

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ÁREA DE POSGRADO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



"Análisis de estaciones de trabajo y diseño de sistemas ergonómicos en operaciones del sector industrial metal mecánico y su impacto en la fatiga"

TESIS

**que presenta para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS en el
campo de conocimiento de INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Ing. Juan Carlos Preciado Vizcaíno.

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. ELVIRA AURORA RODRÍGUEZ VELARDE

Mexicali, B. C.

Octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por apoyarme en todo momento para cumplir una meta más en mi vida, por hacer de este camino un sendero de luz en medio de la oscuridad. Mi más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la confianza depositada para el desarrollo de esta tesis.

Gracias a Dios por brindarme la fortaleza necesaria para culminar este proyecto y encontrar las ideas y palabras adecuadas en medio del más profundo dolor.

Gracias a todos aquellos que de alguna forma contribuyeron en el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
Agradecimientos	i
Índice de contenido	ii
Índice de figuras	viii
Índice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Hipótesis y objetivos	xv
Metas	xvi
Metodología y justificación	xvii

Capítulo 1. Conceptos de ergonomía

1.1. Historia de la ergonomía	1
1.2. ¿Qué es la ergonomía?	5
1.2.1. Descripción	5
1.2.2. Dominio de la ergonomía	6
1.2.2.1. Ergonomía cognitiva	6
1.2.2.2. Ergonomía física	6
1.2.2.3. Ergonomía organizacional	7
1.3. Ámbitos de la ergonomía	.8
1.3.1. Diseño de productos	.8
1.3.2. Diseño de puestos de trabajo	10
1.3.3. Consideraciones universales de diseño	11
1.3.4. Diseño del trabajo manual	12
1.3.4.1. Sistema óseo muscular	12
1.3.4.2. Logro de la máxima fuerza muscular en el rango medio de movimiento	14
1.3.4.3. Logro de la máxima fuerza muscular con movimientos lentos	14
1.3.4.4. Uso del momento para ayudar al trabajador siempre que sea posible	15
1.3.4.5. Diseñar tareas para optimizar la capacidad de la fuerza humana	15

1.3.4.6. Uso de músculos grandes para tareas que requieren fuerza	16
1.3.4.7. Uso de ciclos de trabajo-reposo intermitentes, frecuentes y cortos	16
1.3.4.8. Diseño de tareas para que la mayoría de los trabajadores puedan realizarlas	17
1.3.4.9. Uso de poca fuerza para movimientos precisos o control motoriz fino	18
1.3.4.10. Inicio y terminación de movimientos con ambas manos al mismo tiempo	19
1.3.4.11. Movimientos simétricos y simultáneos de ambas manos desde y hacia el centro del cuerpo	19
1.3.4.12. Uso del ritmo natural del cuerpo	20
1.3.4.13. Uso de movimientos curvos continuos	21
1.3.4.14. Uso de la clasificación de movimientos práctica más baja.	21
1.3.4.15. Trabajo con manos y pies al mismo tiempo	22
1.3.5. Diseño de estaciones de trabajo	22
1.3.5.1. Antropometría y diseño	22
1.3.5.2. Las fuentes de variabilidad de los datos antropométricos	26
1.3.5.3 Conceptos estadísticos para las aplicaciones de la antropometría	29
1.3.5.4. Diseños de espacios de trabajo	31
1.3.5.4.1. Conceptos básicos	31
1.3.5.4.2. Nuevas tecnologías en los proyectos	33
1.3.5.4.3. La génesis del proyecto.	33
1.3.5.4.4. La metodología sociotécnica como instrumento evaluador	35
1.3.5.4.5. Determinar la altura de la superficie de trabajo según la altura del codo	37
1.3.5.4.6. Ajustar la altura de la superficie de trabajo según la tarea que se realiza	37

1.3.5.4.7. Alentar la flexibilidad en la postura	39
1.3.5.4.8. Tapetes antifatiga para operarios que trabajan de pie	47
1.3.5.4.9. Localizar todas las herramientas y materiales dentro del área normal de trabajo	47
1.3.5.4.10. Localizaciones fijas para todas las herramientas y materiales que permitan la mejor secuencia	49
1.3.5.4.11. Arreglo óptimo de herramientas, controles y otros componentes para minimizar los movimientos	49
1.3.5.4.12. Usar códigos de forma, textura y tamaño para los controles.	50
1.3.5.4.13. Usar el tamaño, desplazamiento y resistencia de los controles adecuados	52
1.3.5.4.14. Fatiga muscular	54
1.3.5.4.15. Fatiga mental	55
1.3.5.4.16. Método RULA	57
1.3.5.4.17. Método LEST	60
1.3.5.5. Diseños de entornos de trabajo	62
1.3.5.5.1. Iluminación	62
1.3.5.5.2. Ruido	63
1.3.5.5.3. Temperatura	64

Capítulo 2. Estado del arte.

2.1. La ergonomía en instituciones de educación superior y el sector metalmecánico	66
---	----

Capítulo 3. Análisis ergonómico en instituciones educativas.

3.1. Revisión de elementos metodológicos de referencia	69
3.1.1. Norma ISO 7250	69
3.1.2. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo	71
3.2. Diagnóstico de las instalaciones del laboratorio de ingeniería industrial de la Universidad Autónoma de Baja California como análisis preliminar de aplicación al sector industrial metal mecánico	73
3.2.1. Matriz de riesgos	73
3.2.2. Formulación de encuestas de levantamiento de información	74
3.2.3. Validación del instrumento de encuestas	75
3.2.4. Levantamiento de información	75
3.2.5. Aplicación de encuestas y entrevistas	76
3.2.6. Listas de verificación	77
3.2.7. Mediciones antropométricas	79
3.2.8. Interpretación de resultados	87

Capítulo 4. Aplicación y experimentación de la ergonomía en el sector metalmecánico.

4.1. Análisis y diseño de sistemas ergonómicos en la industria metal mecánica bajo el enfoque de distribución por proceso	97
4.1.1. Presentación de la organización	97
4.1.2. Descripción de las estaciones de trabajo y equipos	98
4.1.3. Matriz de riesgos	100
4.1.4. Aplicación de encuestas y entrevistas	103
4.1.5. Aplicación de listas de verificación	106
4.1.6. Mediciones antropométricas y obtención de indicadores	118

4.1.7. Mediciones ergonómicas en centro de maquinado	.	.	.	.	.	.	122
4.1.7.1. Iluminación	.	.	.	.	.	.	122
4.1.7.2. Ruido	.	.	.	.	.	.	130
4.1.7.3. Temperatura	.	.	.	.	.	.	133
4.1.7.4. Método RULA	.	.	.	.	.	.	138
4.1.7.5. Método LEST.	.	.	.	.	.	.	153

Capítulo 5. Propuesta y resultados.

5.1. Diseño del prototipo de estación de trabajo	.	.	.	.	.	.	156
5.2. Análisis de costos	.	.	.	.	.	.	158
5.3. Diseño final de estación de trabajo	.	.	.	.	.	.	159
5.4. Fabricación e implementación	.	.	.	.	.	.	162
5.4.1. Iluminación	.	.	.	.	.	.	163
5.4.2. Temperatura	.	.	.	.	.	.	166
5.4.3. Condiciones según método LEST	.	.	.	.	.	.	168
5.5. Evaluación de resultados.	.	.	.	.	.	.	170
5.5.1. Matriz de riesgos	.	.	.	.	.	.	170
5.5.2. Medidas antropométricas	.	.	.	.	.	.	171
5.5.3. Sensación térmica	.	.	.	.	.	.	173
5.5.4. Valoración del método LEST	.	.	.	.	.	.	175
5.5.5. Otras mejoras	.	.	.	.	.	.	176
5.6. Conclusiones para evaluar la aceptación o rechazo de la hipótesis	.	.	.	.	.	.	177
5.7. Recomendaciones para trabajos futuros	.	.	.	.	.	.	177
Referencias bibliográficas	.	.	.	.	.	.	178
Apéndice A. Segmentos antropométricos	.	.	.	.	.	.	181
Apéndice B. Lista de verificación para evaluar la estación de trabajo para desarrollo de actividades sentado, en operaciones de uso de computadora y desarrollo de actividades de pie	.	.	.	.	.	.	182
Apéndice C. Modelo de matriz de riesgo, tablas de clasificación de peligros, riesgos y puntuaciones	.	.	.	.	.	.	183

Apéndice D. Encuesta de ergonomía a trabajadores que realizan actividades de pie en equipos de industria metal mecánica	187
Apéndice E. Encuesta de ergonomía a estudiantes del laboratorio	190
Apéndice F. Guía de entrevista en ergonomía a industrias y personal docente	193
Apéndice G. Medidas antropométricas con media, desviación estándar y percentil al 95	195
Apéndice H. Diagramas de posturas del método RULA	201
Apéndice I. Índices específicos y generales del método RULA en mediciones de posturas de fresado y torneado	208
Apéndice J. Planos de estación de trabajo	213

Índice de figuras

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1.1. Equivalencia mecánica hombre-grua	. 12
1.2. Movimientos simultáneos en el espacio de trabajo, indicando las dimensiones en centímetros	. 20
1.3. El hombre de Vitruvio	. 24
1.4. Diagrama de decisiones aplicado a la antropometría	. 25
1.5. Dimensiones recomendadas para la estación de trabajo de pie. (a) Para trabajo de precisión con descanso para el brazo, (b) Para ensamble ligero, (c) Para trabajo pesado	. 38
1.6. Asiento de apoyo.	. 40
1.7. Altura de la mesa en actividades de pie y tipo de trabajo	. 41
1.8. Postura sentado ideal	. 46
1.9. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para mujeres (en el caso de los hombres las cantidades se multiplican por 1.09)	. 48
1.10. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano vertical para mujeres (en el caso de los hombres las cantidades se multiplican por 1.09)	. 49
3.1. Metodología INEGI	. 74
3.2. Medidas de pie en la parte posterior	. 80
3.3. Medidas de la mano	. 80
3.4. Medidas antropométricas frontales	. 81
3.5. Medidas laterales superiores	. 81
3.6. Medida de amplitud de brazos	. 81
3.7. Medida de extensión de codos	. 81
3.8. Medida del perímetro del cráneo y maxilares	. 82
3.9. Medidas de perímetros y tórax frontales	. 82
3.10. Medidas en posición sentado	. 82
3.11. Medidas en posición sentado lateral	. 83
3.12. Medidas en posición sentado lateral con brazos levantados	. 83
3.13. Medidas en posición sentado posteriores	. 84
3.14. Edades de los alumnos encuestados	. 87
3.15. Género de los encuestados	. 88
3.16. Elementos óptimos del laboratorio	. 89
3.17. Relación de la materia con el entorno real de trabajo	. 90
3.18. Aspectos básicos de ergonomía	. 90
3.19. Confort del laboratorio de ergonomía	. 91
3.20. Medición del confort del laboratorio de ergonomía	. 92
3.21. Molestias corporales	. 93
3.22. Dolencias corporales frecuentes	. 93

3.23. Calificación al laboratorio de ergonomía		95
4.1. Distribución del centro de maquinado		99
4.2. Condiciones físicas de las instalaciones		103
4.3. Calificación del puesto de trabajo		104
4.4. Características del entorno		105
4.5. Medición del tórax		120
4.6. Medición de la altura en posición sentado empleando el tallímetro		120
4.7. Maniquí de la población del taller metalmecánico al percentil de 95		121
4.8. Luxómetro		122
4.9. Procedimiento de medición con el luxómetro		122
4.10. Sonómetro y procedimiento de medición en estaciones de trabajo		130
4.11. Dispensador de tapones para oídos		132
4.12. Especificaciones de los tapones para oídos		132
4.13. Termómetro y ejecución de la medición		134
4.14. Escala del voto medio estimado		137
4.15. Mediciones angulares en fresadora posición I		138
4.16. Resultados del método RULA en posición I		139
4.17. Mediciones angulares en fresadora en posición II		140
4.18. Mediciones angulares en fresadora en posición III		141
4.19. Mediciones angulares en fresadora en posición IV		142
4.20. Mediciones angulares de torneado en posición I		144
4.21. Resultados del método RULA de torneado en posición I		145
4.22. Mediciones angulares de torneado en posición II		146
4.23. Mediciones angulares de torneado en posición III		147
4.24. Mediciones angulares de torneado en posición IV		148
4.25. Mediciones angulares de torneado en posición V		149
4.26. Mediciones angulares de torneado en posición VI.		150
4.27. Elementos o categorías del método LEST		153
4.28. Resultados del método LEST en cuanto a carga física y entorno físico		154
4.29. Resultados del método LEST en cuanto a carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo		154
4.30. Resultados globales en comparación con los índices del método LEST		155
5.1. Diseño del prototipo de la estación de trabajo		156
5.2. Diseño final de la estación de trabajo		159
5.3. Plano de la columna de la estación en software solidworks		160
5.4. Plano de la parte superior en software solidworks		161
5.5. Montaje sobre fresadora (vista lateral)		162
5.6. Montaje sobre fresadora (vista trasera)		162

5.7. Montaje sobre torno (vista superior)	.162
5.8. Montaje sobre torno (vista inferior)	.162
5.9. Escala del voto medio estimado después de la implementación	.167
5.10. Resultados del método LEST en cuanto a carga física y entorno físico después de la implementación	.168
5.11. Resultados del método LEST en cuanto a carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo después de la implementación	.169
5.12. Resultados globales en comparación con los índices del método LEST después de la implementación	.169
5.13. Hallazgos procedentes de la matriz de riesgos.	.170
5.14. Operador sobre banquillo para ajustar altura	.171
5.15. Gráfica comparativa de sensación térmica antes y después de la implementación	.173
5.16. Gráfica comparativa del voto medio estimado antes y después de la Implementación	.174
5.17. Gráfica comparativa del método LEST antes y después de la implementación	.175
5.18. Pedales de control	.176

Índice de tablas

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
1.1. Valores recomendados para la posición de los segmentos corporales	43
1.2. Valoración de la aplicación de diferentes métodos de codificación en controles	51
1.3. Criterios de tamaño del control	52
1.4. Criterios de desplazamiento del control	53
1.5. Criterios de resistencia del control	54
1.6. Puntuaciones de cargas o fuerzas para el método RULA	59
1.7. Sistema de puntuación del método LEST	61
1.8. Tabla de dimensiones y variables	62
1.9. Exposiciones permisibles al ruido	64
3.1. Lista de verificación para estaciones en posición sentado	78
3.2. Medidas antropométricas	85
3.3. Tabla de percentiles	86
4.1. Equipos de trabajo del centro de maquinado	98
4.2. Matriz de riesgos en centro de maquinado	101
4.3. Tabla de lista de comprobación de riesgos ergonómicos	107
4.4. Medidas antropométricas del centro de maquinado (percentil 95).	118
4.5. Medidas antropométricas del centro de maquinado (percentil 5)	119
4.6. Registro de mediciones de iluminación (unidad de medida: lux)	123
4.7. Niveles de iluminación recomendados para uso en el diseño de iluminación interior	123
4.8. Factores de ponderación que deben considerarse al seleccionar niveles específicos de iluminación dentro de cada categoría de la tabla 4.6.	125
4.9. Reflectancias de acabados comunes de colores	126
4.10. Calificación de operaciones según la iluminación para fresadoras y tornos	126
4.11. Calificación de operaciones según la iluminación para máquinas de control numérico 1 y 2	128
4.12. Diferencia entre el nivel de iluminación medido y el recomendado	129
4.13. Mediciones de niveles de ruido.	131
4.14. Mediciones de niveles de ruido y reducción con tapones	133
4.15. Registro de mediciones de temperatura (unidad de medida: grados centígrados)	135
4.16. Mediciones de campo en el espacio de trabajo	137
4.17. Índices y recomendaciones del método RULA para fresadora	143
4.18. Índices y recomendaciones del método RULA para torno	151
5.1. Descripción de costos	158
5.2. Registro de mediciones de iluminación una vez implementado prototipo (unidad de medida: lux)	164
5.3. Diferencia entre el nivel de iluminación medido y el recomendado	165
5.4. Registro de mediciones de temperatura con la implementación (unidad de medida: grados centígrados)	166

5.5. Mediciones de campo en el espacio de trabajo después de la implementación.	. 167
5.6. Mediciones antropométricas al percentil del 95 consideradas en el diseño de la estación	. 171
5.7. Mediciones antropométricas al percentil del 5 consideradas en el diseño de la estación	. 172
5.8. Porcentaje de mejora en el indicador temperatura (grados centígrados)	. 174
5.9. Índices del voto medio estimado antes y después de la implementación	. 175

RESUMEN

La ergonomía constituye una de las áreas fundamentales de la ingeniería industrial, pues en ella descansan los principios que garantizan el confort en el desarrollo de actividades productivas. Como resultado de ello el factor ergonomía se relaciona directamente con la calidad de procesos, productos y servicios.

El presente trabajo es una investigación que se enfoca en el sector metalmecánico ya que se detectó la necesidad debido a que el trabajo que se realiza puede llegar a ser riesgoso sin un adecuado análisis en materia de ergonomía.

La presente tesis se divide en cinco capítulos:

- El capítulo primero documenta los principales conceptos de ergonomía, estableciendo los términos e ideas principales en materia. Siempre que fue posible, se citaron diagramas y figuras que representan las condiciones de trabajo para determinadas actividades productivas.
- El capítulo segundo, plantea exclusivamente el estado del arte en donde se documentó el punto de vista de la ergonomía desde dos perspectivas: aquella que se enseña en las aulas de clases y su correspondiente aplicación, así como la que se aplica directamente sobre actividades del sector metalmecánico. De esta manera, se cuenta con dos enfoques que logran complementar la información sobre lo que se ha venido realizando en esta materia en los últimos años.
- El capítulo tres se centra en el análisis ergonómico en instituciones educativas ya que al inicio de esta tesis la idea principal se enfocaría sobre instituciones de educación. Esta información fue muy útil a nivel metodológico ya que plantea varias herramientas tales como la matriz de riesgos, la formulación de encuestas de levantamiento de información, listas de verificación, mediciones antropométricas entre otras.
- El capítulo cuatro se especializa en la experimentación de la ergonomía en el sector metalmecánico para generar los indicadores que más tarde y como resultado del diseño del puesto de trabajo habrán de mejorar.
- Finalmente, el capítulo cinco establece la aplicación de todos los elementos metodológicos de ergonomía enfocados al sector metalmecánico, para en base a ello diseñar un prototipo de estación de trabajo, documentando los resultados y las conclusiones de la aplicación del prototipo. Para lo anterior, se compararon indicadores antes y después de la implementación. Este capítulo representa una de las secciones más importantes de la investigación.

ABSTRACT

Ergonomics represents a key area of industrial engineering, because we found the principles that guarantee the comfort develop productive activities. As a result of it, the ergonomics factor is directly related with the quality of processes, products and services.

This work is a research with focus in metalworking industry, because a need was detected in that field, and that is because the work can be risky without an appropriate ergonomics analysis.

This thesis consists in five chapters:

- The first chapter documents the main concepts of ergonomics, establishing the terms and main ideas in this field. Always that was possible, diagrams and figures were cited, because they represent the work conditions for determined productive activities.
- The second chapter, propose exclusively the state of the art in where we find the point of view of ergonomics from two perspectives: one that teaches in classrooms y its own application and the other one that applies directly in activities of metalworking industry. In this manner, we have two approaches to complement the information about the status of ergonomics in the last years.
- The chapter number three, focuses in ergonomic analysis in educational institutions, that is because at the beginning of this thesis the main idea had an approach in educational institutions. This information was very useful because it propose several tools like risk matrix, formulation of surveys to gather information, checklists and anthropometric measurements.
- The chapter number four specializes in testing of ergonomics in metalworking industry to generate the indicators that as result of workstation design will have to improve.
- Finally, the chapter five provides the application of all the methodological elements in ergonomics with focus in metalworking industry, for on this basis design a prototype workstation, collecting results and conclusions of the application. To achieve this, was necessary the comparison between indicators, before and after the implementation. This chapter represents one of the most important sections of this research.

HIPÓTESIS

A través de la ejecución de un estudio ergonómico que analice las estaciones de trabajo del centro de maquinado en una empresa del sector metal mecánico, se espera lograr una instalación mejor equipada que disminuya la fatiga mental y física.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar y mejorar desde el punto de vista ergonómico las condiciones de las instalaciones de la organización a fin de disminuir fatiga física y mental.

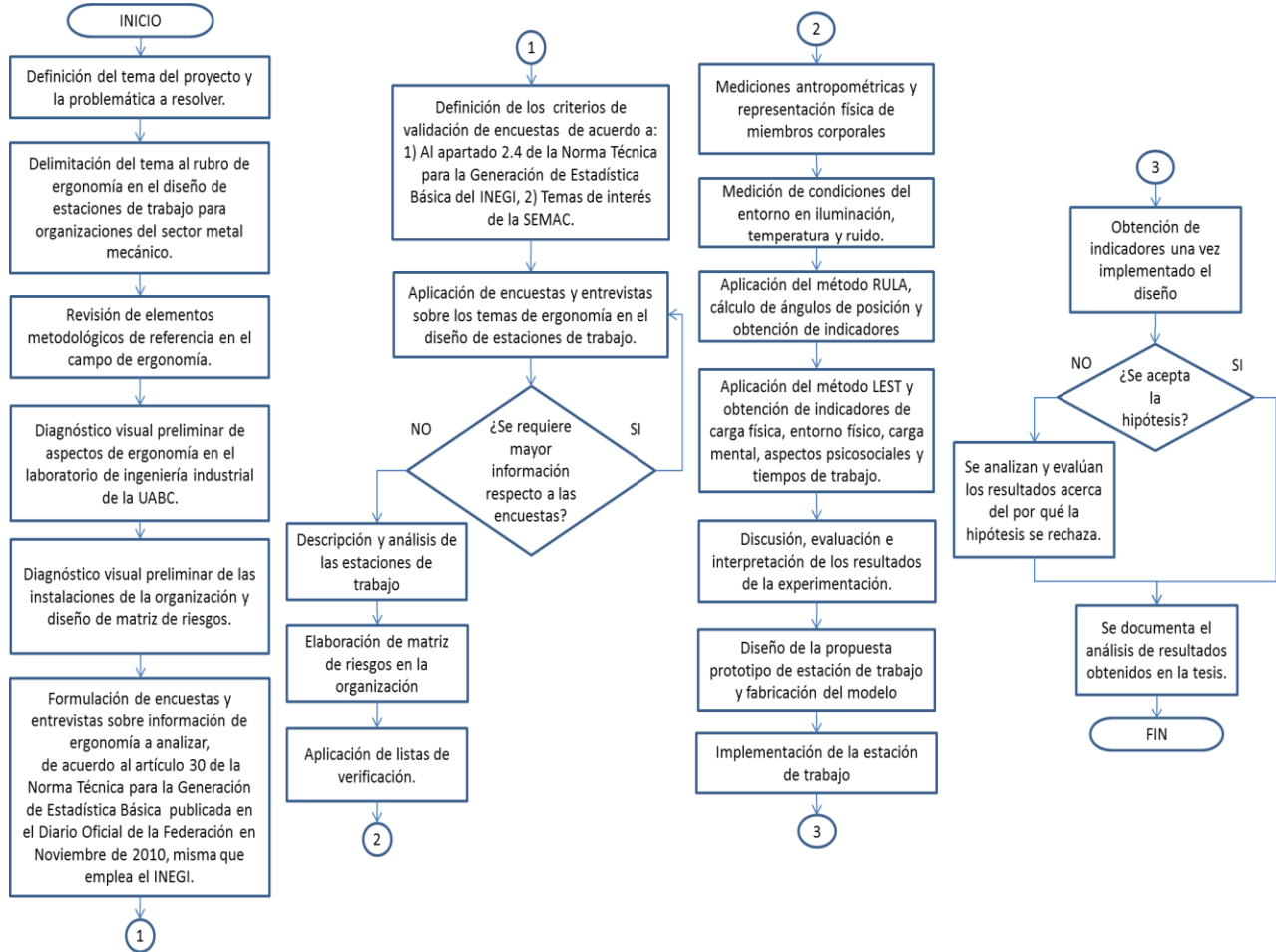
Objetivos específicos:

- 1) Analizar la forma en que se realiza el trabajo y ofrecer soluciones desde la óptica de la ergonomía, haciendo énfasis en la antropometría.
- 2) Mejorar la productividad en el desempeño de las actividades que se desarrollan de acuerdo a la gama de productos que se fabrican.
- 3) Diseño de estaciones de trabajo bajo lineamientos ergonómicos.

METAS

- 1) Integración de elementos metodológicos de ergonomía al área de estudio y comparación de estudios de referencia en instituciones de educación superior y sector metalmecánico.
- 2) Integración de elementos metodológicos de ergonomía en un manual de ergonomía.
- 3) Evidenciar la necesidad de estaciones de trabajo más funcionales para el desempeño de actividades relacionadas con procesos de manufactura, detectando condiciones de trabajo que no aplican los principios de la ergonomía.
- 4) Ofrecer soluciones de diseño que puedan ser implementadas logrando con ello un impacto real y medible.
- 5) Aportar medidas de control y de mejora continua durante el proceso de estudio.

METODOLOGÍA



JUSTIFICACIÓN

Generalmente las instalaciones de los distintos centros de trabajo, ya sean instituciones públicas ó privadas pasan por alto (parcial o totalmente) el aspecto ergonómico. Lo anterior repercute directamente en el rendimiento del recurso humano que día con día realiza actividades en un entorno que no resulta del todo cómodo y sano. Las implicaciones de no considerar el factor ergonomía afectan en cierto grado el estado anímico y físico de los empleados, es por ello que considero muy importante llevar a cabo un estudio bajo esta disciplina. El presente trabajo de tesis se considera de gran importancia, ya que es una oportunidad para incrementar la productividad con que se realizan las actividades en organizaciones del sector metal mecánico.

Capítulo 1.

Conceptos de ergonomía

1.1 Historia de la ergonomía.

La historia de la ergonomía abarca toda la existencia del hombre ya que se ha valido de sus facultades adaptándose y utilizando los recursos naturales que lo rodeaban para asegurar su supervivencia. Ha tratado de comprender los fenómenos naturales para aplicarlos en la búsqueda de la adaptación de su entorno. Este desarrollo tomó una transición de miles de años, aun así, este proceso lento marcó el comienzo de la superioridad del hombre sobre los animales y de una evolución progresiva que lo llevó a los logros y complejidad del presente.

El hombre descubre que una rama caída puede servirle como arma defensiva y ofensiva contra otros homínidos o animales. Entiende que el grosor del garrote para agarrarlo debe acomodarse al tamaño de su mano; además, la longitud es importante, porque si es muy largo tiene menos posibilidades de acción, y si muy corto, el enemigo queda muy cerca; si es pesado se hace difícil de manejar. Todo este proceso de prueba y error pudo tomar milenios, pero finalmente logró un instrumento apropiado ergonómicamente que evolucionó al hacha y a la lanza.

El hombre realiza una larga serie de avances, producto de la explotación y experimentación instintiva o consciente.

Los implementos de caza, agricultura y vivienda marcan la evolución cultural, desde la elaboración de utensilios 350,000 años antes de nuestro tiempo, por el australopitecos, hasta el homo sapiens que cada día fabrica sus herramientas con mayor sofisticación.

La vasta historia del hombre se caracteriza por la utilidad del objeto, su modo de producción y sus implicaciones en el grupo social. Se distinguen tres etapas: doméstica, artesanal e industrial.

En la etapa doméstica, se caracterizó por la habilidad de cada una de las personas que compartía el hogar para producir utensilios en base a sus propias necesidades y las de sus allegados. La producción era limitada al grupo familiar. La conducta social del individuo fue variando en la

medida en que el grupo enfrentaba circunstancias evolutivas, con el abastecimiento de nuevos roles en la sociedad, condición que dio paso a la etapa artesanal. La aplicación de su ciencia deja en este período como ejemplos culminantes: utensilios de piedra, cerámica y otros materiales perecederos.

En la etapa artesanal, la producción se desarrolló dentro o fuera de la casa. Se inició como consecuencia del aumento de la demanda de artefactos utilitarios, debido al crecimiento del grupo y a la asignación de nuevos roles especializados. Se caracterizó por suplir las demandas de un mercado local regional, que permitió la ampliación del oficio y el consecuente desarrollo de sus herramientas.

Al evolucionar la sociedad hacia la complejidad de los asentamientos sedentarios, aparecieron nuevos y variados roles para sus miembros, se especializaron los oficios y aparecieron las castas con funciones específicas: gobernantes, militares, sacerdotes, artesanos, labriegos, pescadores y mercaderes.

Como resultado del comercio y migraciones, las ciencias se habían propagado. El conjunto de conocimientos y la destreza para aplicarlos se aprovechan notablemente. Esta condición ayudó a la transformación de la organización social, el sistema económico y la misma estructura del grupo familiar.

Posteriormente, entra a regir la modalidad del control de la producción artesanal por comerciantes.

El desarrollo gradual del sistema económico, el comercio, los descubrimientos y exploraciones de los siglos XV y XVI, fueron la causa de su decadencia. Estos métodos de producción prevalecen hasta el siglo XVIII, cuando se evoluciona al trabajo en el domicilio y se constituye la industria doméstica. Un empresario, experimentado mercader, traía y distribuía la materia prima a varias personas que trabajaban en sus casas de donde luego recogía los productos manufacturados. Él mismo distribuía el producto final directamente a otros mercaderes o consumidores.

Podemos destacar de este período, artefactos producto de la tecnología y la sociedad que los aplicaba, como: riego artificial, embarcaciones, arados, aparejos, la rueda, vidriería, textiles, equipos de navegación y armas de fuego.

En la etapa industrial, los cambios que llevaron a transformar pueblos de actividades básicamente campesinas a la sociedad industrial, obedecen a un desarrollo gradual que exigía mayor producción. Ciertos aspectos de los procesos de fabricación, además las variaciones en la estructura familiar fueron asimiladas antes de esta etapa de industrialización.

En la Europa de mediados del siglo XVIII, las ciudades eran de reducida extensión con una actividad manufacturera limitada, a cargo de artesanos con talleres propios y herramientas fabricadas por ellos. Podemos deducir que el avance tecnológico y el aumento de la demanda, a causa del acelerado crecimiento de la población en las ciudades obligaron a buscar sistemas que multiplicaran la producción.

La máquina de vapor y el telar mecánico en Inglaterra fueron el comienzo de esta etapa denominada revolución industrial.

La atención de los inventores se dirigió principalmente a construir máquinas capaces de producir más y a menor costo aprovechando la fuerza mecánica. Surgieron los grandes talleres y establecimientos fabriles. Estos se multiplicaron en los alrededores de las ciudades donde el combustible y la mano de obra eran baratos.

Podemos destacar como avances tecnológicos y hechos primordiales de carácter social y cultural:

- 1733, Lanzadera volante (J. Kay).
- 1769, Máquina de vapor (J. Watt).
- 1780, Arados. Trilladora más eficaz.
- 1785, Telar mecánico (E. Cartwright).
- 1805, Telar para seda (J. Jacquard).
- 1814, Locomotora a vapor (G. Stephenson).
- 1869, Energía hidráulica para producir electricidad.
- 1903, Aeroplano (hermanos Wright).
- 1910, Coches de producción masiva.

En la etapa de producción masiva, las guerras permitieron un avance tecnológico y desarrollo económico sin precedentes que vino a suplir la enorme demanda, consecuencia del lapso en que la gran mayoría de fábricas estaban dedicadas a la producción bélica. Para los años cuarenta y cincuenta hacen su aparición nuevos tipos de energía y las máquinas electrónicas. Comienza la etapa industrial moderna con el advenimiento de la automatización, que pronto evolucionó a la robotización. Aquí aparece de nuevo el factor de necesidad y exigencia de mercados cada vez más amplios, que demandan soluciones acordes con los diferentes grupos sociales a que se dirige el diseño.

La masificación requiere de condiciones en los artefactos que permitan convertir en compradores a personas de muy diversas capacidades adquisitivas, características y localizaciones geográficas: es indispensable la ergonomía como herramienta primordial de estudio en todo proyecto de diseño.

El desarrollo de la ergonomía, su reconocimiento y necesidad de estructurarse se evidencia a lo largo de un período prolongado y disímil de la historia. El siguiente, es un listado de algunos y más significativos hechos de su estructuración desde finales del siglo XIX:

- A fines del siglo XIX e inicios del XX en Alemania, Inglaterra, Estados Unidos y otros países se organizan cátedras, laboratorios e institutos especializados en higiene y fisiología. Se investiga la influencia del comportamiento del organismo del hombre en los procesos laborales y el entorno industrial.
- 1857. El naturalista polaco Woitej Yastembowski propone en el artículo *Ensayos de Ergonomía o Ciencia del Trabajo*, basado en las leyes objetivas de la ciencia sobre la naturaleza del término ergonomía, que se menciona por primera vez en el semanario Naturaleza e Industria.
- 1883. Austria crea leyes de protección al obrero por las que se obliga a protegerlo de los mecanismos y otros elementos peligrosos de las máquinas mediante cubiertas para disminuir accidentes. Surge en este período la psicotecnia como aplicación de la psicología a situaciones prácticas: se ocupa de resolver la selección de personal, formación profesional laboral, racionalización del trabajo, accidentabilidad y adaptación del hombre a la máquina.

- 1920. Nace la sociología industrial. Se vincula su surgimiento al experimento de Howtorn bajo la dirección de E. Mayo en la empresa Western Electric.
- 1924. En Petrogrado (actual San Petersburgo, Rusia), A.A. Ujtowski estudia al obrero en el proceso del trabajo directamente en la fábrica. Es uno de los fundadores de la fisiología del trabajo.
- En los años veinte y treinta se desarrollan intensamente la psicología, la sociología industrial, la higiene del trabajo y la fisiología, con amplias prácticas en la industria.[1]

1.2 ¿Qué es la ergonomía?

1.2.1. Descripción

El término ergonomía proviene de las palabras griegas ergon (trabajo) y nomos (la ley, norma o doctrina) y hace referencia al estudio de los datos biológicos y tecnológicos que permiten la adaptación entre el hombre y las máquinas o los objetos.

La traducción del concepto griego está relacionada a las normas que regulan el accionar humano. La ergonomía, por lo tanto, analiza la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema con el objetivo de promover el bienestar humano y el rendimiento del sistema.

La ergonomía propone que las personas y la tecnología funcionen en armonía. Para esto se dedica al diseño de puestos de trabajo, herramientas y utensilios que, gracias a sus características, logren satisfacer las necesidades humanas y suplir sus limitaciones. Esta disciplina, por lo tanto, permite evitar o reducir las lesiones y enfermedades del hombre vinculadas al uso de la tecnología y de entornos artificiales.

Un objeto ergonómico es aquel que ofrece comodidad para el usuario, eficiencia y buen nivel de productividad. Por ejemplo: hay personas que pasan muchas horas diarias sentadas frente a una computadora por motivos de trabajo. La ergonomía se encarga de diseñar sillas específicas para esta tarea y busca adaptar ciertos elementos (como el teclado) para mayor comodidad del usuario. Sin la aplicación de técnicas ergonómicas en estos objetos, es posible que la persona sufra de dolores de espalda y en las articulaciones, entre otros.

La ergonomía utiliza la ingeniería, la fisiología, la mecánica y la psicología, entre otras ciencias, para cumplir con sus objetivos de eficiencia y comodidad. [2]

1.2.2. Dominio de la ergonomía

1.2.2.1. Ergonomía cognitiva

Existe un aspecto de la relación entre la persona y el sistema de trabajo que hace referencia a como una persona conoce y actúa. Para poder realizar su tarea una persona tiene que percibir los estímulos del ambiente, recibir información de otras personas, decidir qué acciones son las apropiadas, llevar a cabo estas acciones, transmitir información a otras personas para que puedan realizar sus tareas, etc. Todos estos aspectos son el objeto de estudio de la ergonomía psicológica o cognitiva. En el diseño de un coche, a nosotros nos interesará como la información es presentada al conductor. Por ejemplo, a la hora de diseñar el indicador de velocidad podemos hacerlo utilizando indicadores analógicos o digitales. Cada indicador tiene sus ventajas y sus inconvenientes desde el punto de vista de cómo el conductor percibe y procesa la información sobre velocidad. Por ejemplo, si un controlador aéreo adopta una determinada postura incómoda aumentará su fatiga y ésta tendrá efectos psicológicos como disminuir su nivel de vigilancia.

En ergonomía cognitiva se toma como punto de partida la definición de error humano que ha sido propuesta por Reason quien lo considera como *“un término genérico empleado para designar todas aquellas ocasiones en las cuales una secuencia planeada de actividades mentales o físicas fallan al alcanzar su pretendido resultado, y cuando estos fallos no pueden ser atribuidos a la intervención de algún factor de azar”*. En términos similares Sanders y McCormick definen error humano como *“una decisión o conducta humana inapropiada o indeseable que reduce, o tiene el potencial para reducir, la efectividad, la seguridad, o la ejecución del sistema”*. En cualquier caso, un error humano es un fallo a la hora de realizar una tarea satisfactoriamente y que no puede ser atribuido a factores que están más allá del control inmediato del individuo. [3]

1.2.2.2. Ergonomía física

La ergonomía física se preocupa de las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas humanas en tanto que se relacionan con la actividad física. Sus temas más relevantes incluyen las posturas de trabajo, manejo de materiales, movimientos repetitivos,

lesiones músculo-tendinosas (LMT) de origen laboral, diseño de puestos de trabajo, seguridad y salud ocupacional y prevención.

Dado su carácter multidisciplinario, de integración y anticipación, la ergonomía física desarrolla herramientas, máquinas, puestos y métodos de trabajo que se adapten a las capacidades y limitaciones humanas con el fin de lograr el máximo rendimiento sin comprometer la salud de los trabajadores. De este modo, la ergonomía aplicada a los lugares de trabajo permite reducir el riesgo de sufrir lesiones, reducir el potencial de fatiga, de error y de actos inseguros. [4]

1.2.2.3. Ergonomía organizacional

También llamada macroergonomía expande los principios generales de la ergonomía a toda la organización empresarial. La macroergonomía es asistida además por todos los logros anteriores respecto a la temática organizacional obtenidos por la ciencia de la administración, a los que no rechaza sino que por el contrario asimila en cuanto le resulta posible (y sobre todo congruente) con sus principios fundamentales teóricos y operativos.

También hace uso de todo lo útil que le pueden brindar la economía empresarial, la psicología laboral, la ingeniería industrial, la sociología organizacional, etc.

La ergonomía organizacional se ocupa de la optimización de los sistemas socio-técnicos, incluyendo su organización, estructura, políticas, procesos, etcétera.

Algunos de los temas relevantes dentro de esta área de la ergonomía son:

- La comunicación.
- El diseño del trabajo.
- El diseño de tiempos, turnos de trabajo y descanso.
- El trabajo en equipo. [5]

1.3 Ámbitos de la ergonomía

1.3.1. Diseño de productos

Lo ergonómico constituye una cualidad que está presente cada vez con más fuerza entre las que se exigen a los productos que empleamos en nuestra vida cotidiana. Pero los usuarios no saben qué significa este término o qué hay de cierto en las etiquetas que lo incluyen. Resulta fácil encontrar referencias a lo ergonómico en todo tipo de productos de uso y consumo masivo: sillas, camas, bolígrafos, hasta pantalones. La ergonomía añade valor a todo tipo de productos: los de uso múltiple dirigido a amplios mercados con evidentes diferencias físicas y culturales, aquellos que combinan usabilidad (medida en que un producto puede ser usado por usuarios específicos para conseguir objetivos concretos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto) con multifuncionalidad y eficiencia, u otros fabricados para colectivos específicos (zurdos, niños, ancianos, o discapacitados).

El trabajo doméstico conlleva un importante número de operaciones cotidianas repetidas, añadidas a menudo a un trabajo profesional. Los principales problemas a considerar se refieren al trabajo físico: dimensión de espacios, lugar de ubicación, organización de los espacios en función de los desplazamientos, peso de las cargas a desplazar y elevar.

El ergónomo también colabora con el diseñador en la concepción de útiles más adaptados al trabajo y trabajador y menos peligrosos (cuchillos, pequeños electrodomésticos, etc.).

La metodología del diseño de productos es un proceso constituido por las siguientes etapas:

a) Planificación:

- Estudio del mercado.
- Definición del perfil del potencial usuario.
- Análisis de los productos competidores.
- Condiciones de uso.
- Análisis de la normativa, legal y técnica.
- Documento con prescripciones del producto.

b) Diseño:

- Asignación de tareas y funciones del producto.
- Análisis de tareas realizadas por el usuario.
- Análisis técnico.
- Incorporación de especificaciones ergonómicas.
- Diseño en CAD.
- Maquetas, simulaciones, modelos.
- Prototipos.

c) Ensayo y verificación:

- Pruebas con prototipos.
- Modificaciones.
- Verificación.

d) Fabricación:

- Maquinaria y herramientas.
- Montaje.
- Documentación.

e) Comercialización

- Distribución y venta.
- Análisis de usuarios.
- Revisiones. [6]

1.3.2. Diseño de puestos de trabajo

La concepción y el diseño de puestos de trabajo es uno de los principales campos de estudio y aportación de la ergonomía a la prevención de riesgos laborales. La ergonomía trabaja conjuntamente con la ingeniería aportándole los conocimientos necesarios sobre la anatomía humana, las capacidades y limitaciones del hombre para el procesamiento de la información con el fin de diseñar puestos de trabajo adaptados a la persona.

Un puesto de trabajo es el lugar donde una o varias personas deben desarrollar cotidianamente una actividad regulada, fiscalizada y controlada, durante gran parte del día. Si el puesto de trabajo es incómodo, monótono, desagradable, nocivo o peligroso, puede llegar a restar calidad a nuestro trabajo y a nuestras vidas. En cambio, si el puesto de trabajo es seguro, cómodo, estimulante y agradable, además de generar bienes materiales y desarrollar nuestra productividad y creatividad, nos proporcionará satisfacción física y psíquica. Diseñar puestos de trabajo es una necesidad económica y una agradable obligación moral del sentido común. La evaluación de los métodos de valoración ergonómica debe comenzar en la fase de concepción, sobre las primeras ideas de diseño de procesos productivos o de productos. El proceso de la ergonomía de concepción debe ser asumido por todos los niveles de la empresa, ya que en la primera fase son los responsables del departamento de diseño los que se encargan de aplicar estos métodos de valoración. De esta manera, cada proceso o cada producto deberá tener intrínsecamente una valoración ergonómica en su diseño. Esta concepción nos va a proporcionar varias ventajas: sensibiliza a todos los que participan en los procesos productivos en términos de ergonomía; evita, desde el primer momento, la aparición de trastornos en los trabajadores; evita inversiones posteriores producto de factores que no han sido previstos y facilita información útil relacionada con las características del producto o del proceso y los problemas que en un momento dado pudieran llegar a tener a los expertos en ergonomía del departamento de prevención.

El primer principio que debe ser tomado en cuenta en ergonomía aplicada al diseño de puestos de trabajo es el del bienestar del individuo como la parte fundamental de cualquier proyecto, y la obligación de mantener el referente humano en todas las fases del proyecto, desde la concepción hasta la puesta en marcha. El segundo principio implica reconocer las limitaciones para cambiar determinados aspectos del ser humano, salvo las acciones formativas, entrenamiento y

simulación. La ergonomía pretende adaptar el puesto de trabajo al hombre mediante el correcto diseño, físico y no físico, es decir, considerar las dimensiones de los segmentos corporales relevantes del grupo de operarios que deben intervenir. El tercer principio es preservar y promover la salud laboral del ser humano en su integridad.

Entre los requisitos generales de diseño se pueden mencionar los siguientes:

- Disposición de los puestos que permita cambios posturales.
- Elementos del puesto ajustables, para adoptar en todo momento la posición más conveniente y para adaptar el puesto a las dimensiones físicas de los operarios.
- Altura del plano de trabajo adaptada a las dimensiones del trabajador y al tipo de tarea.
- Silla ajustable a las dimensiones físicas del usuario.
- Sistema silla/mesa diseñado para posibilitar la adopción de posturas correctas.
- Materiales, herramientas y dispositivos de control situados a una distancia funcional del operador. [6]

1.3.3. Consideraciones universales de diseño

El objetivo de este ámbito son los consumidores, usuarios y las características del contexto en el cual el producto es usado. El estudio de los factores ergonómicos en los productos, busca crear o adaptar productos y elementos de uso cotidiano o específico de manera que se adapten a las características de las personas que los van a usar. Es decir la ergonomía es transversal, pero no a todos los productos, sino a los usuarios de dicho producto.

El diseño ergonómico de productos trata de buscar que éstos sean: eficientes en su uso, seguros, que contribuyan a mejorar la productividad sin generar patologías en el humano, que en la configuración de su forma indiquen su modo de uso, etc. Para lograr estos objetivos, la ergonomía utiliza diferentes técnicas en las fases de planificación, diseño y evaluación. Algunas de esas técnicas son: análisis funcionales, biomecánicos, datos antropométricos del segmento de usuarios objetivo del diseño, ergonomía cognitiva y análisis de los comportamientos fisiológicos de los segmentos de los cuerpos comprometidos en el uso del producto.

