve de apoyo del material, pero que no evita que los operarios deban mantener la carga de la evaporadora. Los operarios deben salvar el primer obstáculo que es colocar manualmente la evaporadora sobre la barandilla de la plataforma y una vez abierta la tijera, volver a elevar la evaporadora hasta el techo y mantener la elevadora hasta que la tengan atornillada. En este caso se han obtenido puntuaciones altas en todos los métodos evaluados: REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), OCRA, JSI mod. Cubo, IBV (movimientos repetitivos), NIOSH, INSHT (MMC, levantamiento y transporte de cargas) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).
- Actividad 23 (colocación de tubería en techo). En este caso la tubería también debe elevarse manualmente hasta la plataforma y desde la plataforma al techo. En la evaluación de esta actividad, se han obtenido puntuaciones altas siguiendo todos los métodos evaluados: REBA, RULA, OWAS, LUBA (posturas forzadas y estáticas), NIOSH, INSHT (MMC, levantamiento y transporte de cargas) y Rodgers MFA (aplicación de fuerza y esfuerzo físico).
- Actividad 15 (atornillado en techos, paredes y colocación de soportes). Se emplea en el desarrollo de la actividad la herramienta denominada atornillador. Las puntuaciones finales han resultado altas para el caso de los métodos OCRA e IBV (movimientos repetitivos).

Las plataformas elevadoras de tipo tijera no están concebidas para elevar el aparato o máquina que se desea colocar sobre el techo. Sin un artilugio que permita colocar la máquina a instalar, los trabajadores seguirán expuestos a factores de riesgo biomecánicos.

Mediante el uso de un atornillador que dispone directamente los anclajes/soportes en lugar de utilizar un taladro, es posible mejorar la exposición a la aplicación de fuerza o posturas estáticas/forzadas, sin embargo, se empeora el factor de repetitividad ya que el trabajo se puede efectuar más rápidamente que con un taladro.

8.6.1.2. Hipótesis 2

“Los trabajadores del sector de las instalaciones mecánicas en edificios se encuentran expuestos a múltiples factores de riesgo biomecánicos”.

En este estudio, se parte de un sector donde la máxima es que los propios procesos de trabajo son muy complejos para ser estandarizados [456], es por ello, que se recurre a la identificación, análisis y evaluación de las tareas desarrolladas tomando una muestra de trabajadores del sector de óas instalaciones mecánicas en edificios.

A diferencia de los sectores de producción industrial, los trabajos de construcción en general no mantienen la naturaleza repetitiva, las tareas del trabajo no son cíclicas, o consisten en ciclos largos o irregulares [274]. Esto no ocurre así en los trabajos de instalaciones mecánicas de este estudio. Los trabajadores de este sector realizan actividades propias de actividades industriales marcadas por el carácter repetitivo de movimientos y estaticidad corporal, así como también

ejecutan actividades de naturaleza propia de la construcción, como el levantamiento, manipulación, arrastre y empuje de cargas. Los operarios se encuentran expuestos a múltiples factores de riesgo biomecánicos: posturas forzadas y estáticas, MMC, levantamiento y transporte de cargas, movimientos repetitivos, aplicación de fuerza y esfuerzo físico movimientos manuales enérgicos (empuje) y posturas estáticas puras.

En el sector de las instalaciones mecánicas en edificios, los TME's son el resultado de la existencia de la alta exposición a los factores biomecánicos. La presencia de otros factores añadidos (como los psicosociales, organizativos, genéticos y ambientales) contribuirá en el papel del desarrollo de la enfermedad.

8.6.1.3. Hipótesis 3

“Existe una o más relaciones causales que indican que los operarios del sector de las instalaciones mecánicas han podido llegar a desarrollar lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo que efectúan”.

En esta hipótesis se planteaba que a pesar del carácter multifactorial de las patologías musculoesqueléticas ocupacionales en el sector estudiado, existen una o más causas que explican la naturaleza de la lesión. Mediante el estudio epidemiológico se ha comprobado que al menos, existe una causa relacionada directamente con el TME: la actividad 20 (colocación y movimiento de condensadoras). En el estudio epidemiológico de estudio de casos y controles, se ha obtenido que el factor al que están expuestos al ejecutar la actividad (factor movimientos manuales enérgicos: empuje) está epidemiológicamente relacionado con las lumbalgias. El empuje de condensadoras es una causa probada que genera tal TME.

8.6.1.4. Hipótesis 4

“Existen múltiples patologías relacionadas con los factores de riesgo biomecánicos ocupacionales a los que los operarios del sector estudiado se encuentran expuestos”.

Mediante el estudio de casos procedentes de la literatura médica que explican causas biomecánicas asociadas a los TME's se ha demostrado que los operarios con niveles de exposición altos a los factores biomecánicos podrían llegar a desarrollar múltiples patologías. Sin embargo, las que se producen más habitualmente son las relacionadas con la columna lumbar (implicando tanto a músculos como a nervios, etc.).

8.6.1.5. Hipótesis 5

“Las actividades desarrolladas por los operarios del sector de las instalaciones mecánicas con un nivel de riesgo más elevado son aquellas expuestas a los factores de MMC, levantamiento, transporte y empuje de cargas”.

Se ha demostrado esta hipótesis a través del estudio epidemiológico y la evaluación de resultados mediante la evaluación siguiendo métodos de observación directa y métodos directos de análisis biomecánico (recuérdense las

actividades de máxima puntuación final de exposición: actividad 19, 20, 23, etc. comentadas en 8.2. y 8.3.). Los TME's relacionados con la MMC y empuje son los factores a los que los trabajadores del sector de la construcción se encuentran altamente expuestos.

8.6.2. Objetivos de trabajo

Se ha llegado en esta investigación a los objetivos planteados en el CAPÍTULO 1.

8.6.2.1. Objetivo 1

“Plantear una metodología que permita el análisis y evaluación de los riesgos biomecánicos en el sector de los trabajos llevados a cabo en las instalaciones mecánicas en edificios”.

Un aspecto muy positivo en esta investigación es la calidad metodológica que ha permitido identificar, analizar y evaluar los factores de riesgo de desarrollo de TME's y para esto, se ha llevado a cabo un estudio riguroso bajo diferentes áreas: el análisis de procesos, las técnicas directas observacionales, los casos epidemiológicos, la relación de estudios etiológicos y la aplicación de software característico. A través del concepto multimetodológico se ha podido estudiar un sector específico, por lo que la metodología descrita pudiera servir como base de estudios posteriores en sectores relacionados o paralelos con las instalaciones mecánicas en edificios y aquellas actividades a las que no se ha tenido acceso en este estudio (como pudieran ser las instalaciones eléctricas en general o la instalación de ascensores).

Por otra parte, el carácter multimetodológico de este estudio, ha permitido obtener unos resultados comparables, potenciales y abundantes que no se hubieran podido obtener con un único método de trabajo.

8.6.2.2. Objetivo 2

“Recopilar y analizar datos sobre factores de riesgo biomecánicos y TME's diferenciados de las bases de datos existentes para sector de la construcción”.

Como se comentó en el apartado 1.4. las bases de datos existentes sobre el sector de la construcción contemplan el análisis general para todo el sector, por lo que los trabajos de instalaciones mecánicas no quedan claros o diferenciados. Es por ello, que en este estudio se han recopilado y analizado los datos relativos a las instalaciones mecánicas en edificios, diferenciándolos de los datos de construcción existentes en las bases de datos estadísticas. Se ha partido de una muestra de 150 trabajadores para la aplicación de la metodología planteada: epidemiológica (descriptiva y analítica), métodos de observación directa y métodos directos de análisis biomecánico (mediante la aplicación de software).

8.6.2.3. Objetivo 3

“Conocer el entorno de trabajo para el sector de las instalaciones mecánicas en edificios”.

La definición de procesos ha resultado un eje interesante como punto de partida de la investigación. Además, la investigación ha sido meramente práctica, ya que los métodos de evaluación elegidos han sido aquellos que más específicamente se han podido adaptar al entorno. Se han excluido los que sugerían el uso de multitud de análisis videográficos y muestras que en un laboratorio se pueden llevar a cabo, pero que en la vida de campo resultan difíciles de adaptar.

8.6.2.4. Objetivo 4

“Establecer relaciones causales y relaciones de factores de exposición biomecánicas, teniendo en cuenta la falta de estudios”.

A través del estudio de los procesos desarrollados por los operarios de instalaciones mecánicas es posible realizar la identificación, análisis y evaluación de los factores biomecánicos para determinar si los TME's se desarrollan en virtud de causas relacionadas con estos factores. En esta investigación se ha establecido la metodología de análisis epidemiológico, que permite llegar a definir relaciones causales directamente relacionadas con la actividad y el TME.

Esto también justifica que existe una relación de causa-efecto que no es otra que si no se aplica ningún criterio ergonómico en el diseño de la tarea, el resultado siempre será el efecto acumulativo de los factores, por una parte, los que en este estudio se han investigado, y por otra, los que se quedan abiertos, a nivel social, genético, de grupo y psicosocial [457].

8.6.2.5. Objetivo 5

“Elegir y estudiar una población específica para el estudio de TME's”.

Tal y como se comentó en el apartado 1.4. las intervenciones médicas recomendadas para cada TME mantienen la necesidad de relacionarse con las causas y poblaciones específicas. Por esto, la identificación de individuos con las primeras características de varios de estos TME's o enfermedades musculoesqueléticas resulta recomendable para posteriormente proporcionar tratamiento adecuado [54].

Es por ello, que otro de los objetivos de este estudio se relaciona con la dificultad existente por los servicios de salud para llevar a cabo terapias de rehabilitación en el sector de las instalaciones mecánicas en los edificios -ante la ausencia de estudios científicos- que permitan establecer las diferencias respecto al sector de la construcción. Así, los servicios de salud se basan generalmente en las apreciaciones y condiciones exploradas para el sector de la construcción, donde no se ha probado la coincidencia total entre los procesos de instalaciones mecánicas en edificios.

8.6.2.6. Objetivo 6

“Desarrollar una investigación que permita el establecimiento de mejoras ergonómicas en el sector de las instalaciones mecánicas en estudios posteriores”.

Para llegar a este objetivo la metodología de esta investigación ha sido realizada en el propio puesto de trabajo manteniendo en todo momento el derecho a la

intimidad de los trabajadores. Los métodos seleccionados han permitido ocasionar las mínimas interferencias posibles con el puesto de trabajo y además se han elegido métodos no invasivos, reproducibles y de bajo coste.

8.6.2.7. Objetivo 7

“El objetivo final de este trabajo es llevar a cabo un estudio ergonómico biomecánico con un bajo presupuesto y con la mínima interferencia en los trabajos y las empresas”.

Siguiendo con lo indicado en el objetivo anterior, se ha realizado un trabajo con un mínimo presupuesto: las herramientas de las que se han dispuesto han sido accesibles sin ningún coste añadido, lo cual demuestra que los estudios ergonómicos son posibles en las empresas con las herramientas actuales de las que se dispone, generando mínimas interferencias en los puestos de trabajo y en las empresas subcontratadas.

8.6.3. Líneas futuras

La salud musculoesquelética no está únicamente definida por la estrategia de control de los factores biomecánicos con el fin de prevenir la aparición de enfermedades. Los trastornos musculoesqueléticos deberían ser vistos desde una perspectiva biopsicosocial [13] como se mencionó en el alcance de este trabajo. Por lo tanto, quedan abiertos (para comprobar mediante futuros estudios) otros factores a nivel social, genético, de grupo y psicosocial [457] entre otros.

Los factores de riesgo biomecánicos se manifiestan en los puestos de trabajo como resultado de no tener en cuenta los principios ergonómicos del diseño en los proyectos de construcción: por la premisa de que el hombre es la parte fundamental del proyecto de concepción y porque existe la obligación de mantener al ser humano como referente del proyecto. El apoyo del avance tecnológico resultaría interesante para preservar y promover la salud laboral del colectivo [458, 459]. P.e., mediante la creación de plataformas elevadoras de tijera que dispongan de un dispositivo no sólo para elevar al operario y su herramienta manual, sino también la maquinaria a instalar, la utilización de atornilladores que sincronicen el tiempo máximo de repeticiones que debería realizar el individuo por ciclo de trabajo o la adaptación de un equipo que permita el empuje de máquinas pesadas. El fin de estos aparatos sería en todo caso evitar la manipulación de cargas, levantamiento, empuje y transporte de cargas - como sucede en los puestos relacionados con el montaje de conductos, maquinaria, tubería frigorífica y PCI- y la eliminación de los movimientos repetitivos -como sucede también en estos puestos-.

A nivel social, se suscita el hecho de que la participación activa de las personas en situación de riesgo y otras partes interesadas en las organizaciones influencia en parte el desarrollo de TME's [189]. Es decir, la organización del trabajo contribuye en mayor o menor medida a que los factores biomecánicos sean más o menos partícipes en el desarrollo y aparición de lesiones [460].