En sentido estricto ningún objeto es ergonómico por sí mismo, ya que la calidad de tal depende de la interacción con el individuo. No bastan las características del objeto. [6]

1.3.4. Diseño del trabajo manual

1.3.4.1. Sistema óseo muscular

En toda actividad física se necesita de la ayuda, en mayor o menor medida, de los sistemas nervioso, cardiovascular, muscular y óseo. Si se presta especial atención al sistema óseo-muscular nos estaremos centrando en analizar los factores biomecánicos asociados a la actividad.

La biomecánica es la ciencia que aplica las leyes del movimiento mecánico a los sistemas vivos, tal y como se muestra en la figura 1.1.

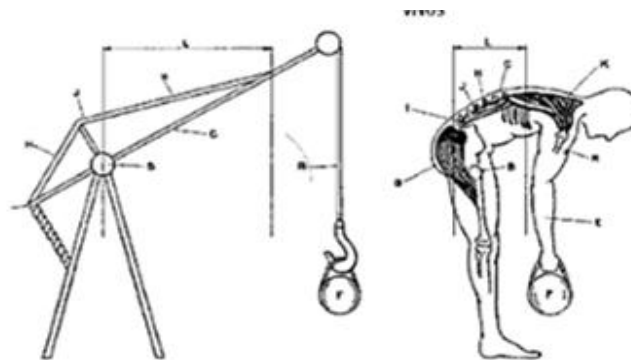


Figura 1.1. Equivalencia mecánica hombre-grúa

En el ámbito de la ergonomía, la biomecánica, trata fundamentalmente de evaluar la efectividad en la aplicación de las fuerzas, para asumir los objetivos con menor costo para las personas y la máxima eficacia para el sistema productivo. Intenta por tanto diseñar un ambiente mecánico externo que origine en nuestro cuerpo fuerzas, presiones y momentos tolerables para no provocar así enfermedades vasculares o neuro-musculoesqueléticas.

Del conjunto de huesos que forma el esqueleto, los que más nos interesan son aquellos que están directamente relacionados con la ejecución de actividades físicas: los de las extremidades superiores e inferiores y los de la columna vertebral. Los huesos se conectan al cuerpo mediante

unos puntos de unión llamados articulaciones, y a estas articulaciones se unen mediante ligamentos.

Por otro lado los músculos están formados por haces de fibras contráctiles que son capaces de convertir energía química en trabajo mecánico. Se unen a los huesos a través de los tendones y permiten que, al activarse el músculo, el hueso actúe como una palanca mecánica.

Se dice que el cuerpo está en posición anatómica cuando está de pie y con la cara, pie y palmas de las manos mirando hacia delante. Podemos dividir entonces el espacio circundante al individuo en tres planos: el plano sagital (corta al cuerpo en mitad derecha y mitad izquierda), el plano frontal (corta al cuerpo en mitad anterior y mitad posterior) y el plano horizontal (corta al cuerpo en mitad superior y mitad inferior).

Teniendo en cuenta estos planos anatómicos, los movimientos de los miembros del cuerpo se definen dependiendo del modo de funcionamiento de los músculos implicados (flexión, extensión) y de la dirección de los movimientos respecto al cuerpo (aducción, abducción, pronación y supinación) en:

- Aducción: Es un movimiento en el plano frontal que consiste en acercar brazos o piernas hacia la línea media del cuerpo.
- Abducción: Es un movimiento en el plano frontal que consiste en separar brazos o piernas de la línea media del cuerpo.
- Pronación: Consiste en girar el antebrazo de modo que la palma de la mano quede hacia abajo.
- Supinación: Consiste en girar el antebrazo de modo que la palma de la mano quede hacia arriba. [6]

1.3.4.2. Logro de la máxima fuerza muscular en el rango medio de movimiento

La propiedad del músculo que permite su utilización con una disminución considerable de la fuerza del músculo se conoce como relación fuerza-longitud. Una tarea que requiera una fuerza considerable debe realizarse en una posición óptima. Por ejemplo, la posición neutral o recta proporciona el agarre más fuerte para los movimientos de la muñeca. En la flexión del codo, la mejor posición sería con el codo doblado a un poco más de 90°. En la flexión de las plantas (como al oprimir un pedal), otra vez la posición óptima es a un poco más de 90°. [6]

1.3.4.3. Logro de la máxima fuerza muscular con movimientos lentos

Los músculos están compuestos por dos clases de fibras, en proporciones que varían según la función que cumplen:

- Las fibras de contracción rápida
- Las fibras de contracción lenta

Estas últimas producen una tracción continua y, por tanto, una gran fuerza. Se asemejan a cuerdas resistentes que solo se cansan cuando se agota el suministro de combustible. Aunque son un poco más pequeñas que las fibras de contracción rápida y poseen menos terminaciones nerviosas, extraen más oxígeno de la sangre. Constituyen la carne oscura del músculo, color que se debe a su abundante riego sanguíneo. Ocupamos estas fibras para actividades que requieren de un enorme esfuerzo.

En la medida que aumenta la actividad muscular, se incrementa el requerimiento energético; pero como la práctica continua del movimiento puede multiplicar hasta en 30 veces la cantidad de sangre que fluye a los músculos, el mismo cuerpo se autoabastece para satisfacer esta creciente demanda. Esto, gracias a que los latidos del corazón se tornan más rápidos, incrementando la circulación y, por tanto, el riego sanguíneo, que es de donde obtiene la energía. [7]

1.3.4.4. Uso del momento para ayudar al trabajador siempre que sea posible

El momentum (efecto palanca) debe emplearse para ayudar al trabajador siempre que esto sea posible y debe reducirse a un mínimo si debe ser superado por un esfuerzo muscular. Las estaciones de trabajo deben permitir que los operarios dejen la pieza en el área de entrega mientras sus manos están en movimiento para tomar otro componente o herramienta e iniciar un nuevo ciclo. [6]

1.3.4.5. Diseñar tareas para optimizar la capacidad de la fuerza humana

Desde el punto de vista de la ergonomía para organizar las actividades en un centro de trabajo es necesario conocer el contenido de las actividades desarrolladas por cada puesto de trabajo, como pueden ser: la prevención de los riesgos que la actividad implica, asignación de la persona idónea y asignación de remuneración acorde. Adicionalmente se puede agregar que la evaluación de los requerimientos, es un método sistemático de evaluar comparativamente las dificultades que presenta una tarea dada. En este tipo de análisis ergonómico se tiene en cuenta, el sistema laboral, la descripción de la tarea y la especificación de los requerimientos. Tales elementos se describen a continuación:

- 1) El sistema laboral. Implica fundamentalmente la identificación del puesto de trabajo, donde se diferencia cada puesto de todos aquellos que no tengan las mismas características, por medio de:
 - Nombre de la empresa.
 - Área de la actividad.
 - Nombre del analista.
 - Fecha del análisis.
 - Nombre del puesto. El nombre debe expresar el contenido del trabajo.
 - Departamento a que pertenece.
 - Código mediante números y letras que clasifican lo arriba mencionado.
- 2) El análisis de la tarea. Significa ordenar y explicitar por orden de importancia cada una de las tareas de acuerdo a su finalidad. Por ejemplo: determinar que utilidad tiene cada fase del proceso de fabricación.
- 3) El análisis de los requerimientos son básicamente las exigencias al trabajador.[8]

1.3.4.6. Uso de músculos grandes para tareas que requieren fuerza

La fuerza muscular esta directamente relacionada con el área de la sección transversal del tejido muscular. Ikai y Fukunaga observaron que la fuerza estática por unidad de área de la sección transversal de los flexores del brazo era similar para hombres y mujeres. Estos valores oscilaban entre 4.5 y 8.9 kg/cm², siendo los valores medios 6.2 y 6.7 kg/cm² para los hombres y para las mujeres, respectivamente. Cureton, Collins, Hill y McElhannon también señalaron que la fuerza dinámica por unidad de área de la sección transversal era similar para hombres y mujeres. Las relaciones posteriores a los entrenamientos de la fuerza del flexor/extensor del brazo con el AST de la parte superior del brazo fueron 1.65 kg/cm² y 1.85 kg/cm², respectivamente, para hombres y para mujeres. Del mismo modo las relaciones posteriores a los entrenamientos para la fuerza de la pierna con el AST del muslo fueron 1.10 kg/cm² para los hombres y 0.90 kg/cm² para las mujeres. En levantamientos pesados deben usarse los músculos de piernas y tronco, y no músculos más débiles. [9]

1.3.4.7. Uso de ciclos de trabajo-reposo intermitentes, frecuentes y cortos

El uso de ciclos de trabajo-reposo ya sea intermitentes, frecuentes o cortos, se puede traducir en micro pausas activas. Las micro pausas activas son aquellos períodos de descanso en los cuales las personas realizan una serie de actividades y acciones que les permiten a diferentes partes del cuerpo un cambio en su rutina habitual, con el fin de prevenir la aparición de problemas o desórdenes en diferentes grupos musculares y articulares, además de reactivar o mejorar la atención y la producción en las diferentes tareas.

Las pausas activas hacen parte de programas de salud ocupacional, los cuales buscan el bienestar del empleado en su sitio de trabajo; por lo tanto es vital que esto se realice en las organizaciones puesto que esto garantizará la seguridad en el sitio de trabajo o posibles enfermedades profesionales.

Se afirma que es deseable que se realicen pausas adecuadas preferiblemente flexibles que produzcan cambio en la posición y mejoramiento en el proceso de los grupos musculares afectados por la actividad. Adicionalmente, mencionan que acompañadas de la higiene postural

en el puesto de trabajo, buenos hábitos nutricionales, de sueño y de uso del tiempo libre, las pausas activas o gimnasia laboral, pueden prevenir diferentes dolencias y enfermedades de los trabajadores.

Se describe claramente también que los objetivos de la gimnasia laboral o pausas activas, están encaminados a la orientación de un descanso activo, que contribuya a eliminar la fatiga, recuperar las fuerzas de trabajo, mejorar el estado general y aumentar la capacidad de trabajo, dándole especialmente importancia a la gimnasia introductoria entre veinte y treinta minutos de preparación del organismo para las tareas, empleando ejercicios y ritmos de movimientos típicos del proceso laboral. [11]

1.3.4.8. Diseño de tareas para que la mayoría de los trabajadores puedan realizarlas

Al considerar los rangos y capacidades de la mayor parte de los usuarios en el diseño de lugares de trabajo, equipo de seguridad y trabajo, así como herramientas y dispositivos de trabajo, ayuda a reducir el esfuerzo y estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad del trabajador.

El humano es la parte más flexible del sistema, por lo que el operador generalmente puede cubrir las deficiencias del equipo, pero esto requiere de tiempo, atención e ingenio, con lo que disminuye su eficiencia y productividad, además de que puede desarrollar lesiones, microtraumatismos repetitivos o algún otro tipo de problema, después de un período de tiempo de estar supliendo dichas deficiencias.

En forma general, podemos decir que el desempeño del operador es mejor cuando se le libera de elementos distractores que compiten por su atención con la tarea principal, ya que cuando se requiere dedicar parte del esfuerzo mental o físico para manejar los distractores ambientales, hay menos energía disponible para el trabajo productivo.

Existe un campo de la ergonomía de necesidades específicas que se enfoca principalmente al diseño y desarrollo de equipo para personas que presentan alguna discapacidad física, para la población infantil y escolar, y el diseño de microambientes autónomos.

La diferencia que presentan estos grupos específicos radica principalmente en que sus miembros no pueden tratarse en forma "general", ya que las características y condiciones para cada uno son diferentes, o son diseños que se hacen para una situación única y un usuario específico.[12]

1.3.4.9. Uso de poca fuerza para movimientos precisos o control motriz fino

El control de la motricidad fina es la coordinación de músculos, huesos y nervios para producir movimientos pequeños y precisos. Un ejemplo de control de la motricidad fina es recoger un pequeño elemento con el dedo índice y el pulgar.

Lo opuesto a control de la motricidad fina es control de la motricidad gruesa (movimientos grandes y generales). Un ejemplo de control de la motricidad gruesa es agitar los brazos al saludar.

Los problemas del cerebro, la médula espinal, los nervios periféricos, los músculos o las articulaciones pueden todos deteriorar el control de la motricidad fina. La dificultad para hablar, comer y escribir en personas con mal de Parkinson se debe a la pérdida del control de la motricidad fina.

Las siguientes tareas pueden ocurrir sólo si el sistema nervioso madura en la forma correcta:

- Recortar formas con tijeras.
- Dibujar líneas o círculos.
- Doblar ropa.
- Sostener y escribir con un lápiz.
- Apilar bloques.
- Pegar una cremallera. [13]

1.3.4.10. Inicio y terminación de movimientos con ambas manos al mismo tiempo

Cuando la mano derecha trabaja en su área normal a la derecha del cuerpo y la izquierda en la suya, a la izquierda del cuerpo, el sentimiento de balance tiende a inducir un ritmo en el desempeño del operario, que lo lleva a la máxima productividad. La mano izquierda en personas derechas puede ser tan efectiva como la derecha y debe usarse. Las dos manos no deben quedar ociosas, excepto durante los periodos de descanso. [13]

1.3.4.11. Movimientos simétricos y simultáneos de ambas manos desde y hacia el centro del cuerpo

El espacio de posible prensión alrededor de un operario puede ser representado idealmente como una envolvente esférica, donde, para todas las distancias y ángulos, pueden definirse los correspondientes esfuerzos musculares y las precisiones de los respectivos movimientos, Este análisis alcanza mayor complejidad según las personas estudiadas, según las posiciones adoptadas en el trabajo y según las competencias de trabajo demandadas.

Las áreas mejor definidas y más generalmente aceptadas son las correspondientes al espacio de trabajo en el plano horizontal de actuación para un operario sentado. El contorno del área corresponde a dos semicírculos que se interceptan determinando las zonas de alcance normal y máximo para ambas extremidades superiores, así como una zona común a ambas extremidades definida como zona de actuación óptima para ambas. Una descripción gráfica de lo anterior, se muestra en la figura 1.2. [6]

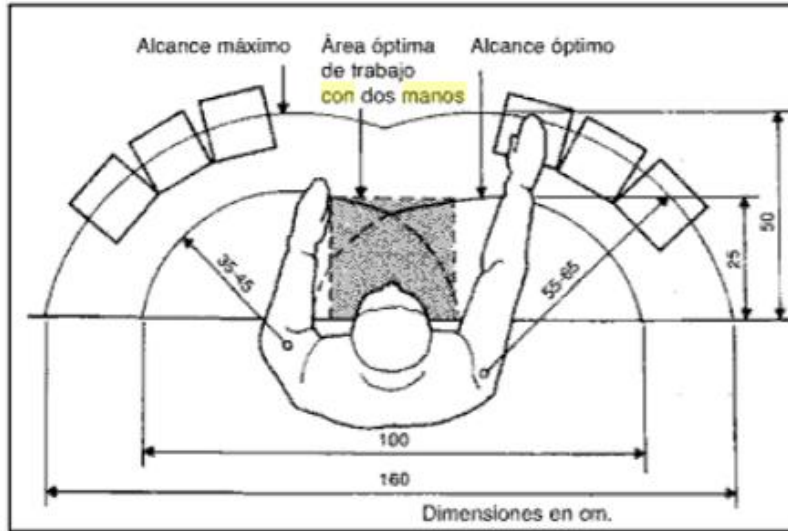


Figura 1.2. Movimientos simultáneos en el espacio de trabajo, indicando las dimensiones en centímetros.

1.3.4.12. Uso del ritmo natural del cuerpo

Los reflejos de la espina dorsal que excitan o inhiben músculos, también llevan a ritmos naturales en el movimiento de los segmentos del cuerpo que se pueden comparar con los sistemas de masa-resorte-amortiguador de segundo orden, donde los segmentos del cuerpo proporcionan la masa y el músculo con resistencia y amortiguamiento internos.

La frecuencia natural es esencial para el desempeño suave y automático de una tarea. Drillis estudió una variedad de tareas manuales muy comunes y sugirió tiempos de trabajo óptimos, de la siguiente manera:

- Limado de metal: de 60 a 78 pasadas por minuto.
- Cortes: 60 pasadas por minuto.
- Palanca con la mano: 35 revoluciones por minuto.
- Palanca con la pierna: de 60 a 72 revoluciones por minuto.
- Palar: de 14 a 17 paleadas por minuto. [14]

1.3.4.13. Uso de movimientos curvos continuos

Debido a la naturaleza de los ligamentos que unen los segmentos del cuerpo, es mas sencillo para las personas producir movimientos curvos, es decir, pivotear alrededor de una coyuntura. Los movimientos en línea recta que involucran cambios agudos y repentinos en su dirección requieren mas tiempo y son menos precisos. Esta ley se demuestra con facilidad al mover cualquiera de las dos manos con un patrón rectangular, y después con uno circular de magnitudes aproximadas. Los movimientos curvos continuos no requieren desaceleración y, en consecuencia, se realizan mas rápido por unidad de distancia. [14]

1.3.4.14. Uso de la clasificación de movimientos práctica más baja

Ésta clasificación de movimientos finalmente termina convirtiéndose en ley fundamental de la economía de movimientos, para ejecutar un adecuado estudio de métodos. Los movimientos son los siguientes:

- Los movimientos de los dedos, o movimientos de primera clase, son los mas rápidos de los cinco tipos y se reconocen con facilidad porque se realizan moviendo el o los dedos mientras el resto del brazo permanece inmóvil. Los movimientos típicos de los dedos son enroscar una tuerca en un tornillo, presionar las teclas de una máquina de escribir o tomar una parte pequeña.
- Los movimientos de dedos y muñecas se hacen mientras el brazo y antebrazo están quietos, y se conocen como movimientos de clase dos. Los movimientos típicos de dedos y muñecas ocurren al colocar una parte en un dispositivo o al ensamblar partes.
- Los movimientos de dedos, muñecas y parte baja del brazo se conocen como movimientos del antebrazo de clase tres, e incluyen aquellos realizados por el brazo abajo del codo cuando la parte superior no se mueve. Como el antebrazo incluye un músculo fuerte, esos movimientos no se consideran eficientes porque no son fatigantes. Sin embargo, el trabajo repetitivo con fuerza de los brazos extendidos puede inducir hinchazón, que se alivia diseñando la estación de trabajo de manera que los codos estén a 90° al realizar la tarea.

- Los movimientos de dedos, muñeca, parte baja y parte alta del brazo se conocen como movimientos de clase cuatro o de hombro, y quizá se usen mas que los de cualquier otra clase. Este movimiento, para una distancia dada, toma mucho más tiempo que los movimientos de las tres clases anteriores. Se requiere para realizar movimientos de transporte de partes que no es posible alcanzar sin extender el brazo.
- Los movimientos de clase cinco incluyen movimientos del cuerpo, que son los mas tardados. Los movimientos del cuerpo incluyen tobillo, rodilla y muslo, al igual que el tronco.

Los movimientos de clase uno requieren el menor esfuerzo y tiempo, mientras que los de clase cinco se consideran los menos eficientes. Así, siempre debe utilizarse el movimiento de clasificación menor para realizar un trabajo adecuado. [15]

1.3.4.15. Trabajo con manos y pies al mismo tiempo

Dado que las manos son mas hábiles que los pies, no sería inteligente hacer que los pies trabajaran mientras las manos están quietas. Con frecuencia se pueden arreglar dispositivos como pedales que permitan sujeciones, expulsiones o alimentaciones, y liberar las manos para otros trabajos mas útiles y en consecuencia disminuir el tiempo de ciclo. Cuando las manos se mueven, los pies no deben hacerlo, ya que es difícil el movimiento simultáneo de manos y pies; pero los pies pueden estar aplicando presión sobre algo como un pedal. Además, el operario debe estar sentado, pues no es sencillo operar un pedal de pie, y aguantar todo el peso del cuerpo en el otro pie.[6]

1.3.5. Diseño de estaciones de trabajo

1.3.5.1. Antropometría y diseño

Al tratar de diseñar los puestos de trabajo, la primera necesidad que surge es la de determinar los espacios necesarios para desarrollar la actividad. Esto significa que, dada la gran diversidad de talla de los individuos, hay que considerar dimensiones corporales que engloben al mayor número de personas, huyendo del tópico de considerar las dimensiones del individuo medio como solución a las necesidades de diseño.

La antropometría es la medida de las dimensiones del cuerpo humano. Permite conocer el volumen espacial ocupado por un cuerpo pero también las posibilidades de alcance de un objeto mediante un movimiento. El aspecto dimensional de los puestos de trabajo, máquinas y herramientas pasa por conocer los datos antropométricos y biomecánicos de la población concernida, y el análisis de las exigencias de las tareas.

La antropometría es una técnica que surge en Egipto, 3000 años antes de cristo.

El estudio más detallado de las proporciones humanas que se conoce del tiempo del imperio romano data aproximadamente del año 15 antes de cristo; en este estudio, el arquitecto Vitruvio argumentaba que las dimensiones de los objetos arquitectónicos debían fundamentarse en ciertos principios sobre proporciones y dimensiones del cuerpo humano. Vitruvio tuvo escasa influencia en su época, pero no así en el renacimiento, ya que fue el punto de partida de los trabajos y la justificación de las teorías de Leonardo Da Vinci, sin duda el primer ergónomo, por su multidisciplinaridad científica y su permanente preocupación por desarrollar y facilitar las actividades humanas. Leonardo recupera el hombre de Vitruvio, la conocida figura donde se trata de describir las proporciones del ser humano “perfecto”, que corresponde con una visión antropocéntrica: el hombre como centro del universo. Al desarrollar el esquema del círculo y el cuadrado realiza un estudio anatómico buscando la proporcionalidad del cuerpo humano, el canon clásico o ideal de belleza. La figura 1.3 muestra el hombre de vitruvio.

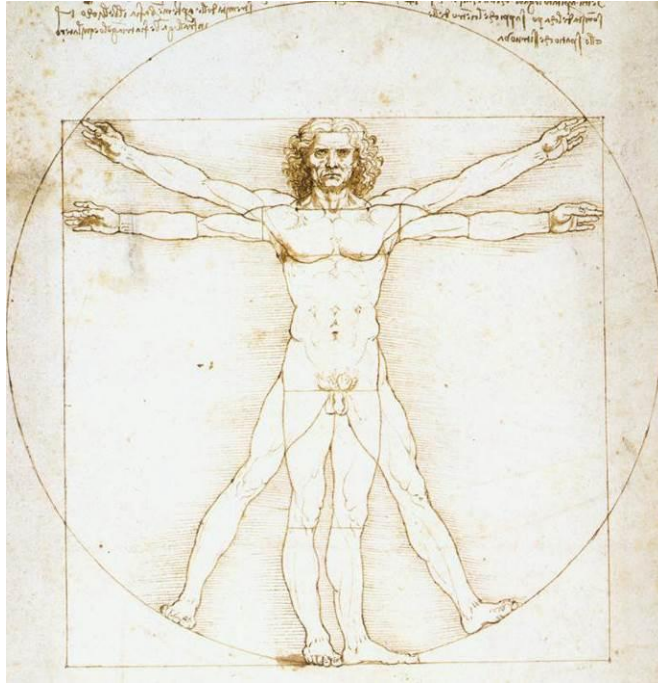


Figura 1.3. El hombre de Vitruvio.

Adolfhe J. Quetelet (1796-1874) es considerado el padre de la antropometría científica por haber aplicado en 1841 métodos estadísticos en los estudios en seres humanos; adaptando el método científico mostró la aplicabilidad de la teoría de la curva normal de Gauss para estudiar los fenómenos biológicos, haciendo posible entonces la distribución de las medidas antropométricas en forma de campana y su estudio.

La adaptación de las dimensiones físicas de un puesto de trabajo para una persona determinada es lo ideal pero tambien lo más caro, estando justificada en casos muy específicos. Independientemente de que diseñemos para un individuo, para un grupo o para una población, deberemos determinar las dimensiones relevantes del puesto según el análisis de las tareas. En todos los casos se debe seguir el diagrama de decisiones de la figura 1.4.

En el diseño individual se deben tomar las medidas antropométricas relevantes del sujeto y con ellas establecemos las dimensiones físicas del puesto de trabajo.



Figura 1.4. Diagrama de decisiones aplicado a la antropometría

Sin embargo, si este puesto debe ser utilizado por un grupo de trabajadores, habrá que tener en cuenta las medidas de todos para hacer el diseño. Algo parecido, pero más complicado aún, se presenta cuando debemos diseñar para poblaciones numerosas o muy numerosas.

En todos los casos es necesaria la aplicación de tres principios para el diseño antropométrico:

1. Principio del diseño para el promedio.

El hombre medio no es el maniquí ergonómico. Las dimensiones antropométricas del promedio sólo se utilizan en contadas situaciones, bien cuando la precisión de la dimensión tiene poca importancia, no genere dificultades o tenga una utilización infrecuente, etc. Se empleará cuando la adopción de cualquier otra solución sea muy costosa o técnicamente muy compleja.

2. Principio del diseño para individuos extremos.

En aquellos casos en los que se tengan que definir las dimensiones de un espacio interior, tal como un hueco, abertura o acceso, la medida de partida será la dimensión antropométrica pertinente del sujeto grande.

Si lo que se quiere diseñar es un pupitre de control donde el alcance del brazo hacia delante es una dimensión relevante, para fijar la ubicación de un control tipo pulsador habrá que determinar la distancia límite por la persona que tuviese un alcance del brazo hacia delante menor y, de esa forma, el resto alcanzarían el punto más distante en el panel de control.

Cuando se trate de un grupo reducido y hubiese una gran heterogeneidad entre sus miembros, se debería excluir del grupo a aquellos individuos significativamente alejados de la media y, si económicamente fuera viable o humanamente fuera necesario, se diseñaría aparte un puesto específico para aquellos.

Las dimensiones de los sujetos grandes determinarán las dimensiones de las medidas interiores, mientras que las de los sujetos pequeños determinarán los mínimos de las medidas exteriores.

3. Principio del diseño para un intervalo ajustable.

Siempre que sea técnica y económicamente viable incorporaremos elementos de ajuste al objeto diseñado. De esta forma este diseño, cuando está orientado a un grupo de personas, es el idóneo por flexibilidad y adaptabilidad, dado que cada persona podrá ajustarse el objeto a su medida, a sus necesidades. El objetivo es en este caso decidir los límites de los intervalos de cada dimensión que se quiera hacer ajustable. Normalmente puede tomarse como valor la diferencia entre la medida antropométrica pertinente del sujeto grande y del sujeto pequeño.

En este caso de no poseer la información antropométrica adecuada se parte de una muestra representativa de la población para la que se quiere diseñar, para lo cual es necesario previamente determinar el tamaño de la muestra y las características que deben tener los sujetos seleccionados.[6]

1.3.5.2. Las fuentes de variabilidad de los datos antropométricos.

La Norma ISO 7250 que se refiere a la definición de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, constituye una guía ergonómica para la determinación de las medidas antropométricas necesarias para el diseño.

Algunos de los términos antropométricos más comunes son:

Acromion. Que es el punto más elevado del omoplato y cuya altura se considera normalmente como la altura del hombro.

Vértex. Que es el punto más alto de la cabeza.

Poplíteo. Parte de la pierna opuesta a la rodilla, por donde se dobla y encorva.

Plano de Frankfurt. Plano horizontal normalizado que pasa por la abertura exterior de la oreja y la arista inferior de la órbita ocular cuando el plano medial de la cabeza se mantiene vertical.

Se establecen también las condiciones de medida, tales como vestimenta del sujeto y los instrumentos de medida (antropómetro, pie de rey, cinta métrica y compases de espesores) según se midan alturas, anchuras, o perímetros.

La aplicación antropométrica se puede considerar estructurada en dos fases diferentes y complementarias, que son: la antropometría estática o estructural y la antropometría dinámica o funcional. La antropometría estática se basa en las medidas efectuadas sobre el ser humano según las normas indicadas, las cuales dependen de:

- La talla, peso, etc.
- El sexo, la edad, el medio social, el país de origen, etc.
- La ropa.
- La validez de las medidas.

La antropometría dinámica valora los movimientos como sistemas complejos independientes de la longitud de los segmentos corporales. El esqueleto es análogo a unos eslabones articulados, sujetos por unos resortes (los músculos). Las posibilidades de diferentes articulaciones permiten definir las zonas de confort que corresponden a unos ángulos intersegmentarios; las

zonas de prensión quedan definidas por la longitud de los segmentos que separan los centro articulados del cuerpo humano y por los ángulos de confort entre cada eslabón.

Los principales segmentos antropométricos desde el punto de vista del diseño del espacio de trabajo y de acuerdo a las definiciones de la norma ISO 7250 son:

1. Estatura (altura del cuerpo): Distancia vertical desde el suelo hasta el punto más alto de la cabeza.
2. Altura de los ojos: Distancia vertical desde el suelo hasta el vértice exterior del ojo.
3. Altura de los hombros: Distancia vertical desde el suelo hasta el acromion.
4. Altura del codo: Distancia vertical desde el suelo hasta el punto más bajo del codo flexionado.
5. Altura del puño: Distancia vertical desde el suelo hasta el eje de prensión del puño.
6. Altura sentado: Distancia vertical desde una superficie del asiento horizontal hasta el punto más alto de la cabeza.
7. Altura de los ojos: Distancia vertical desde una superficie de asiento horizontal hasta el vértice exterior del ojo.
8. Altura de los hombros, sentado: Distancia vertical desde una superficie del asiento horizontal hasta el acromion.
9. Altura de los codos, sentado: Distancia vertical desde una superficie del asiento horizontal hasta el punto más bajo del codo flexionado en ángulo, con el antebrazo en horizontal.
10. Espesor del muslo.
11. Espesor del abdomen: Máximo espesor del abdomen en posición sentado.
12. Altura poplítea, longitud de la pierna: Distancia vertical desde los pies apoyados en una superficie hasta la superficie interior del muslo inmediata a la rodilla, cuando esta doblada en ángulo recto.
13. Longitud poplíteo-trasero, profundidad del asiento: Distancia horizontal desde el poplíteo hasta el punto posterior del trasero.
14. Longitud rodilla-trasero: Distancia horizontal desde el punto anterior de la rótula hasta el punto posterior del trasero.

15. Alcance máximo: Máxima distancia desde una superficie vertical hasta la punta de los dedos, susceptible de ser alcanzada con las manos, manteniendo los miembros superiores en extensión máxima en vertical o en horizontal.
16. Alcance del puño: Distancia horizontal desde una superficie vertical hasta el eje del puño, con los omoplatos bien apoyados contra esa superficie vertical.
17. Longitud codo-puño: Distancia horizontal desde la parte posterior del brazo (a la altura del codo) hasta el eje del puño, con el codo flexionado en ángulo recto.
18. Anchura entre hombros: Distancia entre las máximas protuberancias laterales de los músculos deltoides derecho e izquierdo.
19. Anchura entre codos: Distancia horizontal máxima entre las superficies laterales de los codos.
20. Anchura de caderas: Distancia horizontal máxima entre las caderas. [6]

Para ver una descripción gráfica de lo anterior, ver apéndice A.

1.3.5.3. Conceptos estadísticos para las aplicaciones de la antropometría

Cuando se realiza un estudio antropométrico se pretende generalmente inferir o generalizar resultados de una muestra a una población (que representa el conjunto grande de individuos que deseamos estudiar, un colectivo homogéneo que reúne unas características determinadas, y generalmente suele ser inaccesible: población laboral americana, población masculina mexicana, etc.). Se estudia en particular a un reducido número de individuos con la idea de poder generalizar los hallazgos a la población de la cual esa muestra procede.

La muestra es el conjunto menor de individuos (subconjunto de la población accesible y limitado sobre el que realizamos las mediciones o el experimento con la idea de obtener conclusiones generalizables a la población).

El individuo es cada uno de los componentes de la población y la muestra. La muestra debe ser representativa de la población, es decir que cualquier individuo de la población estudiada debe haber tenido la misma probabilidad de ser elegido. Se asume que la estatura y algunas otras dimensiones antropométricas de una población se distribuyen siguiendo la curva normal o

campana de Gauss. Cuando existe normalidad y las medidas de tendencia central (media, moda y mediana) coinciden en su valor, la curva es simétrica.

La media aritmética es la suma de los datos dividida entre el número de éstos. La mediana es el dato que ocupa el valor central, después de haber sido ordenados, mientras que la moda es el valor que más se repite, es decir, el de mayor frecuencia.

La desviación estándar es una medida de dispersión; se calcula obteniendo la raíz cuadrada de la varianza (media de los cuadrados de las diferencias entre cada valor de la variable y la media aritmética de la distribución). Expresa la dispersión de la distribución y se expresa en las mismas unidades de medida de la variable.

Los percentiles son aquellos valores que dividen a la muestra ordenada de datos antropométricos en 100 partes iguales: $p_1, p_2, \dots, p_{100}$. De forma intuitiva podemos decir que es un valor tal que supera un determinado porcentaje de los miembros de la población. A la hora de diseñar utilizando los datos antropométricos suelen emplearse los percentiles: p_1 - p_{99} , p_5 - p_{95} , $p_{2.5}$ - $p_{97.5}$.

En una distribución que pueda describirse como normal, el 68% de los casos cae entre -1 y +1 desviación estándar de la media aritmética. El 95% de los casos caen entre -2 y +2 desviaciones estándar, y el 98% de los casos entre -3 y +3 desviaciones estándar. Las puntuaciones estandarizadas (puntuaciones z) se obtienen restando la media a cada observación y dividiendo entre la desviación estándar. [6]

Para el cálculo de un percentil (p) se emplea la ecuación 1.1:

$$p = \text{Valor media} + [(\text{desviación estándar})(\text{puntuación } z)] \quad 1.1$$

1.3.5.4. Diseños de espacios de trabajo

1.3.5.4.1. Conceptos básicos

La integración de la prevención de riesgos profesionales desde la fase de concepción en los proyectos arquitectónicos de nuevos edificios de oficinas y la concepción ergonómica de los espacios de trabajo, en tanto que elementos determinantes de las condiciones de trabajo y factores de riesgo sobre la salud y seguridad de los trabajadores, está regulada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

La ergonomía debe colaborar con el arquitecto desde su conocimiento del hombre que está en actividad; el ergónomo, como ingeniero del factor humano, ha de contribuir a crear espacios de trabajo adaptados a los hombres y a las actividades que en ellos se lleven a cabo. Deben superarse las imágenes restrictivas de la ergonomía en el acondicionamiento de las oficinas, que la reducen a abordar cuestiones específicas como la iluminación, la elección del mobiliario o el confort de los usuarios. Aspectos básicos como la previsión de espacios para la realización de actividades en el interior: despachos individuales, despachos compartidos, locales de archivo, accesos, circulación, etc. constituyen elementos determinantes de las condiciones de trabajo. Solo teniendo un espacio para trabajar podremos abordar otros aspectos complementarios como los ambientes individuales y el mobiliario.

Existe una serie de evidencias que pueden explicar la problemática acción conjunta, principalmente:

- El arquitecto concibe espacios de trabajo sin conocer el trabajo.
- El ergónomo no es un arquitecto de interiores.
- La base de la ergonomía no es la corrección.
- El ergónomo está entre el promotor y el constructor.

El ergónomo puede participar inicialmente en el estudio de viabilidad y durante la programación de proyecto como asesor del promotor, con las siguientes tareas:

- Análisis de actividad (situaciones existentes).
- Análisis de la población existente o a reclutar.
- Interacción con el promotor y el constructor.

Un edificio no ergonómico queda caracterizado por una inadecuación entre la arquitectura y las finalidades de funcionamiento de los servicios que comprende, independientemente de que la causa haya sido la falta de previsión o las limitaciones financieras.

El promotor desarrolla un programa que le permite definir el proyecto en términos de necesidades, de exigencias y debe operativizarlas para que sean tomadas por los diseñadores como objetivos parciales que integran las diferentes partes del proyecto donde, además de las prescripciones en materia de prevención y condiciones de trabajo, deben figurar las ergonómicas en términos de función tanto de trabajadores como de usuarios o clientes. Esta etapa es esencial y muchas veces queda reducida al cálculo de metros cuadrados, a algunas especificaciones técnicas, recomendaciones sobre la estética o la imagen de la entidad promotora.

En el desarrollo de un nuevo proyecto y en las tres etapas diferenciadas: definición, concepción o diseño y ejecución, el papel del ergónomo en los estudios preliminares, en la petición de ofertas o en los estudios detallados consiste en velar en todo momento por la funcionalidad de la construcción y su adecuación a los objetivos finales, ya sea en términos de prevención, calidad de las condiciones de trabajo o calidad de los servicios prestados en su interior.

La transformación del trabajo implica a la ergonomía desde el diseño para:

- Anticipar las consecuencias negativas que los cambios tienen sobre la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Replantear los modelos y las prácticas de la intervención ergonómica. [6]

1.3.5.4.2. Nuevas tecnologías en los proyectos

La introducción de nuevas tecnologías tiene una dimensión material (tecnología informática, mecánica, química, etc.) al tiempo que humana o social por cuanto conlleva también la modificación del reparto de las tareas y la organización del trabajo.

A menudo la informatización, la automatización y las transferencias tecnológicas se basan en la visión que los diseñadores hacen por adelantado del trabajo, visión excesivamente teórica que no tiene en cuenta o subestima las regulaciones que en función de la nueva carga de trabajo están obligados a realizar los trabajadores para asegurar la producción y el mantenimiento. Particularmente, la variabilidad industrial, los incidentes susceptibles de producirse y las fases perturbadas que de ello resultan no son a menudo tomados en cuenta en la fase de concepción. [6]

1.3.5.4.3. La génesis del proyecto

La ergonomía, a partir de las situaciones existentes y gracias al análisis del trabajo, puede evidenciar la actividad real de los operadores, en particular las regulaciones que despliegan para garantizar la información y asegurar la calidad y la cantidad de la producción, sin que esta actividad sea siempre conocida por los responsables de la organización del trabajo.

En el caso de un proyecto de automatización, la actividad futura no puede ser observada, puesto que esta resulta de las decisiones que se tomen a lo largo de la fase de concepción; se trata pues de buscar los medios para prever esta actividad futura. Esta actividad está determinada la mayor parte de las veces por tres grupos de factores:

- Las características de la población de los trabajadores (edad, estado físico, experiencia, formación anterior, etc.).
- La característica de la materia prima y de los productos, ya sea de objetos materiales o de tratamiento de la información.
- Las características de los medios de trabajo definidos por los promotores o por los diseñadores.

La intervención ergonómica en las diferentes etapas del proyecto pretende indagar sobre las diferentes determinantes de la actividad futura probable, deduciendo alguna de sus características previsibles para influir a tiempo en la concepción. La diversidad de determinantes de la actividad futura hace que la intervención ergonómica en un proyecto industrial no pueda ser descrita simplemente en términos de recomendaciones.

La actividad de los implicados en el origen del proyecto se inscribe en un conjunto múltiple y complejo de exigencias de todo orden: técnicas, financieras, temporales..., manteniendo también sus particulares puntos de vista sobre los temas que afectan a las condiciones de trabajo, que pueden resultar en determinadas ocasiones inabordables para el ergónomo por cuanto que no tiene esas competencias.

La función preventiva consiste en suministrar anticipadamente información sobre las determinantes de la actividad para que puedan considerarlas en la fase de concepción, facilitando a partir de las soluciones que proponga una previsión de la actividad futura probable, para finalmente, y a partir de esta previsión, poner en evidencia los factores susceptibles de ser perjudiciales para la salud de los trabajadores y para la eficacia de su trabajo.

La intervención ergonómica varía pues en función de las etapas del proyecto. Esto implica, por lo tanto, un conocimiento por parte del ergónomo del cronograma del proyecto en el que participa y de los actores afectados en cada fase y, por otra parte, debe remarcar su objetivo de influir activamente en el desarrollo para favorecer la actividad futura de los operadores. Ello solo será posible si el ergónomo mantiene una estrecha relación con la dirección del proyecto.

En los estudios preliminares, quien necesita y solicita el proyecto, el promotor, define sus objetivos en términos económicos y técnicos, fijándose con precisión los fines de la modernización tecnológica, la producción y los parámetros de calidad esperados. En esta etapa suelen darse pocas indicaciones sobre las características esperadas de la organización del trabajo o sobre la misma gestión de la dirección del proyecto. Es frecuente que al tiempo que se impongan objetivos se impongan igualmente soluciones técnicas, cerrándose así el abanico de

elecciones tecnológicas y organizativas a partir de las cuales se pueda elaborar una respuesta global por el responsable del proyecto.

Las competencias del director del proyecto son a menudo puramente técnicas. Una consultora de ingeniería o un estudio de arquitectura no tienen siempre una estructura constituida por expertos sobre la organización del trabajo o la formación de operadores. Estos aspectos suelen ser tratados generalmente de forma tardía en el desarrollo del proyecto y sin un verdadero conocimiento del tema. La subcontratación de una parte de los estudios de los trabajos a diferentes empresas plantea una dificultad añadida en el sentido de lograr una armonía y coherencia, no siempre fácil de conseguir.

Las reflexiones sobre la futura población trabajadora: el análisis de las estructuras de edad y de la historia profesional de las personas afectadas, rara vez se lleva a cabo. [6]

1.3.5.4.4. La metodología sociotécnica como instrumento evaluador

Toda instrucción de nuevas tecnologías o desarrollo de un proyecto de nueva concepción constituye un dato que es a la vez técnico, económico, informativo, organizativo y social. Estos diferentes aspectos constituyen las múltiples dimensiones de una única y misma realidad. El peligro, tanto a nivel de análisis como de acción, es el de considerar aisladamente estos aspectos o ignorarlos.

Los aspectos sociorganizativos plantean concretamente la cuestión de las relaciones hombres-máquinas (H/M) y hombres-hombres (H-H). Este tipo de relaciones no suelen ser tomadas en cuenta en la fase de concepción de nuevos proyectos. Varios fenómenos permiten explicar esta no consideración de la dimensión ergonómica:

- Una presión social insuficiente.
- Una falta de sensibilidad y de formación-información de quienes hacen proyectos sobre estos aspectos de su trabajo.
- La convicción de que el problema humano y social es más un asunto psicológico de resistencia al cambio que una cuestión de concepción de los sistemas.

- El entendimiento de la prevención en términos de expresa normativa legal.

En consecuencia, se produce la exclusión del proceso de concepción de los expertos en esta dimensión (ergónomos, expertos en condiciones del trabajo, psicólogos, formadores, etc.).

La participación del ergónomo es para ocuparse del problema humano y social en la concepción de los sistemas.

Frente a las estructuras clásicas de creación y dirección de un proyecto, el desarrollo de estos métodos permite la mayor compatibilidad con los objetivos y los métodos propios de la ergonomía. Su puesta en práctica queda caracterizada por el hecho de:

- Insistir muy particularmente sobre la definición de objetivos que hace el promotor. Se proponen estos métodos para obtener más que los resultados esperados en cuanto a fines, calidad y cantidad: el detalle de los objetivos relativos a la población que será empleada en la futura instalación, a la organización prevista del trabajo, a las condiciones de ejecución, etc.
- Referirse no solo a los aspectos técnicos, sino igualmente a los aspectos humanos, en particular a la organización del trabajo y la formación.
- Influir para que la dirección del proyecto afronte de manera explícita los aspectos que afectan a las condiciones de trabajo y que son los siguientes:
 - 1) Concepción y diseño de los locales y espacios de trabajo.
 - 2) Concepción y diseño de los equipos materiales (máquinas).
 - 3) Concepción y diseño de equipos inmateriales (circulación de la información, programas informáticos).
 - 4) Definición de la organización del trabajo.
 - 5) Definición de los programas de formación y consignas.

Se logra así un reforzamiento del papel inicial del promotor, sabiendo que la ampliación de los objetivos que concurren a una mejora del contenido del proyecto puede contribuir a una mayor coherencia. Puede surgir entonces una necesidad de seguimiento del proyecto por un

representante del promotor con su equipo de trabajo (jefe del proyecto, representante de la administración, etc.). Este grupo es el encargado de vigilar a lo largo del desarrollo el mantenimiento del contenido y de la coherencia de las respuestas aportadas a los objetivos inicialmente fijados. Es el interlocutor privilegiado del director del proyecto y su papel se extiende o abarca hasta la fase de la puesta en marcha. [6]

1.3.5.4.5. Determinar la altura de la superficie de trabajo según la altura del codo

La altura del área de trabajo estará a nivel del codo. Sin embargo existen algunas excepciones tales como:

- Trabajos de precisión donde el trabajador necesite tener el objeto más cerca de su campo de visión; si se da este caso y la altura de la superficie de trabajo está por encima del nivel del codo, se proveerá de apoyabrazos al trabajador.
- Trabajos de pie que necesiten empleo de fuerza; entonces la superficie de trabajo estará por debajo del nivel del codo.

La altura desde el suelo hasta el plano de trabajo es la que va de 95 a 100 centímetros para los hombres y de 85 a 95 centímetros para las mujeres.

La solución para obtener la altura de la superficie de trabajo al nivel del codo estará en el uso de:

- Sillas regulables en altura.
- Para trabajos de pie, mesas regulables en altura o plataformas estables que eleven la superficie de trabajo o situadas bajo los pies del trabajador. [6]

1.3.5.4.6. Ajustar la altura de la superficie de trabajo según la tarea que se realiza

Existen excepciones a este primer principio. Para ensamble pesado con levantamiento de partes pesadas, es más ventajoso bajar la superficie de trabajo hasta ocho pulgadas (20 cm), para aprovechar los músculos más fuertes del tronco, tal y como se muestra en la figura 1.5.

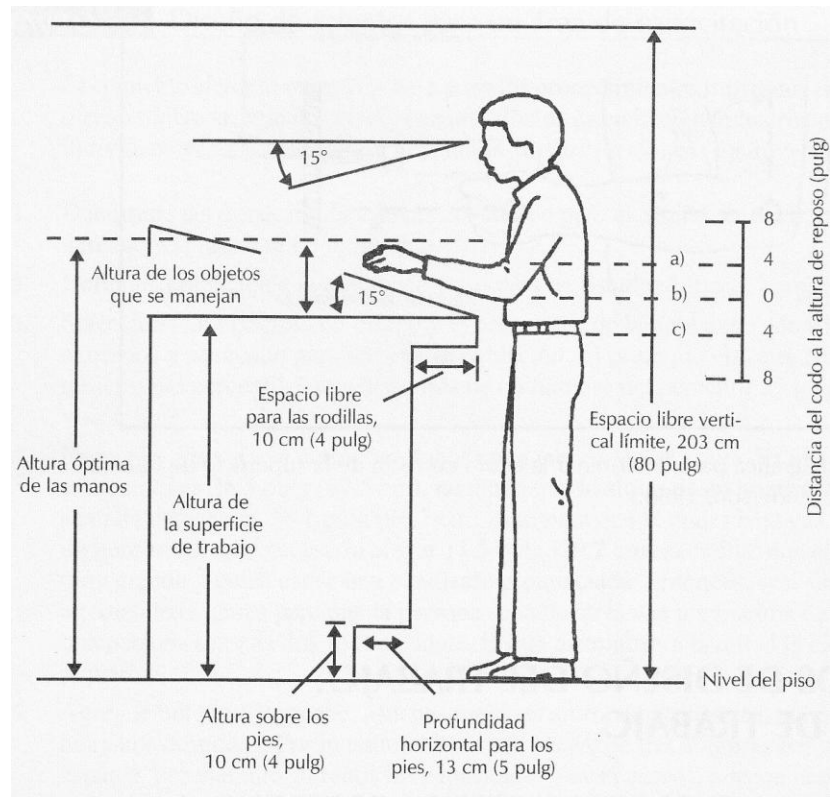


Figura 1.5. Dimensiones recomendadas para la estación de trabajo de pie. (a) Para trabajo de precisión con descanso para el brazo, (b) Para ensamble ligero, (c) Para trabajo pesado.

Para un ensamble fino que incluye detalles visuales pequeños, es más ventajoso elevar la superficie de trabajo ocho pulgadas (20 cm), para acercar los detalles a la línea de visión óptima de 15 grados. Otra alternativa, quizá es mejor inclinar la superficie alrededor de 15 grados; de esta manera se satisfacen ambos principios. Sin embargo, las partes redondeadas tienen una tendencia a rodar fuera de la superficie.

Estos principios también se aplican a la estación donde se trabaja sentado. Una gran parte de las tareas, como escribir o los ensambles ligeros, se realizan mejor a la altura del codo en descanso. Si el trabajo requiere la percepción de detalle fino, puede ser necesario elevar el trabajo para que esté más cerca de los ojos. Las estaciones para trabajar sentado deben contar con sillas y descanso para los pies ajustables. De manera ideal, una vez que el operario está sentado cómodamente con ambos pies en el suelo, la superficie de trabajo se posiciona a la altura adecuada del codo para ajustar la operación. Así, la estación de trabajo también necesita ser ajustable. Los operadores de

estatura baja, cuyos pies no alcanzan el suelo incluso después de ajustar el asiento, deben utilizar un descanso para pies que les proporcione el soporte apropiado. [13]

1.3.5.4.7. Alentar la flexibilidad en la postura

Podemos hablar de flexibilidad en la postura cuando la clasificamos en postura de pie y postura sentado.

En el caso de la postura de pie, bipedestación o erecta es natural en el ser humano y, en sí, no plantea ningún problema particular. Sin embargo, el hecho de trabajar de pie puede regularmente causar problemas en pies, hinchazón de las piernas, de las varices, un cansancio muscular generalizado, dolores en la parte baja de la espalda, tensiones articulares de la nuca y hombros y otros problemas de salud. Son lesiones que afectan frecuentemente a camareros, dependientes y cualquiera que debe trabajar de pie durante largos períodos.

Mantener el cuerpo recto requiere un esfuerzo muscular considerable, que es particularmente nocivo cuando se debe permanecer inmóvil. Además de la fatiga muscular, se dan otras molestias: una acumulación local de sangre en las piernas y los pies con dolor y hormigueo en las venas que puede empeorar con el paso del tiempo y transformarse en varices.

Un puesto de trabajo ergonómico permite al trabajador la posibilidad de elegir entre distintas posturas y cambios frecuentes. Es especialmente importante regular la altura del plano de trabajo, ajustable a la talla del operador y a la tarea a efectuar. Si no es posible regular el puesto de trabajo, sería necesario instalar plataformas para los operadores más bajos o un zócalo para aumentar la altura del plano de trabajo de los operadores de mayor talla.

La organización del espacio de trabajo constituye otro aspecto importante, debe haber suficiente espacio para desplazarse y cambiar de postura. Los apoyapiés fijos o móviles permiten transferir el peso del cuerpo de una pierna a otra. Un apoyo del codo para un trabajo de precisión ayuda a reducir la tensión en hombros, brazos y cuello.

Los controles y las herramientas deben estar al alcance del trabajador para evitar todo movimiento de torsión o flexión. Cuando sea posible, es necesario disponer de un asiento para que el operador pueda tener la posibilidad de apoyarse o sentarse, tal y como se muestra en la figura 1.6.



Figura 1.6. Asiento de apoyo.

Un cambio de postura mejora la circulación de la sangre hacia los músculos en actividad. La calidad de los zapatos y el tipo de recubrimiento de suelo son factores también importantes que contribuyen a la comodidad de la postura de trabajo de pie. Las alfombras ergonómicas y el tipo de calzado son otras propuestas a considerar para reducir la fatiga en la postura de trabajo de pie.

Las acciones correctivas para el trabajo son, básicamente:

- Modificar la altura del plano de trabajo (mesas regulables).
- Ajustar la altura del operador.
- Ajustar la altura en el plano de trabajo.

Los principios básicos para atenuar los efectos negativos de un trabajo de pie son los siguientes:

- Cambiar frecuentemente de postura, de tal modo que no se mantenga una misma postura más que durante un corto plazo de tiempo.

- Evitar los movimientos de flexión, extensión y torsión excesivos.
- Establecer un ritmo de trabajo adecuado.
- Facilitar períodos de descanso; realizar algunos ejercicios.
- Informar sobre las buenas prácticas de trabajo y sobre la utilidad de las pausas.
- Prever un período de adaptación para los trabajadores que se reincorporan al trabajo, con el fin de reducir o incluso eliminar los riesgos para su salud.

El diseño del puesto de trabajo debe tener en cuenta las diferencias físicas interindividuales, así como las tareas a realizar. La altura de la superficie de trabajo se define a partir de la altura del codo y la altura óptima es un poco mas abajo del codo, dependiendo de los distintos tipos de tareas:

- En el trabajo de precisión, como la redacción o el montaje de partes electrónicas: 5 centímetros sobre el codo (un apoyo del codo es necesario).
- En el trabajo ligero, como el trabajo en cadena o un trabajo mecánico: alrededor de 5 a 10 centímetros bajo la altura del codo.
- El trabajo más exigente, que pide la aplicación de fuerzas hacia abajo: de 20 a 40 centímetros por debajo del codo.

Por otra parte es posible mostrar la altura de la mesa para trabajo de precisión, ligero y fuerza física en la figura 1.7.

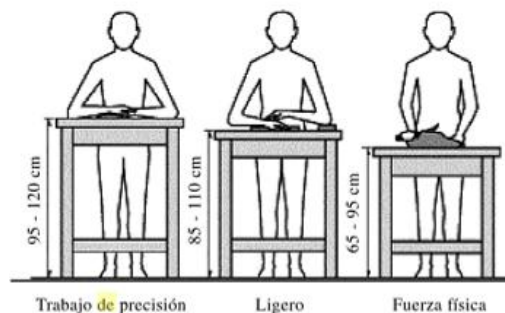


Figura 1.7. Altura de la mesa en actividades de pie y tipo de trabajo.

Los principios a considerar desde el diseño son:

- Organizar el trabajo de modo que se puedan alcanzar fácilmente los objetos existentes en función de la necesidad y frecuencia de uso.
- Trabajar en el plano frontal con relación al objeto.
- Permanecer lo más cerca posible de la superficie de trabajo.
- Ajustar el espacio de trabajo de tal modo que exista espacio suficiente para cambiar de postura.
- Utilizar un apoyapié fijo o móvil para transferir el peso del cuerpo sobre una pierna.
- Utilizar un asiento o apoyamuslos durante el trabajo, o al menos cuando el ritmo de trabajo permite realizar pausas.
- Evitar alcanzar un objeto que se encuentra a la espalda o por encima de los hombros. Se recomienda girarse de tal modo que se haga frente al objeto.
- Evitar los estiramientos excesivos que implican una sensación de malestar.
- Elegir zapatos que no modifican la forma del pie, que permitan mover los dedos, y con una suela que absorba los choques cuando trabajan sobre un piso de cemento o metal.

El conocimiento de la zona de confort y de prensión permite al ergónomo estudiar un puesto de trabajo y disminuir, de una manera notable, la carga postural.

Una vez definidas las posturas de trabajo hay que compararlas con los valores de referencia que indican la desviación existente entre las condiciones de trabajo reales y las que se consideran como aceptables para la mayoría de los potenciales ocupantes del puesto. En este sentido, se han definido posturas de menor riesgo para el sistema músculo-esquelético, que sean funcionales y cómodas, en las que este sistema está sometido a la menor tensión estática. La tabla 1.1 hace referencia a lo anterior.

Tabla 1.1. Valores recomendados para la posición de los segmentos corporales

Segmento	Posición	Intervalos	Valoración
Cabeza	Flexión (adelante) Giro Inclinación lateral Extensión (atrás)	> 20 grados > 15 grados y < 45 grados > 45 grados	A limitar el tiempo de permanencia en esa posición A limitar el tiempo de permanencia. A eliminar. A eliminar las inclinaciones acusadas. A eliminar
Tronco	Flexión (adelante) Inclinación lateral Giro Extensión (atrás)	> 20 grados y < 60 grados > 60 grados > 15 grados > 15 grados y < 45 grados > 45 grados	A reducir el ángulo. A eliminar. A reducir el ángulo. A reducir el ángulo. A eliminar. A eliminar.
Brazos	Flexión (brazo levantado) Abducción (separado de los lados del tronco)	> 30 grados y < 60 grados > 60 grados y < 90 grados > 90 grados > 30 grados y < 60 grados > 60 grados y < 90 grados > 90 grados	A limitar el tiempo de permanencia. A reducir el ángulo. A eliminar. A limitar el tiempo de permanencia. A reducir el ángulo. A eliminar.
Antebrazos	Flexión (Codo flexionado)	< 60 grados ó > 100 grados	A limitar el tiempo de permanencia.

En el caso de la postura sentado, es muy importante que se determinen las condiciones de trabajo de manera adecuada, es decir, en función de la tarea. Si lo anterior, no se realiza con la debida atención, o si el asiento no es el adecuado, puede acarrear problemas como dolores de espalda y musculares. La realidad muestra más casos de várices y de tensiones articulares de la nuca en las personas que trabajan sentadas que en las que efectúan tareas con mayor exigencia física.

Las lesiones causadas por el mantenimiento durante largos períodos de la postura sentada constituyen un problema importante y en aumento, en materia de salud y seguridad en el trabajo.

Cuando alternamos otras posturas con la postura sentada se disminuye la probabilidad de experimentar daños y molestias. Cuando nos sentamos, los músculos del tronco, cuello y los hombros están en posición fija. El mantenimiento de esta posición comprime las venas, lo que

perjudica a la circulación de la sangre hacia los músculos en actividad, precisamente el momento en que tienen mayor necesidad.

Sentados, el aparato circulatorio trabaja menos ya que se limitan entonces los movimientos retrasando el ritmo cardíaco y el flujo sanguíneo.

Un aporte insuficiente de sangre, en especial la que circula por las piernas, conlleva una acumulación que puede ser agravada por un asiento demasiado alto. Esta afluencia reducida de la sangre acelera la sensación de cansancio. Esa es una de las razones por la que un trabajador sentado durante toda la jornada y sin exigencias físicas importantes se siente a menudo cansado al final del día. También esta movilidad limitada por la postura origina un deterioro de las articulaciones y a un aumento de la tensión constante y localizada en algunas regiones del cuerpo: cuello y la parte baja de la espalda.

Las malas posturas en la posición sentado comprenden una inclinación excesiva de la cabeza, del tronco hacia delante, rotación lateral de la cabeza, etc. La fatiga muscular en las cervicales se incrementa considerablemente a partir de una inclinación de la cabeza de más de 30 grados. El tronco inclinado hacia adelante sin apoyo en el respaldo ni los antebrazos en la mesa origina una importante presión intervertebral en la zona lumbar, que podría ser causa de un proceso degenerativo de la columna en esta zona. Una rotación lateral (giro) de la cabeza de más de 20 grados se relaciona con una mayor limitación de la movilidad de la cabeza y con dolores de nuca y hombros. La inclinación del fémur hacia abajo puede causar una mayor presión de la silla sobre la cara posterior del muslo, originando una peor circulación en las piernas.

Las articulaciones tienen una amplitud de movimiento que permite que toda persona pueda encontrar una postura cómoda. Esta no debe perjudicar la circulación sanguínea o la respiración, dificultar la movilidad muscular o las funciones normales de los órganos internos. Cambiar de posición constituye la base de una buena práctica para quienes trabajan sentados. Así pues, se debe poder variar la postura frecuentemente y de forma natural, sin que existan limitaciones impuestas por el diseño físico del puesto o la tarea.

Aun cuando no exista una buena postura ergonómica, se puede intentar mantener una buena postura sentado a partir de una inclusión en el proyecto de los principios ergonómicos. Particularmente:

- Concepción del lugar de trabajo (incluidos las tareas, el puesto de trabajo y la concepción de la silla).
- Concepción del trabajo.
- Formación.

El espacio de trabajo debe permitir efectuar el trabajo con toda comodidad y con toda seguridad, dando al mismo tiempo la ocasión de cambiar de posición de trabajo. Se han de tener en cuenta los siguientes elementos: tareas, puestos de trabajo y la silla.

La información de los trabajadores constituye otro aspecto importante, es por ello que los operadores deben participar en el proyecto e intentar posibilitar una adaptación de sus tareas a las necesidades personales.

Un plan de formación debe contemplar métodos que permitan eliminar la fatiga vinculada a un trabajo muy exigente o una inactividad prolongada. Es necesario explicar los riesgos que representa una postura sentada prolongada para la salud y prever recomendaciones sobre qué se puede hacer en el puesto para mejorar su posición de trabajo. La formación debe destacar la importancia de los períodos de descanso para la salud y también explicar cómo un descanso activo es más beneficioso que un descanso pasivo.

Algunas recomendaciones para la postura sentado son las siguientes:

- El espacio de trabajo debe adaptarse al usuario y no al revés.
- Las sillas deben ser estables y completamente ajustables mientras el usuario está sentado.
- Mantener la misma posición mucho tiempo causa fatiga. Sentarse correctamente es importante, pero también lo es moverse o levantarse cada cierto tiempo para evitar la fatiga.

- Las pantallas o monitores deben estar más bajos que la línea de los ojos.
- Los pies han de estar firmemente apoyados en el suelo. Si no llega a él se debe utilizar un reposapiés.
- No se deben realizar movimientos hacia delante o hacia atrás. Tampoco las posturas poco naturales.
- Se deben colocar las cosas en la mesa de forma que todos los objetos y herramientas de uso frecuente se puedan alcanzar sin problemas. El diseño varía dependiendo de cada individuo.

A continuación se muestra en la figura 1.8 una postura sentado ideal. [6]

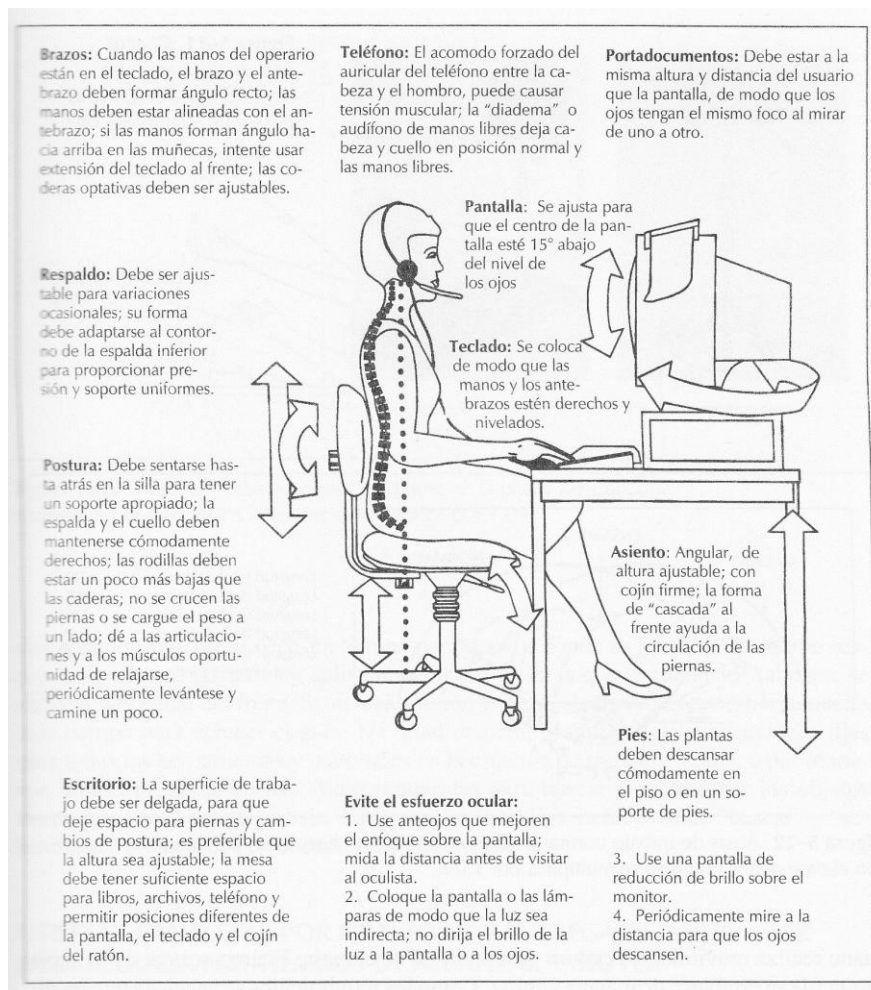


Figura 1.8. Postura sentado ideal.

1.3.5.4.8. Tapetes antifatiga para operarios que trabajan de pie

Los tapetes antifatiga o alfombras ergonómicas están diseñados para estimular la circulación en los pies, piernas y baja espalda. En los tapetes antifatiga la circulación es estimulada por la superficie y esta superficie produce una respuesta muscular. Los verdaderos tapetes ergonómicos deben estar cuidadosamente diseñados para dar un balance perfecto entre la compresión y la resistencia, que es crucial para alcanzar una correcta estimulación muscular. La mejor manera para entender lo que un tapete ergonómico hace es compararlo con la suspensión de un automóvil. Al igual que la suspensión, absorbe y dispersa el impacto, al mismo tiempo que proporciona el soporte necesario para la estabilidad.

Como todas las herramientas ergonómicas, las alfombras ergonómicas están diseñadas para trabajar con el cuerpo humano facilitando las tareas que el cuerpo realiza. En el caso de una estación de trabajo de pie los tapetes son de importancia fundamental en la reducción o eliminación de la fatiga y el malestar, incluyendo malestares a largo plazo como la tensión y el estrés. Asimismo, las alfombras producen ahorros sustanciales, incrementan la moral y la productividad de los trabajadores. Otros beneficios son la disminución en las ausencias por lesión y en las indemnizaciones laborales, así como la reducción de producción por debajo de los estándares de calidad debido a la falta de concentración de trabajadores fatigados. [6]

1.3.5.4.9. Localizar todas las herramientas y materiales dentro del área normal de trabajo

Los tres elementos fundamentales de la producción (hombres, máquinas y materiales), junto con el puesto de trabajo en el que se desarrollan sus tareas y el ambiente en el que están inmersos (centro de trabajo), tienen como objetivo reunir las características precisas para evitar las lesiones y enfermedades habituales a las que los trabajadores se ven obligados al no haber condiciones ergonómicas en sus centros de trabajo. De ahí que adquiriera una gran importancia las condiciones existentes en el centro de trabajo.

El área de trabajo es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo o ser uno de varios lugares en que se efectúa el trabajo. Algunos ejemplos de puestos de trabajo son las cabinas o mesas de trabajo desde las que se manejan

máquinas, se ensamblan piezas o se efectúan inspecciones. Es muy importante que el empleo repetido de herramientas y equipos que produzcan vibración se empleen de manera adecuada y bajo las mejores condiciones para el empleado. [16]

El área normal de trabajo de la mano derecha en el plano horizontal incluye el área circunscrita por el antebrazo al moverlo en forma de arco con pivote en el codo tal y como se muestra en la figura 1.9.

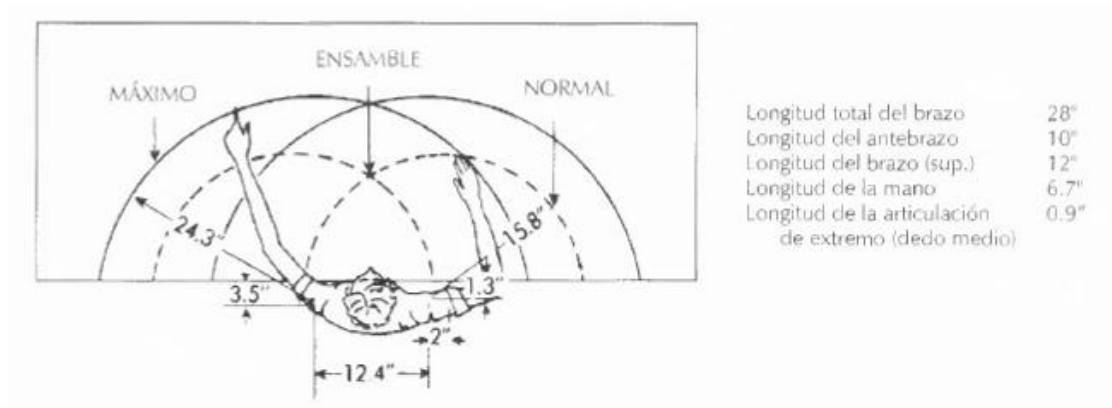


Figura 1.9. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para mujeres (en el caso de los hombres las cantidades se multiplican por 1.09)

Esta área representa la zona más conveniente dentro de la cual la mano realiza movimientos con un gasto normal de energía. El área normal de la mano izquierda se establece de manera similar. Como los movimientos se hacen en tercera dimensión, al igual que en el plano horizontal, el área normal de trabajo se aplica también al plano vertical. El área normal relativa a la altura para la mano derecha incluye el área circunscrita por el antebrazo en posición hacia arriba con el codo como pivote y moviéndose en un arco.

Existe un área normal similar en el plano vertical para el brazo extendido como se muestra en la figura 1.10. [13]

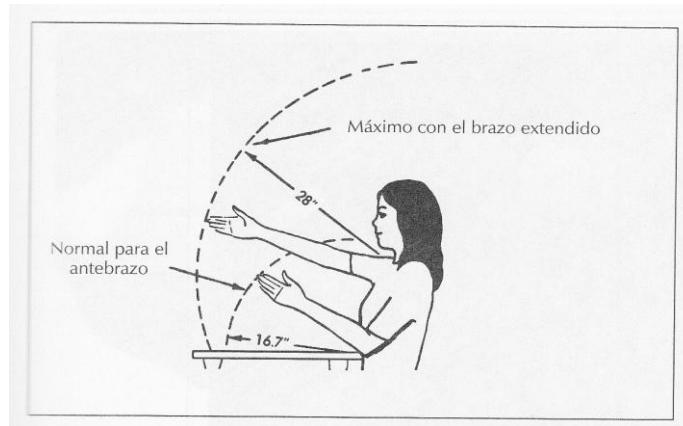


Figura 1.10. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano vertical para mujeres (en el caso de los hombres las cantidades se multiplican por 1.09)

1.3.5.4.10. Localizaciones fijas para todas las herramientas y materiales que permitan la mejor secuencia

Al manejar un automóvil, todos estamos familiarizados con el poco tiempo que se requiere para aplicar el pie al freno. La razón es obvia: como el pedal del freno tiene una posición fija, no se necesita tiempo para decidir dónde se localiza. El cuerpo responde de manera instintiva y aplica presión al área en la que el conductor sabe que se encuentra el pedal del freno. Si su localización cambiara, el conductor necesitaría mucho más tiempo para detener el auto. De igual manera, proporcionar localizaciones fijas para todas las herramientas y materiales en la estación de trabajo elimina, o por lo menos minimiza, las pequeñas dudas requeridas para buscar y seleccionar los objetos necesarios para hacer el trabajo. [17]

1.3.5.4.11. Arreglo óptimo de herramientas, controles y otros componentes para minimizar los movimientos

El arreglo óptimo depende de muchas características, tanto humanas (fuerza, alcance, sentidos) como de la tarea (cargas, repetición, orientación). Es obvio que no todos los factores se pueden optimizar. El diseñador debe establecer prioridades y hacer trueques en la distribución del área de trabajo. Sin embargo, deben seguirse ciertos principios básicos. Primero, debe considerar la localización general de las componentes respecto a otras componentes mediante los principios de

importancia y frecuencia de uso. Lo más importante, según lo determinan las metas u objetivos globales, es que los componentes usados más a menudo deben colocarse en los sitios más convenientes. Por ejemplo, un botón de paro de emergencia debe estar en una posición visible, alcanzable y conveniente. De la misma manera, un botón de activación que se usa con frecuencia, o los sujetadores que más se utilizan, deben quedar al alcance del operario.

Una vez determinada la localización para un grupo de componentes, es decir, las partes usadas con más frecuencia para el ensamble, deben tomar en cuenta los principios de funcionalidad y secuencia de uso. La funcionalidad se refiere al agrupamiento de componentes según la similitud de su función, por ejemplo, todos los sujetadores en un área, todos los empaques y componentes de hule en otra área. Como muchos productos se ensamblan en una secuencia estricta, ciclo tras ciclo, es muy importante colocar las componentes o subensambles en el orden en que se ensamblan, puesto que esto tendrá un gran efecto en la reducción de movimientos inútiles.

Los principios de diseño del trabajo para las estaciones de trabajo se resumen en la lista de verificación para la evaluación de la estación de trabajo que se muestra en el Apéndice B.[13]

1.3.5.4.12. Usar códigos de forma, textura y tamaño para los controles

Aunque la correcta identificación de controles puede no ser crítica, a veces hay circunstancias en las que la rápida identificación tiene mayores consecuencias: accidentes aéreos, incidentes en salas de control, confusiones en automóviles, etc.

La identificación es un problema de codificación. La elección de un método de codificación depende de la capacidad de detección, discriminación, compatibilidad y estandarización de los códigos. Su elección viene determinada por:

- La exigencia global del operador durante el tiempo del que dispone para identificar un control.
- Importancia del código y de los métodos de codificación en un determinado momento.
- La iluminación del puesto de trabajo.
- Velocidad y precisión necesaria para identificar los controles.

- Espacio disponible para instalar los controles.
- Número de órganos de control a codificar.
- Tipo de protección personal (por ejemplo: guantes).

La codificación por textos escritos al lado del control (etiquetas) es, junto al símbolo sobre el control (panel de automóviles), la manera más común para identificar controles, y emplea un mínimo requerimiento de codificación.

La tabla 1.2 establece la valoración de la aplicación de diferentes métodos de codificación en controles. [6].

Tabla 1.2. Valoración de la aplicación de diferentes métodos de codificación en controles.

Características del código sobre el órgano de control	Aplicación
Color: * De superficie * Fosforescente	Adecuado para el código cualitativo; permite una buena localización
Forma: * Geométrica * Figuras	Limitación del número de tipos; exige un aprendizaje de los significados; mejora la utilización con diferentes niveles de luminancias. Código únicamente cualitativo; buenas posibilidades de asociación entre forma y significación.
Tamaño	Utilizable únicamente asociado con una forma definida y un cierto nivel de luminancia.
Código mixto	Conveniente para informaciones complejas; para informaciones cualitativas y cuantitativas.

1.3.5.4.13. Usar el tamaño, desplazamiento y resistencia de los controles adecuados

En sus asignaciones de trabajo, los operarios usan todo el tiempo varios tipos de control y diseños de controles. Los tres parámetros que tienen un gran impacto en el desempeño son: tamaño del control, razón control-respuesta y resistencia del control al operarlo. Un control muy pequeño o bien demasiado grande no puede activarse con eficiencia.

Las tablas 1.3, 1.4 y 1.5 proporcionan información útil para los diseños sobre las dimensiones mínimas y máximas para los diferentes mecanismos de control.[13]

Tabla 1.3. Criterios de tamaño del control

Control	Dimensión	Tamaño del control	
		Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Botón para oprimir.....	Dedo	13	*
	Pulgar/palma	19	*
	Pie	8	*
Interruptor de lengüeta...	Diámetro de la punta	3	25
	Palanca de brazo largo	13	50
Selector rotatorio.....	Largo	25	*
	Ancho	*	25
	Profundidad	16	*
Perilla de ajuste continuo.....	Dedo/pulgar	Profundidad	13
		Diámetro	10
	Mano/palma	Profundidad	19
		Diámetro	38
Manivelas.....	Para tasar	Radio	13
	Para fuerza	Radio	13
Volante para manos.....	Diámetro	175	525
	Espesor del aro	19	50
Volante para pulgar.....	Diámetro	38	*
	Ancho	*	*
	Relieve	3	*
Manija de palanca.....	Dedos	Diámetro	13
	Mano	Diámetro	38
Manija de manivela.....	Área de agarre	75	*
Pedal	Largo	88	+
	Ancho	25	+
Manija de válvula.....	Diámetro 75 pulgadas por pulgada de tamaño de válvula		

*No hay límite establecido por el desempeño del operario.

+Depende del espacio disponible.

Tabla 1.4. Criterios de desplazamiento del control

Control	Condición	Desplazamiento	
		Mínimo	Máximo
Botón para oprimir.....	Operación pulgar/dedo	3 mm	25 mm
	Pie Normal	13 mm	-
	Bota pesada	25 mm	-
	Sólo flexión del tobillo	-	63 mm
	Movimiento de la pierna	-	100 mm
Interruptor de lengüeta	Entre posiciones adyacentes	30 grados	-
	Total	-	120 grados
Selector rotatorio.....	Entre detenciones adyacentes: visual	15 grados	-
	no visual	30 grados	-
	Para facilitar el desempeño	-	40 grados
	Cuando se requiere ingeniería especial	-	90 grados
Perilla de ajuste continuo	Determinada por la razón de control/pantalla deseada (mm de movimiento de control por cada Mm de movimiento de la pantalla)		
Manivela	Determinada por la razón de control/pantalla deseada		
Volante para manos	Determinada por la razón control/pantalla deseada		90 a 120 grados+
Volante para pulgar	Determinada por el número de posiciones		
Manija de palanca....	Movimiento del brazo	+	350 mm
	Movimiento lateral	+	950 mm
Pedales	Normal	13 mm	-
	Bota pesada	25 mm	-
	Flexión del tobillo (levantando)	-	63 mm
	Movimiento de la pierna	-	175 mm

-Ninguna establecida.

+Siempre que la razón control/pantalla óptima no quede en desventaja.

Tabla 1.5. Criterios de resistencia del control

Control	Condición	Resistencia	
		Mínimo (kg)	Máximo (kg)
Botón para oprimir	Yema del dedo	0.17	1.14
	Pie: Descanso fuera de control	1.82	9.10
	Descanso sobre el control	4.55	9.10
Interruptor de lengüeta	Operación con los dedos	0.17	1.14
Selector rotatorio	Torque	1 cm-kg	7 cm-kg
Perilla de ajuste continuo	Torque: Yema del dedo <1 pulg diámetro	-	0.3 cm-kg
	Yema del dedo >1 pulg diámetro	-	0.4 cm-kg
Manivela	Vuelta rápida y firme: <3 pulg radio	0.91	2.28
	5-8 pulg radio	2.28	4.55
	Movimientos precisos	1.14	3.64
Volante para manos +	Precisión en operación: <3 pulg radio	-	-
	5-8 pulg radio	1.14	3.64
	Resistencia: una mano	2.28	13.64
	dos manos	2.28	22.73
Volante para pulgar	Torque	1 cm-kg	3 cm-kg
	Agarre con los dedos	0.34	1.14
	Agarre con la mano: una mano	0.91	
	dos manos	1.82	
	Brazo: a lo largo del plano medio		
	una mano: 10 pulg adelante *PRA		13.64
	16-24 pulg adelante *PRA		22.73
	dos manos: 10-19 pulg adelante *PRA		45
Manija de palanca	Lateral:		
	una mano: 10-19 pulg adelante *PRA		9.09
	dos manos: 10-19 pulg adelante *PRA		22.73
Pedal	Pie: descanso fuera de control	1.82	
	Descanso sobre el control	4.55	
	Solo flexión del tobillo		4.55
	Movimiento de la pierna		80

-No establecido.

+Para manijas/volantes de válvula: 25 ± cm-kg de torque/cm de tamaño de válvula 18 cm-kg de torque de diámetro de manija.

*PRA: Punto de referencia del asiento.

1.3.5.4.14. Fatiga muscular

Uno de los principales efectos que se tienen en estaciones de trabajo diseñadas sin estudios ergonómicos, es la presencia de fatiga, la cual aparece cuando la demanda de energía que requiere un trabajo es mayor a la del proceso metabólico del trabajador en un periodo largo. Esto se debe principalmente a la acumulación de ácido lácteo y potasio en los músculos, impidiendo una contracción y reflexión normal. Los puntos máximos que se pueden presentar son: el desgarrar del músculo y la imposibilidad de movimiento, el que esto no ocurra dependerá del

perfecto análisis tanto del lugar de trabajo como de la operación, y es aquí donde se hace presente la labor del ingeniero industrial.

La fatiga debida al trabajo, a través de sus efectos, ha sido una alta protagonista de siniestralidad, además de lesiones y enfermedades que han deteriorado a las personas.

Las enfermedades por fatiga debido al trabajo tienen una amplia pluralidad de formas: las causadas por movimientos repetitivos, o por sobrecarga; las sorderas por exceso de ruido; pérdidas de visión por esfuerzo visual, etc. En el caso de accidentes, como un hecho en sí, puede demostrarse que la fatiga ha podido tener responsabilidad en su origen, o que ha sido la causa.

Algunos de los conceptos que se aplican en la medición de la fatiga son:

- Frecuencia cardiaca: Este parámetro se mide colocando el dedo índice derecho sobre la parte inferior izquierda del cuello, localizando la pulsación cardiaca. Se deberá contar el número de pulsaciones que se presentan en diez segundos, el resultado se multiplica por seis y de esa manera obtenemos la frecuencia cardiaca por minuto que el trabajador mantiene.
- Frecuencia cardiaca máxima: La frecuencia cardiaca máxima se obtiene de la siguiente operación aritmética:
$$220 - \text{edad del operador} \quad 1.2$$
- Porcentaje de trabajo: El porcentaje de trabajo es directamente proporcional al producto de la frecuencia cardiaca por 100 e inversamente proporcional a la frecuencia cardiaca máxima. [6]

1.3.5.4.15. Fatiga mental

Generalmente cuando hablamos de “fatiga” viene inmediatamente a nuestra mente una persona cansada físicamente por el ritmo de trabajo y las condiciones físicas a las que está expuesta; sin embargo, existen dos tipos de fatiga, “la fatiga física” y la “fatiga mental” que por sus características propias, más que nada de carácter psicológico, es más difícil de percibir y de contrarrestar. Así pues, es necesario para todo ingeniero industrial el poder percatarse cuando una

persona está siendo atacada por diversos factores ambientales que interfieren de forma directa con su productividad, y depende de un detallado análisis el conocer la magnitud de dicha fatiga y encontrar su solución.

La movilización de una persona para realizar una tarea, los mecanismos físicos y mentales que intervienen determinara su carga de trabajo. La realización de un trabajo tiene un doble propósito, primeramente conseguir que se logren de forma satisfactoria los objetivos que persigue una compañía; y por otra parte desarrollar el potencial tanto físico como mental del trabajador. La carga de trabajo se determina por la interacción entre el nivel de exigencia de la tarea (esfuerzo requerido, ritmo, condiciones ambientales, etc.), y el grado de movilización de la persona (esfuerzo que debe ejecutarse para realizar la tarea).

Si el trabajo realizado es de índole muscular se llama “carga física”, pero si implica un mayor esfuerzo intelectual se le llama “carga mental”. Esta última, está determinada por la cantidad y el tipo de información que debe utilizarse en un puesto de trabajo.

Según Mulder (1980), la fatiga mental se puede definir en función del tiempo que una persona necesita para poder dar respuesta a una situación en base a cierta información recibida; para lo cual se incluyen los siguientes factores que influyen en la carga mental:

- a) Cantidad y calidad de la información, ya que la mayor o menor complejidad de la información recibida condicionará, una vez superado el período de aprendizaje, la posibilidad de automatizar las respuestas.
- b) Tiempo, la capacidad de respuesta de una persona puede verse saturada si el proceso estímulo-respuesta es continuo.
- c) Condiciones físicas, referentes al lugar de trabajo, como ruido, temperatura e iluminación.
- d) Condiciones psicosociales, involucra las relaciones jerárquicas, sistema de comunicación, entre otras que se dan dentro del entorno de trabajo.
- e) Condiciones de origen extralaboral.

También hay que considerar a la persona que realiza el trabajo, ya que cada individuo tiene capacidad de respuesta diferente, la cual está limitada en función de la edad, nivel de aprendizaje, estado de fatiga, características de personalidad y sus actitudes hacia la tarea (motivación, interés, satisfacción, etc.).

La fatiga mental aparece como una serie de disfunciones físicas y psíquicas, acompañadas de una sensación subjetiva de fatiga y una disminución del rendimiento. Existen dos tipos de fatiga:

- 1) Fatiga que aparece como una reacción homeostática del organismo para adaptarse al medio, y que tiene como síntoma una reducción de la actividad que se da como consecuencia de una disminución de la atención, lentitud del pensamiento y disminución de la motivación.
- 2) Fatiga crónica, que aparece cuando existe un desequilibrio prolongado entre la capacidad del organismo y el esfuerzo que debe realizar para dar respuesta a las necesidades del ambiente. Se genera por una carga de trabajo determinada que se va repitiendo continuamente; y sus síntomas que pueden ser permanentes son la inestabilidad emocional (irritabilidad, ansiedad, estados depresivos), alteraciones del sueño y alteraciones psicósomáticas (mareos, alteraciones cardíacas, problemas digestivos). [6]

1.3.5.4.16. Método RULA

La adopción repetida de posturas penosas durante el trabajo genera fatiga y a la larga puede ocasionar trastornos en el sistema músculo-esquelético. Esta carga estática o postural es uno de los factores a tener en cuenta en la evaluación de las condiciones de trabajo y su reducción es una de las medidas fundamentales a adoptar en la mejora de puestos.

Para la evaluación del riesgo asociado a esta carga postural en un determinado puesto se han desarrollado diversos métodos, cada uno con un ámbito de aplicación y aporte de resultados diferentes.

El método de Evaluación Rápida de las Extremidades Superiores RULA por sus siglas en inglés, fue desarrollado para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo: posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas, actividad estática del sistema músculo-esquelético.

El método RULA evalúa posturas concretas. La aplicación comienza con la observación de la actividad del trabajador durante varios ciclos de trabajo.

A partir de esta observación se deben seleccionar las tareas y posturas más significativas, bien por su duración, prioridad y mayor carga postural. Éstas serán las pautas que se evaluarán.

El método RULA se desarrolló para investigar la exposición de los trabajadores a los factores de alto riesgo asociados con el desarrollo de desórdenes traumáticos acumulativos. RULA usa diagramas de posturas del cuerpo y tablas de puntuaciones, para evaluar la exposición a los factores de riesgo (ver apéndice H). Los factores de riesgo (conocidos como factores de carga externa) evaluados en este método son: trabajo muscular estático, fuerza y posturas de trabajo. La clasificación postural es presentada en los diagramas de posturas, para fines de aplicación del método, el cuerpo es dividido en dos grupos A y B. El grupo A que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos, muñecas y giro de muñecas). El grupo B, que comprende las piernas, el tronco y el cuello. Mediante tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal (piernas, muñecas, brazos, tronco, etc.) para, en función de dichas puntuaciones, asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B (ver apéndice H).

La clave para la asignación de puntuaciones a los miembros es la medición de los ángulos que forman las diferentes partes del cuerpo del operario. El método determina para cada miembro la forma de medición del ángulo.

Posteriormente, las puntuaciones globales de los grupos A y B son modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada, así como de la fuerza aplicada durante la realización de la tarea. Por último, se obtiene la puntuación final a partir de dichos valores globales modificados.

El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones músculo-esqueléticas. El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis. Los niveles de actuación propuestos van del nivel 1, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, al nivel 4, que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad (ver apéndice H).

Las puntuaciones globales obtenidas se verán modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea. La puntuación de los grupos A y B se incrementarán en un punto si la actividad es principalmente estática (la postura analizada se mantiene más de un minuto seguido) o bien si es repetitiva (se repite más de cuatro veces cada minuto). Si la tarea es ocasional, poco frecuente y de corta duración, se considerará actividad dinámica y las puntuaciones no se modificarán. Además, para considerar las fuerzas ejercidas o la carga manejada, se añadirá a los valores anteriores la puntuación conveniente según la tabla 1.6: [26][27][28]

Tabla 1.6. Puntuaciones de cargas o fuerzas para el método RULA.

Puntos	Posición
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 kilogramos y se realiza intermitentemente.
1	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kilogramos y se levanta intermitentemente.
2	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kilogramos y es estática o repetitiva.
2	Si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 kilogramos.
3	Si la carga o fuerza es superior a los 10 kilogramos y es estática o repetitiva.
3	Si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas.

1.3.5.4.17. Método LEST

El método LEST es un método de análisis concebido por expertos y especialistas capaces de identificar condiciones desfavorables y proponer las modificaciones pertinentes, que mejoren las condiciones de trabajo investigadas, es una de las herramientas de análisis de las condiciones de trabajo más ampliamente difundidas, cuyos orígenes se remontan a los primeros años de la década de los setentas, muchos otros métodos se han basado casi total o parcialmente en algunos de sus principios. Así mismo, se han conocido diferentes versiones modificadas, simplificadas o adaptadas del método LEST. La metodología LEST corresponde a una investigación llevada a cabo por el Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo (LEST) del Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia (CNRS) en colaboración con el Laboratorio de Fisiología del Trabajo y Ergonomía del CNRS, el Instituto de Medicina Legal de la Universidad de Marsella y personal del Servicio de Condiciones de Trabajo de la Dirección Nacional de RENAULT en Francia, la cual está constituida por una guía para la observación sistemática de las condiciones de trabajo y por una serie de variables que permiten cuantificar los diferentes factores considerados a través de indicadores e índices.

El LEST pretende ser una herramienta que sirva para mejorar las condiciones de trabajo de un puesto en particular o de un conjunto de puestos considerados en forma globalizada. Hay que señalar también que es un método que no requiere conocimientos especializados para su aplicación y que está concebido para que todo el personal implicado participe en todas las fases del proceso, estableciendo un diagnóstico final que indique si cada una de las situaciones consideradas es satisfactoria, molesta o nociva. Mejorar las condiciones de trabajo implica determinar de forma global cuáles son estas condiciones, y cuánto y cómo afectan a la salud del trabajador, cada una y en conjunto, entendiendo por salud “el estado de bienestar completo físico, mental y social” definido por la Organización Mundial de la Salud en 1946, y entiéndase por condición de trabajo a cualquier característica de la misma que puede tener influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud del trabajador, incluyéndose:

- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos, productos y demás útiles existentes en el centro de trabajo.

- La naturaleza de los agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades, concentraciones o niveles de presencia.
- Los procedimientos para la utilización de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos laborales (las posibilidades de sufrir enfermedades o lesiones con motivo u ocasión del trabajo).