Por otra parte, las empresas constituyen una excelente fuente de información sobre las exposiciones profesionales y la aparición de enfermedades

ocupacionales, sin embargo, muchas de estas empresas carecen de los conocimientos especializados necesarios para evaluar el nivel de exposición en el lugar de trabajo o para determinar si se trata de una enfermedad ocupacional. Asimismo, el posible conflicto de intereses entre la salud financiera de la empresa y la salud física y mental de los trabajadores representa un handicap para la mejora de la vigilancia de las EP [461].

El alcance de una reducción significativa y sostenida de accidentes y EP requiere esfuerzos concentrados en la jerarquía de influencias de causas y factores de riesgo, en los que el sector de la construcción y subsectores relacionados muestran todavía muchos errores en la detección, análisis, evaluación, control y prevención [462].

En definitiva, en el sector de la construcción existe todavía una falta grave en la implementación de innovaciones tecnológicas. Además, existe la seria carencia del análisis sobre la incidencia de los procedimientos productivos en el aumento de la calidad y productividad. Asimismo, la situación de trabajo continua siendo precaria en este sector [463]. El resultado de estas insuficiencias es que se originan costes ocultos y pérdidas que permanecen sin ser incluidos en la estrategia de la organización [464].

Siguiendo este contexto, la contribución organizativa más interesante que existe para la mejora en el sector es la integración de un sistema de gestión de prevención en la empresa -haciendo prevalecer p.e. la forma de organizaciones matriciales frente a las piramidales, identificando y definiendo claramente los procesos y determinando los indicadores necesarios para su control, etc.-. El control de los procesos es un paso obligado para la gestión por procesos [465] y para llegar a la implantación definitiva del lean manufacturing en este tipo de organizaciones.

Con el fin de lograr una mejor eficiencia del sector en aumento de la productividad y rentabilidad, mejorar la calidad del servicio y en definitiva mejorar las actividades y eliminar aquéllas más desfavorables se debería plantear el rediseño de los procesos en el sector de las instalaciones mecánicas de edificios.

Como medidas preventivas, además de las que tienen su origen en aspectos organizativos y de diseño entre otros, sería conveniente en estudios posteriores continuar con el interés de técnicas preventivas que se ocupen del enfoque psicológico de los trabajadores del sector de las instalaciones mecánicas en edificios, así como el desarrollo de líneas futuras en investigaciones entre individuos sanos con acciones encaminadas al estilo de vida dentro y fuera de la organización, como pueden ser [168, 466]:

- El uso de técnicas de higiene postural y kinesiología.
- La práctica habitual de ejercicio físico que potencie la fuerza, resistencia y la coordinación muscular junto con ejercicios de estiramientos de grupos musculares, para conseguir disminuir la prevalencia y la incidencia de la patología. El ejercicio ha demostrado ser en otros estudios, una medida efectiva para mitigar algunas de las consecuencias de los TME's [10].
- La práctica de ejercicio físico intercalada durante la jornada de trabajo,

parece reducir significativamente la incidencia de lumbalgias.

- El uso de terapias complementarias como el masaje [466] tonificante.

Por otra parte, sería interesante en futuras investigaciones continuar con el análisis epidemiológico de casos y controles o incluso plantear estudios de cohortes que permitan reunir más datos para la búsqueda de factores causales asociados a determinados grupos de trabajo muy específicos en este sector u otros paralelos. La dinámica vendría dada mediante la recopilación de datos en el proceso de asistencia sanitaria durante un período de estudio más amplio. También resultaría de gran valor para estudios posteriores si las investigaciones de accidentes y enfermedades o reportes de TME's a la autoridad laboral se detallaran minuciosamente y se entregase la evaluación de riesgos de la organización contemplando actividades que se realizan en puestos de trabajo casi individualizados, en lugar de identificar genéricamente el puesto de trabajo.

Por último, este estudio presta un especial interés sobre el conocimiento de los TME's laborales que son el resultado de los trabajos desarrollados en este sector, por lo que su difusión [467] entre los miembros de las comunidades de ergonomía, trabajadores, empresas así como los servicios de salud y medicina preventiva debería utilizarse como base de información previa para la opción de técnicas de mejora, la selección de los métodos de aplicación, así como a la elección de terapias preventivas y de rehabilitación de los TME's ocupacionales.

Anexos

Anexo I: entrevista estructurada para la identificación de signos de trastornos musculoesqueléticos

Esta encuesta tiene como fin proveer información para determinar las distintas decisiones en el entorno de trabajo. De igual forma, se informa que esta encuesta no es una herramienta obligatoria y mantiene en todo momento la confidencialidad de las personas. Las personas que suministren los datos, deben contestar de forma veraz, exacta, completa y dentro del plazo que le indique el encuestador.

P.1. Indíquenos su edad:

Entre 18 y 19 años

Entre 20 y 24 años

Entre 25 y 54 años

Entre 55 y 65 años

P.2. Indíquenos su sexo:

Hombre

Mujer

P.3. ¿A qué grupo pertenece la empresa para la que trabaja?

Montaje de conductos

Montaje de tubería de PCI

Montaje de maquinaria y tubería frigorífica

Albañilería fina

Instalaciones eléctricas

P.4. Durante los últimos dos años, ¿qué actividades considera que ha estado realizando más a menudo? (3: Muy a menudo; 2: A menudo; 1: Raras veces; 0: Nunca)

0 1 2 3

Montaje de conductos

Construcción de conducto Fibra de vidrio o similares

Construcción de conducto de chapa

Aislamiento de conductos mediante fibra de vidrio o similar

Montaje de conducto de fibra o similares

Colocación de compuertas y rejillas

Montaje de conductos en patinillos

Colocación de toberas y accesorios

Traslado de conductos

Medición y marcado en techos

Atornillado en techos

Atornillado en suelos

Corte con amoladora y herramientas de corte sobre suelo

Corte con amoladora y otras herramientas de corte sobre techo

- Colocación de evaporadoras
- Colocación y movimiento de condensadoras
- Corte de tubería en mesa de trabajo
- Traslado de tubería
- Colocación de tuberías en techo
- Colocación de tuberías en patinillos
- Soldadura en mesa de trabajo
- Soldadura en techo
- Soldadura en paredes
- Canalización eléctrica
- Embornado
- Pasar cable
- Conexión de máquinas
- Recibido y acabado de compuertas
- Raseado de paredes
- Colocación de toldos para recogida de aguas
- Preparación de muretes de ladrillo
- Transporte de cargas
- Otras:

P.5. ¿Cuánto tiempo lleva en este puesto de trabajo?

- Menos de 1 año De 1 a 5 años
- De 5 a 10 años De 10 a 20 años
- Más de 20 años

P.6. ¿Qué factores considera que incrementa la posibilidad de producirse trastornos musculoesqueléticos?

(3: Mucho; 2: Bastante; 1: Poco; 0: Nada) **0 1 2 3**

- Las herramientas y maquinarias no se adaptan a las tareas requeridas. [
- Cargas: Se levantan cargas pesadas o difíciles de manejar. [
- Malas posturas: Que afectan al sistema musculo-esquelético [
- Movimientos muy repetitivos: De la mano o brazo o miembros inferiores. [
- Fuerza física: Para el desarrollo de las tareas se requiere fuerza física. [
- Presión mecánica directa sobre los tejidos corporales [
- Entornos de trabajo fríos o cálidos. [
- Vibraciones corporales. [
- Ritmo de trabajo: No se tiene libertad para hacer un descanso. [
- Trabajo repetitivo: El trabajo implica tareas cortas y repetitivas. [
- Horarios de trabajo: Se superan los límites establecidos [

inicialmente.

Sistemas de retribución: El trabajo está mal retribuido.

Trabajo monótono.

Fatiga: Se superan los límites energéticos del organismo.

Organización del trabajo: La supervisión y el liderazgo es deficiente.

Factores psicosociales (estrés, mobbing...)

Falta de formación ergonómica y concienciación cultural.

Falta de utilización de técnicas afines.

Falta de fisioterapia para el entrenamiento, masajes, acupuntura, técnicas de relajación...

P.7. En los últimos dos años, ¿ha padecido algún trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo, por el cual haya debido ausentarse del trabajo? Si es así, indiquenos cuál ha sido el diagnóstico médico:

P.8. ¿Cuánto tiempo ha requerido ausentarse del trabajo debido a la afección producida?:

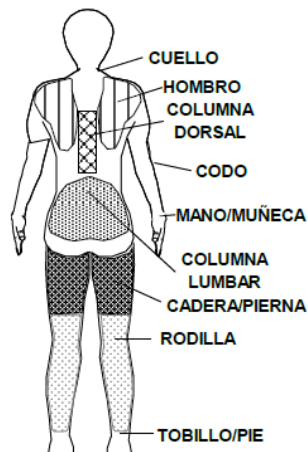
<1 día

1-7 días

1-4 ó 5 semanas

>1mes

P.9. En el caso de no haya tenido que ausentarse del trabajo, indiquenos si padecer dolor o molestias que cree que pudieran tener relación con su puesto de trabajo y dónde:



P.10. En el caso de que haya sentido molestias, indique a continuación cada cuanto tiempo siente las molestias:

1-7 días

8-30 días

>30 días

Siempre

P.11. ¿Cuánto dura el episodio?

<1 hora

1-24 horas

1-7 días

1-4 ó 5 semanas

>1 mes

P.12. Ponga una nota a las molestias:

1

2

3

4

5

Anexo II: listado de códigos y causas

El desarrollo del siguiente listado se ha realizado teniendo en cuenta los factores de riesgo que pueden llegar a producir los accidentes o EP. Para ello, se ha requerido el uso de dos modelos: la teoría de la interacción de los factores de riesgo, que se reproduce en el apartado 4.8 y el modelo COPE que aparece explicado en el apartado 4.9.

En el apartado 4.4 se comenta el modelo de la NRC y el IOM, que es tenido en cuenta por su gran versatilidad y propuesta multifactorial.

El resto de modelos, indican factores que quedan fuera del alcance de este estudio de investigación, como son los genéticos y psicosociales y cuya descripción forma parte de otro estudio propio. Aun así, se ha decidido integrarlos en la investigación como factores que pudieran integrar causas que producen el TME, es por ello, que ante la duda, serán integrados con probabilidad en la ficha de investigación del accidente.

Por otra parte, para el desarrollo de un listado de causas y factores de riesgo asociado, se presta la evidencia de que estos factores están asociados mediante la interpretación de los estudios epidemiológicos que ofrecen una comprensión de los TME's producidos y la relación existente entre los mismos [419].

Factores de Riesgo Biomecánicos:

Posturas forzadas y estáticas, asociadas a las características de frecuencia de movimientos, duración de la postura, posturas del tronco desarrolladas, posturas del cuello, de las extremidades superiores e inferiores. Se habla en este apartado también de la presión directa sobre los tejidos.

Movimientos repetitivos, asociados a las características de frecuencia de movimientos, uso de la fuerza, adopción de posturas y movimientos forzados, tiempo de recuperación insuficiente, vibraciones, etc.

Levantamiento de cargas, MMC y transporte de cargas, asociados a las características de peso a levantar, frecuencia de levantamientos, agarre de la carga, asimetría o torsión del tronco, distancia de la carga al cuerpo, desplazamiento vertical de la carga, duración de la actividad, y otros como la realización de movimientos bruscos, ritmo de levantamiento impuesto, ambientes fríos o calor extremo, carga inestable, superficie resbaladiza o trabajar en suelo inestable. Incluye también la presión directa sobre los tejidos.

Empuje y arrastre de cargas (movimientos manuales enérgicos), cuyas características asociadas son la fuerza, las características del objeto, la altura de agarre, la distancia recorrida, la frecuencia y la duración, la postura adoptada, el estado de la superficie, la estabilidad del objeto.

Aplicación de fuerza, y sus características que son la frecuencia, la postura adoptada, la duración, la fuerza desarrollada y la velocidad de movimientos.

Posturas de trabajo inadecuadas o forzadas.

Posturas estáticas puras, cuyas características coinciden con las de las posturas forzadas: posturas del tronco desarrolladas, posturas del cuello, de las extremidades superiores e inferiores desarrolladas y la duración.

Otros factores biomecánicos que no se pueden comprobar en este estudio, como es superar los límites energéticos.

Otros Factores de Riesgo que afectan al desarrollo de un TME:

Factores de tipo psicosocial, como la presión de tiempos, relaciones interpersonales, autonomía en el trabajo.

Factores de personalidad: como son el neuroticismo ⁴⁹⁷, perfiles de comportamiento de tipo A.

Factores personales: edad avanzada, enfermedades crónicas y anteriores accidentes relacionados.

Factores genéticos y morfológicos o de tipo antropométricos.

Factores de tipo organizacional y comunitarios: diseño del puesto de trabajo y de tiempos, organización del trabajo (tanto comunitario como de empresa), presión social y cultural, influencia del MA.

Factores higiénicos: vibraciones.

⁴⁹⁷ Neuroticismo: es un rasgo psicológico relacionado con otros factores como la ansiedad [468].

Anexo III: ficha para la descripción de la investigación de accidentes de trabajo y EP

Descripción Número: ---

- A1
- A2
- A3
- A4
- B1
- B2
- B3
- B4
- C1
- C2
- C3

Árbol de Causas:

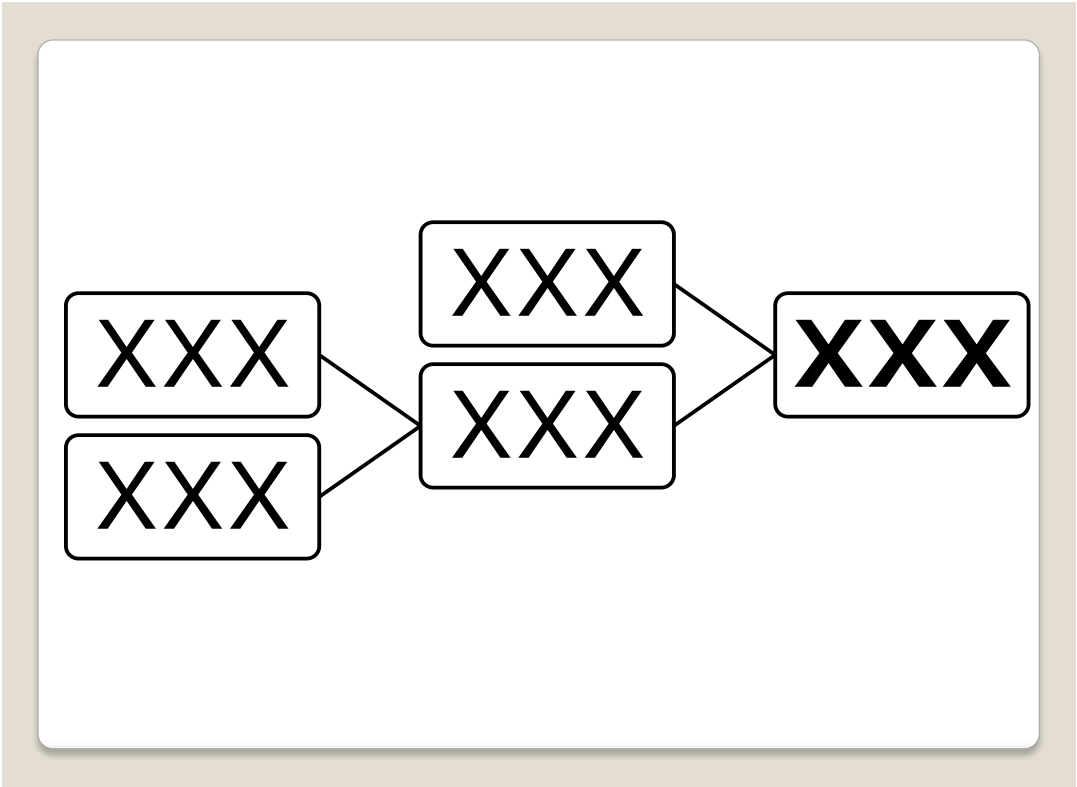


Figura 90. Modelo del árbol de causas.

Anexo IV: tabla para el diagrama de procesos

Descripción del proceso:

Distancia en metros	Repetitiva	Símbolos del diagrama	Operaciones
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	
		O → □ D ▼	

Bibliografía

- [1] International Ergonomics Association. What is ergonomics? (publicación en línea). Disponible en: http://iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html (con acceso: 26/10/2012). 2009.
- [2] Karwowski W. The Discipline of Human Factors and Ergonomics. In: Salvendy G, editor. Handbook of Human Factors and Ergonomics. 4 ed: Wiley; 2012. p. 3-37.
- [3] Carayon P, Lim S-Y. Psychosocial Work Factors. In: Karwowski W, Marras WS, editors. Fundamentals and Assessment Tools of Occupational Ergonomics The Occupational Ergonomics Handbook. 2 ed: Taylor & Francis; 2006. p. 26.1-26.9.
- [4] Pheasant S. Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work: Taylor & Francis; 1996.
- [5] National Research Council. NRC. Musculoskeletal disorders and the workplace: low back and upper extremities: Panle in Musculoskeletal Disorders and the workplace. Washigton DC: National Academy Press; 2001.
- [6] Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ. Occupational Biomechanics: Wiley; 2006.
- [7] Kroemer KHE, Kroemer HB, Kroemer-Elbert KE. Ergonomics: how to design for ease and efficiency: Prentice Hall; 2001.
- [8] Salvendy G, Karwowski W, Ahram TZ. Advances in Safety: CRC Press; 2012.
- [9] Wilson JR. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. Applied Ergonomics. 2000;31:557-67.
- [10] Silverstein B, Clark R. Interventions to reduce work-related musculoskeletal disorders. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2004;14:135-52.
- [11] Real Academia Española R. Diccionario de la lengua española (publicación en línea). Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html> (con acceso: 13/11/2012). 22 ed 2001.
- [12] Lingard H. Occupational Health and Safety in Construction Project Management: Taylor & Francis; 2005.
- [13] Stefan B. Public health perspective - how to improve the musculoskeletal health of the population. Best Practice & Research Clinical Rheumatology. 2007;21:191-204.
- [14] European Agency for Safety and Health of Work. EASHW. FACTS 71: Introducción a los Trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. FACTS. 2007:2.
- [15] World Health Organization. WHO. Identification and Control of previous term Work-Related Diseases. WHO; 1985. p. 194.

- [16] Eurostat. Work and health in the EU. (1994-2002). A statistical portrait. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2004.
- [17] Eurostat. Health and Safety at work in Europe (1999-2007). A statistical portrait. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2010.
- [18] Programme on Safety and Health at Work and the Environment. SAFEWORK. Lista de enfermedades profesionales (revisada 2010) en anexo a la Recomendación (núm. 194). ILO; 2010.
- [19] Organización Internacional del Trabajo. OIT. Lista de Enfermedades Profesionales de la OIT y Recomendación 194 de la Conferencia Internacional del Trabajo. In: Trabajo Old, editor. 2010.
- [20] Panush RS. Trastornos musculoesqueléticos ocupacionales y recreativos. Kelley Tratado de Reumatología. Madrid: Elsevier España; 2006. p. 466-75.
- [21] Shahnava H. Workplace injuries in the developing countries. Ergonomics. 1987;30:397-404.
- [22] Genaidy AM, al-Shedi AA, Shell RL. Ergonomic risk assessment: preliminary guidelines for analysis of repetition, force and posture. Journal of human ergology. 1993;22:45-55.
- [23] Kemmlert K. Labor Inspectorate Investigation for the Prevention of Occupational Musculo-Skeletal Injuries (Licentiate Thesis). Solna, Sweden: National Institute of Occupational Health; 1994.
- [24] National Research Center of Medical Sciences of Iran. NRCMSI. National Health Survey of Iran: Overall Country. NHSI,). In: National Research Center of Medical Sciences of Iran. NRCMSI, editor. Tehran, Iran: Health Ministry of I.R.Iran; 2001.
- [25] Hagberg M, Silverstein BA, Wells RV, Smith MJ, Hendrick HW, Carayon P, et al. Work Related Musculoskeletal Disorders. London: Taylor & Francis; 1995.
- [26] European Agency for Safety and Health at Work. EASHW. OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU — Facts and figures. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2010.
- [27] Conferencia Internacional del Trabajo. ILO. Informe III (1B): Estudio general relativo al Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155), a la Recomendación sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 164) y al Protocolo de 2002 relativo al Convenio sobre seguridad. Ginebra 2009.
- [28] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Orden TAS/1/2007, de 2 de enero, por la que se establece el modelo de parte de enfermedad profesional, se dictan normas para su elaboración y transmisión y se crea el correspondiente fichero de datos personales.: 4/01/2007; 2007.
- [29] Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 2004;14:13-23.
- [30] Eiroa JJ. Nociones de Prehistoria general. Barcelona: Ariel Prehistoria; 2006.

- [31] Carroll SB. Genetics and the making of Homo sapiens. In: Group NP, editor. Nature2003. p. 849-57.
- [32] Thompson JL, Korvitz GE, Nelson AJ. Patterns of growth and development in the genus homo. Cambridge: Cambridge University Press; 2003.
- [33] Jobling MA, Hurles M, Tyler-Smith C. Human evolutionary genetics: origins, people, and disease. New York: Garland Science; 2003.
- [34] Doron R, Parot F, Fabregoul N, Castañón AA. Diccionario Akal de Psicología: Ediciones Akal; 2004.
- [35] Tomasello M, Call J. Primate cognition. New York: Oxford University Press; 1997.
- [36] Babbitt CC, Fedrigo O, Pfefferle DE, Boyle AP, Horvath JE, Furey TS, et al. Both Noncoding and Protein-Coding RNAs Contribute to Gene Expression Evolution in the Primate Brain. Genome Biology and Evolution: Oxford Journals 2010. p. 67-79.
- [37] Miralles Marrero RC. Adquisición de la bipedestación. Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor. Barcelona: Masson; 2007. p. 23-31.
- [38] Graciani García A. La técnica de la arquitectura medieval. Sevilla: Universidad de Sevilla; 2000.
- [39] Martínez Prades JA. Los canteros medievales. Madrid: Ediciones Akal; 1994.
- [40] Araujo-Alvarez JM, Trujillo-Ferrara JG. De Morbis Artificum Diatriba 1700-2000. Salud Pública de México 2002. p. 362-70.
- [41] Asfahl CR. Seguridad Industrial y Salud: Pearson Educación; 2000.
- [42] Comité Consultivo en Seguridad; Higiene y Protección de la Salud en el trabajo. 26º Informe Anual de Actividades del Comité Consultivo de Seguridad, Higiene y Protección de la Salud en el Trabajo. Dictamen del Comité (documento nº 0983/1/01) sobre las alteraciones osteomusculares. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea: 15 de mayo de 2001; 2001.
- [43] Consejo de Administración de la Organización Internacional del Trabajo en su 307ª sesión. CAOIT. Plan de acción (2010-2016) para alcanzar un amplio grado de ratificación y de aplicación efectiva de los instrumentos sobre seguridad y salud en el trabajo (Convenio núm. 155, su Protocolo de 2002, y Convenio núm. 187). 2010.
- [44] Asamblea General de las Naciones Unidas. Prioridades de la UE para la 58º Asamblea General de las Naciones Unidas. 1 de Julio; 2003.
- [45] Eurostat. Statistical Office of the European Communities. Statistics in Focus, 63/2009 (Main results from the Labour Force Survey 2007 ad hoc module). "Safety at work statistics" - Statistics Explained: Estadísticas; 2007.
- [46] European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. EFILWC. Fourth European Working Conditions Survey. Dublin: Office for Official Publications of the European Communities; 2007.

- [47] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. INSHT. VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo 2011. In: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, editor. 2011. p. 26.
- [48] Buckle PW, Devereux JJ. The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*. 2002;33:207-17.
- [49] Bugarín González R, Galego Feal P, García García A, Rivas Lombardero P. Musculoskeletal disorders in dental professionals. *RCOE*. 2005;10:561-6.
- [50] Comisión de las Comunidades Europeas. CCE. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones - Mejorar la calidad y la productividad en el trabajo: estrategia comunitaria de salud y seguridad en el trabajo (2007-2012). Bruselas: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea; 2007.
- [51] Navalpotro JS, de Unamuno Hierro J, Ruiz JIC. Teoría y modelos macroeconómicos: Esic Editorial; 2003.
- [52] Guillén Subirán C. Perspectivas en la inclusión de nuevas enfermedades profesionales. In: Gil Hernández F, editor. *Tratado de Medicina del Trabajo*. Barcelona: Masson Elsevier; 2005. p. 58-68.
- [53] Eurostat (Statistical Office of the European Communities). "Safety at work statistics" - Statistics Explained. "Safety at work statistics" - Statistics Explained 2010.
- [54] Åkesson K, Woolf AD. How to develop strategies for improving musculoskeletal health. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2007;21:5-25.
- [55] Araña Suárez SM, Patten S. Trastornos Musculo-Esqueléticos, Psicopatología y Dolor. *Trastornos Musculo-esqueléticos, Psicopatología y Dolor*. Madrid: Secretaría del Estado para la Seguridad Social, Ministerio de Trabajo e Inmigración; 2011. p. 1-13.
- [56] Walsh NE, Brooks P, Hazes JM-, Walsh RM, Dreinhöfer K, Woolf AD, et al. Standards of Care for Acute and Chronic Musculoskeletal Pain: The Bone and Joint Decade (2000-2010). *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89:1830-45.
- [57] Cortés Gabaudan F, Ureña Bracero J. *Dicciomed.eusal.es. Diccionario médico-biológico, histórico y etimológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca; 2011.
- [58] Summers JT. Dolor de cabeza y cuello. Toma de decisiones en el tratamiento del dolor 2ª Edición. Madrid: Elsevier; 2007. p. 142-3.
- [59] Hernández Cueto S. Valoración Médica del Daño Corporal. 2 ed. Barcelona: Elsevier; 2001.
- [60] Laza PG, Fontelles MIM. *El Dolor: Los Libros de la Catarata*; 2010.
- [61] Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, Cruccu G, Dostrovsky YO. Redefinition of neuropathic pain and a grading system for clinical use: consensus statement on clinical and research diagnostic criteria. *Neurology*. 2008;70:1630-5.