Las condiciones de trabajo van más allá del sueldo y los horarios de trabajo, unas condiciones de trabajo adecuadas facilitan que se haga un buen trabajo y evita la aparición de factores de riesgo, hay que señalar que no debe ser utilizado para evaluar aquellos puestos en los que las condiciones físicas ambientales y el lugar de trabajo varían continuamente, como el caso de los trabajadores de mantenimiento, construcción, etc. La información que es preciso recoger para aplicar el método tiene un doble carácter objetivo-subjetivo. Por un lado se emplean variables cuantitativas como la temperatura o nivel sonoro, y por otra parte, es necesario recoger la opinión del trabajador respecto a la labor que realiza en el puesto para valorar la carga mental o los aspectos psicosociales del mismo. La tabla de valoración o escala de evaluación para el método LEST se muestra en la tabla 1.7:

Tabla 1.7. Sistema de puntuación del método LEST

Puntos	Descripción
0, 1, 2	Situación satisfactoria
3, 4, 5	Molestias débiles. Algunas mejoras podrían aportar mayor confort al trabajador
6, 7	Molestias medias. Riesgo de fatiga
8, 9	Molestias fuertes. Fatiga
10	Nocividad

Por otro lado, la información sobre las diversas dimensiones (variables de discomfort) de las condiciones de trabajo de un puesto se muestra en la tabla 1.8:[6][30][31][32][33]

Tabla 1.8. Tabla de dimensiones y variables

Dimensiones	Variables
Carga física	Carga estática
	Carga dinámica
Ambiente físico	Ambiente térmico
	Ruido
	Ambiente luminoso
	Vibraciones
Carga mental	Exigencias del tiempo
	Atención
	Complejidad
Aspectos psicosociales	Iniciativa
	Comunicaciones
	Relaciones con el mando
	Estatus social
	Tiempo de trabajo

1.3.5.5. Diseños de entornos de trabajo

1.3.5.5.1. Iluminación

La iluminación es uno de los elementos de los cuales depende la eficiencia laboral del hombre, ya que de esta manera se incrementa la capacidad del trabajo y del sistema visual del conjunto hombre-máquina, evitando errores e incrementando la productividad.

La iluminación es la cantidad y calidad de luz incidente sobre una superficie. La iluminación es de vital importancia al momento de diseñar una estación de trabajo. Si una estación de trabajo no cuenta con las características adecuadas de iluminación puede provocar molestias para el trabajador, tales como incomodidad visual, dolores de cabeza, defectos visuales, errores, accidentes, e incluso el desarrollo de algunas enfermedades propias de este problema. Para poder iluminar adecuadamente se debe tener en cuenta la tarea que se va a realizar, edad de la persona y características del entorno de trabajo. [13]

1.3.5.2. Ruido

El ruido se puede caracterizar psicológicamente por resultar molesto e indeseable, físicamente por su aleatoriedad espectral y de intensidades, y desde el punto de vista de la comunicación por su bajo o nulo contenido informativo.

El tema de la relación entre el nivel de ruido, el tiempo de exposición y los daños físicos que causan al sistema auditivo en el humano ha sido estudiado con gran interés desde hace tiempo. En 1954, el Instituto Nacional de Estándares Americanos (ANSI) realizó una evaluación para conocer la relación entre la pérdida auditiva y los niveles de exposición de ruido, presentando como conclusión que la pérdida auditiva está relacionada con los tiempos de exposición y especialmente cuando los niveles de ruido son elevados.

La pérdida del sentido del oído a causa de la exposición a ruidos en el lugar de trabajo es una de las enfermedades profesionales más comunes. La exposición breve a un ruido excesivo puede ocasionar pérdida temporal de la audición, que dure de unos pocos segundos a unos cuantos días, la exposición al ruido durante un largo período de tiempo puede provocar una pérdida permanente de la audición. La pérdida de audición que se va produciendo a lo largo del tiempo no es siempre fácil de reconocer y desafortunadamente, la mayoría de los trabajadores no se dan cuenta de que se están volviendo sordos hasta que su sentido del oído ha quedado dañado permanentemente.

El ruido no sólo interfiere en la comunicación verbal, también altera diferentes funciones del sistema nervioso, vestibular, cardiovascular, digestivo, respiratorio e incluso de la visión, pero el más conocido y experimentado efecto perturbador del ruido es el que tiene sobre el sueño.

A pesar de todo, en algunas situaciones en el medio laboral el ruido puede resultar útil, ya que se permite advertir señales de averías o mal funcionamiento en la maquinaria y equipo de trabajo por el ruido que producen.

Los sonidos tienen distintas intensidades (fuerza). La intensidad se mide en unidades denominadas decibeles (dB) o dB(A). La escala de los decibeles no es una escala normal, sino una escala logarítmica, lo cual quiere decir que un pequeño aumento del nivel de decibeles es, en realidad, un gran aumento del nivel de ruido. Para detectar todos los problemas de ruidos que hay en el lugar de trabajo, lo primero que hay que hacer es medir el ruido de cada fuente por separado. El ruido en el lugar de trabajo se puede controlar y combatir: en su fuente; poniéndole barreras y en el trabajador mismo.

La tabla 1.9 establece los niveles permisibles de exposición al ruido establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). [13][34][35][36]

Tabla 1.9. Exposiciones permisibles al ruido

Duración por día (horas)	Nivel de sonido (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 o menos	115

1.3.5.5.3. Temperatura

Para el ser humano es de suma importancia mantener y regular la temperatura interna del cuerpo, que como la materia en general, tiende a igualar su temperatura con el ambiente que lo rodea. La regulación térmica del cuerpo requiere de un adecuado balance entre la cantidad de calor que produce el metabolismo y la actividad muscular, y el calor que pierde hacia el ambiente, con el fin de mantener la temperatura interna entre 36 y 37 grados centígrados. Para esto, es importante proveer un ambiente que permita establecer dicho equilibrio y evite el estrés térmico.

Los efectos de las condiciones térmicas extremas son malestar psicológico, desórdenes psicopatológicos y malestar fisiopatológico. La participación de los ergonomistas en el estudio del ambiente térmico, entre otras actividades, se enfoca a:

- Encontrar las condiciones que faciliten la regulación térmica del cuerpo.
- La evaluación y diseño de la vestimenta y equipo de seguridad personal adecuados para las condiciones climáticas donde se realiza el trabajo.
- Determinación de la carga de trabajo y su duración, en base a las condiciones ambientales.

Los estudios que se han realizado en esta área de la ergonomía han contemplado el riesgo que representa en la salud y la incomodidad asociada con el trabajo en diversas y extremas condiciones climáticas, así como el cambio intermitente de temperaturas ambientales. Como ejemplo del trabajo en estas condiciones climáticas extremas podemos mencionar:

- El trabajo de los operadores de altos hornos para fundición de acero, donde las condiciones del proceso provocan que se presente una elevada temperatura ambiental en los alrededores.
- El trabajo exterior durante el invierno en países nórdicos, como es el caso de obreros de la construcción, operadores de maquinaria pesada o leñadores.
- El trabajo en ambientes intermitentes de temperatura, como se presenta en la industria de procesamiento de alimentos, donde se entra y sale constantemente de cámaras de refrigeración. [34]

Capítulo 2.

Estado del arte

2.1. La ergonomía en instituciones de educación superior y el sector metalmecánico.

Uno de los enfoques de la presente tesis establece el análisis ergonómico en instituciones de educación superior, a fin de conocer la metodología aplicada y los criterios de evaluación. Desde mi punto de vista, los centros de estudios de nivel superior son una buena referencia en el desarrollo de estudios de ergonomía ya que el principal objetivo es lograr un desarrollo profesional de los conocimientos en la materia.

Para el caso de esta tesis, se cuenta con la referencia de la ponencia presentada en el VI Congreso Internacional de Ergonomía que lleva por título “Análisis ergonómico de las Aulas del nuevo campus de la Unidad de Ciencias Económico Administrativas (UCEA) de la Universidad de Guanajuato”. En dicho congreso celebrado en la ciudad de Guanajuato, México del 26 al 29 de mayo de 2004, se planteó una problemática en el tema de ergonomía que tiene que ver con el diseño de las instalaciones del nuevo campus en el área de ciencias económico administrativas. El ponente Ulises Arturo Plascencia Muñoz observa en su trabajo la idea de que a pesar que se cuenta con instalaciones vanguardistas (arquitectónicamente hablando) podría decirse que existe ausencia de ciertas condicionantes que apoyen al confort general de estudiantes y profesores. Esto se relaciona con la hipótesis de la presente tesis que plantea una relación directa entre las áreas de trabajo y los indicadores de fatiga física y mental que impactan directamente en la productividad.

La ponencia propone el uso de herramientas ergonómicas que han probado su validez y confiabilidad tal es el caso de las siguientes:

- a) La ejecución de un análisis antropométrico para una población determinada. En el caso de la presente tesis este punto es una buena referencia que reafirma la metodología empleada y la interpretación de variables estadísticas.
- b) Otro aspecto importante a señalar es el análisis de estática postural que se llevó a cabo por el método RULA, mismo que fue empleado en el análisis del centro de maquinado objeto de estudio de esta tesis.
- c) Finalmente la medición de las condiciones del entorno tales como humedad, iluminación y ambiente cromático a través de indicadores.[21]

En la búsqueda de un referente a nivel Latinoamérica es importante citar el estudio ergonómico desarrollado en la Universidad Militar de Nueva Granada en Colombia por la investigadora Diana Carolina Huertas Noguera. Dicho estudio se publicó en 2006 en la red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, bajo el título “Diagnóstico del estudio ergonómico en la Universidad Militar de Nueva Granada”.

Huertas Noguera establece su investigación en cuatro fases: 1) diagnóstico, 2) estudio de condiciones ambientales, 3) estudio antropométrico y 4) plan de capacitación. Extrapolando esta estructura al tema de tesis que encabezo, se incluyen las tres primeras etapas con las respectivas adecuaciones al sector metalmecánico.

Quizá el mayor énfasis en el caso de la Universidad Militar de Nueva Granada es la fase dos acerca de las condiciones ambientales o del entorno ya que basado en los resultados de la investigación, se identificaron cuatro puntos críticos: iluminación, seguridad industrial, diseño de puestos de trabajo, así como también la percepción de los empleados frente a la ergonomía.[22]

Por último, es importante citar el caso de una investigación en materia de ergonomía que ha sido aplicada al área metalmecánica y que sirve de referencia para el tema de esta tesis. La investigación se desarrolló en el estado Lara en Venezuela y fue encabezada por Johanell Urbina. Dicha investigación se presentó en la quinta edición de la “Conferencia de ingeniería y tecnología para Latinoamérica y el Caribe” celebrada en Venezuela en 2009. Urbina desarrolla su investigación en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre con el

tema de: “Estudio ergonómico en las actividades de operación de las máquinas de formado de cerchas”.

Como resultado de su trabajo Urbina establece lo siguiente:

- 1) Las actividades de preparación, operación y supervisión de las máquinas formadoras de cerchas, generan la exposición de los trabajadores a un riesgo ergonómico a nivel de miembros superiores.
- 2) Mediante el análisis de riesgo ergonómico realizado por la metodología RULA, se logró el levantamiento de índices de severidad del riesgo asociado a la actividades desarrolladas, los cuales evidenciaron la necesidad de rediseñar la tarea, encontrando como postura crítica la adoptada al momento de apilar el producto terminado, en la cual el trabajador esta sometido a un factor de riesgo equivalente tanto para los miembros superiores, como inferiores.
- 3) Finalmente, se debe resaltar que es de vital importancia continuar y profundizar los estudios realizados, a fin de evaluar continuamente las mejoras, y los resultados obtenidos a partir de la implementación de las mismas, esto contribuirá al mejoramiento continuo de los métodos de trabajo y al progreso del sistema de Seguridad y Salud Laboral actual.

Las afirmaciones anteriores se relacionan directamente con el enfoque de la investigación que encabezo, ya que se emplean las mismas técnicas de análisis como el uso del método RULA, en la que el investigador utiliza la técnica de la fotografía para la medición de ángulos de biomecánica corporal.

Al igual que lo planteado en esta tesis, Urbina establece que es de vital importancia profundizar en estudios ergonómicos posteriores y llevar a cabo un seguimiento apropiado de las acciones de mejora que se han implementado al día de hoy. La investigación de Urbina podría haberse complementado aún más con la definición de indicadores de medición para valorar el impacto de mejora.[38]

Capítulo 3.

Análisis ergonómico en instituciones educativas

3.1. Revisión de elementos metodológicos de referencia.

3.1.1. Norma ISO 7250.

De manera oficial, se conoce a la norma ISO 7250 como la UNE-EN ISO 7250-1:2010 que establece las “Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico”.

La norma ISO 7250 proporciona una descripción de las medidas antropométricas que se pueden utilizar como base para la comparación de grupos de población.

La norma ISO 7250 está prevista para servir como una guía para los ergónomos, que la han requerido para definir los grupos de población y aplicar sus conocimientos al diseño geométrico de los lugares donde la gente vive y trabaja. Esta norma no está prevista para servir de guía sobre como tomar las medidas antropométricas, pero brinda información a los ergónomos y diseñadores sobre las bases anatómicas y antropométricas y sobre los principios de la medición que son de aplicación en la solución de las tareas de diseño.

La norma ISO 7250 se pretende utilizar junto con los reglamentos o acuerdos nacionales o internacionales para asegurar la armonía en la definición de los grupos de población. Por otro lado, se advierte que, en sus diferentes aplicaciones, la norma se complementará con medidas adicionales específicas.

El índice de la norma ISO 7250 se muestra a continuación:

Medidas tomadas con el sujeto de pie.

- Masa del cuerpo (peso).
- Estatura (altura del cuerpo).
- Altura de los ojos.
- Altura de los hombros.
- Altura del codo.
- Altura de la espina ilíaca, de pie.
- Altura de la entrepierna.
- Altura de la tibia.
- Espesor del pecho, de pie.
- Espesor del cuerpo, de pie
- Anchura del pecho, de pie.
- Anchura de caderas, de pie.

Medidas tomadas con el sujeto sentado.

- Altura sentado (erguido).
- Altura de los ojos, sentado.
- Altura del punto cervical, sentado.
- Altura de los hombros, sentado.
- Altura del codo, sentado.
- Longitud hombro-codo.
- Longitud codo-muñeca.
- Anchura de hombros (biacromial).
- Anchura de hombros (bideltoides).
- Anchura entre codos.
- Anchura de caderas, sentado.

- Longitud de la pierna (altura del poplíteo).
- Espacio libre para el muslo (espesor del muslo).
- Altura de la rodilla.
- Espesor abdominal, sentado.
- Espesor del tórax a la altura del pezón.
- Espesor abdomen-trasero, sentado.

Medidas de segmentos específicos del cuerpo.

- Longitud de la mano.
- Longitud perpendicular de la palma de la mano.
- Anchura de la mano en los metacarpianos.[19]

3.1.2. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

La ergonomía es un tema deficiente dentro de la legislación mexicana; en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 1997, se menciona específicamente a la ergonomía en dos artículos:

Capítulo primero. Disposiciones generales. Artículo 2°.

Para los efectos de este ordenamiento, se entenderá por ergonomía la adecuación del lugar de trabajo, equipo, maquinaria y herramientas del trabajador, de acuerdo a sus características físicas y psíquicas, a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo y optimizar la actividad de éste con el menor esfuerzo, así como evitar la fatiga y el error humano.

Capítulo décimo. Ergonomía. Artículo 102.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, promoverá que en las instalaciones, maquinaria, equipo o herramientas del centro de trabajo, el patrón tome en cuenta los aspectos ergonómicos, a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo.

También existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) que de alguna forma reglamentan algunos aspectos en el ámbito laboral de incumbencia para los ergonomistas, como por ejemplo:

- a) El límite de carga para manejo manual: reglamentado en la norma NOM-006-STPS-2000, referente al manejo y almacenamiento de materiales y a las condiciones y procedimientos de seguridad. Por otra parte, la norma NOM-007-STPS-2000, referente actividades agrícolas – Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas - Condiciones de seguridad.
- b) El Ruido: reglamentado en la norma NOM-011-STPS-2001 referente a las Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
- c) La iluminación: reglamentado en la norma NOM-025-STPS-2008, referente a las Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Por otro lado, la norma NOM-015-STPS-2001 relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.

Al no existir una legislación puntual para la ergonomía, no se puede conocer de forma específica la cantidad lesiones provocadas por causas antiergonómicas en los centros de trabajo y las actividades desarrolladas.

La penalización a las empresas por accidentes, lesiones y enfermedades laborales en México no es de niveles importantes que le representen un factor de influencia para aumentar su interés por reducir los riesgos; en la actualidad los factores que han impulsado la aplicación de la ergonomía en las empresas mexicanas son los requerimientos y lineamientos que en esta materia impone la misma empresa, el interés personal a nivel directivo o por considerarse uno de los valores de la empresa al preocuparse por el bienestar de sus trabajadores.[20]

3.2. Diagnóstico de las instalaciones del laboratorio de ingeniería industrial de la Universidad Autónoma de Baja California como análisis preliminar de aplicación al sector industrial metal mecánico.

3.2.1. Matriz de riesgos.

Como resultado de la inspección anterior, se ha diseñado una matriz de riesgos la cual se aplicará para el análisis ergonómico de cada uno de los espacios del laboratorio y de esta manera determinar si existe alguna alteración en el confort de los usuarios. En el apéndice C se establece la matriz de riesgos a emplear.

En este instrumento, se puede observar que la matriz de riesgos está integrada por el área de estudio, la actividad que se desarrolla en dicha área, las condiciones en que se presenta la actividad en el área, es decir, si es una actividad normal (rutinaria), anormal (no rutinaria) o de emergencia. El tipo y clase de peligro establecen la agrupación convencional de las principales condiciones no seguras en las instalaciones de trabajo. Cabe señalar que para esta investigación, nos centramos en el tipo ergonómico. En el origen del peligro se detalla claramente que es lo que está ocasionando una condición no ergonómica, principalmente. En la columna del riesgo se describe el efecto del peligro de manera específica, los cargos expuestos se refiere a los puestos de la personas que experimentan el riesgo.

En la calificación del riesgo se asignan puntuaciones que van de 10 a 1000 dependiendo de la probabilidad de ocurrencia, las consecuencias del evento (en costo) y una puntuación extra si cumple o no con los requisitos legales señalados.

Por último las tres puntuaciones se suman y nos revelan el grado de importancia del riesgo. Si este es mayor de 699, se considera un riesgo de prioridad significativa. Si por el contrario, es menor de 699 el riesgo tiene una prioridad no significativa. Esta descripción es aún más clara si consulta el apéndice C.[23]

3.2.2. Formulación de encuestas de levantamiento de información

La metodología de referencia para el proceso de aplicación de encuestas es el que establece el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y que se muestra en la figura 3.1. [24]

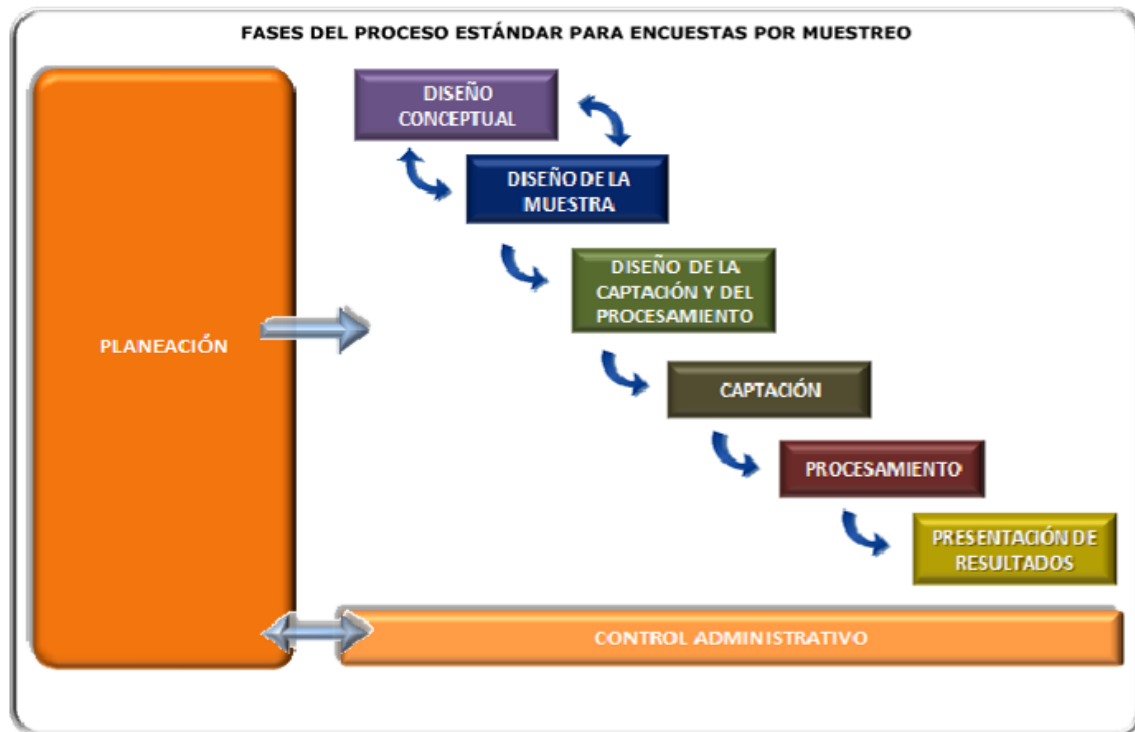


Figura 3.1. Metodología INEGI

Con la finalidad de obtener información de diversas fuentes, en esta etapa del proyecto, se ha desarrollado un instrumento de encuesta y entrevista para distintos sectores involucrados en la actividad de investigación. Por lo anterior, se desarrollaron tres instrumentos que se enlistan como sigue:

1. Encuesta de ergonomía a trabajadores que realizan ensambles sentados.
2. Encuesta de ergonomía a estudiantes del laboratorio.
3. Guía de entrevista en ergonomía dirigida a personal de la industria y docentes.

La encuesta de ergonomía a trabajadores que realizan actividades de pie tiene por objetivo obtener información relevante sobre el personal operativo en la industria que realiza actividades. Para ello, se ha diseñado el modelo de encuesta que aparece en el apéndice D.

Por otro lado, se diseñó un instrumento de encuesta de ergonomía específico a estudiantes que utilizan el laboratorio de ergonomía, arrojando el modelo que aparece en el apéndice E.

Además de los instrumentos de encuestas, se hace evidente la importancia de definir un guión de entrevista para aplicarla a docentes expertos en ergonomía, así como a personal de la industria que se encuentra a cargo del estudio de la ergonomía en el área de seguridad. Es por ello, que a la par de encuestas, se desarrolló una guía de entrevista que tiene dos enfoques: uno dirigido a personal de la industria y otro enfocado al personal docente de la carrera de ingeniería industrial que dominan la materia de ergonomía. La guía de entrevista se presenta en el apéndice F.[13]

3.2.3. Validación del instrumento de encuestas

El proceso de validación de la encuesta se centró principalmente en la recomendación de expertos en la materia. De acuerdo a sus observaciones se llegó a la definición y delimitación de las preguntas. Otra fuente de información que apoyó a la definición de encuestas y entrevistas fue la observación directa de las condiciones de trabajo a medir, el material de referencia de prácticas de laboratorio, la referencia que establece el modelo del INEGI, los temas de interés que establece la Sociedad de Ergonomistas de México (SEMAC) así como los indicadores futuros a los que se desea llegar para sustentar la propuesta de diseño ergonómica en estaciones de trabajo. Una vez aplicadas las encuestas y entrevistas se evaluará el resultado del ejercicio analizando la información y aplicando estadística para su interpretación.[20]

3.2.4. Levantamiento de información

El proceso de levantamiento de información de encuestas y entrevistas se ha centrado en los usuarios del laboratorio de ergonomía, es decir, el alumnado y los docentes que imparten la materia de ergonomía de manera teórica y práctica. La estrategia es obtener la información relevante de los elementos antes mencionados.

En el caso de las encuestas del alumnado, el criterio de aplicación de instrumento incluyó a toda la población de estudiantes de ingeniería industrial que actualmente se encuentran cursando la materia de ergonomía. Para lo anterior, la coordinadora de la carrera de ingeniería industrial de la UABC proporcionó una lista de alumnos inscritos (turnos matutino y vespertino) estableciéndose una población total de 48 alumnos.

Dado que la población no es muy grande se decidió considerar el total de alumnos en la aplicación de encuestas, por lo que no fue necesario establecer una técnica de muestreo y determinar un número aleatorio representativo. [24]

3.2.5. Aplicación de encuestas y entrevistas

Como ya se ha mencionado, la estrategia para la aplicación de encuestas y entrevistas se basa en la que establece el INEGI. Es por ello que se describirá este proceso como sigue:

- a) Diseño conceptual: El diseño conceptual es una actividad de planeación que antecede a la aplicación de encuestas y entrevistas y que a manera de resumen establece los criterios de elaboración de la encuesta, formato y validación.
- b) Diseño de la muestra: El diseño de la muestra es una actividad que en el caso del estudio no ha sido necesaria, ya que se ha considerado la población total para la aplicación de los instrumentos en el caso del alumnado y los maestros.
- c) Captación. La captación es el proceso principal en la aplicación de encuestas y entrevistas por lo que el proceso se realizó considerando lo siguiente:
 - 1) Una vez que se tienen las listas de alumnos inscritos en la materia de ergonomía, se procedió a acudir al salón de clases en los días en que se imparte la asignatura.
 - 2) Se explicó a los alumnos la naturaleza del estudio, objetivos y la importancia de responder de manera clara, precisa y lo más cercana a la realidad de manera que la encuesta refleje de manera efectiva las condiciones del laboratorio de ergonomía.
 - 3) El maestro proporcionó un tiempo aproximado de 20 minutos para que los alumnos contestaran la encuesta.

- 4) Una vez contestada la encuesta, se le pidió al maestro de la asignatura una cita para aplicar la entrevista diseñada previamente. Tanto el maestro de la asignatura en el turno matutino y vespertino accedieron a realizar el ejercicio.
- 5) En el caso de los laboratorios de la materia de ergonomía, el total de los alumnos del turno matutino y vespertino están distribuidos en 5 horarios distintos. Dos de los maestros que imparten la asignatura son también maestros que imparten los laboratorios. Existe una maestra adicional, que también imparte uno de los laboratorios de ergonomía. Concluyendo, se aplicaron tres entrevistas siendo este el total de docentes que imparten ergonomía en clase y laboratorio.
- 6) Las entrevistas aplicadas a los maestros fueron grabadas, por lo que se cuenta con la evidencia de sus puntos de vista, para una mejor interpretación de los resultados en las siguientes etapas.
- d) Procesamiento y presentación de resultados. El procesamiento de la información, así como la presentación de resultados se muestran en el presente capítulo. [24]

3.2.6. Listas de verificación

Otro instrumento importante en el levantamiento de la información es la lista de verificación de ergonomía. Aplicando este instrumento, se encontró lo siguiente en la tabla 3.1 [13]

Tabla 3.1. Lista de verificación para estaciones en posición sentado

Estación para trabajar sentado	SI	NO
1. ¿Es fácil ajustar la silla según las siguientes características?	☐	☐
a. la altura del asiento es ajustable entre 15 y 22 pulgadas	☐	☐
b. el ancho del asiento tiene un mínimo de 18 pulgadas	☐	☐
c. la profundidad del asiento tiene entre 15 y 16 pulgadas	☐	☐
d. el asiento puede inclinarse ± 10 grados respecto a la horizontal	☐	☐
e. el respaldo tiene soporte lumbar	☐	☐
f. el tamaño mínimo del respaldo es 8 X 12 pulgadas	☐	☐
g. el respaldo puede moverse de 7 a 10 pulgadas sobre el asiento	☐	☐
h. el respaldo puede moverse de 12 a 17 pulgadas al frente del asiento	☐	☐
i. la silla tiene un soporte de cinco patas	☐	☐
j. tiene rodajas y pivote para tareas que requieren movimiento	☐	☐
k. la cubierta o tapiz de la silla deja pasar el aire	☐	☐
l. cuenta con descansapiés (grande, estable y ajustable en su altura y pendiente)	☐	☐
2. ¿Se ha ajustado la silla de manera adecuada?	☐	☐
a. la altura de la silla se ajustó según la altura popliteal con los pies planos en el suelo	☐	☐
b. hay un ángulo aproximado de 90 grados entre el tronco y el muslo	☐	☐
c. el área lumbar del respaldo está en la parte baja de la espalda (línea del cinturón)	☐	☐
d. hay suficiente espacio para las piernas (por ejemplo, hacia atrás de la estación de trabajo)	☐	☐
3. ¿Es ajustable la superficie de trabajo?	☐	☐
a. la superficie de trabajo está más o menos a la altura del codo	☐	☐
b. la superficie de baja de 2 a 4 pulgadas para ensambles detallados o tareas de trabajo visual intenso	☐	☐
d. hay suficiente espacio para los muslos (entre la mesa y la silla)	☐	☐
4. ¿Se alternan las posiciones sentado y de pie o caminar?	☐	☐

3.2.7. Mediciones antropométricas

El punto de partida de cualquier análisis antropométrico es la definición aleatoria de la muestra (n). Para el cálculo de tamaño de muestra cuando el universo es finito, es decir contable, primero debe conocer "N" ó sea el número total de casos esperados que en esta investigación es de 48 alumnos. Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población (48 alumnos) y deseamos saber cuántos tendremos que estudiar la fórmula 3.1 sería: [25]

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{[d^2 * (N - 1)] + [(Z^2)(p)(q)]} \quad 3.1$$

Donde:

N: Es el total de la población.

Z: Es el factor estadístico de confianza (1.280, asumiendo un 90% de confianza)

Según diferentes seguridades el coeficiente de Z varía, así:

- Si la seguridad Z fuese del 90% el coeficiente sería 1.280
- Si la seguridad Z fuese del 95% el coeficiente sería 1.645
- Si la seguridad Z fuese del 97.5% el coeficiente sería 1.960
- Si la seguridad Z fuese del 99% el coeficiente sería 2.326

p: es la proporción esperada del porcentaje de error (1-0.90), es decir, 0.10.

q: 1-p (que en este caso sería 0.90)

d: es la precisión la cual debe mantenerse en 5% (0.05).

Sustituyendo los valores, obtendremos lo siguiente:

$$n = \frac{48 * (1.280)^2 * 0.10 * 0.90}{[(0.05)^2 * (48 - 1)] + [(1.280)^2(0.10)(0.90)]}$$

n= 26

Por lo tanto, de los 48 estudiantes se tomará una muestra de 26 para tomar las medidas antropométricas.[25]

Las medidas antropométricas a recolectar se muestran esquemáticamente en las figuras 3.2 a 3.13:[26][27][28]

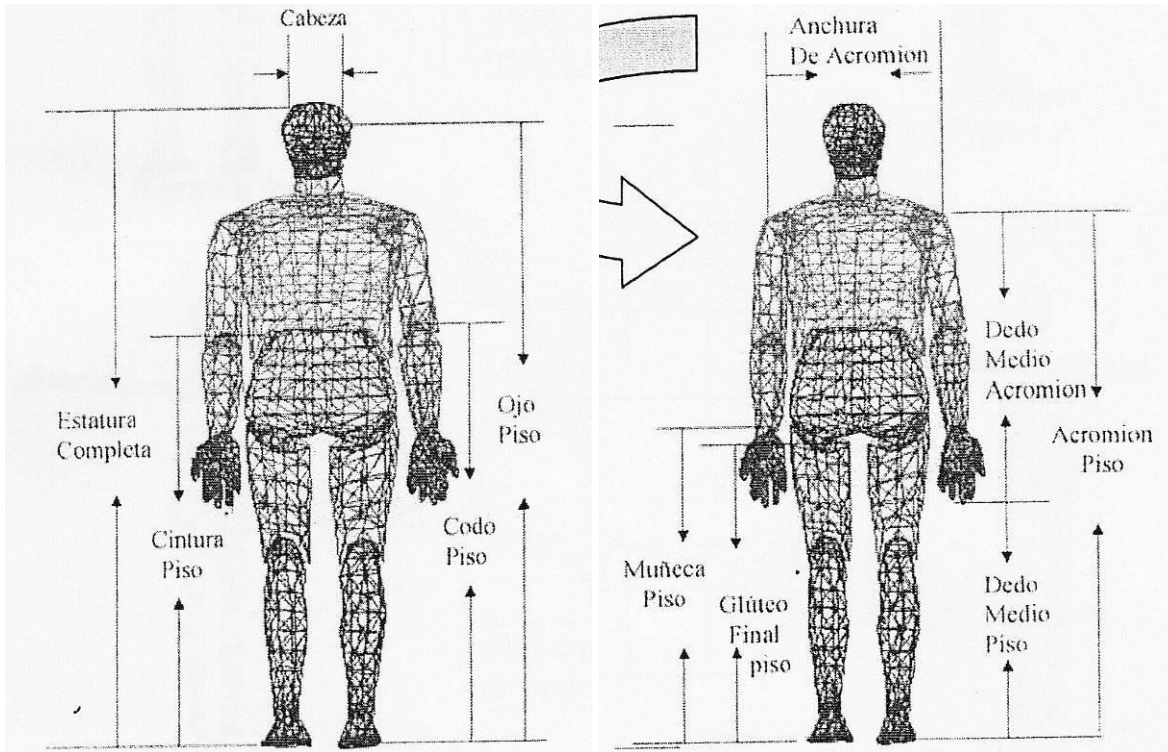


Figura 3.2. Medidas de pie en la parte posterior

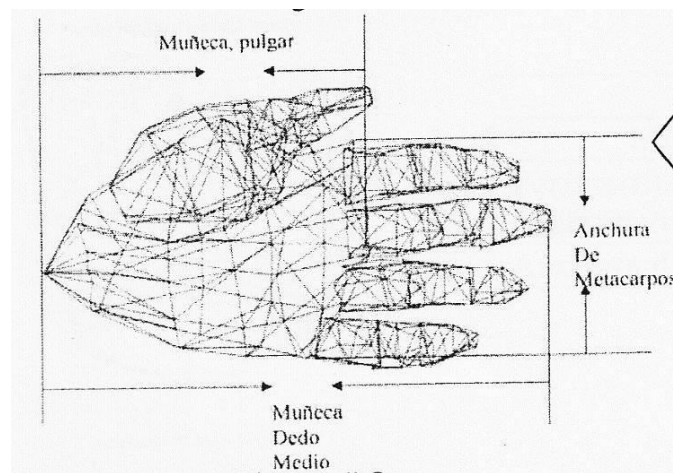


Figura 3.3. Medidas de la mano

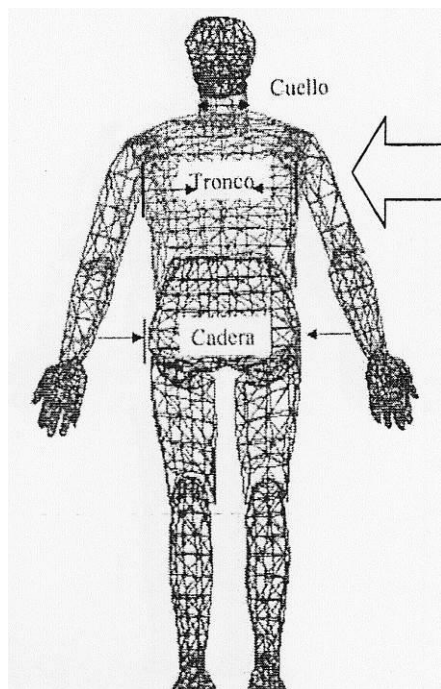


Figura 3.4. Medidas antropométricas frontales

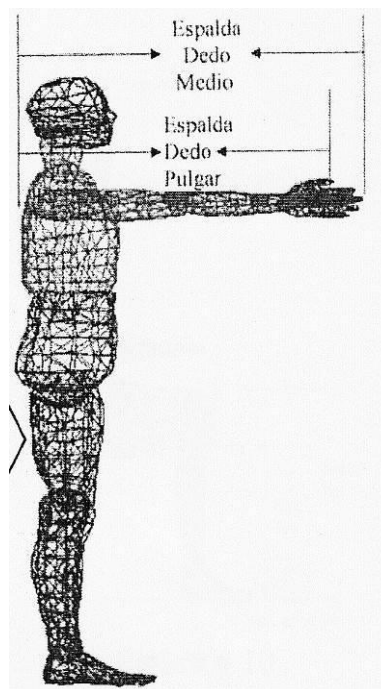


Figura 3.5. Medidas laterales superiores

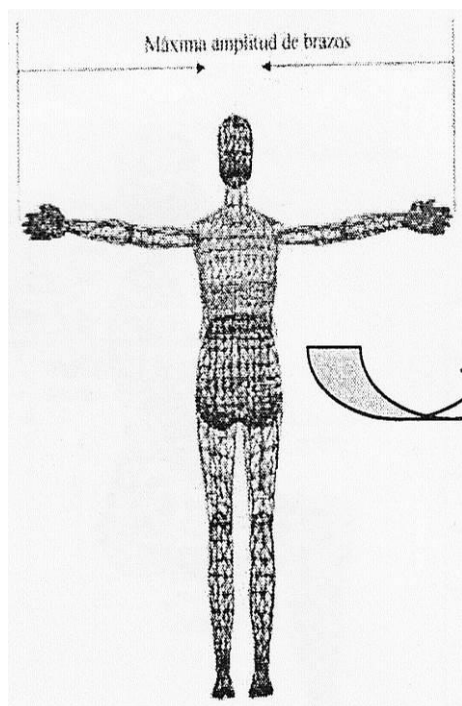


Figura 3.6. Medida de amplitud de brazos

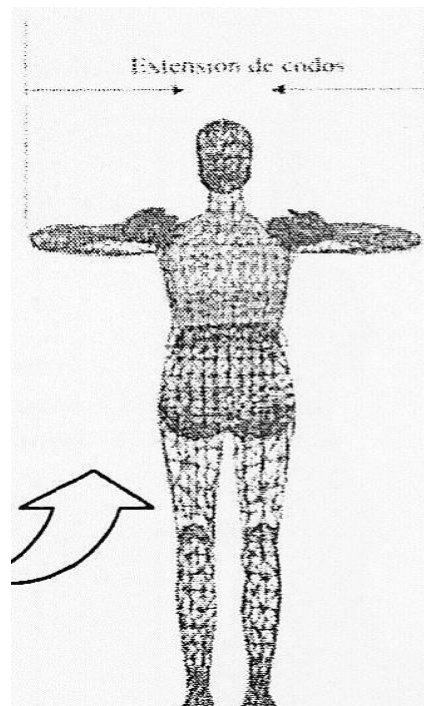


Figura 3.7. Medida de extensión de codos

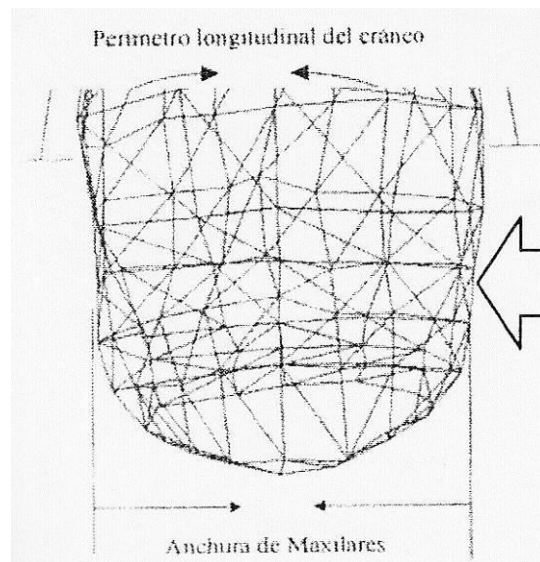


Figura 3.8. Medida del perímetro del cráneo y maxilares

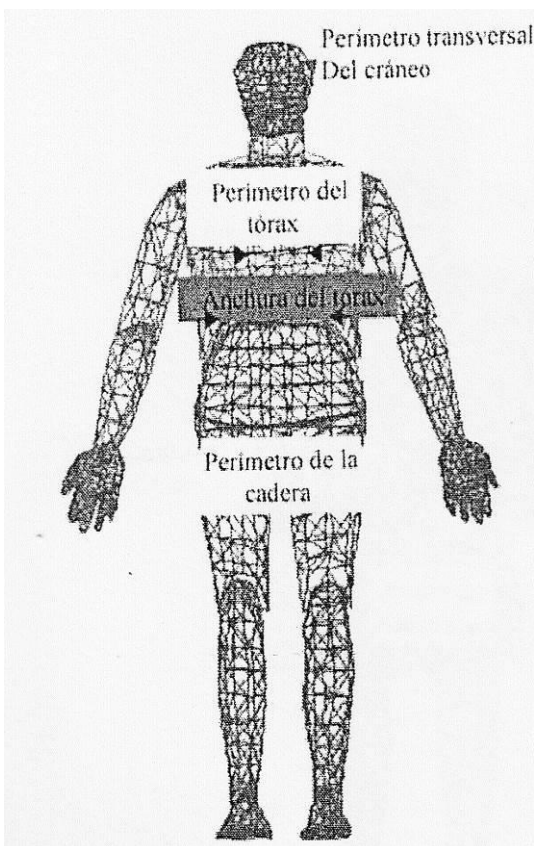


Figura 3.9. Medidas de perímetros y tórax frontales

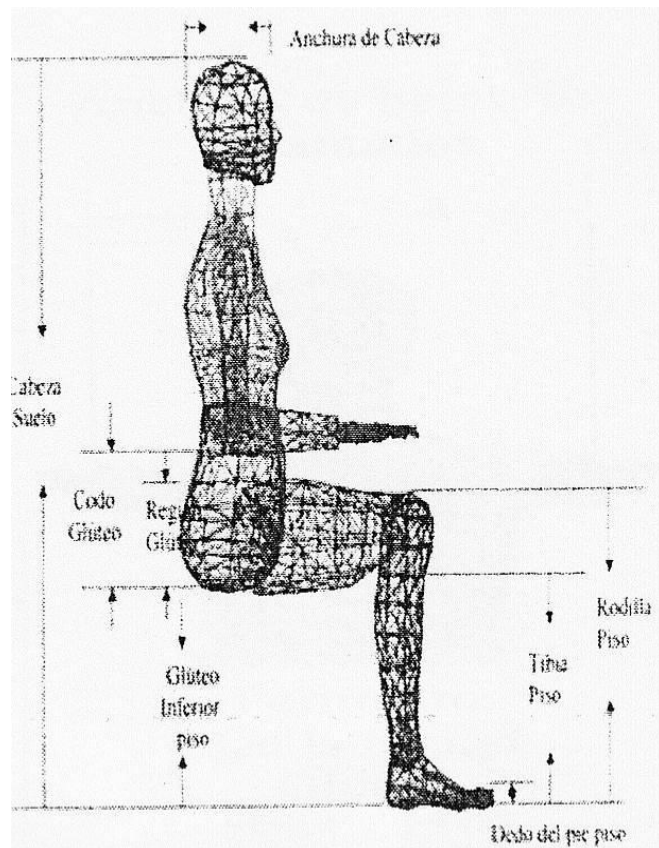


Figura 3.10. Medidas en posición sentado

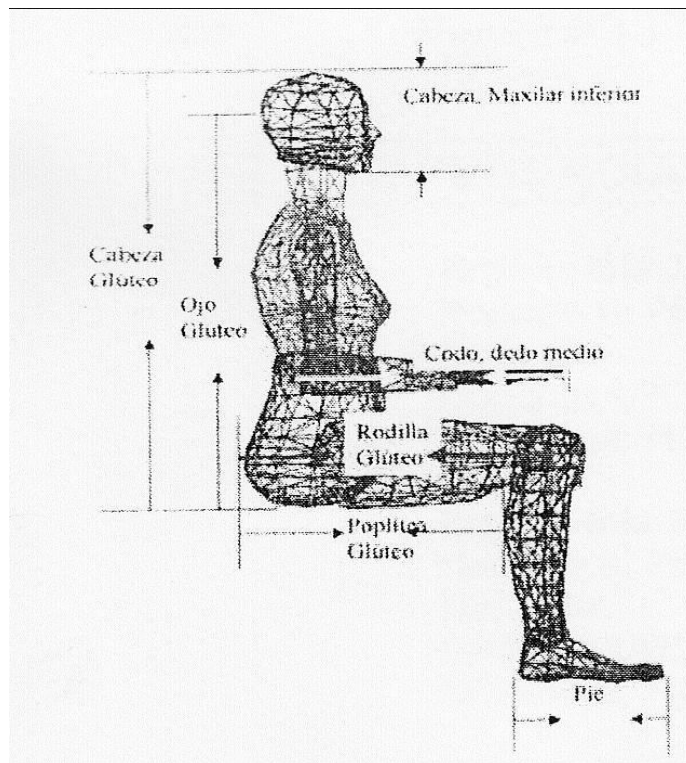


Figura 3.11. Medidas en posición sentado lateral

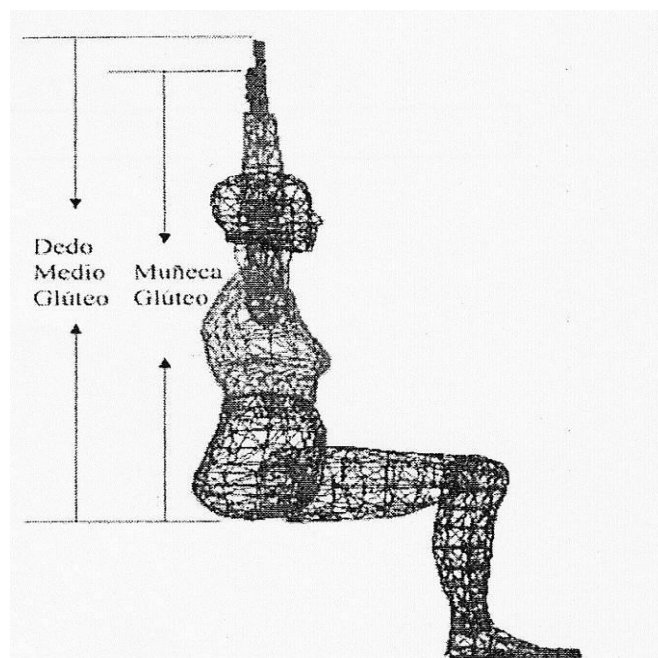


Figura 3.12. Medidas en posición sentado lateral con brazos levantados

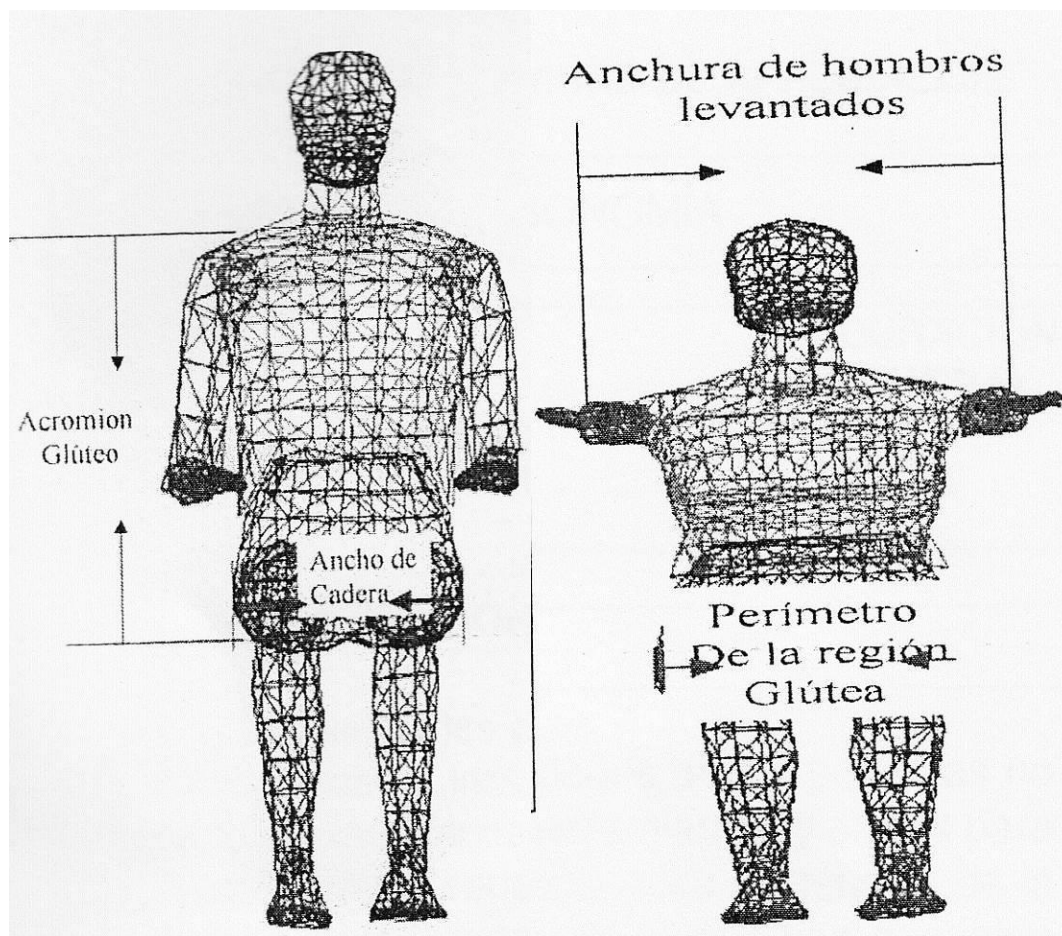


Figura 3.13. Medidas en posición sentado posteriores

La recolección de los datos que se muestran en las figuras de la 3.2 a 3.13, es una actividad que se realiza en la práctica número dos del laboratorio de ergonomía. Por lo anterior, la estrategia de la adquisición de la información fue la de acercarme a los maestros que imparten el laboratorio de ergonomía para solicitarles los datos recabados y revisados en las prácticas. [26][27][28]