- [62] Busquets Julià C, Faulí Prats A. Novedades en el tratamiento del dolor neuropático. Seminarios de la Fundación Española de Reumatología. 2012;13:103-9.
- [63] Romero MD, Martínez JAG, Vega FJP. Manual de Cirugía Menor: Arán; 2002.
- [64] González-Darder JM, Yáñez González AM, Camba Rodríguez MA. Anatomía y fisiología del dolor. Profilaxis del dolor. In: Torres L, Torres Morera LM, editors. Medicina del Dolor. Barcelona: Elsevier 1997. p. 53-65.
- [65] Derasasi MD. Taxonomy of Pain Syndromes: Classification of Chronic Pain Syndromes. In: Ross A, editor. Practical Management of Pain. St. Louis: Mosby; 2000. p. 10-6.
- [66] Turk DC, Okifuji A. Pain Terms and Taxonomies of Pain. In: Fishman SC, Ballantyne JC, Rathmell JP, Bonica JJ, editors. Bonica's management of pain. 4 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 18-25.
- [67] Guyton AC, Hall JE. Sensibilidades Somáticas II. Dolor, cefálea y sensibilidad térmica. Tratado de Fisiología Médica. Madrid: Elsevier; 2007. p. 598-609.
- [68] Miralles Pardo F, González Darder JM, Vaca Miguel JM, Failde Martínez I, Zafra Maezcua J. Investigación en el dolor, dolor experimental, medición y valoración del dolor. Medicina del Dolor. Barcelona: Masson; 1997. p. 19-33.
- [69] Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R. Movimiento, estabilidad y dolor lumbopélvico. 2ª Edición: Elsevier Masson; 2008.
- [70] Thurmon JC, Benson GJ. Fundamentos de Anestesia y Analgesia en Pequeños Animales: Masson; 2003.
- [71] Jones L, Moseley GL. Dolor. Tidy's Fisioterapia. Barcelona: Elsevier; 2009. p. 485-502.
- [72] Vlaeyen JVS, Linton SJ. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. Pain. 2000;317-32.
- [73] Melzack R. Phantom limbs and the concept of a neuromatrix. Trends in Neurosciences. 1990;13:88-92.
- [74] Romera E, Perena MJ, Perena MF, Rodrigo MD. Neurofisiología del dolor. Revista Sociedad Española del Dolor. 2000;7:11-7.
- [75] Cameron MH. Agentes Físicos en la Rehabilitación: De la investigación a la práctica. Barcelona: Elsevier; 2009.
- [76] Rodríguez MJ. Valoración y manejo del dolor. Madrid: Aran Ediciones, S.L.; 2006.
- [77] Arbaiza D. Neurofisiología del dolor. Boletín El Dolor. 2055:14-40.
- [78] Ross MH, Pawlina W. Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular: Médica Panamericana; 2007.
- [79] Ojeda Sahagún JL, Icardo de la Escalera JM. Mecanismos de Modulación del Dolor. Neutoanatomía Humana. Barcelona: Masson; 2004. p. 139-40.

- [80] Young PA, Young PH. Neuroanatomía Clínica Funcional. Barcelona: Masson - Williams&Wilkins España, S.A.; 1998.
- [81] Castro del Pozo Sd, Pérez Arellano JL. Fisiología de la sensibilidad y sistemas sensoriales. Estudio especial del dolor. Manual de Patología General: Elsevier Masson 2006. p. 642-51.
- [82] Eriksen Persson MDL. Anatomía Humana Unidad I. Fascículo 1. Generalidades de Anatomía: Unam; 2001.
- [83] Alcaraz VM. Estructura y función del sistema nervioso: UNAM; 2001.
- [84] Salas Herrera IG. Capítulo I. Neuroanatomía y fisiología del dolor. Manejo del Dolor en el cáncer: Universidad de Costa Rica; 1997. p. 21-3.
- [85] Wilmore JH, Costill DL. FISIOLÓGÍA DEL ESFUERZO Y DEL DEPORTE (Color): Paidotribo; 2007.
- [86] Netter FH, Brass A. Desarrollo del Sistema Nervioso. Sistema Nervioso: Anatomía y fisiología. Barcelona: Masson; 1987. p. 131-47.
- [87] Cambier J, Masson, Dehen MH. Semiología de la motilidad. Neurología: Elsevier; 2000. p. 38.
- [88] Jiménez-Castellanos Ballesteros J. Amígdala e Hipocampo. Sistema Límbico. Lecciones de neuroanatomía clínica. Sevilla: Universidad de Sevilla; 1999. p. 237-40.
- [89] López-Ibor Aliño JJ, Ortiz Alonso T, López-Ibor Alcocer MI. Sentimientos, afectos y emociones. Psicopatología del humor. Lecciones de psicología médica. Barcelona: Masson; 1999. p. 241-60.
- [90] Villoria CM. Dolor Cronico - 4 Volúmenes: Arán Ediciones.
- [91] Serrano-Atero MS, Caballero J, Cañas A, García-Saura PL, Serrano-Álvarez C, Prieto J. Pain assessment (I). Valoración del dolor (I). 2002;9:94-108.
- [92] Sim J, Arnell P. Measurement validity in physical therapy research. Journal of the American Physical Therapy Association. 1993;73:102-3.
- [93] Ward MM. Cuestiones generales en el abordaje de las enfermedades reumáticas. Kelley Tratado de Reumatología. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2006. p. 442-53.
- [94] Chaitow L, Fritz S. Guía de Masaje para Terapeutas Manuales. Barcelona: Elsevier; 2008.
- [95] Sim J, Waterfield J. Validity, reliability and responsiveness in the assessment of pain. 1997. p. 23-37.
- [96] Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine. 1970;2:92-8.
- [97] Nettleton DF. Técnicas para el análisis de datos clínicos: Díaz de Santos; 2005.
- [98] David C, Waterfield J. Dolor en reumatología. Rehabilitación Reumatológica. Madrid: Harcourt (Elsevier); 2000. p. 33-42.

- [99] Vernon H. Cuestionario de dolor e incapacidad en la rehabilitación quiropráctica. Manual de Rehabilitación de la Columna Vertebral. Barcelona: Paidotribo; 2002. p. 83-98.
- [100] Borg G. Borg's Perceived exertion and pain scales. Leeds: Human Kinetics; 1998.
- [101] Borg G. Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in a new cycling strength test. International Journal of Sports Medicine. 1982;3:153-8.
- [102] Melzack R. The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods. US National Library of Medicine National Institutes of Health 1975. p. 277-99.
- [103] Fransoo P. Examen Clínico del Paciente con Lumbalgia. Compendio práctico de reeducación. Barcelona: Paidotribo; 2003.
- [104] Palmer ML, Epler ME. Fundamentals of Musculoskeletal Assessment Techniques. Ambler: Lippincott Williams & Wilkins; 1998.
- [105] Aveline L. Gériatrie: Modulo Pratique. Paris: ESTEM; 2000.
- [106] Boureau F, Luu M, Doubrère F. Comparative study of the validity of four French McGill Pain Questionnaire (MPQ) versions. Pain: Pain; 1992. p. 59-65.
- [107] Hemprich A, Frerich B. Erkrankungen der Kiefer- und Gesichtsnerven. Mund-kiefer-gesichtschirurgie. München: Elsevier; 2007. p. 318-85.
- [108] Smith HS, Kirsh KL. Documentation and Potential Tools in Long-Term Opioid Therapy for Pain. Medical Clinics of North America: Elsevier; 2007. p. 213-8.
- [109] Corlett EN, Bishop RP. A Technique for Assessing Postural Discomfort. Ergonomics. 1976;19:175-82.
- [110] Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sorensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Applied Ergonomics. 1987;18:233-7.
- [111] Frisch H. Programmierte Untersuchung des Bewegungsapparates: Chirodiagnostik. Duisburg: Springer; 2001.
- [112] Schiltenswolf M, Hennigsen P. Muskuloskeletale Schmerzen: Diagnostizieren und Therapieren nach biopsychosozialem Konzept: Deutscher Ärzte-Verlag; 2006.
- [113] Travell JG, Simons DG. Dolor y disfunción miofascial: el manual de los puntos gatillo : volumen 2 : extremidades inferiores: Médica Panamericana; 2004.
- [114] Lasègue C. Considérations sur les sciatiques. Arch Gen D Med. 1864:558-80.
- [115] Heisel J. Physikalische Medizin: Thieme; 2005.
- [116] Reining R, Schweiger A. Endlich weniger Schmerzen: Ihre Schmerzen besser verstehen; Schritt für Schritt chronische Schmerzen verlernen; bekannte und neue Therapien: was sie wirklich leisten: Trias; 2006.

- [117] Chapleau W. Primer Interviniente en Emergencias: Marcando la Diferencia. Madrid: Elsevier; 2007.
- [118] Barr AE, Barbe MF. Inflammation reduces physiological tissue tolerance in the development of work-related musculoskeletal disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004;14:77-85.
- [119] Arbeláez Zapata JA, Sierra Vélez MI. 38. Enfermedades Musculoesqueléticas en el Trabajo. *Rehabilitación en Salud 2ª Edición*. Medellín: Universidad de Antioquía; 2008. p. 837-56.
- [120] Thomas J A, Linda R, Md MPH, Mark RC, Md, Carl Andrew B, et al. Chapter 32 - Mechanical Stressors. *Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine (Second Edition)*. Edinburgh: W.B. Saunders; 2005. p. 837-54.
- [121] Parsons J, Marcer N. Osteopatía: modelos de diagnóstico, tratamiento y práctica: Elsevier; 2007.
- [122] Urroz C. Elementos de Anatomía Y Fisiología Animal: Euned; 1991.
- [123] Buckle P, Devereux J. Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work; 1999.
- [124] Serranheira F. Lesões Músculo-Esqueléticas Ligadas ao Trabalho: que métodos de avaliação do risco?. Tese de Doutoramento em Saúde Pública na especialidade de Saúde Ocupacional. Ph.D. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa Escola Nacional de Saúde Pública; 2007.
- [125] Díaz Petit J. El proceso degenerativo en los tendones. *Fisioterapia en traumatología, ortopedia y reumatología*: Elsevier Masson; 2003. p. 231-2.
- [126] Queipo de LLano-Jiménez A, Valverde-Grimaldi Galván C, Lorente Moreno R, Abello Giraldo V. Patología de partes blandas del miembro superior. *Tratamiento Rehabilitador*. Barcelona: EDITTEC; 2007.
- [127] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT). Portal de los trastornos musculoesqueléticos (publicación en línea). Disponible en: <http://www.insht.es/portal/site/MusculoEsqueleticos/> (con acceso: 19/09/2011). 2011.
- [128] Aguado Acín MP, González Hernández T, Balsa Criado A. Patología clínica del hombro doloroso. *Fisioterapia del complejo articular del hombro Evaluación y tratamiento de los tejidos blandos*. Barcelona: Masson 2004. p. 39-48.
- [129] Rincón Holgueras A. *Terapéutica física en lesiones tendinosas*. Podología física. Barcelona: Elsevier Masson; 2006. p. 283-300.
- [130] Howse J. *Técnica de la danza y prevención de lesiones*. Barcelona: Paidotribo; 2000.
- [131] Bisio T. *Tratamiento y terapias de la medicina deportiva china*. Badalona: Paidotribo; 2007.
- [132] Garret W, Contiguglia SR, Kinkerdall DT. *Medicina del fútbol*. Badalona: Paidotribo; 2005.

- [133] Gutiérrez G. Principios de anatomía, fisiología e higiene/ Principles of Anatomy, Physiology and Hygiene: Educación Para la Salud/ Education for Health: Editorial Limusa S.A. De C.V.; 2005.
- [134] Barral JP, Croibier A. Manipulations des nerfs périphériques. Paris: Elsevier; 2004.
- [135] Grisold W. Koinische Befunde beim Karpaltunnelsyndrom. In: Zifko UA, Worsseg AP, editors. Das Karpaltunnelsyndrom: Diagnose und Therapie: Springer; 1999. p. 9-16.
- [136] Llana Álvarez J. Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista. 12ª Edición. Valladolid: Lex Nova, S.A.; 2009.
- [137] Burns MC, Neumeister MW. Ortesis para trastornos por sobrecarga de la extremidad superior. Atlas de Ortesis y dispositivos de ayuda. Barcelona, 287-296: Elsevier; 2009. p. 287-96.
- [138] Morrison WB, Sanders TG. Solución de problemas en imagen musculoesquelética. Barcelona: Elsevier Mosby; 2010.
- [139] Gainor BJ. Enfermedades de los nervios. Netter: Ortopedia. Barcelona: Masson (Elsevier); 2007. p. 119-42.
- [140] Navarro Restrepo CD, Scholtz González H. Neurocirugía para médicos generales. Medellín: Universidad de Antioquia; 2006.
- [141] Simón Pérez C, Rodríguez Mateos JI, Martín Ferrero MA, Lomo Garrote JM, Trigueros Larrea JM. Síndrome del túnel radial. Epicondilitis. Revista Española de Cirugía Osteoarticular. 2003;38:186-94.
- [142] Waldman SD. Atlas of common pain syndromes. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2002.
- [143] Pera C. Cirugía: Fundamentos, indicaciones y opciones técnicas. Barcelona: Masson; 1991.
- [144] Weiss L, Weiss J, Pobre T. Oxford American Handbook of Physical Medicine & Rehabilitation: Oxford University Press, USA; 2010.
- [145] Rothstein JM, Roy SH, Wolf S. Manual del especialista en rehabilitación. Barcelona: Paidotribo; 2005.
- [146] Abe M, Shimamura T, Nishida J, Ichinohe K. Diagnosis and treatment of thoracic outlet syndrome. Journal of Orthopaedic Science. 1997;2:119-27.
- [147] Torres Cuelco R. Síndrome facetario cervical. La Columna Cervical; Síndromes Clínicos y su Tratamiento Manipulativo. Madrid: Médica Panamericana; 2008. p. 165-205.
- [148] Moore KL, Agur AMR, Moore ME. Anatomía: con orientación clínica: Editorial Médica Panamericana; 2007.
- [149] Ricard F. Tratamiento Osteopático de las Algias de Origen Cervical: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2008.
- [150] Manero Ruiz FJ, Beltrán Audera C, Ferrer Peralta M. Enfermedades de las Partes Blandas del Pie. El Pie. Barcelona: Masson; 2003. p. 33-48.

- [151] Vidal de Cassis A. Tratado de patología externa y medicina operatoria. Madrid: A.R. Calleja; 1842.
- [152] Valleix FLI. Guía del médico práctico o Resumen general de patología interna y de terapéutica aplicadas. Madrid: Ignacio Boix; 1846.
- [153] Soreq H, Seidman S. Acetylcholinesterase [mdash] new roles for an old actor. *Nat Rev Neurosci.* 2001;2:294-302.
- [154] Gowitzke BA, Milner M, O'Connell AL. Understanding the Scientific Bases of Human Movements. London: Lippincott Williams and Wilkins; 1980.
- [155] Guyton AC, Hall JE. Contracción del músculo esquelético. *Tratado de Fisiología Médica.* Madrid: Elsevier; 2007. p. 72-84.
- [156] Fritz S. Fundamentos del Masaje Terapéutico. Madrid: Elsevier; 2005.
- [157] Halar EM, Bell KR. Contracture and other deleterious effects of in-mobility. *Rehabilitation Medicine: Principles and practice.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1988. p. 448-62.
- [158] Nogués MA. Evaluación del Paciente. *Tratado de Neurología Clínica.* Madrid: Médica Panamericana; 2002. p. 1194-204.
- [159] Ortega Sánchez-Pinilla R. Medicina del ejercicio físico y del deporte para la atención a la salud. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 1992.
- [160] Maitland G, Hengeveld E, Banks K, English K. Maitland manipulación vertebral. Madrid: Elsevier; 2007.
- [161] Demers Lavelle E, Lavelle W, Smith HS. Myofascial Trigger Points. *Medical Clinics of North America.* 2007;91:229-39.
- [162] Travell J, Simons DG, Simons LS. Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 1992.
- [163] Estévez Rivera EA. Dolor miofascial. *Medunab.* 2001;4:161-5.
- [164] Sastre Fernández S. Fisioterapia del pie: podología física. Barcelona: Publicacions Universitat de Barcelona; 1991.
- [165] Lewit K. Terapia manipulativa para la rehabilitación del aparato locomotor. Barcelona: Paidotribo; 2002.
- [166] Wolff HG. Headache and other head pain. New York: Oxford University Press; 1948.
- [167] Misulis KE. Lower Back and lower Limb Pain. *Neurology in clinical practice.* Philadelphia: Butterworth-Heinemann (Elsevier); 2004. p. 445-56.
- [168] Borobia Fernández C, De la Puebla Pinilla A, Mercader Uguina JR. Valoración médica y jurídica de la incapacidad laboral. Madrid: La Ley; 2007.
- [169] Clagett GP. Aneurismas de la Extremidad Superior. *Rutherford cirugía vascular.* Madrid: Elsevier; 2006. p. 1551-65.
- [170] Rozman C. Compendio de medicina interna. Madrid: Elsevier; 2006.
- [171] Schmitt R, Lanz U. Bildgebende Diagnostik der Hand. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2004.

- [172] Shepherd RFJ. Síndrome de Raynaud: enfermedad arterial vasoespástica y oclusiva que afecta a la zona distal de la extremidad superior. Rutherford cirugía vascular. Madrid: Elsevier; 2006. p. 1319-47.
- [173] Diehm C, Allenberg JR, Nimura-Eckert K, Veith FJ. Color atlas of vascular diseases. Berlin: Springer; 2000.
- [174] Viladot Voegeli A, Roldán L. La articulación. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2000. p. 53-66.
- [175] Salter RB. Textbook of disorders and injuries of the musculoskeletal system. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
- [176] Canoso JJ. Fibromialgia, bursitis y otros trastornos reumáticos no articulares. Medicina Interna. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1992. p. 1075-8.
- [177] Miralles Marrero RC, Miralles Rull I. Biomecánica de los quistes y las bursas. In: Elsevier, editor. Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor. Barcelona: Masson; 2007. p. 177-84.
- [178] Kent M. The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine. Barcelona: Paidotribo; 2003.
- [179] Pérez Caballer AJ. Lesiones ligamentosas de tobillo y pie. Patología del aparato locomotor en ciencias de la salud. Madrid: Editorial Médica Panamericana 2004. p. 181-6.
- [180] Solomonow M. Ligaments: a source of work-related musculoskeletal disorders. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2004;49-60.
- [181] Vázquez JMC. Primeros Auxilios (2nda Edición). 2 ed. Vigo: Ideaspropias Editorial S.L.; 2007.
- [182] Aguado JD. Manual Básico de Enfermería: Técnica y Quirúrgica: Díaz de Santos; 1998.
- [183] Resnick D, Kang HS. Trastornos internos de las articulaciones: énfasis en la resonancia magnética: Editorial Médica Panamericana; 2000.
- [184] Karwowski W, Rodrick D. Physical Task: Analysis, Design, and Operation. Handbook of industrial engineering: technology and operations management. New York: John Wiley & Sons; 2001. p. 1041-110.
- [185] Armstron T. A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. Scandinavian Journal Work and Environmental Health. 1993;19:73-84.
- [186] van der Beek A, Frings-Dresen M. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. Occupational Environmental Medicine. 1998;55:291-9.
- [187] Van Dijk FJH, Van Dormolen M, Kompier MAJ, Meijman TF. Herwaardering model belasting-belastbaarheid (Reappraisal of the model of workload and capacity). Tijdschrift Sociale Gezondheidszorg. 1990;3-10.
- [188] Westgaard RH, Winkel J. Guidelines for occupational musculoskeletal load as a basis for intervention: a critical review. Applied Ergonomics. 1996;27:79-88.

- [189] National Research Council. NRC. Work-related musculoskeletal disorders: report, workshop summary and workshop papers. Washington DC: National Academy Press; 1999.
- [190] Karasek RA, Jr. Job Demands, Job Decision Latitude, and Mental Strain: Implications for Job Redesign. *Administrative Science Quarterly*. 1979;24:285-308.
- [191] Lanfranchi JB, Duveau A. Explicative models of musculoskeletal disorders (MSD): From biomechanical and psychosocial factors to clinical analysis of ergonomics. *Revue européenne de psychologie appliquée*. 2008:201-13.
- [192] Westman A, Linton SJ, Åhrvik J, Wahlgren P, Leppert J. Do psychosocial factors predict disability and health at a 3-year follow-up for patients with non-acute musculoskeletal pain?: A validation of the Årebro Musculoskeletal Pain Screening Questionnaire. *European Journal of Pain*. 2008;12:641-9.
- [193] Byl NN, Barbe MF, Barr AE. Repetitive Stress Pathology: Soft Tissue. Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation. Missouri: Saunders Elsevier; 2008. p. 706-49.
- [194] Kumar S. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*. 2001;44:17-47.
- [195] Marras WS. State-of-the-art research perspectives on musculoskeletal disorder causation and control: the need for an intergraded understanding of risk. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004:1-5.
- [196] Gardner-Morse MG, Stokes IAF. The Effects of Abdominal Muscle Coactivation on Lumbar Spine Stability. *Spine*. 1998;23:86-91.
- [197] Buckle P. Ergonomics and musculoskeletal disorders: overview. *Occupational Medicine*. 2005:164-7.
- [198] Tappin DC, Bentley TA, Vitalis A. The role of conceptual factors for musculoskeletal disorders in the New Zeland meat processing industry. *Ergonomics*. 2008;51:1576-93.
- [199] Devereux JJ, Buckle PW, Vlachonikolis IG. Interactions between physical and psychosocial risk factors at work increase the risk of back disorders: an epidemiological approach. *Occupational and Environmental Medicine*. 1999;56:343-53.
- [200] Cole DC, Rivlis I. Individual factors and musculoskeletal disorders: a framework for their consideration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004:121-7.
- [201] Sjøgaard G, Jensen BR. Muscle pathology with overuse. In: Raney D, editor. *Chronic Musculoskeletal Injuries in the Workplace*. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1997. p. 17-40.
- [202] Hågg GM. Static Work Loads and Occupational Myalgia – a New Explanation model. In: Anderson PA, Hobart DJ, Danoff JV, editors. *Electromyographical Kinesiology*. Amsterdam: Elsevier; 2000. p. 141-4.
- [203] Ennals R. *Work life 2000 yearbook three, Volumen 3*. London: Swedish National Institute for Working Life (Springer); 2001.

- [204] Forde M, Punnett L, Wegman D. Pathomechanisms of work-related musculoskeletal disorders: conceptual issues. *Ergonomics*. 2002;9:619-30.
- [205] Hågg GM. Human muscle fibre abnormalities related to occupational load. *European Journal of Applied Physiology*. 2000;83:159-65.
- [206] Visser B, van Dieën JH. Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2006:1-16.
- [207] Malchaire JB, Cook N, Vergracht S. Musculoskeletal Complaints, functional capacity, personality and psychosocial factors. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2001:549-57.
- [208] Mathiassen SE, Winkel J. Ergonomics in the continuous development of production system. Stockholm: Malmö University and National Institute for Working Life; 2000.
- [209] Winkel J, Engström T, Forsman M, Hansson G-Å, Johansson Hanse J, Kadefors R, et al. A Swedish industrial research program 'Co-operative for Optimization of industrial production systems regarding Productivity and Ergonomics' (COPE). Presentation of the program and the first case study. *Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association*. Tampere, Finland: International Ergonomics Association; 1997. p. 130-2.
- [210] Brun E. European Risk Observatory: Identifying challenges related to occupational safety and health. *Colloque IRSST*. Montreal 2008. p. 51.
- [211] Silverstein B. Work-related Musculoskeletal Disorders: General Issues. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors Second Edition*. Boca Raton: CRC Press LLC (Taylor&Francis Group); 2006.
- [212] Malchaire J. *Unité Hygiène et Physiologie du Travail*. Déparisnet2010.
- [213] Malchaire JB, Cock NA. Risk prevention and control strategy for upper limb musculoskeletal disorders. *Newsletter of European Trade Union Technical Bureau for Health and Safety*. 1999:27-31.
- [214] Malchaire JB. The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2004;77:443-50.
- [215] Nogareda Cuixart S, Dalmau Pons I. NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo*. 2006.
- [216] Malchaire JB. Évaluation et prévention des risques lombaires: Classification des méthodes. *Medecine de Travail & Ergonomie*. 2001;XXXVIII:53-66.
- [217] Bhopal RS. *Concepts of Epidemiology: Integrating the Ideas, Theories, Principles and Methods of Epidemiology*: Oxford University Press; 2008.
- [218] Merrill RM. *Fundamentals of Epidemiology and Biostatistics*: Jones & Bartlett Publishers, Incorporated; 2012.
- [219] Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO. Introducción a la Ergonomía Forestal para países en Desarrollo*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1993.