Los datos recabados en cada medición se introdujeron a una hoja electrónica y aparecen de acuerdo a la tabla 3.2. [26][27][28]

Tabla 3.2. Medidas antropométricas

		Edad (años)	20	21	20	20	20	22	20	20	20	22	20	20	21	21	24
		Peso (kg)	55	72	80	90	82	88	75	55	56	52	70	67	79	76	83
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7	OBS. 8	OBS. 9	OBS. 10	OBS. 11	OBS. 12	OBS. 13	OBS. 14	OBS. 15
1	Cabeza	3.2	14.8	15.7	15.5	15.7	16	15.3	16.6	16	15.5	14.18	15.5	15.5	15.7	15.6	15.4
2	Estatura completa	3.2	161	166.6	178.2	185.9	179.6	185	175	160.7	160.4	163.5	179	162	169	176	172
3	Cintura al piso	3.2	99.5	100.7	109.5	176.5	110.5	114.5	103.8	97.9	95.1	93.4	109	93	107	108	115
4	Ojo al piso	3.2	150	154.5	166.5	176.5	166.5	173	163.8	148.2	147.5	149.5	165	92	157	155	158
5	Codo al piso	3.2	103	105.1	108.5	120.7	114	118	111.6	106.5	102.6	106.2	116	109	111	114	115
6	Anchura de acromion	3.2	38.9	43.3	45.7	45.4	47	44.3	42.5	42	41	39	42	40	41.5	41	40.5
7	Muñeca al piso	3.2	78.3	79.8	89.2	92.5	85.5	94.3	90.7	77	82	78	91	80.5	85	89	85
8	Gluteo final piso	3.2	70.4	74	83.9	85.6	80	88.9	82	73	73	73.5	79	73.5	75.5	78	82.5
9	Dedo medio al acromion	3.2	70	73	77.5	83.56	79.5	84.5	77	72	73.5	73.5	77	73	77.5	77	75
10	Acromión al piso	3.2	133.3	134.8	147	158.6	150.1	154.5	147	133	134	137	149	134	146	147	146
11	Dedo medio al piso	3.2	61.4	60.1	69.4	71.9	67.7	67.3	71	65	62	63	73.5	67.2	65	65.4	69
12	Muñeca al pulgar	3.3	13.6	14	15.7	13.5	14.7	17	17.5	12	14.5	12.5	15.5	12	13	14	13
13	Anchura de metacarpos	3.3	7.5	9	8.3	8	9	9.5	7.5	7	6.7	6.5	9	9.3	10.5	9	9
14	Muñeca al dedo medio	3.3	19	20	21	22	21	22.4	17.5	16.5	19.5	18	18.5	19	20	20	19
15	Ancho de cuello	3.4	9.9	11	12	11.5	12.5	11.1	11.5	10	9.3	10	10	10	11	11	10
16	Ancho de cadera	3.4	32	32.3	39.5	32.6	34.5	34.5	34.5	34.5	33	33.5	34	32	37.7	39	41
17	Ancho del tronco	3.4	30	30	37	30.6	32	32.5	32.5	27.5	28.5	25.5	32.5	32.4	32	33	34.5
18	Espalda al dedo medio	3.5	88	80.5	88.9	92	96.5	96.5	86.5	75.5	79.5	74.5	81.9	81.1	80.1	79	80
19	Espalda al dedo pulgar	3.5	89.5	74.7	84.5	84	88.5	91	75.5	63.5	69.5	72	76	71.5	77.5	74	75
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	158.5	166	181	189.5	186	191	174.5	159	162	163	174	162	175	175	172
21	Máxima extensión de codos	3.7	86.2	89	96	100	103	96.5	100	92.3	90.5	90	90	89	98	92	94
22	Perímetro longitudinal del cráneo	3.8	27.4	30.5	33	30	31	29	33.5	32.5	31.5	30.5	30	28	31	32	30
23	Anchura de maxilares	3.8	12.7	12.1	15.5	12.6	14.5	14.2	13.5	10.5	11	10.5	11.7	10.6	12.1	12	10.2
24	Perimetro transversal del cráneo	3.9	26.5	29	30	29	29.5	27.8	36	31.5	32.5	32.5	27	26	29	28	26.5
25	Perímetro del tórax	3.9	89	92.3	118	100	107	111.4	96	100	99	84	96	92	91	98	96
26	Anchura del tórax	3.9	28.5	31.3	34	31	33.7	34.5	32.5	26.7	29	25.6	29.5	28	28	30	31.5
27	Perímetro de la cadera	3.9	91.8	81	115	95.5	103	96	111	117	116	111	112	102	116	120	128
28	Anchura de cabeza	3.10	14.7	15.2	16.7	15.8	16	15.6	18.3	18.6	18	18.5	18.5	19	18.1	18.7	18.3
29	Cabeza al piso	3.10	123	125	128	135	132	136	128	126	122	129	143	143	145	146	144
30	Codo al glúteo	3.10	22.2	25	22.5	20.5	22	24.5	25	22	22.5	25	29	25	33	34	31.5
31	Región glúteo	3.10	20.2	23	20	18	20	21.5	22.5	21	20	21.5	28	28	21	25	29
32	Glúteo inferior al piso	3.10	48	50	55	63	56	62	47.5	47.6	47.5	47	56	57	57	56	56
33	Rodilla al piso	3.10	51.7	51.4	61	63	54	62.8	48	46	49	48.5	60	56.5	60	62	57
34	Tibia al piso	3.10	40	40	51	60	52	60	41.5	38	39.5	37.5	52	49	52	51	51.5
35	Dedo del pie al piso	3.10	1	1	2	3	2	2.5	2	2	1	1	2.5	1.5	2	2	2
36	Cabeza maxilar inferior	3.11	23.1	21.7	22.5	22.3	21.8	21.4	21.6	19.5	19	20.1	21	19.7	19.5	23	19.6
37	Cabeza glúteo	3.11	81	80	85	93	86	92	89.5	84	81.5	79	86	83	89.3	89.2	87.5
38	Ojo glúteo	3.11	67	72.9	81	74	72	78	73.5	72.5	67.5	69	74.7	67	81	76	79
39	Codo al dedo medio	3.11	43.5	45	48.4	51	47	52.4	46.5	44	43.5	42	47.5	44	48.5	45	46.5
40	Rodilla glúteo	3.11	51	52.5	53	61	54	60	54.5	51.5	49.5	50.5	54	48	58	53.2	56.5
41	Poplíteo al glúteo	3.11	44	44.5	54	49.3	50	51	44	41	49	39	45	40	43	45	42
42	Pie	3.11	25	27.9	27.5	30.5	31	32.3	22.3	21.5	22	23	28	26	26	25.4	24
43	Dedo medio al glúteo	3.12	122	125.5	135	139.3	137.5	141.5	127	127	121	120	102	103	121	115	121
44	Muñeca al glúteo	3.12	116.8	119	128	131.5	133.5	135.3	113.5	117	111	110	95	96	111	105	112
45	Acromión al glúteo	3.13	55.3	56.6	60	61.8	59	66	61	59	59	60	59	51	58	57	59
46	Ancho de cadera	3.13	29	29	37	31	36.5	33.9	37	36.5	38	35	36.5	31.7	38.2	30	39.5
47	Anchura de hombros levantados	3.13	33.7	32.9	41	38.6	39.4	40.8	39	38.5	39.3	36.5	42	41	39.3	43	40.5
48	Perímetro de la región glútea	3.13	61	48	54	62	55	60	59	62	59	59	48	45	53	49	55.5

Una vez que se obtienen las medidas, es necesario calcular la media muestral, desviación estándar muestral y el percentil correspondiente.

En ergonomía se emplean maniquíes, que representan a los percentiles estándar de 5, 90 y 95 para estudios de ajuste. Si no consideramos un percentil, esto nos puede conducir a error ya que no se tomarían en cuenta las variaciones en las proporciones corporales.

Los percentiles tienen el comportamiento de la distribución normal y en la tabla 3.3 se enlistan los percentiles más comunes y los resultados del valor de Z para cada uno de ellos. La fórmula estadística que se utilizó para obtener el valor del percentil del 95, es la siguiente:

$$P = \bar{X} + (Z * s) \quad 3.2$$

Donde:

P: será la medida del percentil, o el intervalo donde incluye el porcentaje de la población.

Z: es el número de veces que “s” está separada de la media muestral.

$\bar{X}$: es la media muestral. [26][27][28]

Tabla 3.3. Tabla de percentiles

Percentil	Valor de “Z”
1.0 y 99.0	2.326
2.5 y 97.5	1.960
3.0 y 97.0	1.880
5.0 y 95.0	1.645
10 y 90.0	1.280
15 y 85.0	1.040
20 y 80.0	0.840
25 y 75.0	0.670
30 y 70.0	0.520
40 y 60.0	0.250
50	0.000

Una vez que calculamos la media, desviación estándar y el percentil correspondiente del 95, obtenemos la información que se muestra en el apéndice G de esta tesis. Tal y como se muestra en las tablas, las medidas antropométricas de cada concepto han aumentado una cierta magnitud en función del percentil del 95 agregando una holgura de medición para la mayoría de las proporciones corporales. Estas medidas corporales son las que se tomarán en cuenta para el diseño de estaciones de trabajo en el laboratorio de ergonomía.[26][27][28]

3.2.8. Interpretación de resultados

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la encuesta aplicada a alumnos de licenciatura de la carrera de ingeniería industrial que cursaron la asignatura de ergonomía en UABC en el periodo 2013-1.

Los primeros resultados que arroja la encuesta son los datos corporales principales tales como la edad y el sexo de los encuestados. En las figuras 3.14 y 3.15, se muestran los resultados de manera gráfica.

Población: 49 alumnos.

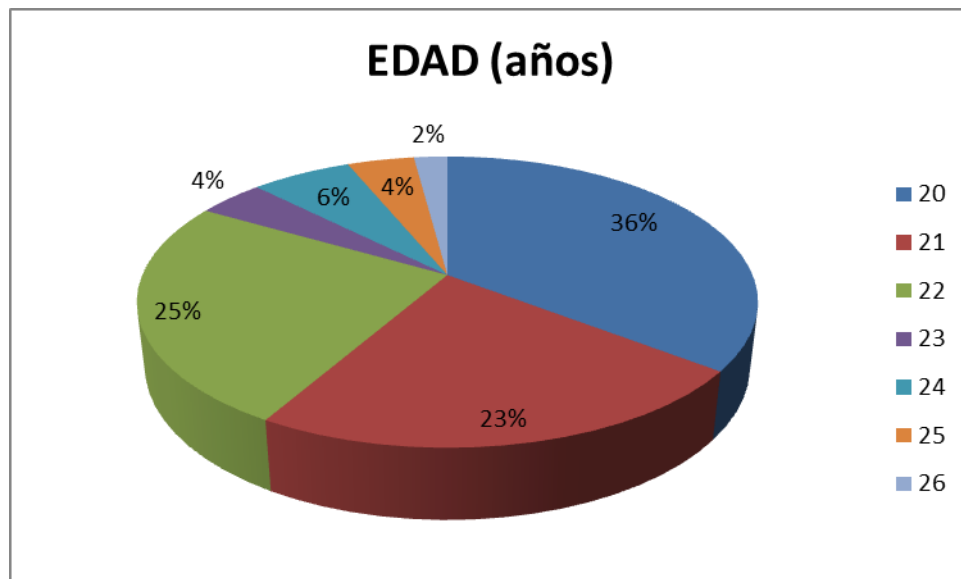


Figura 3.14. Edades de los alumnos encuestados.

En la gráfica de la figura 3.14 se establecen las edades de los encuestados con el objetivo de determinar el rango de edad (que es de 6 años) y valorar principalmente la diferencia en el crecimiento de las extremidades.

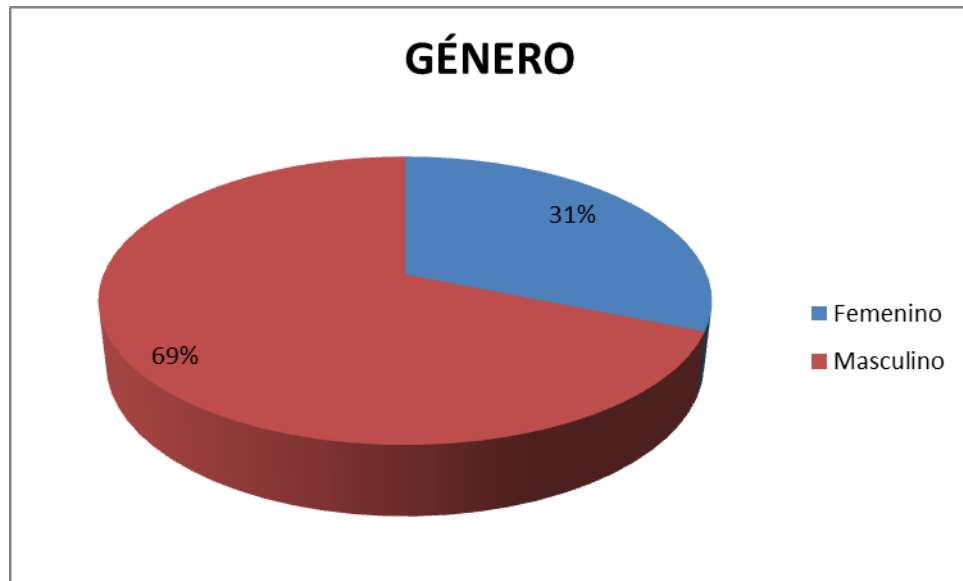


Figura 3.15. Género de los encuestados

Según la figura 3.15, de la población encuestada, el 69% pertenecen al género masculino y el resto al femenino. Lo anterior es importante ya que las dimensiones corporales varían de manera determinante para ambos sexos.

Los resultados de la encuesta aplicada a los alumnos se aprecian en las figuras de la 3.16 a la 3.23:

La figura 3.16, tiene como objetivo conocer la percepción de los usuarios del laboratorio de ergonomía, respecto a su funcionalidad. Esta información brinda soporte al hecho de que alrededor del 34% de los encuestados manifiesta que el laboratorio no cuenta con los elementos óptimos para ejecutar prácticas. Por otro lado, en la figura 3.17 se le cuestiona al alumno sobre su visión de la vinculación entre la práctica académica y el sector industrial real en materia de ergonomía, ya que algunos de ellos se encuentran en programas de vinculación. La encuesta nos dice que el 72% de lo que se practica en el laboratorio tiene una relación directa con un entorno real.

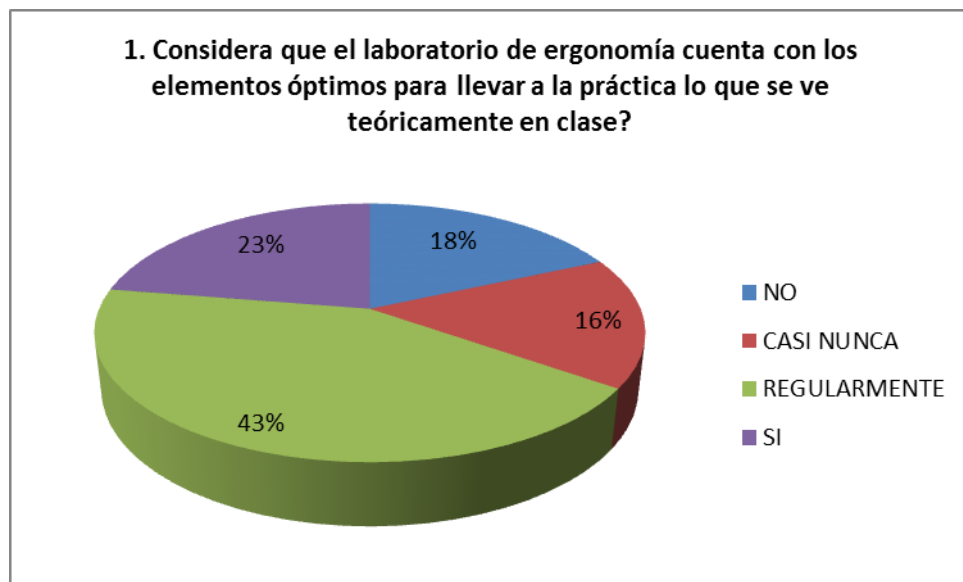


Figura 3.16. Elementos óptimos del laboratorio

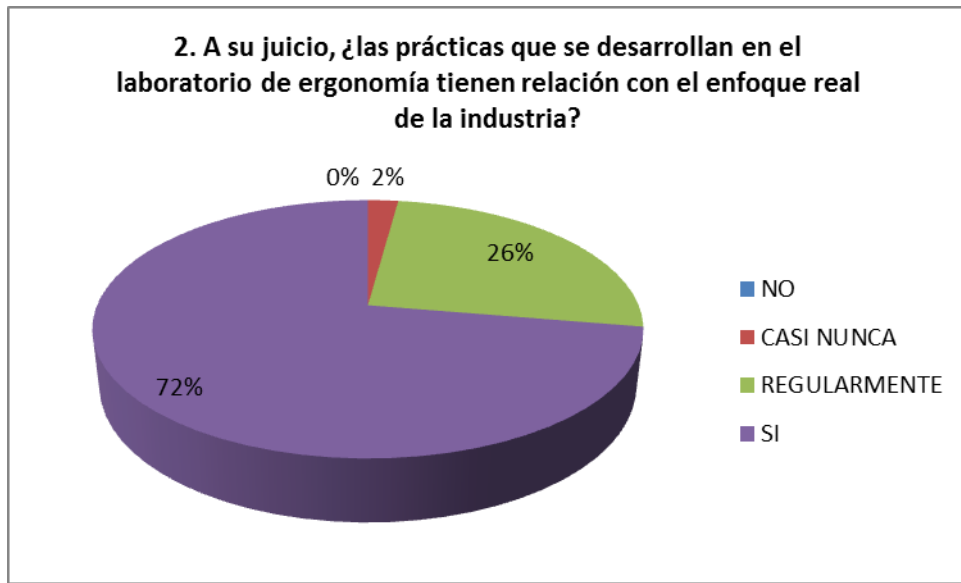


Figura 3.17. Relación de la materia con el entorno real de trabajo

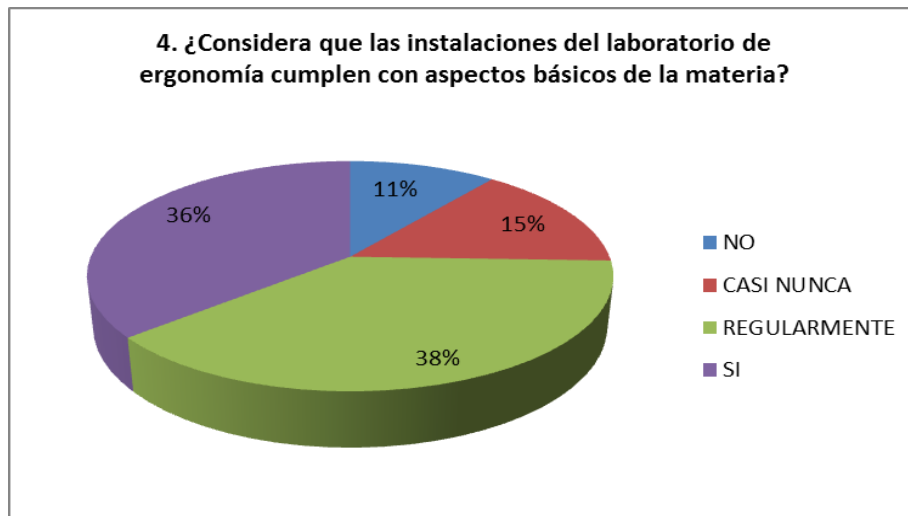


Figura 3.18. Aspectos básicos de ergonomía

De acuerdo a la figura 3.18 en el caso de los encuestados que contestaron de manera negativa, es decir el 11%, se les pidió que señalaran que elementos de las instalaciones eran deficientes, señalando, lo siguiente: equipo y herramienta, el mobiliario (específicamente las sillas), ventilación, altura del mobiliario y temperatura.

Algunos comentarios adicionales a lo que se muestra en la figura 3.18 expresan lo siguiente:

- 1.- “La línea de producción no funciona”.
- 2.- “Las mesas no sirven”.
- 3.- “Faltan más equipos y herramientas para desarrollar las prácticas”.
- 4.- “La ubicación del lugar no es la adecuada”.

El confort de los alumnos se evaluó en las categorías que aparecen en la figura 3.19. La interpretación de estos resultados se dio en dos sentidos: por un lado, refiriéndome a los elementos que se utilizan en la ejecución de prácticas y por otro lado, a las instalaciones físicas de equipamiento. La puntuación más baja en el primer enfoque le corresponde al equipo y herramienta, así como a la disposición física de los componentes a ensamblar ya que se encuentran bastante retirados del lugar de prácticas. Considerando solamente las instalaciones (por su calificación) figuran las sillas.

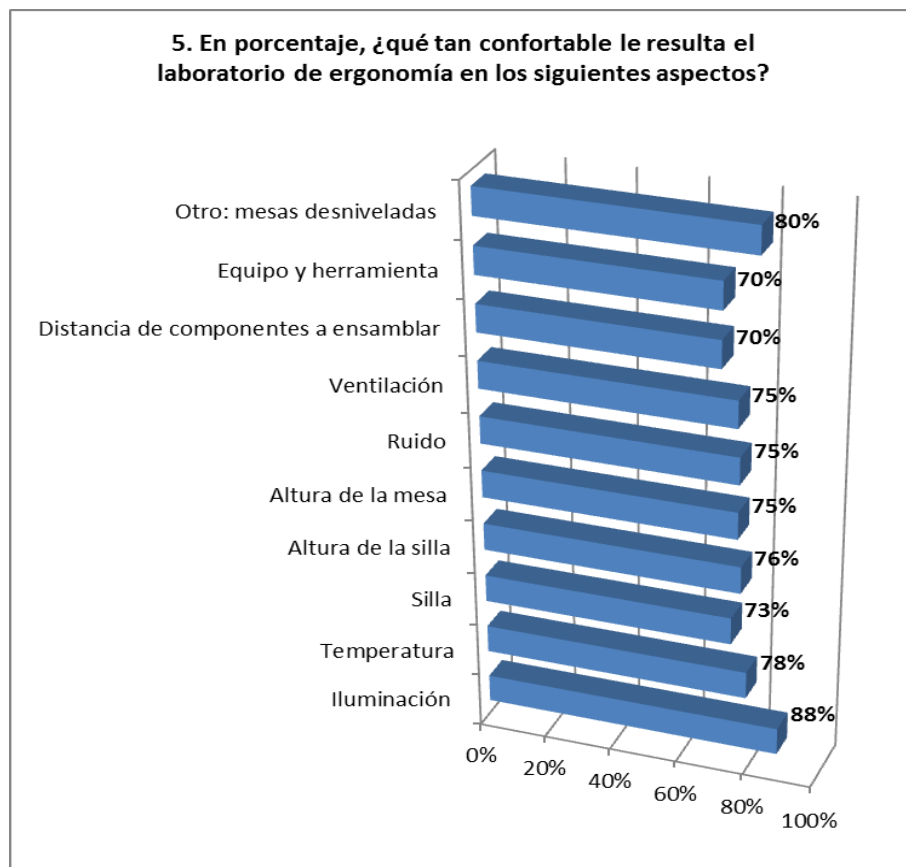


Figura 3.19. Confort del laboratorio de ergonomía

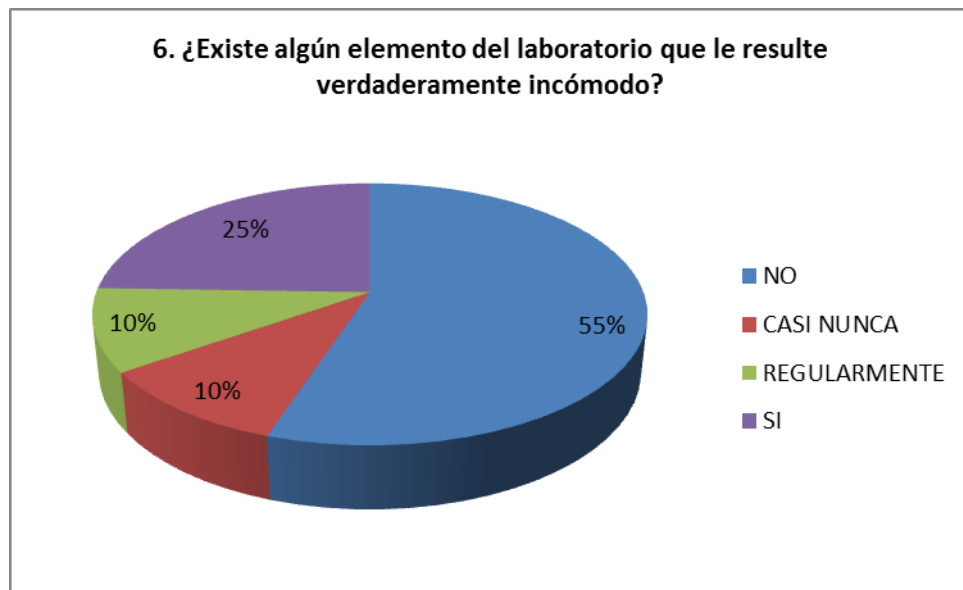


Figura 3.20. Medición del confort del laboratorio de ergonomía

La pregunta 6 que aparece en la figura 3.20, se hizo con el objetivo de detectar condiciones de riesgo laboral. Solo el 10% afirma que se siente realmente incómodo con algún aspecto del laboratorio. Algunos de los comentarios se enlistan a continuación:

- 1.- “Artículos de prácticas tienen los tornillos barridos”.
- 3.- “La mesa de trabajo está desbalanceada”, “algunas mesas están flojas y se tambalean”.
- 4.- “Las sillas son incómodas”.
- 5.- “La ventana hacia dentro del salón es grande y es fácil distraerse”.
- 6.- “El ruido de los carros al pasar por la calle interfiere con la clase”.
- 7.- “La silla es muy dura y no se soporta por dos horas seguidas”.
- 8.- “Las sillas resultan ser altas para la mesa o viceversa”.

Respecto a las molestias corporales el 75% de la población encuestada manifiesta no sentir algún malestar físico que llegue a catalogarse como molestia, sin embargo, el 19% opina lo contrario (ver figura 3.21) indicando la parte del cuerpo que más les molesta (ver figura 3.22).

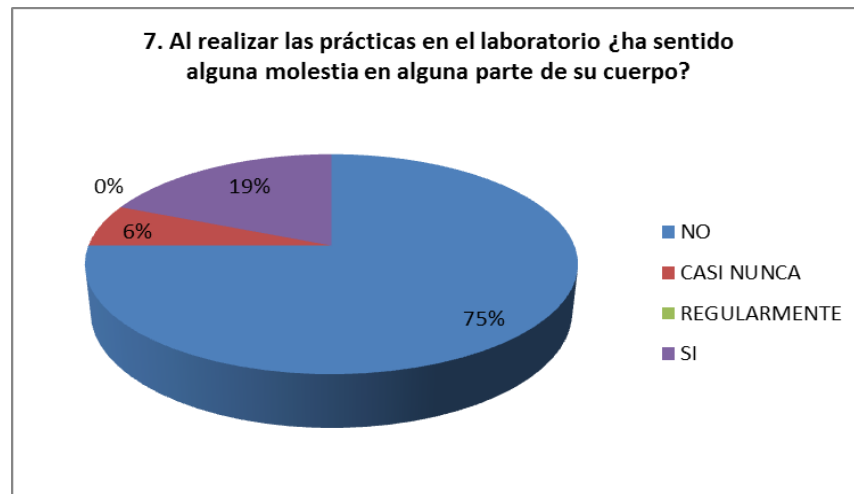


Figura 3.21. Molestias corporales.

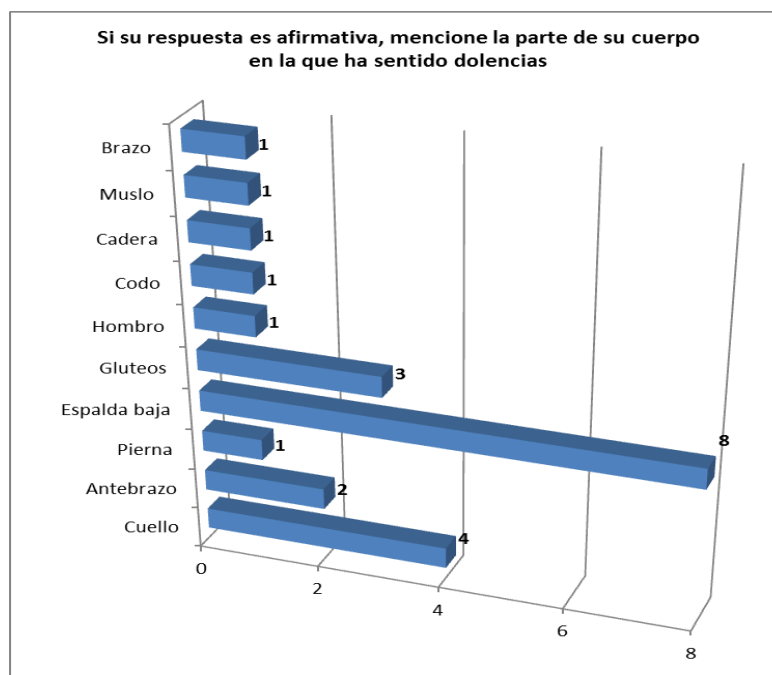


Figura 3.22. Dolencias corporales frecuentes

Cuando se cuestionó a los encuestados acerca de la posibilidad de realizar propuestas de mejora al laboratorio de ergonomía, contestaron lo siguiente:

- 1.-“Mejoraría el material que se utiliza”.
- 2.-“Una mejor iluminación, mejor ventilación y una organización más óptima en sus mesas y equipos de trabajo”.
- 3.-“Mejores herramientas y más completas, mesas mejor fabricadas”.
- 4.-“Mejores mesas para mayor comodidad y el alineamiento de las mismas para tener mayor espacio”.
- 5.-“Más material y equipo para el laboratorio y sea más eficiente”.
- 6.-“Mesas con ruedas y frenillo e información gráfica en las paredes”.
- 7.-“Mesabancos para mayor confort porque son incómodas esas mesas al estar mucho tiempo”.
- 8.-“Poner sillas ergonómicas ya que las que tiene el laboratorio son incómodas”.
- 9.-“No creo que necesite mejoras”.
- 10.-“Poner mesas nuevas o arreglar las patas y mejor equipo de medición”.
- 11.-“Que la línea de producción funcionara al 100% y que el material fuera el adecuado”.
- 12.-“Colocar algunos carteles con información de ergonomía o la importancia de esta ya que serían motivantes y nos matendría más informados”.
- 13.-“Más equipo como un cajón especial para el material y especificando cada equipo para el laboratorio, así como la renovación de mesas, sillas, escritorios y pizarrón”.
- 14.-“Más herramientas de trabajo para saber que otras aplicaciones puede tener la materia”.
- 15.-“Buscar la manera de que no hubiese tanto ruido ya que esto desconcentra y estresa a los alumnos que estamos en clase”.
- 16.-“Más conexiones de corriente para un uso más sencillo de laptops y mejorar la ventilación del salón con ventanas más grandes”.
- 17.-“Desocupar el espacio de cosas que no se utilizan como tubos y aparatos incompletos, reparar o clausurar toma de luz del suelo, instalar un puesto de trabajo y apoyos visuales”.
- 18.-“La instalación correcta del cañón, ya que es muy incómodo moverlo cada que se tiene una clase”.
- 19.-“Cambiar iluminación y color de paredes, es decir, cambiar el ánimo del salón”.

20.-“Una estación de trabajo como la que está pero que sirviera para saber que movimientos realiza el operador que le pueden causar daños”.

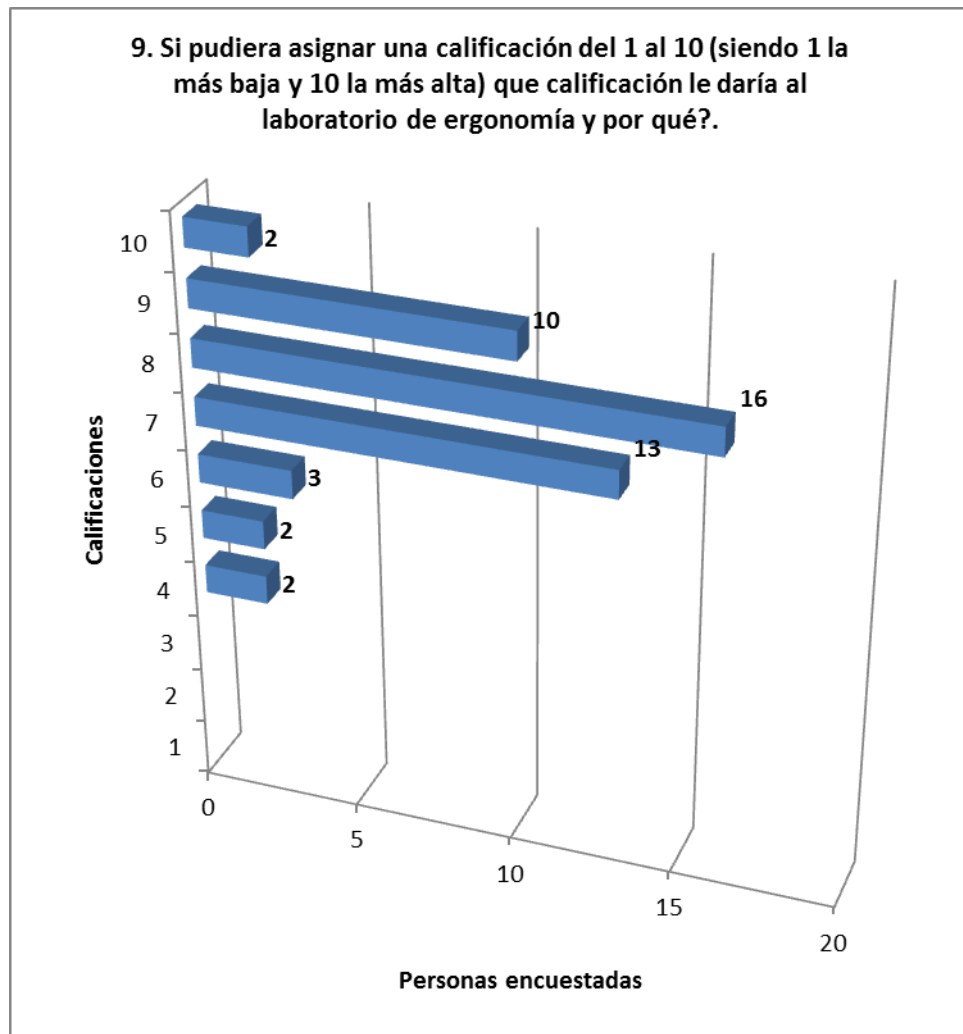


Figura 3.23. Calificación al laboratorio de ergonomía.

Al cuestionarles el por qué de esta calificación (ver figura 3.23), los encuestados contestaron lo siguiente:

- 1.-“Es espacioso pero el área de ensamble no se percibe en muy buenas condiciones”.
- 2.-“Debido a la falta de herramientas y mesas de trabajo en mal estado”.
- 3.-“Por las mesas y la línea de producción que no funciona en su totalidad”.
- 4.-“Al laboratorio le hace falta material adecuado para la clase”.

- 5.-“Porque le falta ser más ergonómico y ser más completo en equipo”.
- 6.-“A veces no se cuenta con el equipo adecuado para realizar todas las prácticas como si fuera una industria”.
- 7.-“Pudiera tener más cosas desde sillas ergonómicas entre otros aparatos de estudio”.
- 8.-“Porque cuenta con lo necesario para realizar las prácticas”.
- 9.-“Se necesita implementar mejora ergonómica para realmente decir que es un laboratorio de ergonomía”.
- 10.-“Faltan muchas cosas para prácticas”.
- 11.-“Considero que hace falta mas tiempo en el laboratorio y clase para el desarrollo de la materia”.
- 12.-“No se vé como laboratorio, solo como un simple salón”.
- 13.-“Cumple con el objetivo que es realizar las prácticas de la materia”.

Como se puede observar en los resultados de las encuestas, es evidente la necesidad de mejorar las instalaciones del laboratorio de ergonomía, ya que si bien, las prácticas pueden llevarse a cabo, el desempeño y aprendizaje de los alumnos podría ser más significativo.

La aplicación de esta encuesta es una actividad que se toma como referencia para la aplicación del mismo instrumento en el sector industrial, particularmente hablando en la industria metal mecánica que es el objeto de estudio de esta tesis.[24]

Capítulo 4.

Aplicación y experimentación de la ergonomía en el sector metalmecánico.

4.1. Análisis y diseño de sistemas ergonómicos en la industria metal mecánica bajo el enfoque de distribución por proceso.

4.1.1. Presentación de la organización.

La empresa sobre la cual se desarrolla el tema de tesis puede clasificarse como una pequeña industria que pertenece al sector metal mecánico. Esta integrada por un total de 10 empleados de los cuales, 8 trabajan directamente en actividades operativas que tienen que ver con la fabricación de herramientas y piezas de ensamble para reconocidas empresas.

La organización provee de productos a importantes empresas de la localidad en los siguientes sectores: industria aeroespacial, de la fabricación de piezas para tanques de guerra y rieles, así como para la industria de microcontroladores.

El proyecto de tesis se centra sobre los equipos de fresado y torneado.

4.1.2. Descripción de las estaciones de trabajo y equipos

De acuerdo a la naturaleza del proyecto y las necesidades de la organización el estudio se centra en el centro de maquinado que esta provisto de los equipos que se muestran en la tabla 4.1:

Tabla 4.1. Equipos de trabajo del centro de maquinado

Descripción	Ilustración
6 Fresadoras modelos Bridgeport que se encuentran en las estaciones 1, 4, 5, 6, 7 y 8.	
3 tornos que se encuentran localizados en las estaciones 2, 3 y 9	

2 Máquinas de control
numérico localizadas en las
estaciones 10 y 11



La distribución de las estaciones de trabajo del centro de maquinado es por proceso, sin embargo, esta se ha ido adecuando conforme a la adquisición de nuevos equipos. Un modelo gráfico se muestra en la figura 4.1:

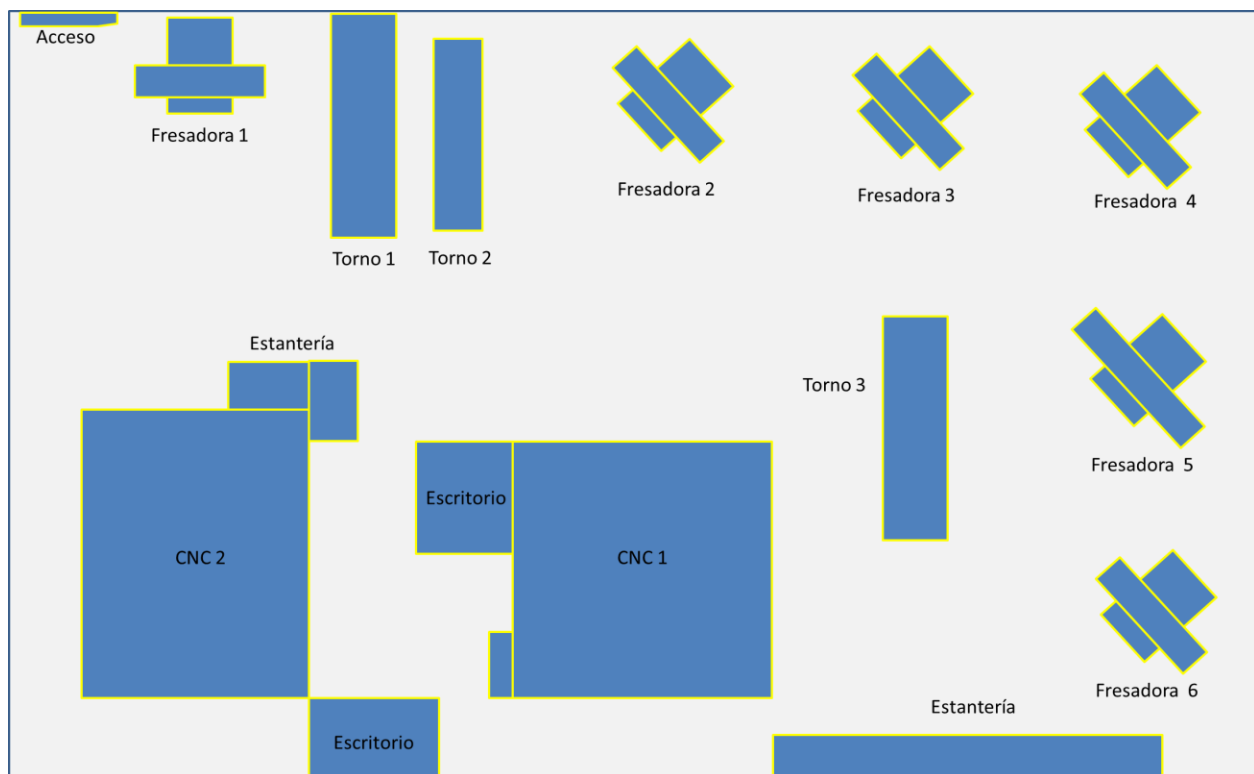


Figura 4.1. Distribución del centro de maquinado.

De acuerdo a la figura 4.1, se determinaron los siguientes datos:

- Espacio total del centro de maquinado: 85.4 metros cuadrados.
- Espacio ocupado por el equipo y mobiliario: 22.5 metros cuadrados.
- Porcentaje de espacio ocupado por equipo y mobiliario: 26.3%.

4.1.3. Matriz de riesgos

Como resultado de la inspección en el centro de maquinado, se ha aplicado la matriz de riesgos como un instrumento de referencia del espacio de trabajo y de esta manera determinar si existe alguna alteración en el confort de los usuarios. Los resultados de tal ejercicio se muestran a continuación en la tabla 4.2.[23]

Tabla 4.2. Matriz de riesgos en centro de maquinado

MATRIZ DE RIESGOS DE TALLER METAL MECÁNICO EN CENTRO DE MAQUINADO

LUGAR DE ESTUDIO: Centro de maquinado
FECHA: Septiembre de 2013

ÁREA	ACTIVIDAD	CONDICIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIPO Y CLASE DE PELIGRO	ORIGEN DEL PELIGRO	RIESGO (Efecto del Peligro)	CARGOS EXPUESTOS	Nro. de EXPU ESTOS	TIEMP O DE EXPOS ICIÓN	CALIFICACIÓN DEL RIESGO				PRIORIDAD
									PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	REQUISITO LEGAL	GRADO DE IMPORTANCIA	
Centro de maquinado II	Fresado	Normal	Físico, Temperaturas (calor)	Ambiente de trabajo natural en metal mecánica	Alteraciones de la salud (estrés, disconfort térmico, molestia, deshidratación).	Fabricante de herramientas	6	8 horas	500	10	10	520	NO SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Fresado	Normal	Ergonómico, diseño de puesto de trabajo	Altura del puesto de trabajo, ubicación de los controles, mesas, equipos, superficies, etc.	Alteraciones de la salud (lesiones osteo musculares, fatiga, alteraciones vasculares, accidentes de trabajo)	Fabricante de herramientas	6	8 horas	500	200	10	710	SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Fresado	Normal	Físico, Ruido	Motores	Se tienen tapones para los oídos, sin embargo, el peligro se presentaría en caso de no utilizarlos. Alteraciones de la salud (efecto audición baja, trauma acústico, alteraciones del sueño y descanso, estrés, etc.)	Fabricante de herramientas	6	8 horas	200	500	10	710	SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Fresado	Normal	Físico, Iluminación deficiente / excesiva	Ubicación de luminarias	Alteraciones de la salud (fatiga visual), dolor de cabeza, etc..	Fabricante de herramientas	6	8 horas	200	10	10	220	NO SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Tomeado	Normal	Físico, Temperaturas (calor)	Ambiente de trabajo natural en metal mecánica	Alteraciones de la salud (estrés, disconfort térmico, molestia, deshidratación).	Fabricante de herramientas	6	8 horas	500	10	10	520	NO SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Tomeado	Normal	Ergonómico, diseño de puesto de trabajo	Altura del puesto de trabajo, ubicación de los controles, mesas, equipos, superficies, etc.	Alteraciones de la salud (lesiones osteo musculares, fatiga, alteraciones vasculares, accidentes de trabajo)	Fabricante de herramientas	6	8 horas	500	200	10	710	SIGNIFICATIVO

MATRIZ DE RIESGOS DE TALLER METAL MECÁNICO EN CENTRO DE MAQUINADO

LUGAR DE ESTUDIO: Centro de maquinado
FECHA: Septiembre de 2013

ÁREA	ACTIVIDAD	CONDICIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIPO Y CLASE DE PELIGRO	ORIGEN DEL PELIGRO	RIESGO (Efecto del Peligro)	CARGOS EXPUESTOS	Nro. de EXPU ESTOS	TIEMP O DE EXPOS ICIÓN	CALIFICACIÓN DEL RIESGO				PRIORIDAD
									PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	REQUISITO LEGAL	GRADO DE IMPORTANCIA	
Centro de maquinado II	Torneado	Normal	Físico, Ruido	Motores	Se tienen tapones para los oídos, sin embargo, el peligro se presentaría en caso de no utilizarlos. Alteraciones de la salud (efecto audición baja, trauma acústico, alteraciones del sueño y descanso, estrés, etc.)	Fabricante de herramientas	6	8 horas	200	500	10	710	SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Torneado	Normal	Físico, Iluminación deficiente / excesiva	Ubicación de luminarias	Alteraciones de la salud (fatiga visual), dolor de cabeza, etc.,	Fabricante de herramientas	6	8 horas	200	10	10	220	NO SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Máquinas de control numérico (CNC)	Normal	Físico, Temperaturas (calor)	Ambiente de trabajo natural en metal mecánica	Alteraciones de la salud (estrés, disconfort térmico, molestia, deshidratación),	Fabricante de herramientas	6	8 horas	500	10	10	520	NO SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Máquinas de control numérico (CNC)	Normal	Ergonómico, diseño de puesto de trabajo	Altura del puesto de trabajo, ubicación de los controles, mesas, equipos, superficies, etc.	Alteraciones de la salud (lesiones osteo musculares, fatiga, alteraciones vasculares, accidentes de trabajo)	Fabricante de herramientas	6	8 horas	500	200	10	710	SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Máquinas de control numérico (CNC)	Normal	Físico, Ruido	Motores	Se tienen tapones para los oídos, sin embargo, el peligro se presentaría en caso de no utilizarlos. Alteraciones de la salud (efecto audición baja, trauma acústico, alteraciones del sueño y descanso, estrés, etc.)	Fabricante de herramientas	6	8 horas	200	500	10	710	SIGNIFICATIVO
Centro de maquinado II	Máquinas de control numérico (CNC)	Normal	Físico, Iluminación deficiente / excesiva	Ubicación de luminarias	Alteraciones de la salud (fatiga visual), dolor de cabeza, etc.,	Fabricante de herramientas	6	8 horas	200	10	10	220	NO SIGNIFICATIVO

4.1.4. Aplicación de encuestas y entrevistas

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la encuesta aplicada al personal operativo que desempeña el puesto de fabricante de herramientas en el centro de maquinado.

El total de los encuestados son del género masculino completando una población de 6 empleados. El menor de ellos cuenta con 20 años de edad y el mayor con 45, por lo que el rango de edad es de 25 años.

Los resultados de la encuesta aplicada a los empleados se aprecian en las figuras de la 4.2 a la 4.4:

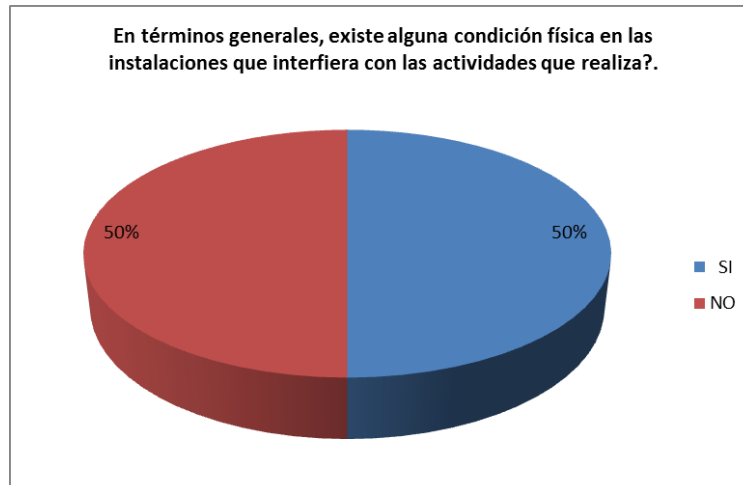


Figura 4.2. Condiciones físicas de las instalaciones

Como se observa en la figura 4.2, quienes contestaron de manera afirmativa, se les pidió que describieran algunas de estas condiciones y manifestaron lo siguiente:

- 1.-“El exceso de calor, ya que en el verano se presenta mucha humedad”.
- 2.-“La distribución no es muy adecuada y no existe aire comprimido para sopletear las piezas que se están maquinando.
- 3.-“El calor”.

La experiencia de los trabajadores en actividades metalmecánicas es muy variable, ya que va de 2 hasta 24 años en el ramo.

El total de los empleados expresaron que trabajan horas extras a la semana pudiendo ir desde 5 hasta 12.

Ninguno de los empleados manifestaron alguna molestia atribuible a las condiciones de trabajo. Lo anterior, es comprensible, ya que el empleado más antiguo tiene 2 años en el puesto de trabajo actual.

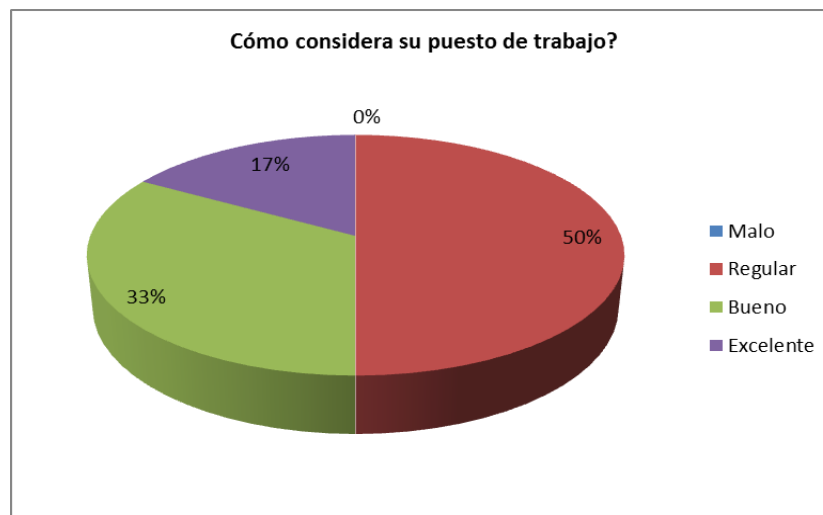


Figura 4.3. Calificación del puesto de trabajo

Como se puede apreciar en la figura 4.3, el 50% de los empleados, consideran que su puesto de trabajo es regular sin llegar a ser catalogado como malo. Algunas de las observaciones precisas de los encuestados a la pregunta anterior se describen como sigue:

- 1.-“No se requiere mucho esfuerzo físico para el trabajo y en general las condiciones son buenas”.
- 2.-“Aquí todos somos multitareas, por lo que debemos saber manejar todos los equipos”.

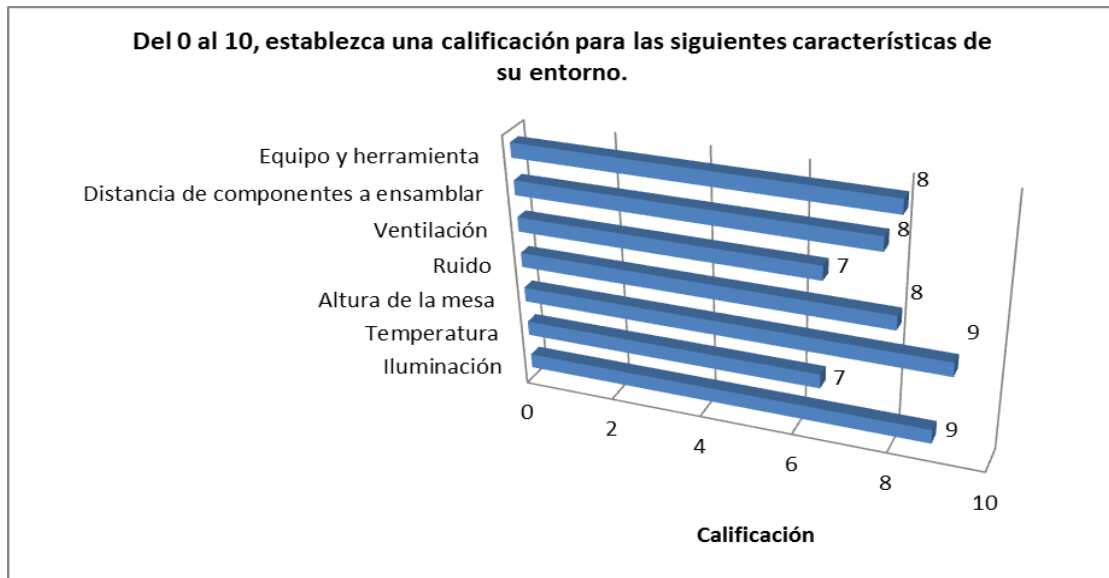


Figura 4.4. Características del entorno

Los empleados calificaron el entorno (figura 4.4) y de acuerdo a ello podemos observar puntuaciones promedio de 8. Al preguntarles si estuviera en sus manos realizar algún cambio en su puesto de trabajo para incrementar el confort en el desarrollo de sus actividades, propusieron lo siguiente:

- 1.- “Mejorar el acomodo de los equipos y establecer un programa de mantenimiento formal”.
- 2.- “Que cada empleado cuente con sus herramientas, ya que a veces se dificulta el uso de aquellas que están bajo llave, especialmente cuando el encargado no se encuentra”.
- 3.- “Construir un área de comedor”.
- 4.- “Contar con la herramienta adecuada para trabajar”.
- 5.- “Adquisición de mesas de trabajo porque en ocasiones no hay lugar donde colocar las piezas de producto en proceso”.
- 6.- “Mejorar la iluminación y acondicionar algún tipo de guardas que nos protejan de las rebabas”.
- 7.- “Que cada quien cuente con cajas de herramientas individuales”.
- 6.- “Mejorar la ventilación”. [24]

4.1.5. Aplicación de listas de verificación

La lista de comprobación de riesgos ergonómicos (LCE) es una herramienta que tiene como objetivo principal contribuir a una aplicación sistemática de los principios ergonómicos. Fue desarrollada con el propósito de ofrecer soluciones prácticas y de bajo costo a los problemas ergonómicos, particularmente para la pequeña y mediana empresa. Pretende a través de una lista de verificación, proporcionar de una manera útil y sencilla una mejora de las condiciones de trabajo para una mayor y mejor seguridad, salud y eficiencia.

La idea surgió de la colaboración entre la Oficina Internacional del Trabajo y la Asociación Internacional de Ergonomía (AIE). En el año 1991, el Comité de Transferencia de Tecnología de la AIE, designó a un grupo de expertos, presididos por Najmedin Meshkati, para crear un borrador del documento y elaborar la mayor parte del material. El grupo estuvo dirigido principalmente por Kazutaka Kogi, de la OIT, y Ilkka Kuorinka, de la AIE. Kuorinka reunió los diferentes manuscritos y Kogi editó los puntos de comprobación. Los expertos identificaron diferentes áreas principales en las que la contribución de la ergonomía a las condiciones de trabajo fue considerada como algo muy importante para las pequeñas empresas.

En la elaboración de los puntos de comprobación se busca, en todo momento, ayudar a los usuarios a resolver el problema y encontrar soluciones. Por ello, se ha intentado reducir la parte analítica en favor de las soluciones prácticas.

La lista de comprobación está dirigida a quienes deseen mejorar las condiciones de trabajo por medio de un análisis sistematizado y una búsqueda de soluciones prácticas a sus propios problemas particulares. Los puntos de comprobación han sido desarrollados para uso de empresarios, supervisores, trabajadores, ingenieros, personal para la salud y seguridad, formadores e instructores, inspectores, ergónomos, diseñadores de lugares de trabajo y otras personas que puedan estar interesadas en mejorar los lugares, equipos y condiciones de trabajo. La lista cubre todos los principales factores ergonómicos de los lugares de trabajo, lo que ayudará a supervisarlos de una manera organizada.[29]

El resultado de la aplicación del instrumento de lista de verificación se muestra en la tabla 4.3:

Tabla 4.3. Tabla de lista de comprobación de riesgos ergonómicos

No.	Tema	Valoración	Observaciones
1	Ajustar la altura de trabajo a cada trabajador, situándola al nivel de los codos o ligeramente más abajo	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> En el caso de trabadores de pie, la mano debe estar algo por debajo de los codos. Para trabajos de exactitud, la altura del codo puede ser la mejor. En trabajos ligeros de montaje o embalaje de muchos elementos, la altura de la mano tiene que estar unos 10-15 cm por debajo de los codos. Cuando se precisa hacer una fuerza muy importante, incluso que se pueda utilizar el peso del cuerpo, la altura debe ser aún más baja. De todas formas, debe evitarse una altura de trabajo demasiado baja, que cause dolor en la parte baja de la espalda. Se recomienda, cuando sea posible, utilizar una mesa de trabajo regulable, por ejemplo, una mesa elevadora con un dispositivo hidráulico para subir o bajar. Bajo las mesas, superficies o elementos de trabajo, se puede utilizar una plataforma de madera, o una estructura plana similar, para elevar la altura de trabajo de las manos. También, plataformas bajo los pies o las sillas para bajar la altura real de trabajo con relación al nivel de los codos. <u>Recomendaciones:</u> Se recomienda adquirir mesas de trabajo regulables; facilitan el uso del mismo puesto por varias personas y, por tanto, incrementan la productividad. Si se emplea la misma mesa para trabajar de pie y sentado, debe ponerse un cuidado especial en proporcionar, en la posición de pie, una superficie de trabajo más alta, y para la posición sentado evitar alturas de trabajo demasiado elevadas. Hay que elegir una mesa apropiada para los trabajadores sentados, y colocar plataformas o instalaciones fijas bajo los elementos de trabajo manipulados mientras se está de pie, para proporcionar una mayor altura de trabajo. Por otro lado, se puede elegir una altura de mesa para el trabajo de pie, y proporcionar sillas altas y reposapiés.

			<u>No hay que olvidar que:</u> Para determinar la altura correcta de la mano en trabajos de pie o sentados hay que aplicar la “regla del codo”, con ello aumenta la eficiencia y se reducen las molestias de cuello, hombros y brazos.
2	Asegurarse de que los trabajadores más pequeños pueden alcanzar los controles y materiales en una postura natural	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> La superficie de trabajo de las máquinas y equipos debe poder regularse en altura para poder ajustarla después a los trabajadores más bajos. Los controles y materiales tienen que situarse de manera que estén al alcance de estos trabajadores. Si estos mismos controles y materiales también tienen que ver con los trabajadores más altos, estos los deben alcanzar cómodamente de igual manera. Se pueden utilizar plataformas móviles o tarimas para que los trabajadores más bajos puedan llegar hasta determinados controles y materiales de difícil alcance para ellos. <u>Recomendaciones:</u> En primer lugar, se debe preguntar a los trabajadores más pequeños si tienen alguna dificultad en alcanzar los controles y materiales. Así, se puede discutir con ellos sobre las posibles maneras de mejorar el problema. Para el caso de las palancas de control, prolongarlas con una extensión puede hacer que sean más fácilmente accionadas por los trabajadores más bajos. Un panel o tablero de control móvil puede hacer que el puesto de trabajo sea ajustable, sin dificultad, tanto para los trabajadores más altos como para los más bajos. <u>No hay que olvidar que:</u> Los trabajadores más pequeños deben estar cómodos.
3	Asegurarse de que los trabajadores más grandes tienen bastante espacio para mover cómodamente las piernas y el cuerpo	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> En primer lugar, es importante comprobar el espacio libre total para los trabajadores más grandes en todos los puestos y vías de paso, y se debe incrementar donde sea necesario. Igual de importante es el espacio libre para las piernas y rodillas de los puestos de trabajo utilizados por estos trabajadores. Para incrementarlo hay que levantar la altura de la mesa de trabajo o aumentar su tamaño. Todos los espacios libres inseguros deben marcarse con colores luminosos y señales de peligro.

			<u>Recomendaciones:</u> Se recomienda preguntar a los trabajadores de mayor envergadura dónde se sienten más inseguros, o si el espacio es demasiado reducido. Primero hay que ocuparse de las condiciones inseguras y después del discomfort, puesto que, normalmente, el equipamiento se diseña para acomodar a cerca del 90% de la población de posibles usuarios, lo que significa que el 5% de los más altos y el 5% de los más bajos podrán ser excluidos. Sin embargo, en todo lugar de trabajo, hay que asegurarse de que tanto los trabajadores más pequeños como los más grandes se sienten seguros y cómodos con el espacio existente. También hay que considerar otras necesidades de los trabajadores más grandes relacionadas con las dimensiones del cuerpo: guantes, prendas de protección, cascos, etc. <u>No hay que olvidar que:</u> Los trabajadores más grandes deben sentirse cómodos y seguros con el espacio existente.
4	Situar los materiales, herramientas y controles más frecuentemente utilizados en una zona de cómodo alcance	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Las herramientas y controles usados frecuentemente deben estar situados en el área preferente para el movimiento de la mano (a la altura de los codos, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados). Por otro lado, cuando los materiales se encuentran en cajas o cubos, o en pallets o estantes, debe situarse en una zona de alcance cómodo y en torno a la altura de los codos. La colocación de herramientas, controles, materiales y otros elementos debe organizarse de forma que estén bien combinados entre sí. Por ejemplo, cuando diversos tipos de materiales se recogen al mismo tiempo, o unos detrás de otros, hay que situarlos dentro de la misma área en recipientes diferentes. Es importante contar con la opinión de los trabajadores. Si fuera lo apropiado, se puede dividir la superficie de la mesa de trabajo en áreas para las diferentes subtarefas de forma que las operaciones se realicen secuencialmente. <u>Recomendaciones:</u> Es muy importante permitir que los trabajadores ajusten el puesto de trabajo a sus necesidades. Por otra parte, los dispositivos visuales de presentación de la información y las instrucciones pueden ser

			colocados más allá de esta área para que sean fáciles de leer. Para los materiales, herramientas y controles también se puede instalar una mesa auxiliar o en un estante que esté a un alcance cómodo. Por su parte, los elementos utilizados con menor frecuencia pueden estar situados a un lado del trabajador o colocados a una distancia que sea alcanzable inclinándose hacia delante o estirándose a un lado, o incluso fuera del área de trabajo inmediata, sin mucha pérdida de productividad. Por último recordar que hay que proporcionar reajustes para la adaptación a los trabajadores zurdos. <u>No hay que olvidar que:</u> Se deben situar los materiales, herramientas y controles con mayor frecuencia de uso en una zona de cómodo alcance.
5	Proporcionar una superficie de trabajo estable y multiusos en cada puesto de trabajo	No se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Los diferentes puestos de trabajo deben poseer una superficie de trabajo estable de un tamaño apropiado para que se puedan realizar una variedad de tareas, incluidas las de preparación, tareas principales, registro, comunicación, y el mantenimiento relacionado con las tareas. Dicha superficie se suele adquirir cuando el trabajo precisa de una mesa de trabajo, pero tiende a olvidarse cuando las operaciones principales no requieren una mesa. En todo momento hay que evitar las superficies de trabajo “improvisadas” o inestables. El espesor de la superficie de trabajo no debe ser mayor de 5 cm, a fin de asegurar un espacio para las rodillas. Por esta razón, hay que evitar poner gavetas o estantes bajo la mesa enfrente del trabajador, donde coloca sus piernas. En el caso de un puesto con una pantalla de visualización de datos (PVD), se necesita una superficie de trabajo con espacio para el teclado y, además, para la preparación, movimiento de los documentos, escritura y mantenimiento. <u>Recomendaciones:</u> Se debe prestar la debida atención tanto a las tareas de preparación como a las secundarias. Normalmente, es de utilidad disponer de una superficie de trabajo de ciertas dimensiones, incluso cuando las tareas principales no lo necesitan. Hay que tener en cuenta también los lugares para las herramientas pequeñas, para el material de escritorio

			y otros objetos personales. Si fuera necesario, utilizar una mesa auxiliar, una superficie plana sobre una repisa, o unos soportes para el trabajo próximos al trabajador. <u>No hay que olvidar que:</u> Para cada puesto de trabajo hay que proporcionar una superficie estable para la realización tanto de las tareas principales, como de las secundarias o de preparación.
6	Proporcionar sitios para trabajar sentados a los trabajadores que realicen tareas que exijan precisión o una inspección detallada de elementos, y sitios donde trabajar de pie a los que realicen tareas que demanden movimientos del cuerpo y una mayor fuerza	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Se deben examinar los trabajos en los que los trabajadores se quejan de fatiga o discomfort. Hay que identificar las tareas principales de cada uno de los trabajos, y averiguar si es adecuado un puesto de pie o un puesto sentado. Para un trabajo que requiera una alta exactitud, la repetición de una manipulación pormenorizada, o una inspección continuada se le asigna un puesto sentado. Por otro lado, para un trabajo que requiera muchos movimientos del cuerpo y una mayor fuerza, un puesto de pie. Ambos tipos de maneras de trabajo deben estar dimensionados correctamente. Hay que asegurar, si se ha proporcionado bastante espacio para las rodillas, piernas y pies y hacer que el puesto sea regulable, en particular, su altura de trabajo. Si no es posible, cada trabajador debe poder realizar su tarea a una altura adecuada, por ejemplo, mediante una silla regulable, una plataforma, etc. <u>Recomendaciones:</u> Para determinar la altura de trabajo adecuada, es muy útil actuar a la altura de los codos o un poco por debajo. También al seleccionar la altura de la mesa de trabajo, debe tenerse en cuenta la altura de los elementos de trabajo. Se recomienda asignar las tareas de manera que, el trabajador pueda alternar el estar de pie con estar sentado mientras trabaja. Si las tareas principales no lo permiten, debe considerarse la posibilidad de combinarlas con otras tareas. <u>No hay que olvidar que:</u> Al ser diferentes las dimensiones recomendables para los puestos de pie y sentado se deben proporcionar puestos de trabajo de acuerdo con la postura principal.

7	Asegurarse de que el trabajador pueda estar de pie con naturalidad, apoyado sobre ambos pies, y realizando el trabajo cerca y delante del cuerpo	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Todas las operaciones importantes y frecuentes se deben realizar cerca y delante del cuerpo, y a la altura de los codos o ligeramente más abajo, sin que haya inclinaciones o giros del cuerpo. Además, la mesa de trabajo tiene que estar libre de obstáculos. Por su parte, los puestos deben ser regulables cuando van a ser ocupados por trabajadores diferentes, o cuando se lleven a cabo operaciones diversas. Si no es posible, hay que suministrar plataformas u otros medios de ajustar la altura de trabajo a cada trabajador. <u>Recomendaciones:</u> Es aconsejable para detectar posturas forzadas preguntar a los trabajadores si sienten dolores o molestias durante el trabajo. Es una manera rápida y eficaz de descubrirlo. Las alturas óptimas para operaciones de trabajo frecuentes son: en trabajos de pie, entre la altura de la cintura y la del corazón; en trabajos sentado, entre la altura de los codos y la del corazón. Los cambios de postura son esenciales para que los trabajadores no se fatiguen, por este motivo se deben evitar las tareas repetitivas que obligan a estar en la misma postura todo el tiempo. <u>No hay que olvidar que:</u> Se deben buscar las posturas naturales en el puesto de trabajo, apoyando sobre ambos pies y sin inclinación o giro, de esta forma la fatiga es menor y la productividad más alta.
8	Permitir que los trabajadores alternen el estar sentados con estar de pie durante el trabajo, tanto como sea posible	No se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> El trabajador debe poder realizar las tareas de trabajo alternando las posiciones de pie y sentado. Si las tareas principales se realizan en puestos de trabajo para posiciones de pie, permitir después que se sienten de vez en cuando. Del mismo modo, si las tareas principales se realizan en puestos de trabajo para posiciones sentado, debería posibilitarse luego el estar de pie, por ejemplo, durante el acopio de materiales del lugar donde estén almacenados. Si es posible, hay que organizar la rotación de trabajo de manera que el mismo trabajador

			pueda pasar por diferentes trabajos, alternado las posiciones de pie y sentado. De todas formas, si alternar estar de pie y sentado no es posible, se deben insertar pausas cortas que permitan cambiar de posición de trabajo. <u>Recomendaciones:</u> Si introducir el nuevo hábito de alternar la posición de trabajo parece difícil, se pueden colocar sillas para que los trabajadores que estén de pie se sienten en ocasiones, y proporcionando, a los que están sentados, un espacio adicional donde realizar algunas tareas secundarias estando de pie. Por último, si un grupo de trabajadores son especialistas en diferentes trabajos, es más fácil combinar tareas de pie y sentado y asignárselas a cada uno de ellos. <u>No hay que olvidar que:</u> Se deben asignar las tareas de trabajo con el objetivo de que se alterne el estar de pie con el estar sentado, y así obtener una mayor eficiencia y un mayor confort.
9	Proporcionar sillas o banquetas para que se sienten en ocasiones los trabajadores que están de pie	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Es importante colocar una silla o una banqueta cerca de cada uno de los trabajadores que estén de pie. Si no existe un espacio cercano al puesto de trabajo, se pueden colocar sillas, banquetas o bancos próximos a un grupo de trabajadores. Se debe comprobar si algunas partes de las tareas asignadas a trabajadores de pie pueden ser realizadas en posición sentado (como por ejemplo, algunas tareas de preparación o de control del funcionamiento de la máquina). Donde sea posible, hay que tomar medidas para que se trabaje ocasionalmente sentado. <u>Recomendaciones:</u> Se pueden utilizar varios modelos económicos de sillas para poder sentarse ocasionalmente. De la misma manera, los taburetes de apoyo pueden resultar muy útiles como asientos de trabajo sencillos. Es conveniente que estas sillas o banquetas no ocupen demasiado espacio, ni entorpezcan el trabajo. Por último, el lugar para que los trabajadores se sienten debe ser accesible y seguro.

			<u>No hay que olvidar que:</u> Hay que proporcionar sillas o banquetas cercanas al puesto de trabajo para que el trabajo de pie no sea tan duro.
10	Dotar, de buenas sillas regulables con respaldo a los trabajadores sentados	<u>No se propone acción</u>	
11	Proporcionar superficies de trabajo regulables a los trabajadores que alternen el trabajar con objetos grandes y pequeños	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Los trabajadores de pie deben poseer una superficie de trabajo regulable que permita acciones <u>de la mano entre la altura de la cintura y la del corazón (o entre los codos y el corazón, en el caso de los trabajadores sentados)</u> para que manipulen objetos de diferentes tamaños. Hay que tener presente los tamaños mínimos y máximos de los objetos de los que debe ocuparse el trabajador e instruirlo sobre cómo regular la altura de la superficie de trabajo con relación al tamaño del objeto. Si la mesa no es regulable, se pueden colocar plataformas de diferentes grosores, o apilar varias de ellas hasta que la altura de la superficie de trabajo sea la apropiada. Otro punto importante de este tema es reducir al máximo el número de veces que cambia el tamaño de los objetos durante el turno de trabajo. <u>Recomendaciones:</u> Todas las operaciones frecuentes se deben realizar a la altura de los codos. <u>Hay que eliminar el trabajo por encima de los hombros o por debajo de las rodillas.</u> Si una superficie de trabajo es utilizada por diferentes trabajadores, se debe poder regular su puesto de trabajo de acuerdo con sus propias dimensiones corporales y necesidades. <u>No hay que olvidar que:</u> Las superficies de trabajo deben ser regulables para que los que trabajan con diferentes tamaños de objetos lo puedan hacer en torno al nivel de los codos.
12	Hacer que los puestos con pantallas y teclados, tales como los puestos con pantallas de visualización de	No se propone acción	

	datos (PVD), puedan ser regulados por los trabajadores		
13	Proporcionar reconocimientos de los ojos y gafas apropiadas a los trabajadores que utilicen habitualmente un equipo con una pantalla de visualización de datos (PVD)	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Se deben realizar reconocimientos de los ojos a aquellas personas que padezcan fatiga visual provocada por el trabajo con la pantalla y el teclado (PVD). De esta forma se puede proporcionar una corrección de la visión adaptada específicamente al trabajo con PVD. Lentes apropiadas para cierto tipo de tareas pueden no serlo para otras. Hay que introducir este reconocimiento de la vista como parte del programa de reconocimiento médico periódico, al menos una vez cada dos años. <u>Recomendaciones:</u> Hay que saber que los requisitos de las lentes correctivas para una pantalla de visualización son diferentes de los requisitos para la lectura de una copia en papel. <u>Una pantalla de visualización precisa una distancia de visión mayor (más de 50 cm) y un ángulo visual que no puede ser logrado por las lentes bifocales.</u> Se recomienda también limpiar regularmente las gafas, la pantalla y el filtro anti-reflejos. <u>No hay que olvidar que:</u> Se debe evitar la fatiga del ojo y el discomfort postural, derivados del trabajo con PVD, mediante el empleo de gafas adecuadas donde sean necesarias. Reconocimientos de la vista periódicos.
14	Proporcionar formación para la puesta al día de los trabajadores con pantallas de visualización de datos (PVD)	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> Todo operador de PVD debe recibir una formación básica inicial, dependiendo de las habilidades individuales sobre los objetivos y funciones principales del sistema, cómo funcionan y están interconectados sus componentes; cómo emplear los diferentes equipos; cómo adaptar un puesto de trabajo (incluyendo las alturas de la pantalla, del teclado y de la silla; la distancia y el ángulo de visión; el contraste, la iluminación y la prevención de reflejos); y cómo disponer los diversos elementos de modo que estén en una zona de fácil alcance. Por otro lado, dependiendo de las necesidades individuales, se debe proporcionar una formación avanzada a los

			operadores de PVD para que adquieran habilidades y conocimientos, apropiados a sus tareas presentes y futuras, sobre cómo utilizar e interactuar con los sistemas existentes para realizar las diferentes tareas requeridas; y qué hacer en el caso de fallos del sistema. Por tanto, hay que realizar un análisis sobre las necesidades de formación y elaborar un plan de formación. Este plan debe actualizarse periódicamente, por ejemplo, cada seis meses. <u>Recomendaciones:</u> Cuando se introduzcan nuevos programas, procedimientos o equipos, se deben organizar sesiones de formación para los operadores de PVD. Las sesiones deben incluir un tiempo suficiente para ejercicios individuales. Hay que adaptar el programa de formación a las necesidades y capacidades individuales, concediendo más tiempo a los que lo necesiten. Por su parte, para los nuevos empleados se puede organizar un curso separado, asegurando que reciben una formación de actualización. <u>No hay que olvidar que:</u> Una formación para la puesta al día es la manera más efectiva de utilizar rápidamente las tecnologías en desarrollo. Con ello se asegura una alta calidad del trabajo de cada empleado.
15	Implicar a los trabajadores en la mejora del diseño de su propio puesto de trabajo.	Se propone acción	<u>Acciones preventivas:</u> En primer lugar, lo más importante es preguntar a los trabajadores sobre los problemas que les causa su puesto de trabajo y recoger sus ideas sobre cómo solucionar esos problemas. Como material de guía para las nuevas mejoras se pueden emplear ejemplos que se hayan aplicado ya en ciertos puestos. A continuación, hay que tener en cuenta las sugerencias de los trabajadores. Algunas quizás pueden ser aplicadas inmediatamente o a corto plazo. Si hubiera alguna que no puede ser aceptada por razones técnicas, económicas o de otro tipo, se deben explicar las razones, volver a plantear el problema, y pedir otras nuevas sugerencias. Es importante también y no se debe olvidar expresar reconocimiento a las personas por las ideas para la mejora de los puestos ya que alienta para futuras mejoras.

			<u>Recomendaciones:</u> Hay que crear oportunidades concretas para que los trabajadores propongan sus ideas para la mejora de su puesto de trabajo. Una buena forma es establecer un día para ello. Hay que aclarar que estas ideas serán debatidas con el objeto de encontrar las soluciones más factibles. Como puede ser que las personas no estén acostumbradas a expresar sus ideas y quizá no tengan suficiente práctica en hallar soluciones realistas; se debe proporcionar suficiente tiempo para que puedan recapacitar sobre el problema y proponer una solución. Se recomienda emplear grupos de discusión para estudiar las propuestas, comparar las opciones e identificar una solución factible. <u>No hay que olvidar que:</u> Los trabajadores son la mejor herramienta para mejorar los puestos de trabajo, se debe hacer buen uso de sus sugerencias.
--	--	--	--

4.1.6. Mediciones antropométricas y obtención de indicadores

Al igual que en el caso de los estudiantes de licenciatura de la carrera de ingeniería industrial, se realizó la medición de los datos antropométricos de los seis empleados que utilizan los equipos de producción. La información aparece en las tablas 4.4 y 4.5 para 48 segmentos corporales.

Tabla 4.4. Medidas antropométricas del centro de maquinado (percentil 95)

		Edad (años)	30	38	20	38	23	45			
		Peso (kg)	75	69	80	95	110	98			
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	$\bar{x}$	s	P 95
1	Cabeza	3.2	16	15	16	17	17	17	16.30	0.82	17.64
2	Estatuta completa	3.2	169	166	184	176	179	178	175.12	6.68	186.11
3	Cintura al piso	3.2	97	94	108	102	101	104	100.79	4.98	108.99
4	Ojo al piso	3.2	158	153	169	166	168	167	163.28	6.47	173.93
5	Codo al piso	3.2	113	109	121	116	120	116	115.69	4.45	123.00
6	Anchura de acromion	3.2	36	37	38	41	44	41	39.31	3.02	44.27
7	Muñeca al piso	3.2	87	84	95	89	90	90	89.04	3.66	95.06
8	Glúteo final piso	3.2	78	75	90	83	84	81	81.56	5.19	90.10
9	Dedo medio al acromion	3.2	71	72	80	82	82	81	77.71	5.10	86.10
10	Acromión al piso	3.2	143	141	156	148	152	150	148.16	5.61	157.38
11	Dedo medio al piso	3.2	69	67	75	69	75	73	71.19	3.44	76.86
12	Muñeca al pulgar	3.3	11	11	12	13	12	12	11.79	0.75	13.03
13	Anchura de metacarpos	3.3	9	8	9	9	10	10	9.11	0.75	10.35
14	Muñeca al dedo medio	3.3	17.5	16.5	18	17	19	18	17.63	0.88	19.07
15	Ancho de cuello	3.4	12	11	11	13	14	13	12.23	1.21	14.23
16	Ancho de cadera	3.4	36	36	36	38	41	39	37.58	2.07	40.97
17	Ancho del tronco	3.4	32	34	33	36	42	37	35.38	3.61	41.33
18	Espalda al dedo medio	3.5	81	77	87	89	85	87	84.13	4.50	91.53
19	Espalda al dedo pulgar	3.5	72	71	80	82	80	80	77.25	4.72	85.02
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	165	166	185	181	187	178	176.57	9.44	192.11
21	Máxima extensión de codos	3.7	92	83	98	93	99	97	93.33	5.92	103.08
22	Perímetro longitudinal del cráneo	3.8	33	31	33	35	36	36	33.90	2.00	37.19
23	Anchura de maxilares	3.8	13	13	13	14	15	16	13.91	1.26	15.99
24	Perímetro transversal del cráneo	3.9	57	54	57	59	59	60	57.60	2.16	61.15
25	Perímetro del tórax	3.9	102	103	99	118	126	115	109.65	10.75	127.33
26	Anchura del tórax	3.9	30	30	31	35	38	36	33.04	3.44	38.71
27	Perímetro de la cadera	3.9	103	105	100	119	122	115	110.03	9.18	125.14
28	Anchura de cabeza	3.10	18	18	19	19	18.5	20	18.72	0.76	19.97
29	Cabeza al piso	3.10	131	127	131	128	128	133	129.63	2.34	133.48
30	Codo al glúteo	3.10	31	30	27	28	26	28	28.23	1.86	31.30
31	Región glúteo	3.10	15	12	11	15	12.5	14	13.07	1.67	15.81
32	Glúteo inferior al piso	3.10	43	42	43	42	41	41	41.98	0.89	43.46
33	Rodilla al piso	3.10	54	53	62	59	61	61	58.11	3.88	64.50
34	Tibia al piso	3.10	45	43	51	48	49	48	47.18	2.88	51.91
35	Dedo del pie al piso	3.10	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00	4.00
36	Cabeza maxilar inferior	3.11	23	21	23	22	23	24	22.63	1.03	24.33
37	Cabeza glúteo	3.11	85	83	87	84	84	87	84.97	1.67	87.73
38	Ojo glúteo	3.11	74	74	75	72	74	74	73.82	0.98	75.44
39	Codo al dedo medio	3.11	46	42	48	47	49	48	46.55	2.50	50.67
40	Rodilla glúteo	3.11	53	49	58	60	61	57	56.01	4.55	63.49
41	Poplítea al glúteo	3.11	40	41	44	45	47	43	43.21	2.58	47.45
42	Pie	3.11	28	28	30	31	32	32	30.07	1.83	33.09
43	Dedo medio al glúteo	3.12	136	130	137	130	136	135	133.94	3.16	139.14
44	Muñeca al glúteo	3.12	117	114	118	115	119	118	116.81	1.94	120.00
45	Acromión al glúteo	3.13	62	61	60	60	59	61	60.48	1.05	62.21
46	Ancho de cadera	3.13	38	42	39	43	46	42	41.50	2.88	46.23
47	Anchura de hombros levantados	3.13	42	42	43	49	50	44	44.77	3.58	50.66
48	Perímetro de la región glútea	3.13	114	118	116	127	133	121	121.15	7.23	133.05

Tabla 4.5. Medidas antropométricas del centro de maquinado (percentil 5)

		Edad (años)	30	38	20	38	23	45					
		Peso (kg)	75	69	80	95	110	98					
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	$\bar{x}$	s	P 5	P 95	P 99
1	Cabeza	3.2	16	15	16	17	17	17	16.30	0.82	14.96	17.64	18.20
2	Estatura completa	3.2	169	166	184	176	179	178	175.12	6.68	164.12	186.11	190.66
3	Cintura al piso	3.2	97	94	108	102	101	104	100.79	4.98	92.60	108.99	112.38
4	Ojo al piso	3.2	158	153	169	166	168	167	163.28	6.47	152.63	173.93	178.34
5	Codo al piso	3.2	113	109	121	116	120	116	115.69	4.45	108.38	123.00	126.03
6	Anchura de acromion	3.2	36	37	38	41	44	41	39.31	3.02	34.35	44.27	46.33
7	Muñeca al piso	3.2	87	84	95	89	90	90	89.04	3.66	83.03	95.06	97.55
8	Glúteo final piso	3.2	78	75	90	83	84	81	81.56	5.19	73.02	90.10	93.64
9	Dedo medio al acromion	3.2	71	72	80	82	82	81	77.71	5.10	69.32	86.10	89.57
10	Acromión al piso	3.2	143	141	156	148	152	150	148.16	5.61	138.93	157.38	161.20
11	Dedo medio al piso	3.2	69	67	75	69	75	73	71.19	3.44	65.53	76.86	79.21
12	Muñeca al pulgar	3.3	11	11	12	13	12	12	11.79	0.75	10.56	13.03	13.54
13	Anchura de metacarpos	3.3	9	8	9	9	10	10	9.11	0.75	7.88	10.35	10.86
14	Muñeca al dedo medio	3.3	17.5	16.5	18	17	19	18	17.63	0.88	16.19	19.07	19.67
15	Ancho de cuello	3.4	12	11	11	13	14	13	12.23	1.21	10.24	14.23	15.05
16	Ancho de cadera	3.4	36	36	36	38	41	39	37.58	2.07	34.18	40.97	42.38
17	Ancho del tronco	3.4	32	34	33	36	42	37	35.38	3.61	29.44	41.33	43.79
18	Espalda al dedo medio	3.5	81	77	87	89	85	87	84.13	4.50	76.72	91.53	94.60
19	Espalda al dedo pulgar	3.5	72	71	80	82	80	80	77.25	4.72	69.48	85.02	88.24
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	165	166	185	181	187	178	176.57	9.44	161.04	192.11	198.54
21	Máxima extensión de codos	3.7	92	83	98	93	99	97	93.33	5.92	83.59	103.08	107.11
22	Perímetro longitudinal del cráneo	3.8	33	31	33	35	36	36	33.90	2.00	30.61	37.19	38.55
23	Anchura de maxilares	3.8	13	13	13	14	15	16	13.91	1.26	11.83	15.99	16.85
24	Perímetro transversal del cráneo	3.9	57	54	57	59	59	60	57.60	2.16	54.04	61.15	62.62
25	Perímetro del tórax	3.9	102	103	99	118	126	115	109.65	10.75	91.97	127.33	134.65
26	Anchura del tórax	3.9	30	30	31	35	38	36	33.04	3.44	27.37	38.71	41.05
27	Perímetro de la cadera	3.9	103	105	100	119	122	115	110.03	9.18	94.93	125.14	131.39
28	Anchura de cabeza	3.10	18	18	19	19	18.5	20	18.72	0.76	17.48	19.97	20.49
29	Cabeza al piso	3.10	131	127	131	128	128	133	129.63	2.34	125.79	133.48	135.07
30	Codo al glúteo	3.10	31	30	27	28	26	28	28.23	1.86	25.17	31.30	32.56
31	Región glúteo	3.10	15	12	11	15	12.5	14	13.07	1.67	10.33	15.81	16.95
32	Glúteo inferior al piso	3.10	43	42	43	42	41	41	41.98	0.89	40.51	43.46	44.06
33	Rodilla al piso	3.10	54	53	62	59	61	61	58.11	3.88	51.73	64.50	67.14
34	Tibia al piso	3.10	45	43	51	48	49	48	47.18	2.88	42.45	51.91	53.87
35	Dedo del pie al piso	3.10	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00	4.00	4.00	4.00
36	Cabeza maxilar inferior	3.11	23	21	23	22	23	24	22.63	1.03	20.93	24.33	25.03
37	Cabeza glúteo	3.11	85	83	87	84	84	87	84.97	1.67	82.22	87.73	88.86
38	Ojo glúteo	3.11	74	74	75	72	74	74	73.82	0.98	72.20	75.44	76.11
39	Codo al dedo medio	3.11	46	42	48	47	49	48	46.55	2.50	42.43	50.67	52.37
40	Rodilla glúteo	3.11	53	49	58	60	61	57	56.01	4.55	48.53	63.49	66.59
41	Poplíteo al glúteo	3.11	40	41	44	45	47	43	43.21	2.58	38.96	47.45	49.21
42	Pie	3.11	28	28	30	31	32	32	30.07	1.83	27.05	33.09	34.34
43	Dedo medio al glúteo	3.12	136	130	137	130	136	135	133.94	3.16	128.74	139.14	141.29
44	Muñeca al glúteo	3.12	117	114	118	115	119	118	116.81	1.94	113.61	120.00	121.32
45	Acromión al glúteo	3.13	62	61	60	60	59	61	60.48	1.05	58.76	62.21	62.92
46	Ancho de cadera	3.13	38	42	39	43	46	42	41.50	2.88	36.77	46.23	48.19
47	Anchura de hombros levantados	3.13	42	42	43	49	50	44	44.77	3.58	38.89	50.66	53.09
48	Perímetro de la región glútea	3.13	114	118	116	127	133	121	121.15	7.23	109.26	133.05	137.97

La mediciones corporales que se muestran en la tabla 4.4 y 4.5 serán consideradas para el diseño de la estación de trabajo en el centro de maquinado. Solo se consideran las mediciones que sean aplicables para aquellas estaciones de trabajo en las que se realizan actividades de pie considerando un percentil del 95 y 5. Las figuras 4.5 y 4.6 ilustran el levantamiento de datos antropométricos.