- [220] Fao. Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 1993.
- [221] Instituto de Trabajo y Seguridad Social. ITSS. 7.2 Guía de Actuación Inspector en Factores Ergonómicos. 7 Guía de Actuación Inspector en Factores Ergonómicos. Madrid: ITSS; 2006.
- [222] Kemmlert K. A method assigned for the identification of ergonomic hazards. *Applied Ergonomics*. 1995;26:199-211.
- [223] Health & Safety Executive. HSE. Upper Limb Disorders in the Workplace. Caerphilly: HSE Books; 2002.
- [224] United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. OSHA. Ergonomics Program Management Guidelines For Meatpacking Plants. OSHA 3123. E.U.A.: OSHA; 1993 (Reprinted).
- [225] Li G, Buckle P. A practical method for the assesment of work-related musculoskeletal risk-Quick Exposure Check (QEC). *Human Factors and Ergonomics Society*. 1998;Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd annual meeting:1351-5.
- [226] David G, Woods V, Buckle P, Stubbs D. Further Development of the Quick Exposure Check (QEC). Robens Centre for Health Ergonomics, EIHMS, University of Surrey. 2003.
- [227] Selan JL. *The Advanced Ergonomics Manual*. Dallas: Advanced Ergonomics Inc.; 2002.
- [228] Wallernesteiner U, Training Desing JIT. *Principles and applications of ergonomics: reference manual*. Seattle, Washington: Joyce Institute; 1992.
- [229] Silverstein M. Ergonomics and regulatory politics: The Washington State case. *American Journal of Industrial Medicine*. 2007;50:391-401.
- [230] Washington State Department of Labour & Industries. Washington State Department of Labour & Industries. 2003.
- [231] Stetson DS, Keyserling WM, Silverstein BA, Leonard JA. Observational analysis of the hand and wrist: A pilot study. *Applied Occupational & Environmental Hygiene*. 1991;6:927-37.
- [232] Keyserling WM, Brouwer M, Silverstein BA. A checklist for evaluating ergonomic risk factors resulting from awkward postures of the legs, trunk and neck. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1992:283-301.
- [233] Keyserling WM, Stetson DS, Silverstein DS, M. L. Brouwer ML. A checklist for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. *Ergonomics*. 1993;36:807-31.
- [234] Mairiaux, Demaret J, Masset D, Vandoorne C. *Manuntentions Manuelles. Guide pour évaluer et prévenir les risques*. Bruxelles: Service public fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale; 2008.
- [235] Mairiaux, Vandoorne C. A simple risk assessment tool for use in ergonomics participatory processes. *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress (44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society)*. San Diego: Human Factors; 2000. p. 736-9.

- [236] Safe Work Australia. SWA. National Code of Practice for the Prevention of Musculoskeletal Disorders from Performing Manual Tasks at Work. Canberra: Australian Government; 2007.
- [237] Warren N. Work stress and musculoskeletal disorder etiology: The relative roles of psychosocial and physical risk factors. *Work*. 2001;17:221-34.
- [238] Buchholz B, Paquet V, Wellman H, Forde M. Quantification of previous termergonomicnext term hazards for ironworkers performing concrete reinforcement tasks during heavy highway construction. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 2003:243-50.
- [239] Lindstrom K, Wickstrom G, Riihimaki H, Nummi J, Wiikeri M, Saari J, et al. Reinforced concrete workers. Part 1. Working Conditions and State of Health-A Questionnaire; Part 2. Clinical Examination; Part 3. previous termErgonomicnext term Analysis. Helsinki, Finland: 3 Booklets; 1974.
- [240] Nurminen M. Reanalysis of the occurrence of back pain among construction workers. *Occupational and Environmental Medicine*. 1997:807-11.
- [241] Riihimaki H. Back pain and heavy physical work. *British Journal of Industrial Medicine*. 1985:226-32.
- [242] Riihimaki H, Mattsson T, Zitting A, Wickstrom G, Hanninen K, Waris P. Radiographically detectable degenerative changes of the lumbar spine among concrete reinforcement workers and house painters. *Spine*. 1990:114-9.
- [243] Saar J, Wickstrom G. Load on back in concrete reinforcement work. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 1978:13-9.
- [244] Wickstrom G. Symptoms and signs of degenerative back disease in concrete reinforcement workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 1978:54-8.
- [245] Forde MS, Buchholz B. Task content and physical ergonomic risk factors in construction ironwork. *Applied Ergonomics*. 2004;34:319-33.
- [246] Warren N, Sanders MJ. Chapter 10 - Biomechanical Risk Factors. In: Martha JS, Ma, Msosh, Otr/La2 - Martha J. Sanders MMOL, editors. *Ergonomics and the Management of Musculoskeletal Disorders (Second Edition)*. Saint Louis: Butterworth-Heinemann; 2004. p. 191-229.
- [247] Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*. 1986:779-84.
- [248] Cilveti Gubía S, Idoate García V. *Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica: Movimientos repetidos del miembro superior*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo; 2000.
- [249] McAtamney L, Hignett EN. RULA: A survey metod for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*. 1993;24:91-9.
- [250] McAtamney L, Hignett S. Rapid entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*. 2000;31:201-5.
- [251] Nogareda S. NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). *Notas Técnicas de Prevención*. 2003:1-6.

- [252] Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A. Application manuals for the revised NIOSH lifting equation DHHS (NIOSH). Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health Cincinnati. 1994:94-110.
- [253] Karhu O, Kansii P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*. 1977;8.4.:199-201.
- [254] Wilson JR, Corlett EN. *Evaluation of Human Work*. Boca Raton, FL: CRC Press; Taylor and Francis Group; 2005.
- [255] Scott GB, Lambe NR. Working practices in a perchery system, using the OVAKO Working Posture Analysing System (OWAS). *Applied Ergonomics*. 1996;27:281-4.
- [256] Zalabardo Bosch I. Metodología para el rediseño de los puestos de trabajo en el sector de la construcción. In: AEIPRO, editor. XVII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS - MURCIA 2001. Murcia2001.
- [257] Radermacher K, von Pichler KC, Erbse S, Boeckmann W, Rau G, Jakse G, et al. Using Human Factor Analysis and VR Simulation Techniques for the Optimization of the Surgical Worksystem. *Medicine meets virtual reality: health care in the information age*: IOS Press; 1996. p. 532-41.
- [258] Kee D, Karwowski W. LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*. 2001;32, 357-66.
- [259] Dul J, Douwes M, Smith P. Ergonomics guidelines for the prevention of discomfort of static postures can be based on endurance data. *Ergonomics*. 1994;807-15.
- [260] Milner N. *Modeling fatigue and recovery in static postural exercise*. Ph.D. Nottingham: University of Nottingham; 1985.
- [261] Putz-Anderson V, Galinski TL. Psychophysically determined work durations for limiting shoulder girdle fatigue for elevated manual work. *Int J Ind Ergon*. 1993;11, 9-28.
- [262] Zhang L, Helander MG, Drury CG. Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. *Human Factors and Ergonomics Society*. 1996;38:377-89.
- [263] Boussenna M, Corlett EN, Pheasant ST. The relations between discomfort and postural loading at the joints. *Ergonomics*. 1982;25 (4), 315-22.
- [264] Nogareda S. NTP 674: Evaluación de la carga postural: método de la Universidad de Lovaina; método LUBA. *Notas Técnicas de Prevención*. 2001.
- [265] Kee D, Karwowski W. An Assessment Technique for Postural Loading and on the Upper Body (LUBA). In: Marras WS, Karwowski W, editors. *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics The Occupational Ergonomics Handbook*. 2 ed: Taylor & Francis; 2006. p. 43.1-.8.
- [266] Llana Álvarez. FJ. *La ergonomía forense: pruebas periciales en prevención de riesgos laborales*. Valladolid, España: Lex Nova; 2007.

- [267] Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. UNE-EN 1005-1+A1. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones. 2002, 2009.
- [268] Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. UNE-EN 1005-2+A1. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes. 2004, 2009.
- [269] Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. UNE-EN 1005-3+A1. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas. 2002, 2009.
- [270] Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. UNE-EN 1005-4+A1. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas. . 2005, 2009.
- [271] Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. UNE-EN 1005-5. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia. 2007.
- [272] Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud de España. Comisión de Salud Pública. CSP. Protocolo de Neuropatías por Presión. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Consumo; 2000.
- [273] Corlett EN, Madeley SJ, Manenica I. Posture Targeting: A Technique for Recording Working Postures. *Ergonomics*. 1979;22:357-66.
- [274] Buchholz B, Paquet V, Punnet L, Moir S, Moir D. PATH: A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work. *Applied Ergonomics*. 1996;27:177-87.
- [275] Paquet V, Punnett L, Buchholz B. An evaluation of manual materials handling in highway. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1999:431-44.
- [276] Díaz Cachero C, Ipas Blanco M. Método de evaluación de carga física. *Mapfre Seguridad*. 1996;Segundo Trimestre:15-9.
- [277] Swat K. Working posture analysis system to evaluate postural stress in the workplace. *Ergonomics international 88: proceedings of the Tenth Congress of the International Ergonomics Association, 1-5 August 1988*. Sydney: Taylor & Francis; 1988.
- [278] Armstrong TJ. Upper extremity posture: definition, measurement and control. *Ergonomics of working posture Models, methods and cases*. London: Taylor & Francis; 1986. p. 59-73.
- [279] Armstrong TJ, Bir C, Foulke J, Martin B, Finsen, L.Søgaard G. Muscle responses to simulated torque reactions of hand-held power tools. *Ergonomics*. 1999;42:146-59.
- [280] Colombini D, Grieco A, Occhipinti E. Occupational musculoskeletal disorders of the upper limbs due to mechanical overload. *Applied Ergonomics (special issue)*. 1998:vol 41.

- [281] Rojas Picazo A, Ledesma de Miguel J. NTP 629: Movimientos repetitivos: métodos de evaluación Método OCRA: actualización. Madrid: INSHT; 2001.
- [282] Rocker N, Moore JS. Predictive validity of the strain index in manufacturing facilities. *Applied occupational and environmental hygiene*. 2010;63-73.
- [283] Bao S, Spielholz P, Howard N, Silverstein B. Application of the Strain Index in multiple task jobs. *Applied Ergonomics*. 2009;40, 56-68.
- [284] Moore JS, Garg A. The Strain Index: A proposed method to analyze jobs. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1995;56:443-58.
- [285] Kadefors R. 29.61 Diseño de los Sistemas de Trabajo. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid: OIT; 2001. p. 61-4.
- [286] Sperling L, Dahlman S, Wikström L, Kilborn A, Kadefors R. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. *Applied Ergonomics*. 1993;24:212-20.
- [287] Foundation A. Guidelines on Physical Workload for the Construction Industry. Amsterdam: Arbouw Foundation; 1997.
- [288] International Organization for Standardization. ISO. ISO/CD 11228. Ergonomics. Manual handling. Part 1: Lifting and carrying. 2003.
- [289] International Organization for Standardization. ISO. ISO CD/11228. Ergonomics. Manual handling. Part 2: Pushing and pulling. 2007.
- [290] International Organization for Standardization. ISO. ISO CD/11228. Ergonomics. Manual handling. Part 3: Handling of low at high frequency. 2007.
- [291] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. INSHT. Guía para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la Manipulación manual de cargas. Madrid: INSHT; 2003.
- [292] Jäger M, Luttmann A. Critical Survey on the biomechanical criterion in the NIOSH method for design and evaluation of human lifting tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1999;23, 331-7.
- [293] Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. 1993;36:749-76.
- [294] Keyserling WM, Armstrong TJ, Punnett L. Ergonomic Job Analysis: A Structured Approach for Identifying Risk Factors Associated with Overexertion Injuries and Disorders. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 1991;6:353-63.
- [295] Nogareda S, Canosa MM. NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación de NIOSH. INSHT. 1997.
- [296] Senior Labour Inspectors Committee S. Campaign on Manual Handling of Loads. The KIM Tool - Key Indicator Method 2008.
- [297] Steinberg U, Caffier G, Liebers F. Assessment of Manual Material Handling based on Key Indicators – German Guidelines. In: Karwowski W, editor. *Handbook of Standards in Ergonomics and Human Factors*. Mahwah, New Jersey, London: Human Factors and Ergonomics; 2006. p. 319-38.

- [298] Health & Safety Executive. HSE. Manual handling assessment chart (MAC) tool. Musculoskeletal disorders 2003.
- [299] Health & Safety Executive. HSE. Health & Safety Executive (HSE). Assessment of Repetitive Tasks (ART) tool 2010.
- [300] Ketola R, Toivonen R, Viikari-Juntura E. Interobserver repeatability and validity of an observation method to assess physical loads imposed on the upper extremities. *Ergonomics*. 2001;44:119-31.
- [301] Ijioui R, Emmerich H, Cey M. The Change of REFA Methods by Supply Chain Event Management Considering Globalisation Strategies and Tactics in Supply Chain Event Management. Springer Berlin Heidelberg; 2008. p. 325-9.
- [302] Mondelo PR, Bombardo P, Blasco EG. *Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya (Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña); 1999.
- [303] REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. Hrsg. *Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 1: Grundlagen*. München: Carl Hanser Verlag; 1984.
- [304] Rodgers SH. Job evaluation in worker fitness determination. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 1988;3:219-39.
- [305] Rodgers SH. A functional job evaluation technique, in *Ergonomics. Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 1992;7:679-711.
- [306] International Organization for Standardization. ISO. ISO 11226. *Ergonomics. Evaluation of static working postures*. 2000.
- [307] Delleman NJ, Dul J. *Static Work Load and Endurance Times*. *Ergonomics in manufacturing: raising productivity through workplace improvement*. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers; 1998. p. 135-50.
- [308] Miedma MC, Douwes M, Dul J. Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1997;9:18.
- [309] International Organization for Standardization. ISO. ISO 7250-1. *Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks*. 2008.
- [310] Snook SH, Campanelli RA, Hart JW. A study of three preventive approaches to low back pain. *Journal of Occupational*. 1978;20:478-81.
- [311] Benson J. *Application of manual handling task redesign in the control of low back pain*. Amsterdam: Asfour, S.S. (Ed) *Trends in Ergonomics/Human Factor IV*, Elsevier; 1987.
- [312] Snook SH. Approaches to the control of back pain in industry: job design, job placement, and education/training. *Occupational Medicine*. 1988;3:45-59.
- [313] Ciriello VM, Snook SH. Survey of Manual Handling Task. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1999;23, 149-56.
- [314] Ciriello VM, Snook SH, Hashemi L, Cotnam J. Distribution of manual materials handling task parameters. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1999b;24, 379-88.

- [315] Liberty Mutual. Liberty Mutual Manual Materials Handling Tables. Liberty Mutual Manual Materials Handling Tables 2011.
- [316] Liberty Mutual. Liberty Mutual Manual Materials Handling Guidelines. Liberty Mutual Group; 2004.
- [317] Franzblau A, Armstrong TH, Werner RA, Ulin SS. A Cross-Sectional Assessment of the ACGIH TLV for Hand Activity Level. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 2005;15:57-67.
- [318] Latko WA, Armstrong TJ, Foulke JA, Herrin GD, Rouborn RA, Ulin SS. Development and Evaluation of an Observational Method for Assessing Repetition in Hand Tasks. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1997;58:278-85.
- [319] Latko WA. Development and Evaluation of an Observational Method for Quantifying exposure to hand activity and other physical stressors in manual work. *Mechanical Engineering*. 1997.
- [320] American Conference of Industrial Hygienists. ACGIH®. Hand Activity Level: TLV® Physical Agents 7th Edition Documentation. Cincinnati: ACGIH®; 2009.
- [321] Ministerie van Soziale Zakenn en Werkgelegenheid M. HARM: Hand Arm Risicobeoordelings Methode. *Arboportaal* 2008.
- [322] Nogareda S, Álvarez A. NTP 622. Carga postural. Técnica goniométrica. *Notas Técnicas de Prevención*. 2001:1-10.
- [323] Miralles Marrero RC, Castro Vázquez R, Monterde Pérez S. Sistemas de Medida. *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Barcelona: Elsevier Masson; 2007. p. 12-9.
- [324] Surós Batlló A, Surós Batlló J. *Semiología médica y técnica exploratoria*. Barcelona: Masson (Elsevier Doyma); 2001.
- [325] Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). ERGO/IBV versión 9.1 (publicación en línea). Disponible en: <http://www.ibv.org/> con acceso: 10/09/2011). Instituto de Biomecánica de Valencia 2011.
- [326] Firstbeat. Firstbeat Products. (publicación en línea). Disponible en: <http://www.firstbeat.fi/> con acceso: 3/09/2011). 2011.
- [327] Fransson-Hall C, Gloria R, Kilbom A, Karlqvist JW, Wiktorin C, Group SMS. A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Applied Ergonomics*. 1995;26:93-100.
- [328] Geuß H, Krist R, Seidl A. RAMSIS - ein System zur Erhebung und Vermessung dreidimensionaler Körperhaltungen von Menschen zur ergonomischen Auslegung von Bedien- und Sitzplätzen im Auto. München: Ingenieurbüro für Ergonomie, TU; 1995.
- [329] Wiktorin C, Mortimer M, Ekenvall L, Kilbom A, Hjelm EV. HARBO, a simple computer-aided observation method for recording work postures. *Scandinavian journal of work, Environment & Health*. 1995;21:440-9.

- [330] Persson J, Kilbom A. VIRA: en enkel videofilmteknik för registrering och analys av arbetsställningar och rörelser. Solna: Arbetsmiljöinstitutet, Förlagstjänst; 1983. p. 10,23.
- [331] Holzmann P. ARBAN—A new method for analysis of ergonomic effort. *Applied Ergonomics*. 1982;13:82-6.
- [332] Holzmann P. The ERGAN® Method 2001.
- [333] Chung MK, Lee I, Kee D. Quantitative postural load assessment for whole body manual tasks based on perceived discomfort. *Ergonomics*. 2005;48:492-505.
- [334] Chung MK, Lee I, Kee D, Kim SH. A postural workload evaluation system based on a macro-postural classification. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 2002;12:267-77.
- [335] Chung MK, Lee I, Kee D. Assessment of postural load for lower limb postures based on perceived discomfort. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2003;31:17-32.
- [336] Chung MK, Lee I, Kee D. Effect of stool height and holding time on postural load of squatting postures. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2003;32:209-317.
- [337] University of Michigan. UM. University of Michigan. 3D Static Strength Prediction Program. University of Michigan 3D Static Strength Prediction Program 2011.
- [338] Mirka G, Shin G. Low Back Injury Risk Assessment Tools. In: Marras WS, Karwowski W, editors. *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics The Occupational Ergonomics Handbook*. 2 ed: Taylor & Francis; 2006. p. 35.1-11.
- [339] Instituto Mapfre. Instituto MAPFRE Ergonomía. Instituto MAPFRE Ergonomía 2011.
- [340] Ergoweb. The Place for Ergonomics™ (publicación en línea). Disponible en: <http://www.ergoweb.com/> (con acceso: 23/03/2011). 2011.
- [341] Kadefors R, Forsman M. Operator based ergonomic assessment of complex video sequences. *Proceedings of IEA'97*. Tampere, Finland: International Ergonomics Association; 1997. p. 416–8.
- [342] Forsman M. VIDAR (publicación en línea). Disponible en: <http://www.vidarweb.se> (con acceso: 30/10/2010). 2007.
- [343] Kadefors R, Forsman M. Ergonomic evaluation of complex work: a participative approach employing video-computer interaction, exemplified in a study of order picking. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2000;25:435-45.
- [344] van der Beek AJ, van Gaalen LC, Frings-Dresen M. Working postures and activities of lorry drivers: a reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer. *Applied Ergonomics*. 1992;23:331-6.
- [345] Frings-Dresen M, Kuijter P. The TRAC-system: An observation method for analysing work demands at the workplace. *Safety Science*. 1995;21:163-5.

- [346] van der Molen HF, Kuijjer PP, Hopmans PP, Houweling AG, Faber GS, Hoozemans MJ, et al. Effect of block weight on work demands and physical workload during masonry work. *Ergonomics*. 2008;51:3555-366.
- [347] van der Molen HF, Molc E, Kuijjer P, Frings-Dresen MH. The evaluation of smaller plasterboards on productivity, work demands and workload in construction workers. *Applied Ergonomics*. 2007;38:681-6.
- [348] NEXGEN Ergonomics. (publicación en línea). Industrial Lumbar Motion™. Disponible en: <http://www.nexgenergo.com/ergonomics/lumbarmm.html> (con acceso: 9/05/2011). 2011.
- [349] Wells E, Moorea A, Potvina J, Normana R. Assessment of risk factors for development of work-related musculoskeletal disorders (RSI). *Applied Ergonomics*. 1994;25:157-64.
- [350] Ahlbom A, Alfredsson L, Alfvén T, Bennet A. *Fundamentos de epidemiología*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, S.A.; 2007.
- [351] Rayo Bordonada MA, Damián Moreno J. *Método Epidemiológico*. Madrid: Escuela Nacional de Sanidad (ENS). Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Ciencia e Innovación.; 2009.
- [352] Baker EL, Melius JM, Millar JD. Surveillance in Occupational Illness and Injury: Concepts and Content. *American Journal of Public Health*. 1989;79:9-11.
- [353] Castorina JS, Rosenstock LR. Physician Shortage in Occupational and Environmental Medicine. *Annals of Internal Medicine*. 1990;113:983-6.
- [354] Owen C, Béguin P, Wackers GL. *Risky Work Environments: Reappraising Human Work Within Fallible Systems*: Ashgate; 2009.
- [355] Gordon JE. The epidemiology of accidents. *American journal of public health and the nation's health*. 1949;39:504-15.
- [356] Heinrich HW. The accident sequence. *Safety Talks*. 1934:1-5.
- [357] Kjellén U. *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*. London: Taylor&Francis; 2000.
- [358] Knox NW, Eicher RW. *Mort User's Manual for Use with the Management Oversight and Risk Tree Analytical Logic Diagram*. Idaho Falls, Idaho 1992.
- [359] Lehto M, Salvendy G. Models of accident causation and their application: Review and reappraisal. *Journal of Engineering and Technology Management*. 1991;8:173-205.
- [360] O'Hare D. The 'wheel of misfortune': A taxonomic approach to human factors in accident investigation and analysis in aviation and other complex systems. *Ergonomics*. 2000;43:2001-19.
- [361] Svenson O. The accident evolution and barrier function (AEB) model applied to incident analysis in the processing industries. *Risk Analysis*. 1991;11:499-507.
- [362] Factor R, Mahalel D, Yair G. The social accident: A theoretical model and a research agenda for studying the influence of social and cultural characteristics on motor vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention*. 2007;39:914-21.

- [363] Hollnagel E. Barriers and Accident Prevention. Burlington, VT: Ashgate; 2004.
- [364] Santos-Reyes J, Beard AN. A systemic analysis of the Edge Hill railway accident. *Accident Analysis and Prevention*. 2009;41:1133-44.
- [365] Bestraten Belloví M, Gil Fisa A, Piqué Ardanuy T. NTP 592: La gestión integral de los accidentes de trabajo (I): tratamiento documental e investigación de accidentes. *Notas Técnicas de Prevención*. 1999:1-8.
- [366] Lundberg J, Rollenhagen C, Hollnagel E, Rankin A. Strategies for dealing with resistance to recommendations from accident investigations. *Accident Analysis & Prevention*. 2012;45:455-67.
- [367] Katsakiori P, Sakellaropoulos G, Manatakis E. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Science*. 2009;47:1007-15.
- [368] Jacinto C, Aspinwall E. A survey on occupational accidents' reporting and registration systems in the European Union. *Safety Science*. 2004;42:933-60.
- [369] Gordis L. *Epidemiología*: Elsevier; 2005.
- [370] Barrenechea Suso J. Ley de prevención de riesgos laborales [texto anotado y concordado con reglamentos de desarrollo]. 4. ed. actualizada ed. Ed. Deusto: Barcelona; 2004.
- [371] Dessler G. Administración de personal. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México; 2001.
- [372] Giacomini J, Screti A. Self-reported upper body discomfort due to driving: effect of driving experience, gender and automobile age: Durch den Fahrer selbst erfasste Oberkörperbeschwerden beim Lenken: Einfluss von Fahrerfahrung, Geschlecht und Alter auf die Bewertung: GRIN Verlag; 2010.
- [373] Korolija N, Lundberg J. Speaking of human factors: emergent meanings in interviews with professional accident investigators. *Safety Science*. 2010;48 157–65.
- [374] Saunders M, Lewis P, Thornhill A. Research methods for business students. Harlow: Pearson Education Limited; 2009.
- [375] Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 1951;16:297-334.
- [376] Miller-Keane, Miller BF, O'Toole MT. Miller-Keane encyclopedia and dictionary of medicine, nursing, and allied health. 7th ed: Saunders Elsevier; 2005.
- [377] Sadegh-Zadeh K. Fundamentals of clinical methodology: 2. Etiology. *Artificial Intelligence in Medicine*. 1998;12:227-70.
- [378] Troup JDG, Videman T. Inactivity and the aetiopathogenesis of musculoskeletal disorders. *Clinical Biomechanics*. 1989;4:173-8.
- [379] Benavides FC, García AM, Ruiz-Frutos C. La salud y sus determinantes. In: Benavides FC, García AM, Ruiz-Frutos C, Delclós J, editors. *Salud Laboral Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales*. 3ª ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2007. p. 3-14.

- [380] Arcos González P. Metodología de la investigación. In: Arcos González P, Castro Delgado R, editors. Manual de Medicina de Urgencia y Emergencia. 1 ed. Oviedo: Universidad de Oviedo; 2009. p. 181-96.
- [381] Swanborn P. Case Study Research: What, Why and How?: SAGE Publications; 2010.
- [382] Colimón KM. Fundamentos de epidemiología: Díaz de Santos; 1990.
- [383] Nag PK. Listas de Comprobación. ILO Encyclopedia of Occupational Health and Safety Geneva 1998. p. 2914-24.
- [384] Rohmert W, Haider E, Landau K. Entwicklung und Anwendung eines Arbeitswissenschaftlichen Erhebungsverfahrens zur Tätigkeitsanalyse zum Anforderungsbereich Handlung (H-AET). International Archives of Occupational and Environmental Health. 1979;43:17-35.
- [385] Landau K, Rohmert W. AET - A new job analysis method. Detroit, MI, Engl: AIEE; 1981. p. 751-60.
- [386] Guélaud F, Beauchesne MN, Gautrat J, Roustang G. Recherches d'indicateurs sociaux concernant les conditions de travail, 1er partie. LEST-CNRS. 1972.
- [387] Fundación Mapfre. Manual de Ergonomía. Madrid: Editorial MAPFRE, 54-111; 1995.
- [388] Régie nationale des usines Renault. Services des conditions de travail R. Les profils de postes: méthode d'analyse des conditions de travail. Paris: Masson; 1976.
- [389] Rescalvo Santiago F. Ergonomía y Salud: Junta de Castilla y León; 2004.
- [390] Sherehiy B, Karwowski W. Subjective Scales of Effort and Workload Assessment. In: Marras WS, Karwowski W, editors. Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics The Occupational Ergonomics Handbook. 2 ed: Taylor & Francis; 2006. p. 37.1-.17.
- [391] Hart SG, Stavenland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. Human Mental Workload. 1988.
- [392] Hart SG. NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting. 2006:904-8.
- [393] Fagor. Método de Evaluación de las Condiciones del Trabajo. Pamplona: Navarra: Fagor; 1986.
- [394] Piotet F, Mabile J. Conditions de travail, modes d'emploi. Paris: Editions de l'ANACT; 1984.
- [395] Malchaire JB, Indesteege B. Troubles musculosquelettiques - analyse du risque. Institut National de Recherche sur las Conditions de Travail. 1997.
- [396] Ahonen M, Launis M, Kuorinka T. Ergonomic workplace analysis. Ergonomics Section, Finnish Institute of Occupational Health. Helsinki: Arbetshälsoninstitutet; 1989.