Figura 4.5. Medición del tórax.



Figura 4.6. Medición de la altura en posición sentado empleando el tallímetro.

En los estudios antropométricos se recomienda elaborar un maniquí con las dimensiones corporales obtenidas. Este recurso brinda una percepción bidimensional a escala (de 1 a 50) para compararlo con planos o prototipos de estaciones de trabajo impresos. El modelo obtenido se muestra en la figura 4.7.



Figura 4.7. Maniquí de la población del taller metalmecánico al percentil de 95.

Los indicadores a medir antes y después del trabajo de investigación son: nivel de actuación y los índices correspondientes a: carga física, entorno físico, carga mental, aspectos psicosociológicos y tiempo de trabajo. El análisis de estos indicadores nos brinda información sobre las condiciones que propician un desempeño más productivo.[26][27][28]

4.1.7. Mediciones ergonómicas en centro de maquinado

4.1.7.1. Iluminación

Se llevó a cabo la medición de los niveles de iluminación en el centro de maquinado, estableciendo cuatro distintos puntos por cada estación de trabajo:

- Nivel superior del equipo (punto más alto del equipo).
- Nivel de la mesa de trabajo.
- Nivel de los controles del equipo.
- Nivel inferior del equipo (suelo).

Para llevar cabo las mediciones, se empleo el luxómetro Extech instruments modelo 401025 proporcionado por el laboratorio de ingeniería industrial de la UABC (ver figura 4.8 y 4.9). Los resultados de las mediciones se muestran en la tabla 4.6 en unidades de lux.



Figura 4.8. Luxómetro



Figura 4.9. Procedimiento de medición con el luxómetro.

Tabla 4.6. Registro de mediciones de iluminación (unidad de medida: lux)

Equipo	Nivel superior	Nivel mesa de trabajo	Nivel de controles	Nivel inferior
Fresadora 1	417	90	150	60
Torno 1	238	228	121	65
Torno 2	392	289	385	204
Fresadora 2	414	152	172	156
Fresadora 3	205	118	251	76
Fresadora 4	536	65	230	90
Fresadora 5	457	180	272	110
Fresadora 6	384	107	62	102
Torno 3	288	273	220	79
Máquina de control numérico CNC 1	378	163	315	111
Máquina de control numérico CNC 2	405	119	185	40

La unidad de medición que emplea el luxómetro es el lux y su equivalente en el sistema internacional es de 1 lumen/m² o bien 0.0926 fc (pies-candela). Esta última equivalencia, se cita, ya que la tabla de referencia sobre las recomendaciones de iluminación o iluminancia se encuentra expresada en estas unidades. La tabla 4.7 nos muestra esta información.

Tabla 4.7. Niveles de iluminación recomendados para uso en el diseño de iluminación interior

Categoría	Intervalo de iluminación (fc)	Tipo de actividad	Área de referencia
A	2 - 3 – 5	Áreas públicas con oscuridad alrededor.	Luz general en toda la habitación o área.
B	5 - 7.5 – 10	Orientación sencilla para visitas cortas temporales.	
C	10 - 15 -20	Espacios de trabajo donde en ocasiones se realizan tareas visuales.	
D	20 - 30 – 50	Realización de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño, como lectura de material impreso, originales a máquina, escritos a mano	

		con tinta y copias, trabajo burdo manual o con máquinas, inspección normal, ensamble grueso.	Iluminación sobre la tarea
E	50 - 75 – 100	Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeñas, como lectura de escritos a mano con lápiz medio, material reproducido o impreso con defectos, trabajo medio manual o con máquinas, inspección difícil, ensamble medio.	
F	100 - 150 - 200	Realización de tareas visuales de bajo contraste o tamaño muy pequeño, como lectura de escritos a mano con lápiz duro o en papel de mala calidad y material de reproducción muy malo, inspección muy difícil.	
G	200 - 300 - 500	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño durante un periodo prolongado, como ensamble fino, inspección muy difícil, trabajo manual o con máquinas muy fino y ensamble extrafino.	Iluminación sobre la tarea mediante una combinación de luz general y suplementaria local.
H	500 - 750 - 1000	Realización de tareas visuales exactas y prolongadas, como la inspección más difícil, trabajo manual y con máquinas extrafino y ensamble extra fino.	
I	1000 – 1500 - 2000	Realización de tareas visuales muy especiales de contraste en extremo bajo y tamaño muy pequeño, como procedimientos quirúrgicos.	

Los niveles de iluminación que se muestran en la tabla 4.7 han sido establecidos por la Sociedad Norteamericana de Ingeniería de la Iluminación (IESNA) en 1995. El primer paso es identificar el tipo general de actividad a realizar y clasificarla en una de las nueve categorías de la tabla 4.7. Las tareas A, B y C no involucran tareas visuales específicas. Para cada categoría existe un intervalo de iluminación (baja, media y alta). Se selecciona el valor adecuado con el cálculo de un factor de ponderación (-1, 0, +1) basado en las tres características de tarea y trabajador que se muestra en la tabla 4.8. Estos pesos se suman para obtener el factor de ponderación total. Como se observa en la tabla 4.7 las categorías A, B y C no involucran tareas visuales, no se usa la característica de velocidad/exactitud para ellas y las superficies de toda habitación se usan en lugar del fondo de la tarea. Si la suma total de los dos o tres factores de ponderación es -2 o -3, se usa el valor bajo de las tres iluminancias usadas; si es -1, 0 o +1, se usa el valor medio, y si es +2 o +3, se usa el valor alto.

Tabla 4.8. Factores de ponderación que deben considerarse al seleccionar niveles específicos de iluminación dentro de cada categoría de la tabla 4.6

Características de la tarea y el trabajador	Ponderación o Peso		
	-1	0	+1
Edad	< 40	40-55	>55
Reflectancia del fondo de tarea/superficie	>70%	30-70%	<30%
Velocidad y exactitud (sólo para las categorías D a I)	No importante	Importante	Crítico

De acuerdo a la información metodológica, el primer paso es la clasificación de las actividades productivas. Se detectaron cuatro puntos centrales de operación en el centro de maquinado:

- 1.- Ajuste de controles superiores (categoría D).
- 2.- Fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de fresadoras, tornos y máquinas de control numérico. (categoría E).
- 3.- Ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización. (categoría D)
- 4.- Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo.(categoría C)

La reflectancia del fondo donde se realiza la tarea/superficie es una proporción sin unidades entre 0 y 100%. Los porcentajes de reflectancia se muestran en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Reflectancias de acabados comunes de colores

Color	Porcentaje de luz reflejada	Color	Porcentaje de luz reflejada
Blanco	85	Azul medio	35
Crema claro	75	Gris oscuro	30
Gris claro	75	Rojo oscuro	13
Amarillo claro	75	Café oscuro	10
Madera claro	70	Azul oscuro	8
Verde claro	65	Verde oscuro	7
Azul claro	55	Arce o maple	42
Amarillo medio	65	Madera satinada	34
Madera medio	63	Nogal	16
Gris medio	55	Caoba	12
Verde medio	52		

La calificación de la iluminación de las operaciones antes mencionadas se muestra en la tabla 4.10 en lo que respecta a fresadoras y tornos. La correspondiente a las máquinas de control numérico aparece en la tabla 4.11. Se hace la distinción ya que los colores varían.

Tabla 4.10. Calificación de operaciones según la iluminación para fresadoras y tornos

Operación	Calificación para fresadoras y tornos			
	Edad	Reflectancia del fondo de tarea/superficie	Velocidad y exactitud (sólo para las categorías D a I)	Total
Ajuste de controles superiores (categoría D)	34 años en promedio (-1)	Gris claro 75% (-1)	Importante (0)	-2

Fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de fresadoras y tornos (categoría E)	34 años en promedio (-1)	Gris oscuro 30% (0)	Crítico (+1)	0
Ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización. (categoría D)	34 años en promedio (-1)	Gris oscuro 30% (0)	Importante (0)	-1
Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo. (categoría C)	34 años en promedio (-1)	Crema claro 75% (-1)	No aplica	-2

Los resultados indican que para la medición de la operación de ajuste de controles superiores (categoría D) el índice es de -2, lo que indica que debemos recomendar la iluminancia menor que se establece en la tabla 4.7, y que en este caso es 20 fc o bien 216 lux. Para la fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de fresadoras, tornos y máquinas de control numérico (categoría E) le corresponde 75 fc o bien 810 lux. Para el ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización (categoría D) le corresponde la iluminancia media de 30 fc o bien 324 lux. Finalmente para el Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo (categoría C) le corresponde un índice de -2 es decir el nivel de iluminancia mas bajo para esta categoría que es de 10 fc o 108 lux.

Tabla 4.11. Calificación de operaciones según la iluminación para máquinas de control numérico 1 y 2

Operación	Calificación para máquinas de control numérico			
	Edad	Reflectancia del fondo de tarea/superficie	Velocidad y exactitud (sólo para las categorías D a I)	Total
Ajuste de controles superiores (categoría D)	34 años en promedio (-1)	Gris claro 75% (-1)	Importante (0)	-2
Fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de máquinas de control numérico. (categoría E)	34 años en promedio (-1)	Gris oscuro 30% (0)	Crítico (+1)	0
Ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización. (categoría D)	34 años en promedio (-1)	Gris oscuro 30% (0)	Crítico (+1)	0
Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo. (categoría C)	34 años en promedio (-1)	Crema claro 75% (-1)	No aplica	-2

En cuanto a los equipos de control numérico (tabla 4.11), los resultados indican que para la medición de la operación de ajuste de controles superiores (categoría D) el índice es de -2, lo que indica que debemos recomendar la iluminancia menor que se establece en la tabla 4.7, y que en este caso es 20 fc o bien 216 lux. Para la fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de máquinas de control numérico (categoría E) le corresponde un índice de 0, es decir, 75 fc o bien 810 lux. Para el ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización (categoría D) le corresponde la iluminancia media de 30 fc o bien 324 lux. Finalmente para el Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo (categoría C) le corresponde un índice de -2 es decir el nivel de iluminancia mas bajo para esta categoría que es de 10 fc o 108 lux.

De acuerdo a los resultados y las mediciones el estatus de la iluminación se resume en la tabla 4.12.

Tabla 4.12. Diferencia entre el nivel de iluminación medido y el recomendado.

Equipo	Nivel superior (216 lux)		Nivel mesa de trabajo (810 lux)		Nivel de controles (324 lux)		Nivel inferior (108 lux)	
	Medida	Diferencia	Medida	Diferencia	Medida	Diferencia	Medida	Diferencia
Fresadora 1	417	-201	90	720	150	174	60	48
Torno 1	238	-22	228	582	121	203	65	43
Torno 2	392	-176	289	521	385	-61	204	-96
Fresadora 2	414	-198	152	658	172	152	156	-48
Fresadora 3	205	11	118	692	251	73	76	32
Fresadora 4	536	-320	65	745	230	94	90	18
Fresadora 5	457	-241	180	630	272	52	110	-2
Fresadora 6	384	-168	107	703	62	262	102	6
Torno 3	288	-72	273	537	220	104	79	29
CNC 1	378	-162	163	647	315	9	111	-3
CNC 2	405	-189	119	691	185	139	40	68

Como se puede observar en la tabla 4.12 la diferencia en números negativos representan un excedente en iluminación, mientras que aquellas diferencias positivas indican un déficit. Por lo anterior, el prototipo del proyecto deberá considerar el factor de iluminación como un aspecto clave del entorno de trabajo.[13]

4.1.7.2. Ruido

Con respecto al ruido, se llevaron a cabo mediciones con el sonómetro proporcionado por el laboratorio de ingeniería industrial de la UABC. El equipo mide los niveles de ruido en decibeles y el modelo es un Extech 407736, el cual se muestra en la figura 4.10.



Figura 4.10. Sonómetro y procedimiento de medición en estaciones de trabajo.

El sonómetro cuenta con dos escalas de compensación: la “A” para que el medidor responda como el oído humano con respecto a la respuesta de sonido (el oído humano aumenta y corta amplitud a través del espectro de sonido por lo que no responde en plano). La escala “A” deberá ser usada para mediciones ambientales, las pruebas reglamentarias de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) por sus siglas en inglés y el diseño de lugar de trabajo. La escala C para mediciones de respuesta plana (sin aumentos o cortes de amplitud a través de todo el espectro de frecuencias). La escala C es adecuada para analizar el nivel de ruido de máquinas, motores, etc.

En base a lo anterior, se tomaron lecturas el día 10 de octubre de 2013 en ambas escalas en cada uno de los lugares de trabajo del centro de maquinado, obteniendo los resultados (en decibeles) que se muestran en la tabla 4.13:

Tabla 4.13. Mediciones de niveles de ruido.

Equipo	Escala A (db)	Escala C (db)
Fresadora 1	75.6	76.3
Torno 1	80.7	82
Torno 2	75.4	84
Fresadora 2	77.2	82.7
Fresadora 3	75	81.6
Fresadora 4	75.1	85.4
Fresadora 5	74	80.6
Fresadora 6	73.2	80.9
Torno 3	78.9	81.4
Máquina de control numérico CNC 1	79.3	85.6
Máquina de control numérico CNC 2	80.1	84.1

Los resultados obtenidos corresponden a un día normal de trabajo (10 de octubre de 2013) en el que en promedio se encuentran trabajando cuatro fresadoras, un torno y una máquina de control numérico CNC 1. Como se observa en la tabla 4.13, los niveles de ruido son moderados en ambas escalas. Nuestra escala de interés, es decir la “C”, es en todos los casos superior a la “A”. De acuerdo a la tabla 1.9 de la sección 1.3.5.5.2 de la presente tesis, se hace mención que el nivel de decibeles máximo permisible para una jornada laboral de ocho horas es de hasta 90. En el caso del centro de maquinado los trabajadores están expuestos al ruido durante 9.5 horas, es decir una hora y media más, por lo que en conclusión, los niveles de exposición al ruido no son tan elevados y más aún si señalamos que como medida de control del ruido, se ha implementado un dispensador de tapones para oídos, que de acuerdo a las especificaciones del fabricante reduce 33 decibeles de ruido. El dispensador se muestra en las figuras 4.11 y 4.12.



Figura 4.11. Dispensador de tapones para oídos.

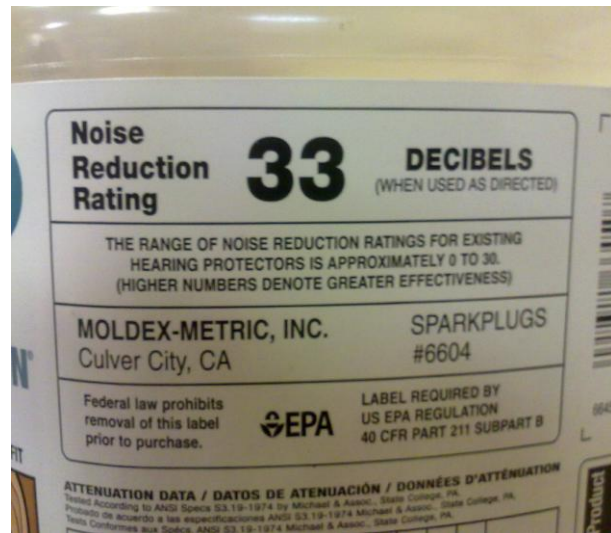


Figura 4.12. Especificaciones de los tapones para oídos.

Suponiendo que la medida de seguridad adoptada contra el ruido, es decir, el uso de tapones cumple con la especificación, las medidas de ruido a las que está expuesto el oído de los trabajadores decrementaría como se muestra en la tabla 4.14:

Tabla 4.14. Mediciones de niveles de ruido y reducción con tapones.

Equipo	Escala B (db)	Ruido (db) con protección para oídos.
Fresadora 1	76.3	43.3
Torno 1	82	49
Torno 2	84	51
Fresadora 2	82.7	49.7
Fresadora 3	81.6	48.6
Fresadora 4	85.4	52.4
Fresadora 5	80.6	47.6
Fresadora 6	80.9	47.9
Torno 3	81.4	48.4
Máquina de control numérico CNC 1	85.6	52.6
Máquina de control numérico CNC 2	84.1	51.1

Como se muestra en la tabla 4.14, los niveles de ruido no representan ningún riesgo de trabajo en ninguna de las estaciones del centro de maquinado ya que están muy por debajo de lo que establece la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).[13]

4.1.7.3. Temperatura

En el caso de la temperatura, se llevó a cabo la medición en dos momentos distintos del horario de operación. Teniendo en cuenta que el horario de trabajo es de 7 de la mañana a 5 y media de la tarde, el registro de la temperatura se llevó a cabo durante la mañana y en el transcurso de la tarde, estableciendo las horas de medición a las 9 y 14 horas respectivamente.

Se empleó un termómetro proporcionado por el laboratorio de ingeniería industrial de la UABC que se muestra en la figura 4.13. para llevar a cabo las mediciones.



Figura 4.13. Termómetro y ejecución de la medición

La medición se realizó en dos días distintos, el 27 de septiembre de 2013 y el 4 de octubre de 2013, con un espacio de 7 días entre ambas fechas. Los resultados de la medición se muestran en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Registro de mediciones de temperatura (unidad de medida: grados centígrados)

Equipo	Día 1: 27 de septiembre de 2013, 9 hrs.	Día 1: 27 de septiembre de 2013, 14 hrs.	Día 2: 4 de octubre de 2013, 9 hrs.	Día 2: 4 de octubre de 2013, 14 hrs.
Fresadora 1	26.8	28.8	26.5	28.8
Torno 1	27.4	29.4	27.5	29.4
Torno 2	27.9	29.4	28.1	30.1
Fresadora 2	27.9	29.5	28.1	30.1
Fresadora 3	27.9	29.5	28.1	30.1
Fresadora 4	27.9	29.5	28.7	30.2
Fresadora 5	27.9	29.5	28.7	30.2
Fresadora 6	28.1	29.5	28.7	30.2
Torno 3	28.2	30.2	28.7	30.2
Máquina de control numérico CNC 1	28.2	30.2	28.1	30.2
Máquina de control numérico CNC 2	28.2	30.2	28.1	30.9
Promedio	27.9	29.6	28.1	30

Cabe señalar que las mediciones se llevaron a cabo a finales del mes de septiembre y principios de octubre, cuando la temperatura media exterior registrada el día 1 (27 de septiembre de 2013) a las 9 horas fue de 30 grados centígrados a la sombra, mientras que a las 14 horas fue de 33 grados centígrados. Para el día 2 (4 de octubre de 2013), a las 9 horas se registró una temperatura de 26 grados centígrados, mientras que a las 14 horas fue de 30 grados centígrados a la sombra. El espacio entre ambos días de mediciones es de 7 días.

Es importante mencionar que dadas las condiciones extremas del clima en nuestra región, las fechas de medición se presentan en meses de cambio de clima, por lo que en el futuro, sería conveniente tomar lecturas en periodos de pleno invierno (diciembre-enero) y verano (julio-agosto) para observar los datos.

A pesar de las características de la operación, el centro de maquinado está equipado con tres ventiladores de tipo industrial y aire acondicionado a 26 grados centígrados. Las lecturas fueron tomadas con dichos equipos en funcionamiento.

Para evaluar la temperatura se empleará el método FANGER¹ que propone la Universidad Politécnica de Valencia. El método FANGER permite estimar la sensación térmica global de los presentes en un ambiente térmico determinado mediante el cálculo del Voto Medio Estimado (PMV), generando un índice.

El primer parámetro que emplea el método es la obtención del aislamiento térmico para combinaciones habituales de ropa. Para ello el sistema brinda diferentes opciones de atuendos de trabajo eligiendo aquel que más se apega al real. En el caso del centro de maquinado se eligió la opción 2 que establece el uso de calzoncillos, camisa, pantalón, calcetines y zapatos. Eligiendo esta opción obtenemos el índice de aislamiento de ropa de 0.8 clo equivalente a $0.12 \text{ m}^2\text{k/w}$ teniendo en cuenta que 1 clo equivale a $0.155 \text{ m}^2\text{k/w}$.

El siguiente parámetro es la tasa metabólica y para ello se plantean 4 niveles para su determinación, de acuerdo a la norma ISO 8996. El nivel elegido para el estudio es el número 1 que establece el cálculo de la tasa metabólica a partir del tipo de actividad que se desarrolla que involucra actividades de maquinado industrial. Así, se determina que el parámetro de tasa metabólica es de 1.72 met, es decir, 100 w/m^2 , considerando que 1 met equivale a 58.15 w/m^2 . Los demás datos a introducir son los datos recogidos en campo, es decir, la temperatura media, la velocidad del aire y la humedad relativa. Dichos datos se muestran en la tabla 4.16.

¹Método para la valoración del confort térmico, propuesto en 1973 por P.Ole Fanger

Tabla 4.16. Mediciones de campo en el espacio de trabajo.

Datos	Día 1: 27 de septiembre de 2013, 9 hrs.	Día 1: 27 de septiembre de 2013, 14 hrs.	Día 2: 4 de octubre de 2013, 9 hrs.	Día 2: 4 de octubre de 2013, 14 hrs.
Temperatura media (°C)	27.9	29.6	28.1	30
Velocidad del aire (m/s)	0.5	0.5	0.5	0.5
Humedad relativa (%)	20%	20%	23%	21%
Voto medio estimado	1.25	1.32	1.29	1.34
Situación	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada

El índice del voto medio estimado debe estar entre -0.5 y 0.5 para considerar las mejores condiciones térmicas y como se muestra en la figura 4.14 en el caso del día 1 obtenemos un índice ligeramente caluroso que se considera inadecuado.



Figura 4.14. Escala del voto medio estimado

El índice del voto medio estimado y la situación o estatus para cada día se muestran en los dos últimos renglones de la tabla 4.16. Como se observa, todos los índices del voto medio estimado presentan niveles superiores a 0.5. Los cuatro índices se mueven en el rango de 1.25 a 1.34 situándolos en condiciones inadecuadas que plantean un ambiente intermedio entre ligeramente caluroso y caluroso según la figura 4.14. En base a lo anterior se puede concluir que las mediciones de temperatura son elevadas, situación que contribuye directamente en la fatiga y productividad de los empleados.[29][35][36]

4.1.7.4. Método RULA

Para aplicar el método RULA resulta una buena medida la toma de fotografías de los trabajadores realizando las actividades objeto de estudio. De esta manera, en las figuras 4.15 a 4.19 se ilustran los principales movimientos en el uso de las fresadoras, así como la medición de los ángulos que exige el método para obtener el nivel de actuación. Es importante mencionar, que la intención del proyecto es ofrecer soluciones de mejora ergonómica únicamente para el uso de fresadoras y tornos.

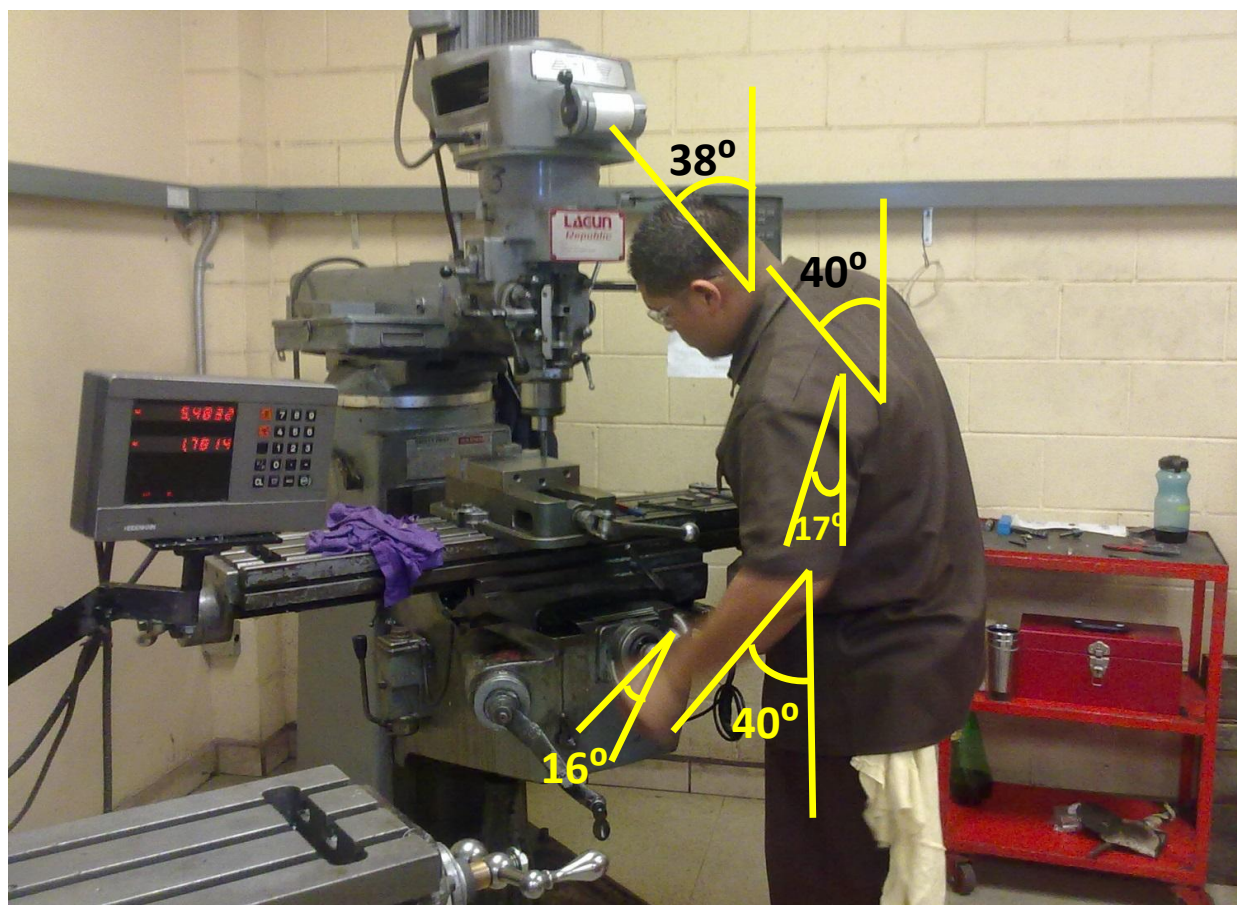


Figura 4.15. Mediciones angulares en fresadora posición I

Una vez tomadas las medidas angulares de la figura 4.15, estos datos son introducidos al software RULA obteniendo los resultados que se muestran en la figura 4.16.

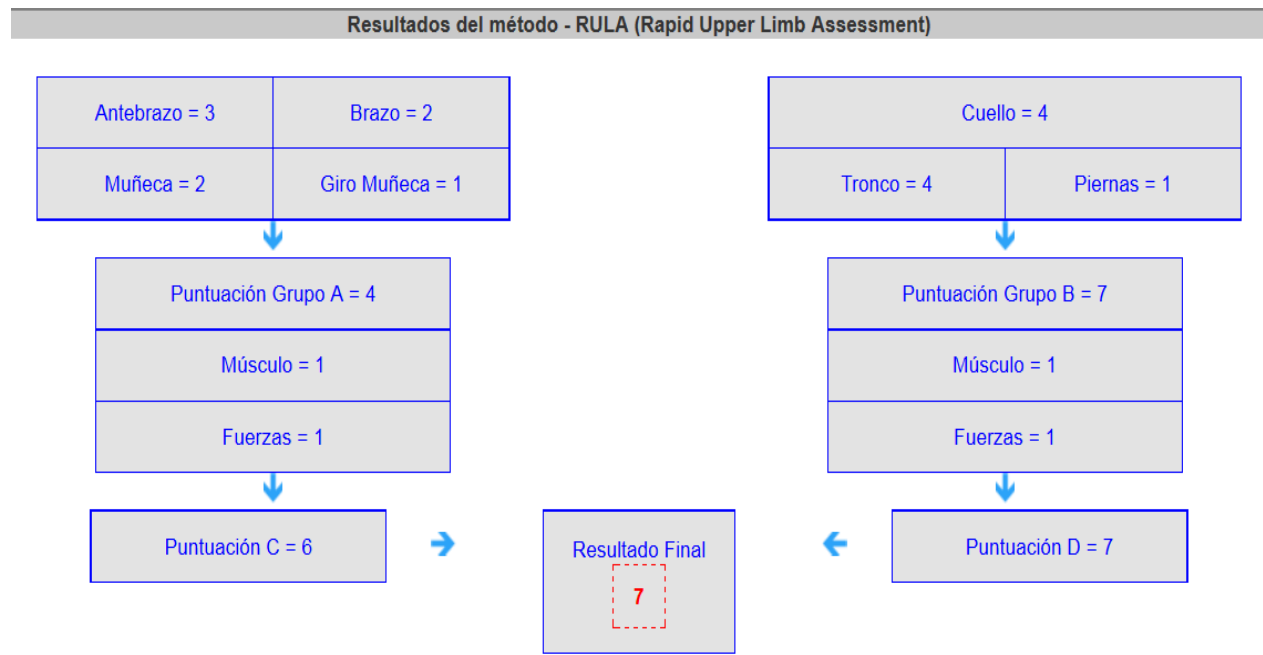


Figura 4.16. Resultados del método RULA en posición I

De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H, una puntuación final 7, pertenece a un nivel de actuación de 4 que indica que se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea.

Del mismo modo, se realizó el análisis para el resto de los movimientos obteniendo las imágenes que se muestran en las figuras 4.17 a 4.19. También se puede consultar el apéndice I.

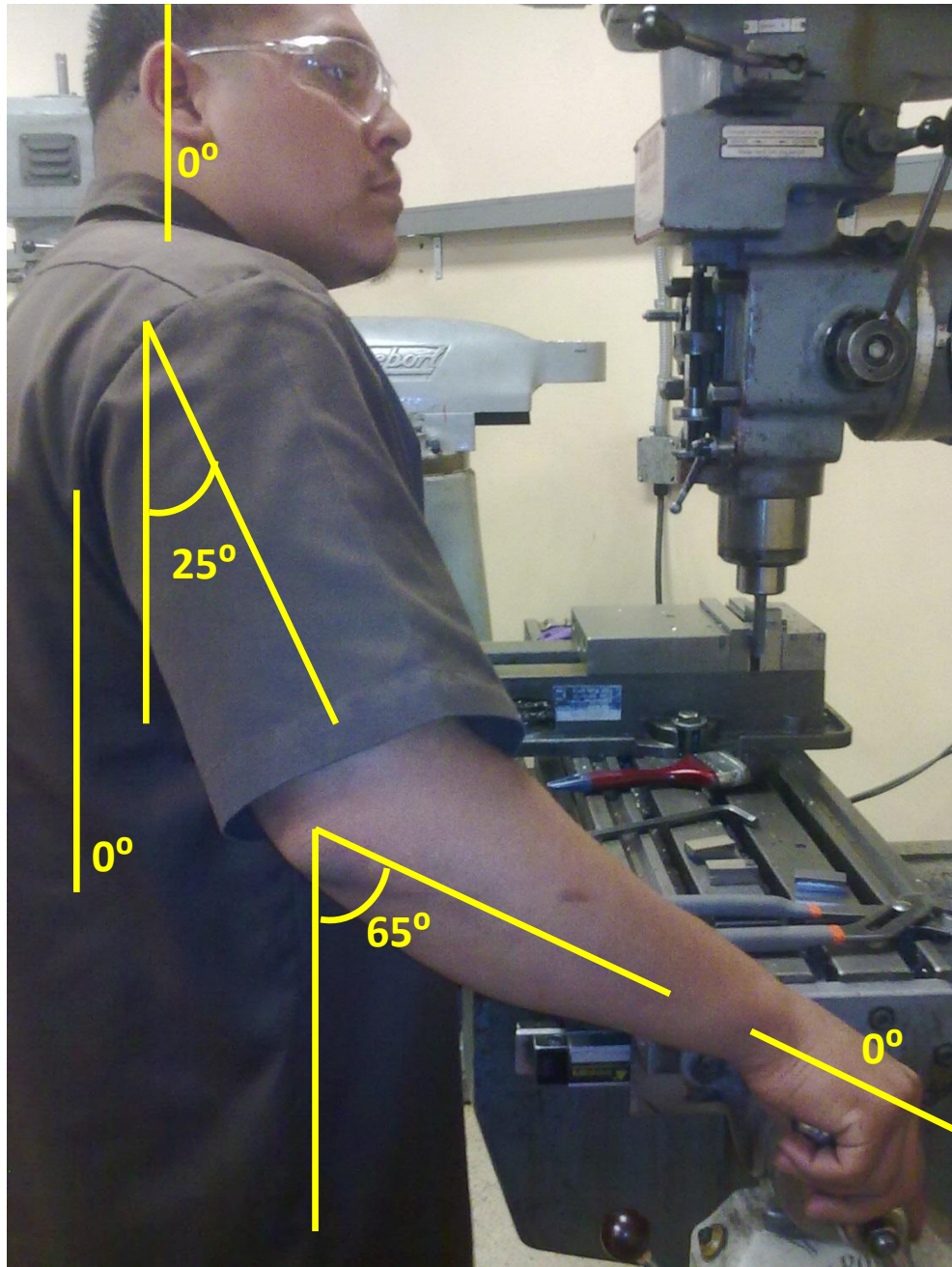


Figura 4.17. Mediciones angulares en fresadora en posición II

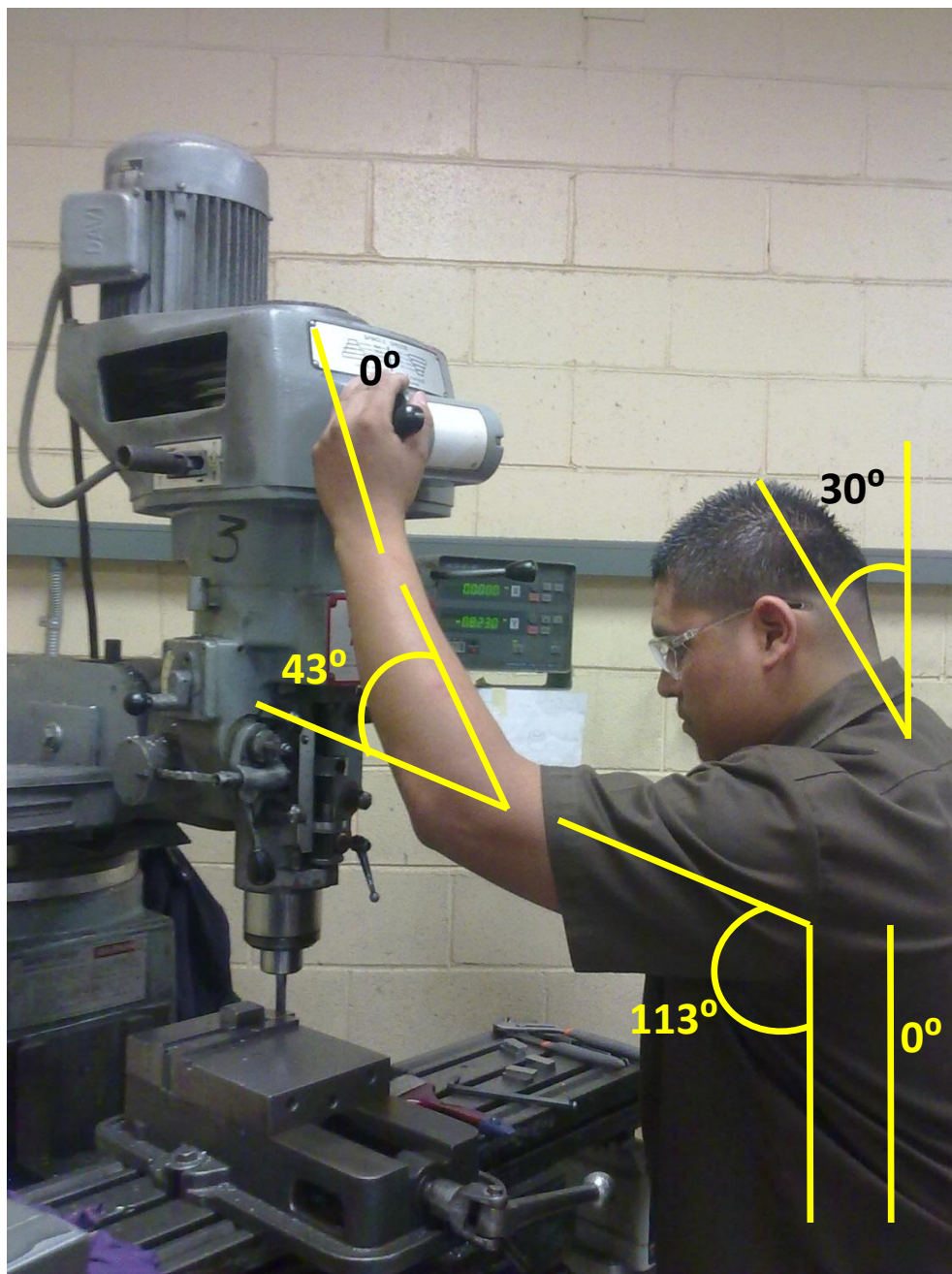


Figura 4.18. Mediciones angulares en fresadora en posición III

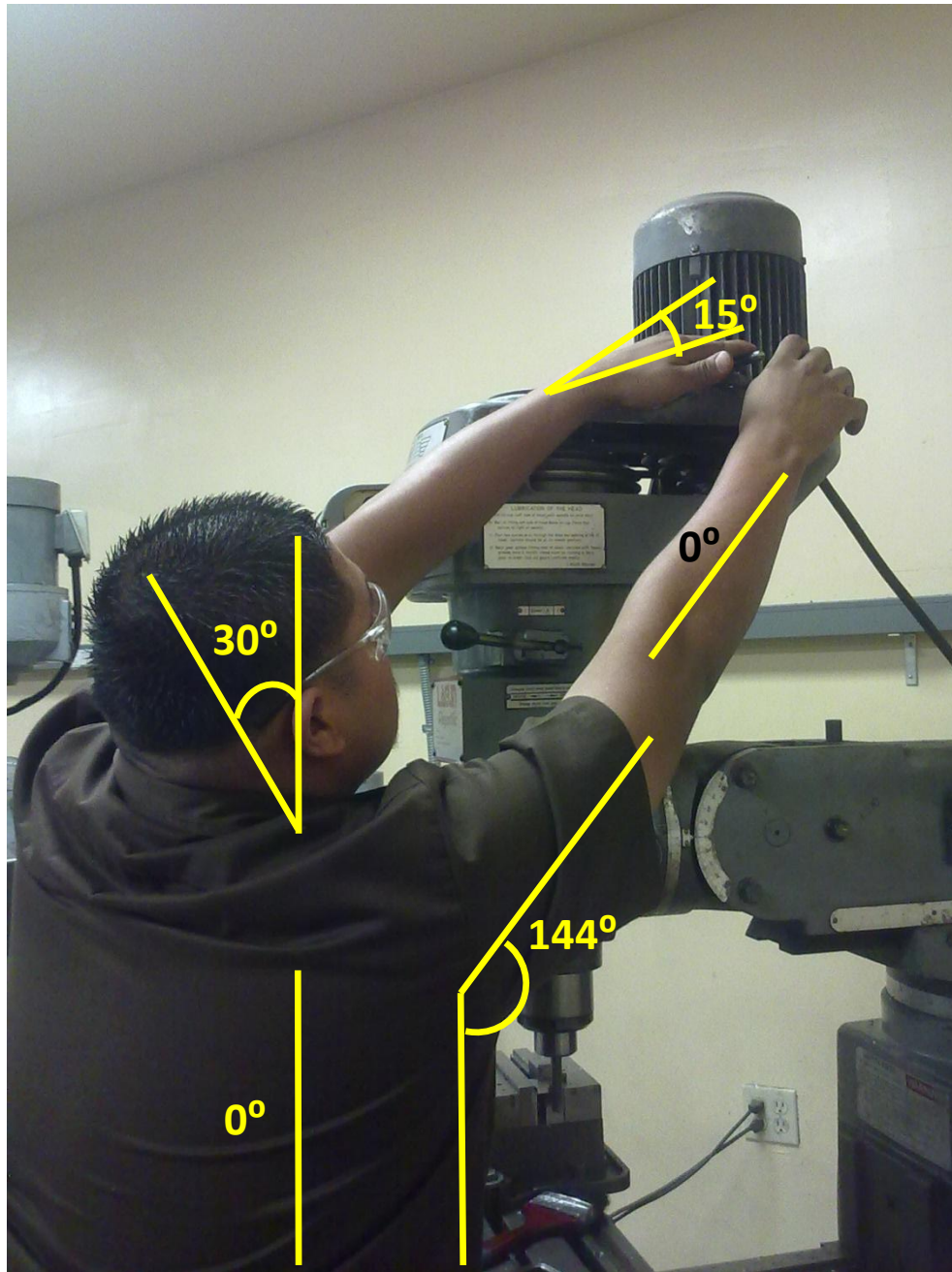


Figura 4.19. Mediciones angulares en fresadora en posición IV

La tabla 4.17 muestra un resumen de los índices obtenidos para cada medición en las posturas.

Tabla 4.17. Índices y recomendaciones del método RULA para fresadora.

Medición	Figura	Índice	Recomendación
Mediciones angulares de fresadora en posición I	4.15	7	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 7, pertenece a un nivel de actuación de 4 que indica que <u>se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea.</u>
Mediciones angulares de fresadora en posición II	4.17	5	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 5, pertenece a un nivel de actuación de 3 que indica que <u>se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación.</u>
Mediciones angulares de fresadora en posición III	4.18	6	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 6, pertenece a un nivel de actuación de 3 que indica que <u>se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación.</u>
Mediciones angulares de fresadora en posición IV	4.19	7	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 7, pertenece a un nivel de actuación de 4 que indica que <u>se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea.</u>

Como se puede observar en los resultados del método RULA (tabla 4.17), todos los índices son bastante elevados y presentan condiciones antiergonómicas. Estos fluctúan entre 5, 6 y 7 por lo que queda de manifiesto la necesidad de hacer propuestas de cambio en la operación de equipos de fresado. La misma mecánica de medición se desarrolló en el análisis del torno obteniendo la siguiente evidencia fotográfica (ver figuras 4.20 a 4.26). [37]

El estudio anterior, se basa en la operación de una fresadora, sin embargo otro de los equipos sometidos al método RULA es el torno. La propuesta prototipo para mejorar las condiciones ergonómicas de la presente tesis se ha enfocado a las operaciones de fresado y torneado. Es por ello, que el método RULA también fue aplicado a la operación típica de torneado obteniendo las imágenes que se muestran en la figura 4.20 a 4.26.