- [397] Hakkarainen P, Ketola R, Nevala N. Reliability and usability of the ergonomic workplace method for assessing working environments. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 2011;12:367–78.
- [398] Dvir D, Lipovetsky S, Shenhar A, Tishler A. In search of project classification: a non-universal approach to project success factors. *Research Policy*. 1998;27:915-35.
- [399] Tang H. Construct for Excellence. Report of the Construction Industry Review Committee. In: Committee CIR, editor. Hong Kong: HKSAR Government; 2001.
- [400] Mattila M, Karwowski W, Vilkki M. Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. *Applied Ergonomics*. 1993;24:405-12.
- [401] Albers J, Estill C, MacDonald L. Identification of ergonomics interventions used to reduce musculoskeletal loading for building installation tasks. *Applied Ergonomics*. 2005;36:427-39.
- [402] Antonsen S. *Safety Culture: Theory, method and Improvement*. Surrey, England: Ashgate; 2009.
- [403] Borys D. The role of safe work method statements in the Australian construction industry. *Safe Science*. 2012;50:210-20.
- [404] Everett J. Ergonomic analysis of construction tasks for risk factors for overexertion injuries. NIOSH Grant 5 R03 OH03154-02, Technical Report UMCEE 96-27. Ann Arbor: Department of Civil & Environmental Engineering, University of Michigan 1997.
- [405] Koskela L. Lean production in construction. In: Alarcon L, editor. *Lean Construction*: Taylor & Francis; 1997.
- [406] von Hagen CR, Stucky W. *Business-Process- Und Workflow-Management: Prozessverbesserung Durch Prozess-Management: Vieweg+teubner Verlag*; 2004.
- [407] Meyers FE. *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. México: Pearson Educación de México; 2000.
- [408] Nüllen H, Noppeney T. *Lehrbuch Qualitätsmanagement in der Arztpraxis: Entwicklung und Einführung eines QMS: Dt. Ärzte-Verlag*; 2007.
- [409] Ashby L, Tappin D, Bentley T. Evaluation in industry of a draft code of practice for manual handling. *Applied Ergonomics*. 2004;35:293-300.
- [410] Suñé Torrents A, Arcusa Postils I, Gil Vilda F. *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 2004.
- [411] Heizer J, Render B. *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación de México; 2004.
- [412] Vallhonrat JM, Bou JMV, Corominas A. *Localización, Distribución en Planta Y Manutención*: Marcombo; 1991.
- [413] American Society of Mechanical Engineers. Special committee on standardization of therbligs pc, symbols t. A.S.M.E. standard operation and flow process charts: The American society of mechanical engineers; 1947.

- [414] Juran JM. Juran y el liderazgo para la Calidad: Manual para ejecutivos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 1990.
- [415] Long S, Bujac PDB, Woodcock DC, Preston ML, Rushton AG, Cumming IW. Engineering line diagram development from process flowsheets: Part 1: Shortfalls in current practice. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2000;13:459-65.
- [416] Paquet V. The previous ergonomic exposures in construction work. ScD Dissertation. Lowell: University of Massachusetts Lowell; 1998.
- [417] Health & Safety Executive HSE. Investigating Accidents and Incidents. Caerphilly: HSE Book 2004.
- [418] Vispe Román C, Bascuas Hernández J, Martínez Jarreta B, Alcalde Lapedra V. Propuesta de un método de valoración de daño por lesión musculoesquelética como instrumento de prevención terciaria. *Mapfre Medicina*. 2007;18:45-52.
- [419] National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Columbia: U.S. Department of Health and Human Services; 1997.
- [420] Bami J, Amalberti R. La sécurité du patient en médecine générale. Paris: Springer Verlag; 2010.
- [421] Urbano C, Yuni J. Técnicas para investigar 2. Córdoba, Argentina: Brujas; 2006.
- [422] Wood MJ, Kerr JC. Basic Steps in Planning Nursing Research: From Question to Proposal: Jones & Bartlett Learning, LLC; 2011.
- [423] Ibáñez AA, Martín AFAL. El proceso de la entrevista: Conceptos y modelos: Limusa; 1988.
- [424] Umaña Montero E. Prácticas Organizacionales Y Técnicas de Entrevista en la Gestión Potencial Humano: Euned; 2007.
- [425] Jezukaitis P, Kapur D. Management of occupation-related musculoskeletal disorders. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2011;25:117-29.
- [426] Barber J. Tratamiento del dolor mediante hipnosis y sugestión: una guía clínica. Bilbao: Desclée de Brouwer; 2000.
- [427] Patterson DR. Clinical Hypnosis for Pain Control: American Psychological Association; 2010.
- [428] Alonso Benito LE. La mirada cuantitativa en sociología: una aproximación interpretativa. Madrid: Fundamentos; 2003.
- [429] Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. 1932;22:55.
- [430] Salkind NJ. Métodos de Investigación. México: Prentice Hall; 1999.

- [431] Forde MS, Punnett L, Wegman DH. Pathomechanisms of work-related musculoskeletal disorders: conceptual issues. *Ergonomics*. 2002;45:619-30.
- [432] Rothman KJ. *Modern Epidemiology*. Boston/Toronto: Little, Brown and Company; 1986.
- [433] Stolley PD, Schlesselman JJ. *Case-control studies: design, conduct, analysis*. Oxford (Oxfordshire): Oxford University Press; 1982.
- [434] Abramson JH, Durán A. *Métodos de Estudio en Medicina Comunitaria: Una Introducción a Los Estudios Epidemiológicos y de Evaluación*: Díaz de Santos; 1990.
- [435] Szklo M, Nieto FJ. *Epidemiology: Beyond the Basics*. 2 ed. London: Jones and Bartlett Publishers; 2007.
- [436] Sorock GS, Courtney TK. Epidemiologic concerns for ergonomists: illustrations from the musculoskeletal disorder literature. *Ergonomics*. 1996;39:562-78.
- [437] Xunta de Galicia, Organización Panamericana de la Salud. *Epidat*. 2011. Análisis de datos tabulados.
- [438] Rivero JMS, Palomino Márquez T, González Barriga JM. *El coordinador de seguridad y salud*. 2a edición: Fundación Confemetal; 2006.
- [439] Wamelink JWF, Stoffele M, Aalst. WMPvd. *Workflow Management in Construction: Opportunities for the Future*. In: K. Agger, Christiansson P, R. Howard, editors. *Proceedings of CIB W78 conference 2002: Distributing Knowledge in Building*. Aarhus, Denmark 2002. p. 115-22.
- [440] Soles T. MSDs in the sheet metal, mechanical, air-conditioning, and plumbing trades. In: Albers J, Estill C, MacDonald L, editors. *Proceedings of a Meeting to Explore the Use of Ergonomics Interventions for the Mechanical and Electrical Trades : Pipe Trade Training Center, San Jose, California, February 25-26, 2002*. San Jose, California: Department of Health and Human Services (DHHS), Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); 2002. p. 21-3.
- [441] Rosecrance J. MSD and injuries among workers in the mechanical and electrical trades. In: Albers J, Estill C, MacDonald L, editors. *Proceedings of a Meeting to Explore the Use of Ergonomics Interventions for the Mechanical and Electrical Trades : Pipe Trade Training Center, San Jose, California, February 25-26, 2002*. San Jose, California: Department of Health and Human Services (DHHS), Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); 2002. p. 17-20.
- [442] Albers J, Estill C, MacDonald L. Identification of ergonomics interventions used to reduce musculoskeletal loading for building installation tasks. *Applied Ergonomics*. 2005;36:427-39.
- [443] Serranheira F, Uva AS. Avaliação do risco de lesões músculo-esqueléticas do membro superior ligadas ao trabalho (LMEMSLT): aplicação dos métodos RULA e Strain Index. *Saúde & Trabalho*. 2000;3:43-60.

- [444] Jones T, Kumar S. Comparison of ergonomic risk assessments in a repetitive high-risk sawmill occupation: Saw-filer. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2007;37:744-53.
- [445] Kee D, Karwowski W. A Comparison of Three Observational Techniques for Assessing Postural Loads in Industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2007;3:3-14.
- [446] Primal Pictures. *Anatomy.TV. AnatomyTV2009*.
- [447] Ramilo Álvarez J. Sistema osteoarticular. *Semiología Médica Fisiopatología, Semiología y Propedéutica*. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2005. p. 199-283.
- [448] Andersson GBJ. The epidemiology of spinal disorders. In: Frymoyer JW, editor. *The Adult Spine: Principles and Practice*. 2 ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1997. p. 93-141.
- [449] Nelson NA, Hughes RE. Quantifying relationships between selected work-related risk factors and back pain: A systematic review of objective biomechanical measures and cost-related health outcomes. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2009;39:202-10.
- [450] Rugelj D. Low back pain and other work-related musculoskeletal problems among physiotherapists. *Applied Ergonomics*. 2003;34:635-9.
- [451] Krismer M, van Tulder M. Low back pain (non-specific). *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2007;21:77-91.
- [452] Fredriksson K, Bildt C, Hägg G, Kilbom Å. The impact on musculoskeletal disorders of changing physical and psychosocial work environment conditions in the automobile industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2001;28:31-45.
- [453] Li JY, Wang S, He LH, Wu SS, Yang L, Yu SF, et al. Risk Factors of Low Back Pain among the Chinese Occupational Population: A Case-control Study. *Biomedical and Environmental Sciences*. 2012;25:421-9.
- [454] Hoozemans MJM, van der Beek AJ, Frings-Dresen, W. MH, van der Molen HF. Evaluation of methods to assess push/pull forces in a construction task. *Applied Ergonomics*. 2001;32:509-16.
- [455] Moriguchi CS, Carnaz L, Veiersted KB, Hanvold TN, Hæg LB, Hansson G-Å, et al. Occupational posture exposure among construction electricians. *Applied Ergonomics*. 2013;44:86-92.
- [456] Mintzberg H. La organización profesional. In: Hall P, editor. *El proceso estratégico: conceptos, contextos y casos*. México: Pearson; 1997. p. 308-20.
- [457] Gatchel RJ. Psychosocial factors that can influence the self-assessment of function. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 2004;14:197-206.
- [458] Menéndez Díez F, Fernández Zapico F, Llana Álvarez F, Vázquez González I, Rodríguez Getino JA, Espeso Expósito M. *Formación superior en prevención de riesgos laborales: parte obligatoria y común*. Valladolid: Lex Nova; 2009.

- [459] Dresder D, Bigelow P, Vic P, Garritano.E., Carland N, Wells R. Spreading good ideas: A case study of the adoption of an innovation in the construction sector. *Applied Ergonomics*. 2009;40:826-32.
- [460] Díaz Zazo P. *Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad y salud laboral*. Paracuellos del Jarama: Paraninfo; 2009.
- [461] Markowitz SB. Sistemas de vigilancia y notificación de enfermedades profesionales. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid: OIT; 2001. p. 32.2-8.
- [462] Haslam RA, Hide SA, Gibb AGF, Gyi DE, Pavitt T, Atkinson S, et al. Contributing factors in construction accidents. *Applied Ergonomics*. 2005;36:401-15.
- [463] Panaia M. *El sector de la construcción: un proceso de industrialización inconcluso*. Buenos Aires: Nobuko; 2004.
- [464] Savall H. *Enrichir le travail humain dans les entreprises et les organisations*. Paris: Dunod; 1975.
- [465] Rubio Romero JC. Criterios generales de gestión de la seguridad y salud. *Manual de coordinación de seguridad y salud en las obras de construcción*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 2005. p. 73-98.
- [466] Rich GJ. Massage Therapy: Significance and Relevance to Professional Practice. *Professional Psychology: Research and Practice*. 2010;41:325-32.
- [467] Thomas R W. National efforts to identify research issues related to prevention of work-related musculoskeletal disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004;14:7-12.
- [468] Zabalegui L. *La medida de la personalidad por cuestionarios: Guía práctica: MMPI, 16PF, EPI: UPCM*; 1990.