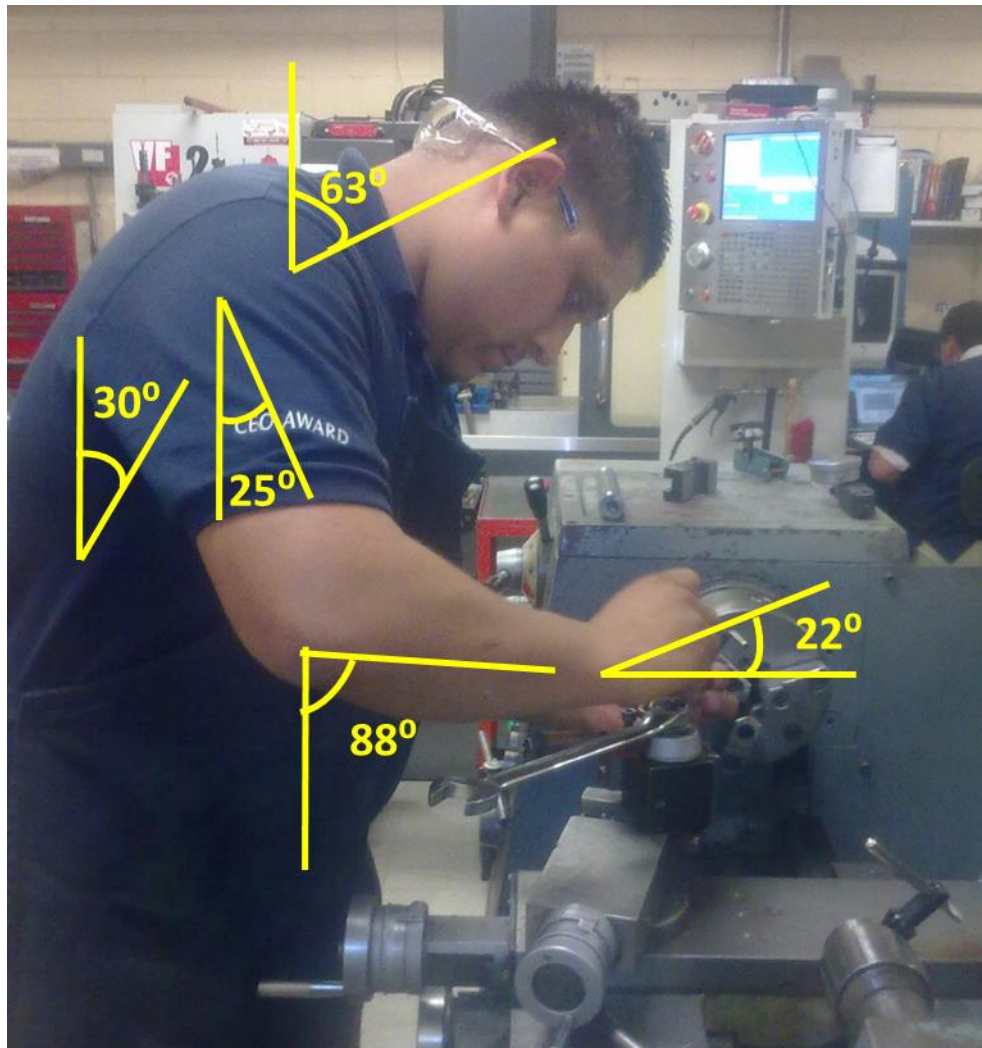


Figura 4.20. Mediciones angulares de torneado en posición I

Una vez tomadas las medidas angulares de la figura 4.20, estos datos son introducidos al software RULA obteniendo los resultados que se muestran en la figura 4.21.

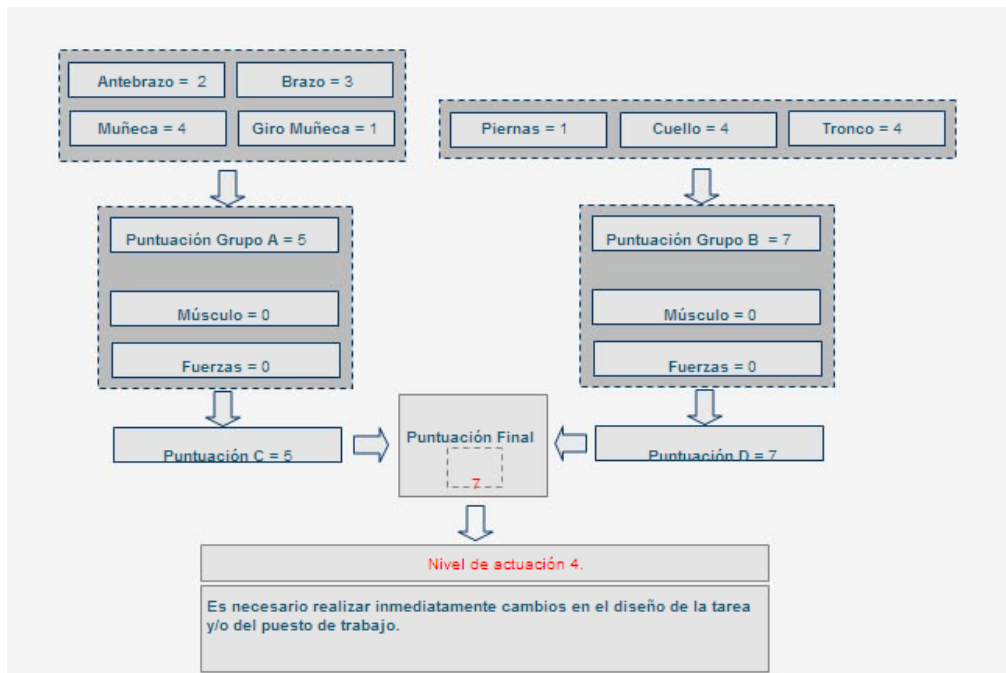


Figura 4.21. Resultados del método RULA de torneado en posición I

De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H, una puntuación final 7, pertenece a un nivel de actuación de 4 que indica es necesario realizar inmediatamente cambios en el diseño de la tarea y/o puesto de trabajo.

El mismo procedimiento se aplicará para cada una de las posturas (ver apéndice I).

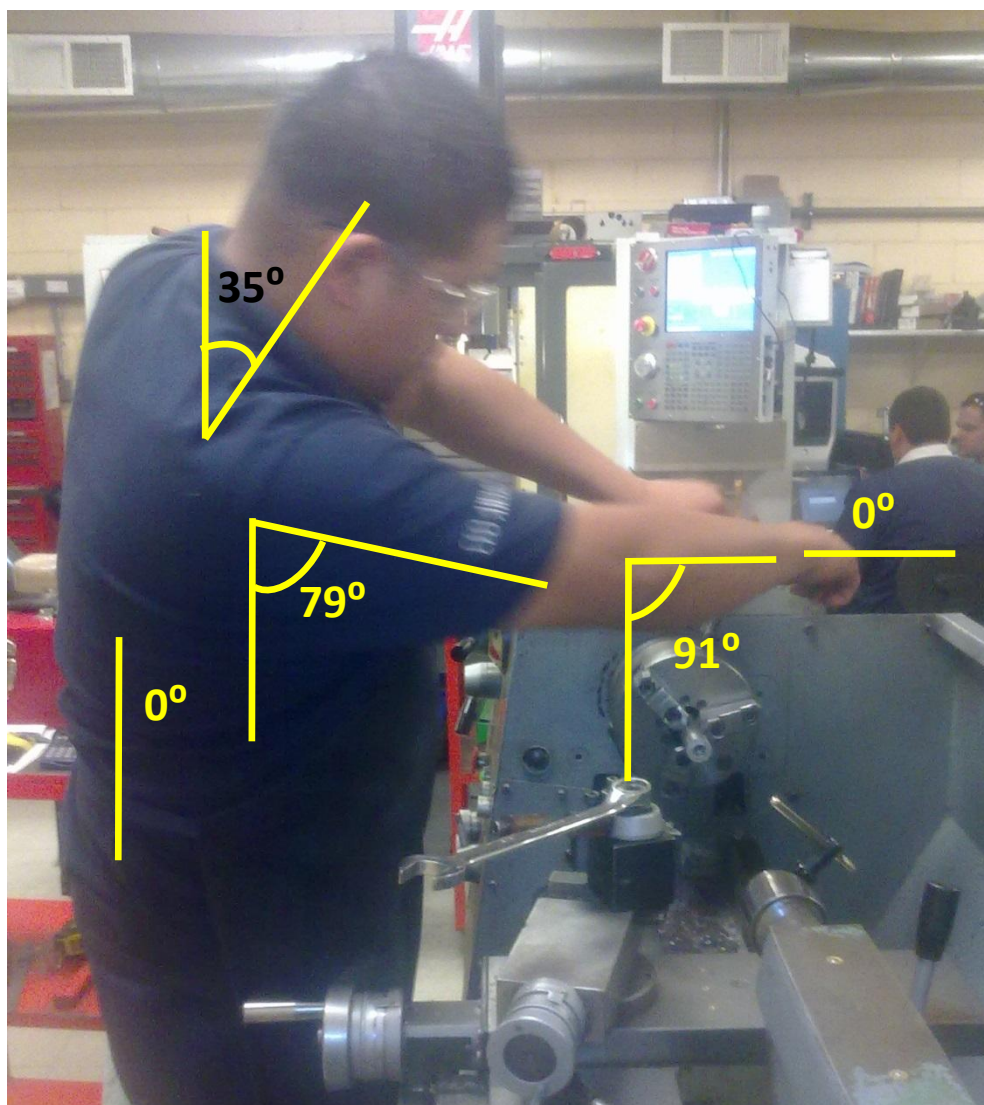


Figura 4.22. Mediciones angulares de torneado en posición II

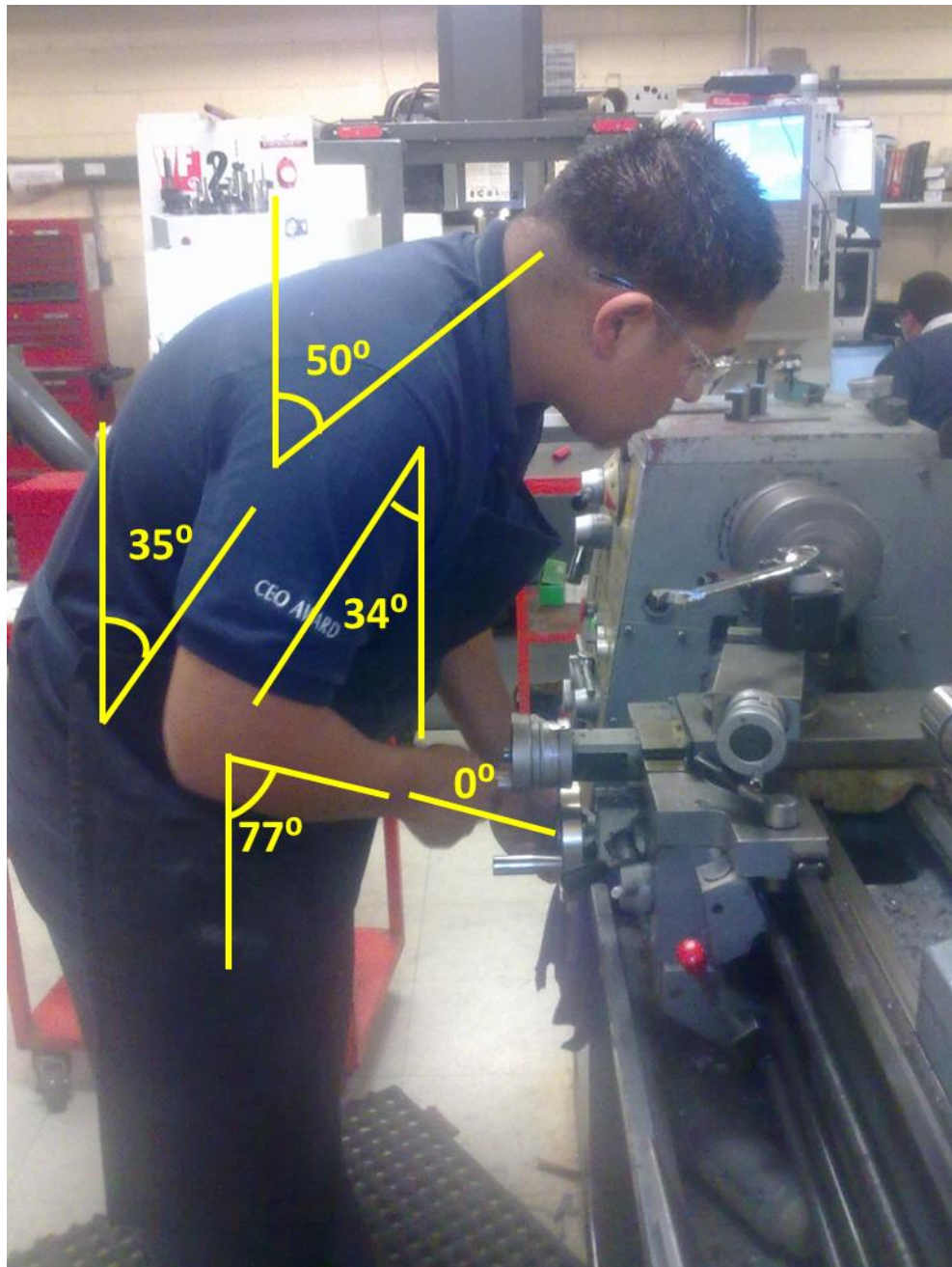


Figura 4.23. Mediciones angulares de torneado en posición III

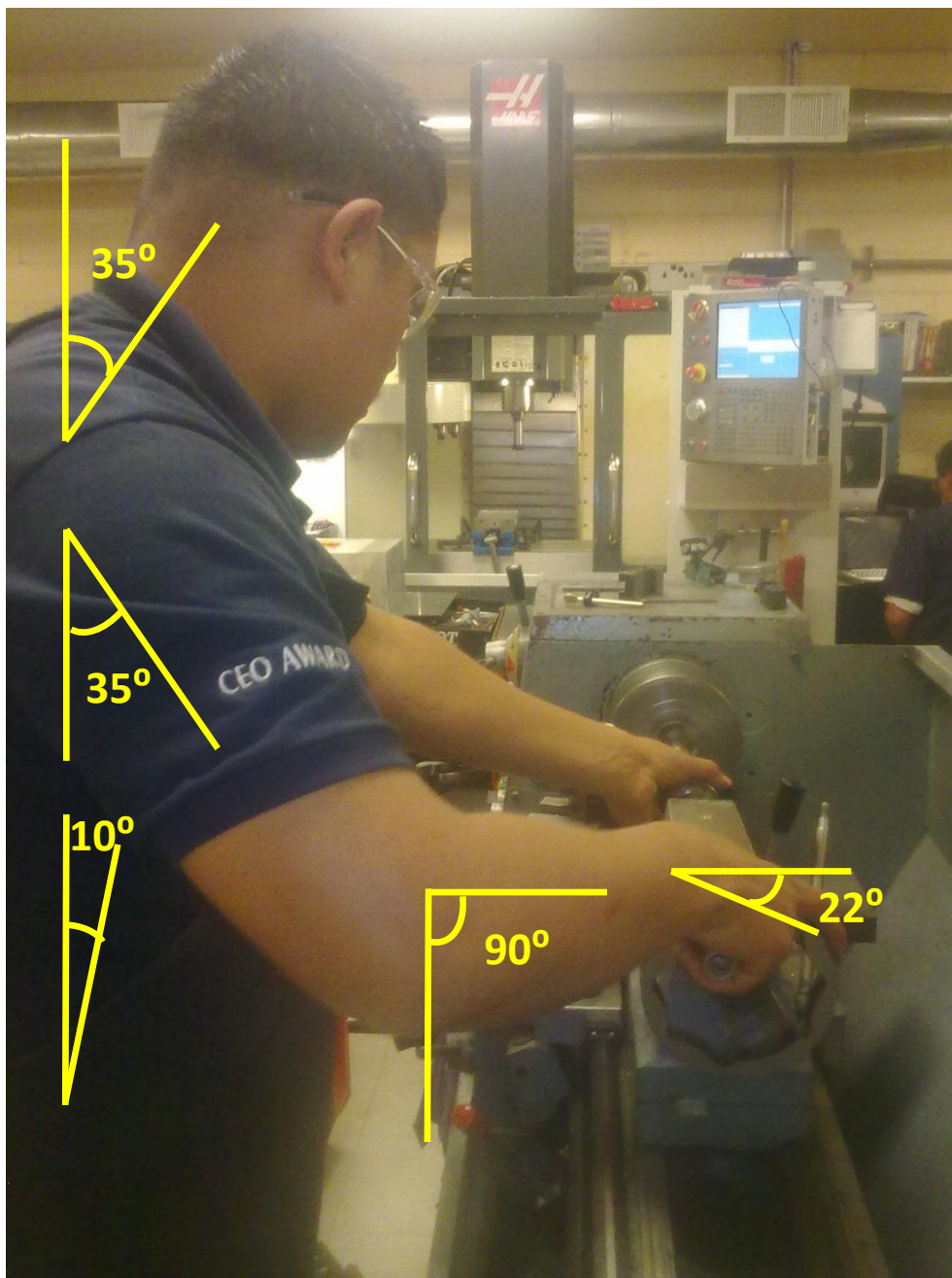


Figura 4.24. Mediciones angulares de torneado en posición IV

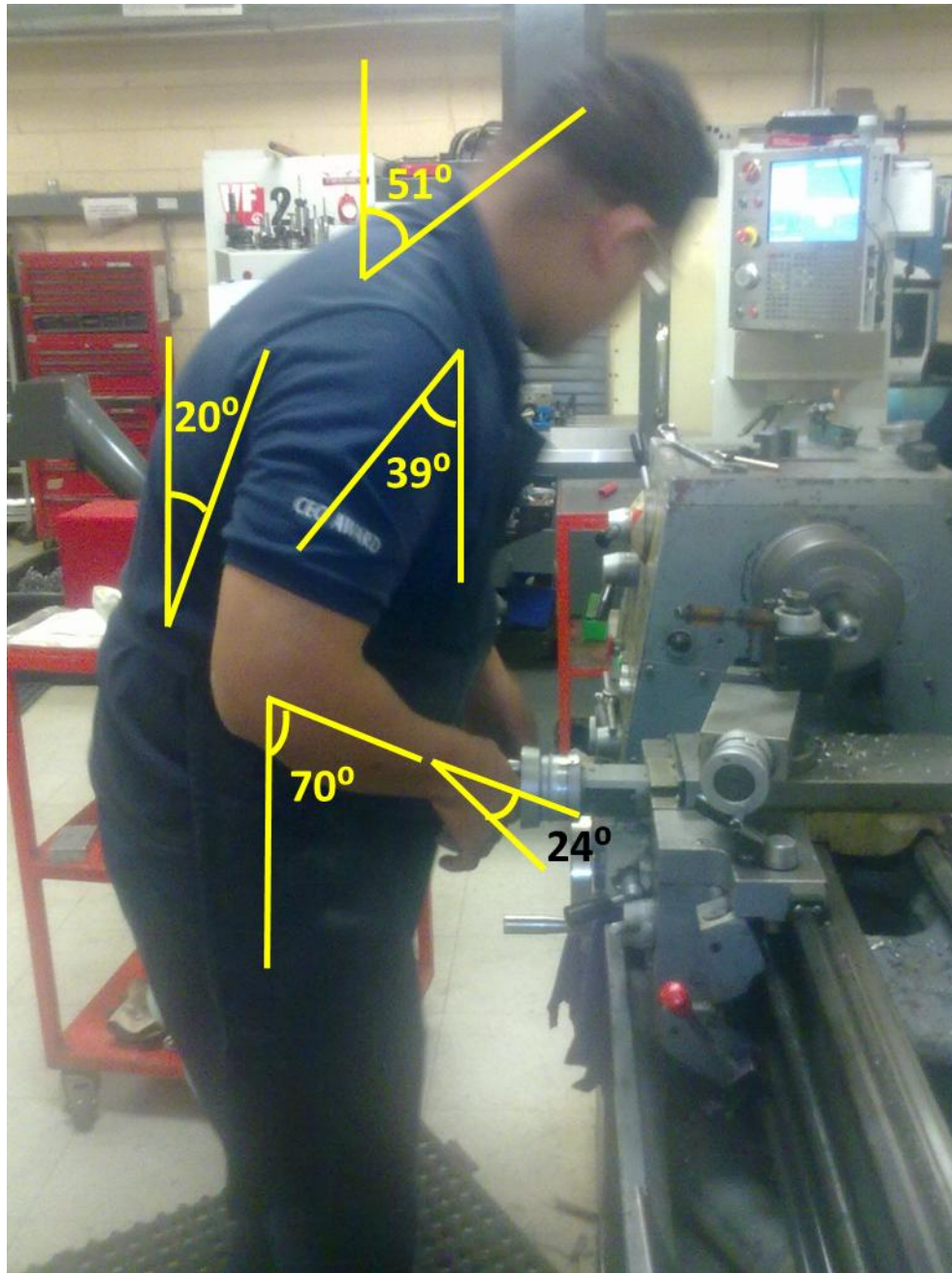


Figura 4.25. Mediciones angulares de torneado en posición V

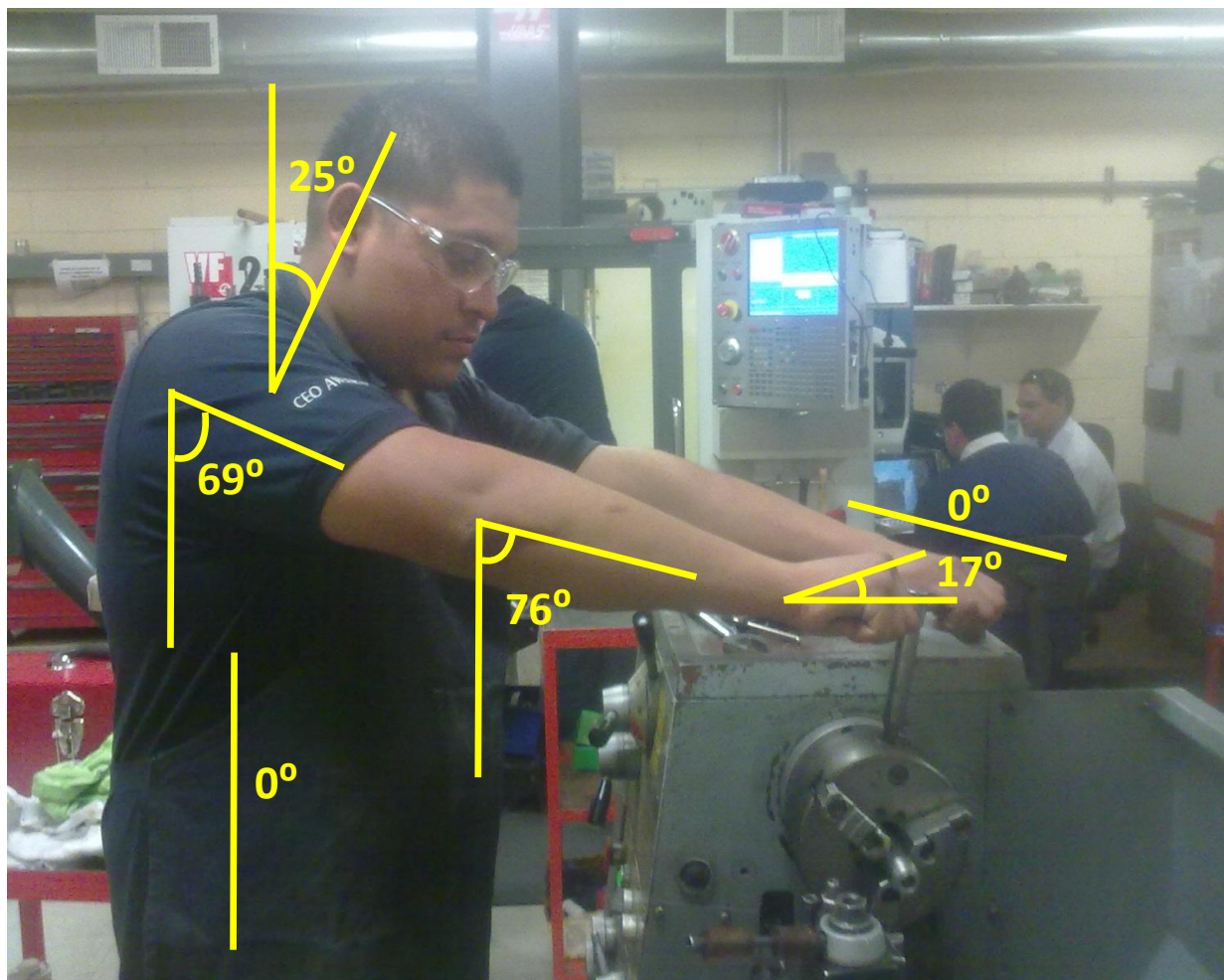


Figura 4.26. Mediciones angulares de torneado en posición VI

Los resultados de los índices del método RULA y recomendaciones, se visualizan en la tabla 4.18.

Tabla 4.18. Índices y recomendaciones del método RULA para torno.

Medición	Figura	Índice	Recomendación
Mediciones angulares de torneado en posición I	4.20	7	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 7, pertenece a un nivel de actuación de 4 que indica <u>es necesario realizar inmediatamente cambios en el diseño de la tarea y/o puesto de trabajo.</u>
Mediciones angulares de torneado en posición II	4.22	6	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 6, pertenece a un nivel de actuación de 3 que indica que <u>se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación.</u>
Mediciones angulares de torneado en posición III	4.23	3	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 3, pertenece a un nivel de actuación de 2 que indica que <u>pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio.</u>
Mediciones angulares de torneado en posición IV	4.24	3	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 3, pertenece a un nivel de actuación de 2 que indica que <u>pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio.</u>
Mediciones angulares de torneado en posición V	4.25	6	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación 6, pertenece a un nivel de actuación de 3 que indica <u>se requiere el rediseño de la tarea; es</u>

			<u>necesario realizar actividades de investigación.</u>
Mediciones angulares de torneado en posición VI	4.26	6	De acuerdo a los niveles de actuación que se establecen en el apéndice H e I, una puntuación final 6, pertenece a un nivel de actuación de 3 que indica que <u>se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación.</u>

Como se puede observar en la tabla 4.18, los índices fluctúan entre 3, 5, 6 y 7. Las operaciones más repetitivas obtienen los índices más altos. Esta información será útil al momento de llevar a cabo la propuesta de estación de trabajo ergonómica.

En resumen, el método RULA nos brinda los indicadores cuantitativos a reducir (puntuación final y el nivel de actuación). De esta manera, lo que se busca es lograr un impacto positivo a través de mejoras en la etapa de diseño del prototipo de estación de trabajo.[37]

4.1.7.5. Método LEST

La aplicación del método LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo) es un elemento imprescindible para valorar cinco aspectos de gran importancia para un estudio ergonómico. Estos cinco elementos se muestran en la figura 4.27:

CARGA FÍSICA		
	Pulse el botón para introducir los datos correspondientes a la carga física.	Carga física
ENTORNO FÍSICO		
	Pulse el botón para introducir los datos correspondientes al entorno físico.	Entorno físico
CARGA MENTAL		
	Pulse el botón para introducir los datos correspondientes a la carga mental.	Carga mental
ASPECTOS PSICOSOCIALES		
	Pulse el botón para introducir los datos correspondientes a los aspectos psicosociales.	Aspectos psicosociales
TIEMPOS DE TRABAJO		
	Pulse el botón para introducir los datos correspondientes a los tiempos de trabajo.	Tiempos de trabajo

Figura 4.27. Elementos o categorías del método LEST.

El software de evaluación en línea² a emplear ha sido desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia en España y brinda la posibilidad de hacer uso del mismo de forma gratuita. La mecánica de trabajo consiste en rellenar listas de verificación de datos relacionados a las cinco categorías a evaluar para posteriormente y de manera automática, obtener los índices para cada una de ellas. Los resultados de las puntuaciones en cada categoría se muestran a continuación en las figuras de la 4.28 a 4.30:

² LEST, www.ergonautas.com

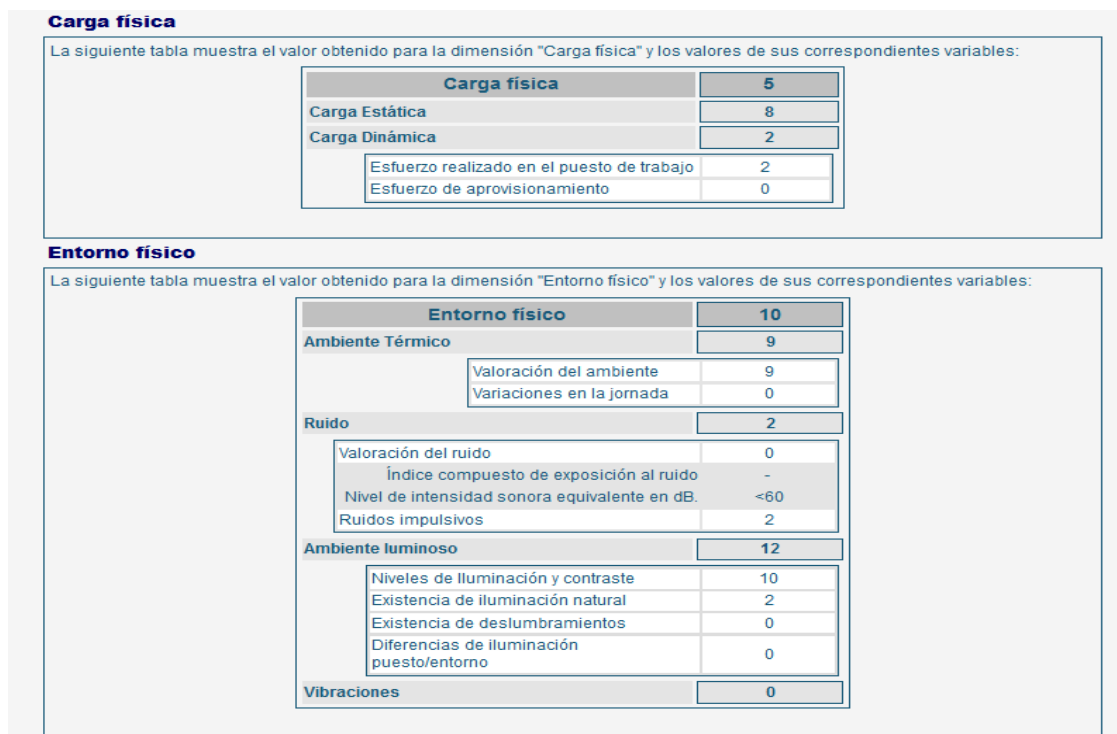


Figura 4.28. Resultados del método LEST en cuanto a carga física y entorno físico

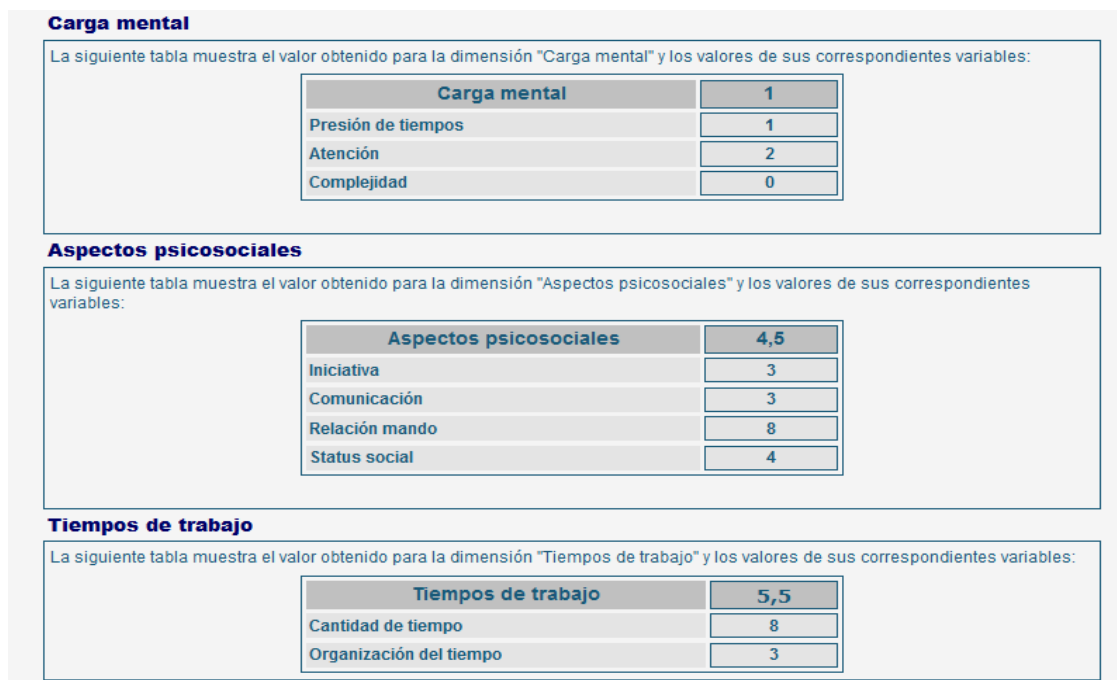


Figura 4.29. Resultados del método LEST en cuanto a carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo

La siguiente tabla muestra el sistema de valoración del método Lest en función de la puntuación y los colores asignados a cada valor para su representación gráfica.

Color	Explicación
0,1,2	Situación satisfactoria.
3,4,5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador.
6,7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
8,9	Molestias fuertes. Fatiga
10	Nocividad.

La siguiente figura muestra de forma gráfica los valores obtenidos para cada dimensión .

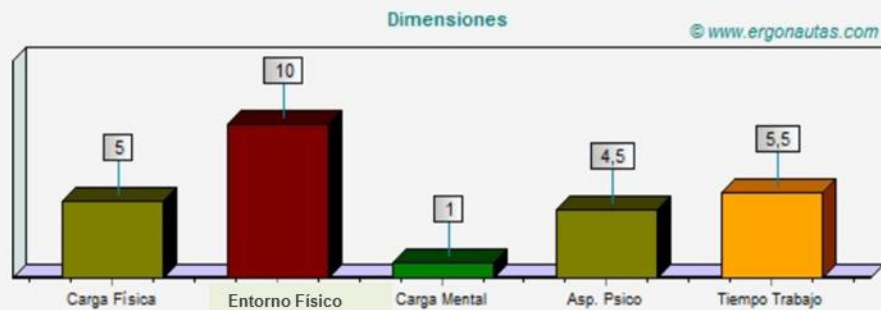


Figura 4.30. Resultados globales en comparación con los índices del método LEST.

Como se puede apreciar en el histograma de la figura 4.30, podemos observar que la categoría del “entorno físico” recibe una puntuación de 10, que es el máximo índice alcanzado por el método. La escala de la figura 4.30 nos indica una condición nociva de trabajo. La categoría de “tiempo de trabajo” recibe una puntuación de 5.5 que está en el rango de molestias medias, que suponen riesgo de fatiga. De acuerdo al método LEST, y como objetivo de esta tesis, el reto es disminuir estos índices hasta convertirlos en situaciones satisfactorias.

En el caso de carga física, mental y aspectos psicosociológicos, obtenemos índices de 5, 1 y 4.5 respectivamente, representando esto molestias débiles. El método LEST sugiere que a través de planes de mejora se podría incrementar la comodidad del operador.

El método LEST nos brinda los indicadores cuantitativos a reducir. De esta manera, lo que se busca es lograr un impacto positivo a través de mejoras en la etapa de diseño del prototipo de estación de trabajo. [6][39]

Capítulo 5.

Propuesta y resultados.

5.1. Diseño del prototipo de estación de trabajo.

El diseño del prototipo de estación de trabajo fue realizado en el software solidworks y se presenta en la figura 5.1:

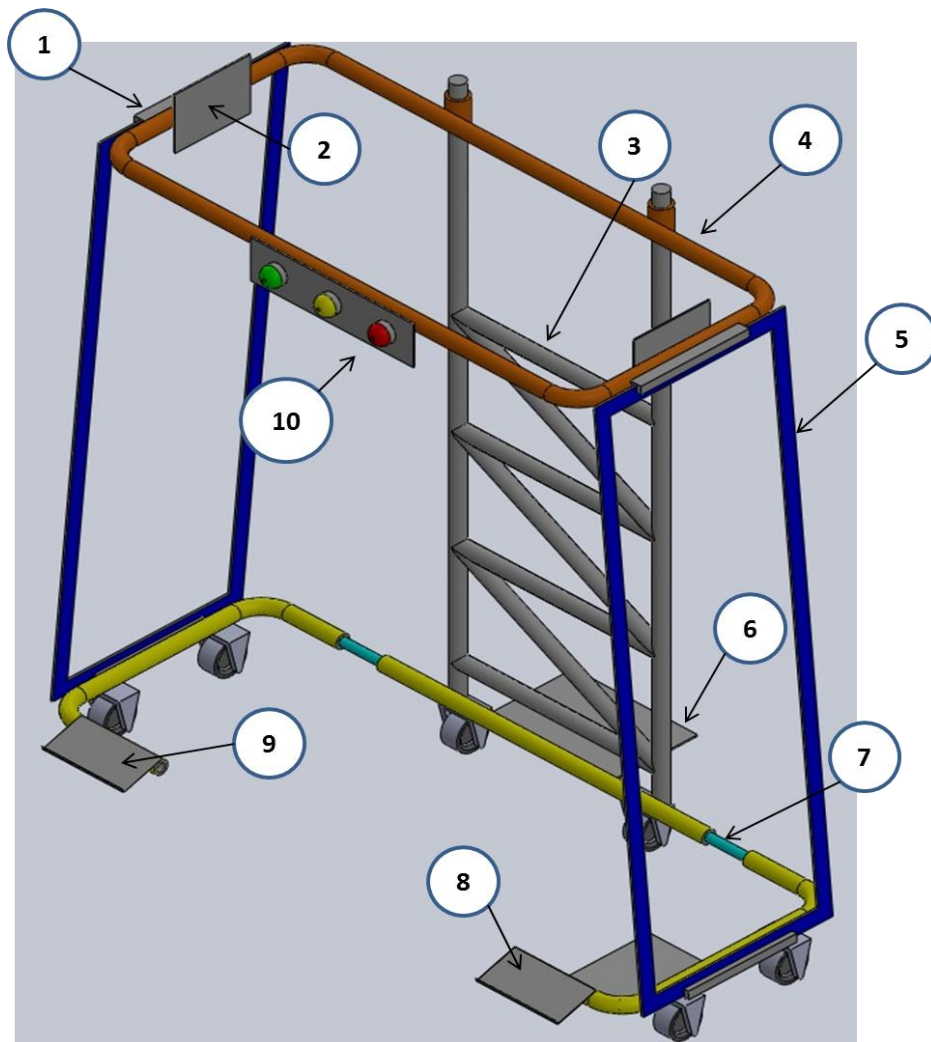


Figura 5.1. Diseño del prototipo de la estación de trabajo.

Como se observa en la figura 5.1 la estación de trabajo establece una serie de números que señalan los componentes de la misma. La descripción de cada uno de ellos se enlista a continuación:

1. Soportes de guardas de seguridad. Los soportes de las guardas de seguridad se encuentran en la parte superior e inferior en ambos extremos de la estación de trabajo, y actúan como rieles para deslizar hacia adentro o hacia fuera las guardas de seguridad.
2. Base para abanicos. Los extremos superiores de ambos lados de la estación de trabajo están dotados de bases para la instalación de abanicos que coadyuven a mejorar la sensación térmica.
3. Columna. La columna de la estación de trabajo es el soporte principal de la estructura y es a través de ella en donde se puede deslizar la parte superior hacia abajo.
4. Estructura superior. La parte superior consiste en un área rectangular que contiene las bases para los abanicos, soportes de guardas de seguridad, así como el semáforo que indica el estado de funcionamiento de la estación.
5. Guardas de seguridad. Las guardas de seguridad son paneles dotados de malla de alambre que tienen como finalidad evitar accidentes por la remoción de rebabas y virutas al llevar a cabo actividades de fresado y torneado. Estas pueden ser removidas.
6. Base para calentón. Consiste en una base que da soporte a la columna y a su vez dispone de un lugar para la colocación del calentón.
7. Base con extensores. La base que se muestra en la figura 5.1 corresponde a un torno, en donde la longitud es mayor. Es en este caso en donde se usan los extensores. Para el caso del trabajo en fresadora, los extensores son removidos obteniendo la medida junta de la base.
8. Base para pedales (pie derecho). La base para los pedales del pie derecho contará con tres pedales que controlaran los abanicos, calentón y lámparas.

9. Base para pedales (pie izquierdo). La base para los pedales del pie izquierdo contará con tres pedales que controlaran los estados del semáforo, dependiendo la actuación de la estación.
10. Semáforo. Este se encuentra en la parte superior central e indica el estado de la estación de trabajo, siendo, verde para uso del equipo, amarillo cuando este se encuentre en actividades de mantenimiento y rojo cuando se presente paro total.

El material a emplear en el prototipo de la estación de trabajo es tubo de acero de una pulgada de diámetro, cédula 18 y solera.

5.2. Análisis de costos

El análisis y descripción de los costos, se muestran en la tabla 5.1

Tabla 5.1. Descripción de costos

Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio por unidad	Total
MATERIALES				
Tubo mofle de 1 pulgada y un cuarto calibre 18	4	pieza	\$ 113.40	\$ 453.60
Tubo mofle de una pulgada calibre 18	0.5	pieza	90.16	45.08
Lamina negra calibre 18	16.90	kg	13.30	224.77
Pintura negra DOAL	2	lt	96.00	192.00
Solvente laker	2	lt	39.6	79.20
Roseta para semáforo	3	pieza	19.40	58.20
Cable eléctrico	20	mt	11.40	228.00
Interruptores	6	pieza	61.00	366.00
Caja para interruptor	6	pieza	17.80	106.80
Tapas para interruptores	6	pieza	7.70	46.20
Abanico	2	abanico	400.00	800.00
Dispositivo de luz dirigida	1	pieza	98.90	98.90
Total de material				\$ 2,698.75
MANO DE OBRA				1,500.00
TOTAL				4,198.75

5.3. Diseño final de estación de trabajo

El diseño final de la estación de trabajo se presenta en la figura 5.2:

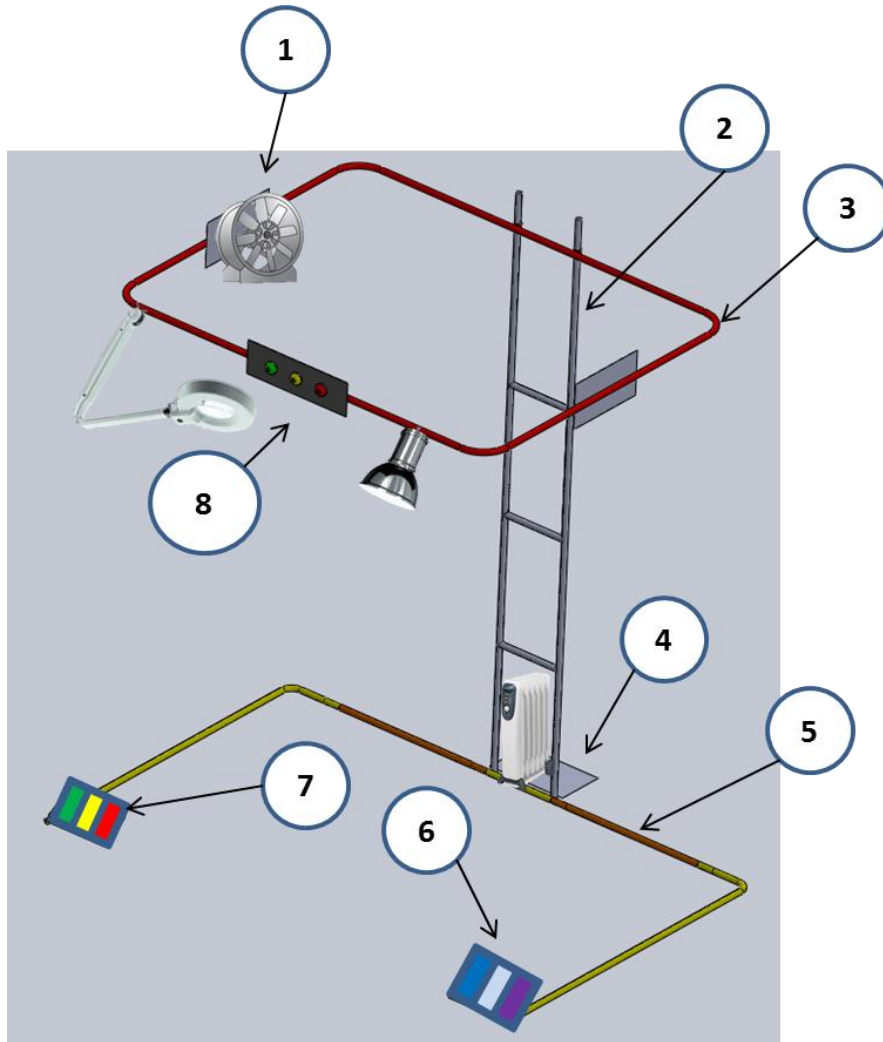


Figura 5.2. Diseño final de la estación de trabajo.

De acuerdo a la figura 5.2, se conservan la mayoría de los elementos del diseño original con excepción de las guardas de seguridad que aparecían en las áreas laterales. Lo anterior se decidió en consenso con la organización ya que es necesario contar con la mayor cantidad de espacio libre para maniobrar en diferentes actividades. En base a esto, se mantienen los siguientes elementos:

1. Base para abanicos.
2. Columna.

3. Estructura superior.
4. Base para calentón.
5. Base con extensores.
6. Base para pedales (pie derecho).
7. Base para pedales (pie izquierdo).
8. Semáforo.

En la figura 5.2 aparecen los implementos de trabajo tales como sistemas de ventilación, calentón, luminarias, lupa de inspección así como los controles inferiores que activan estos mecanismos.

Para el trabajo de diseño, se generaron planos de cada uno de los componentes tales como los que se muestran en la figura 5.3 y 5.4:

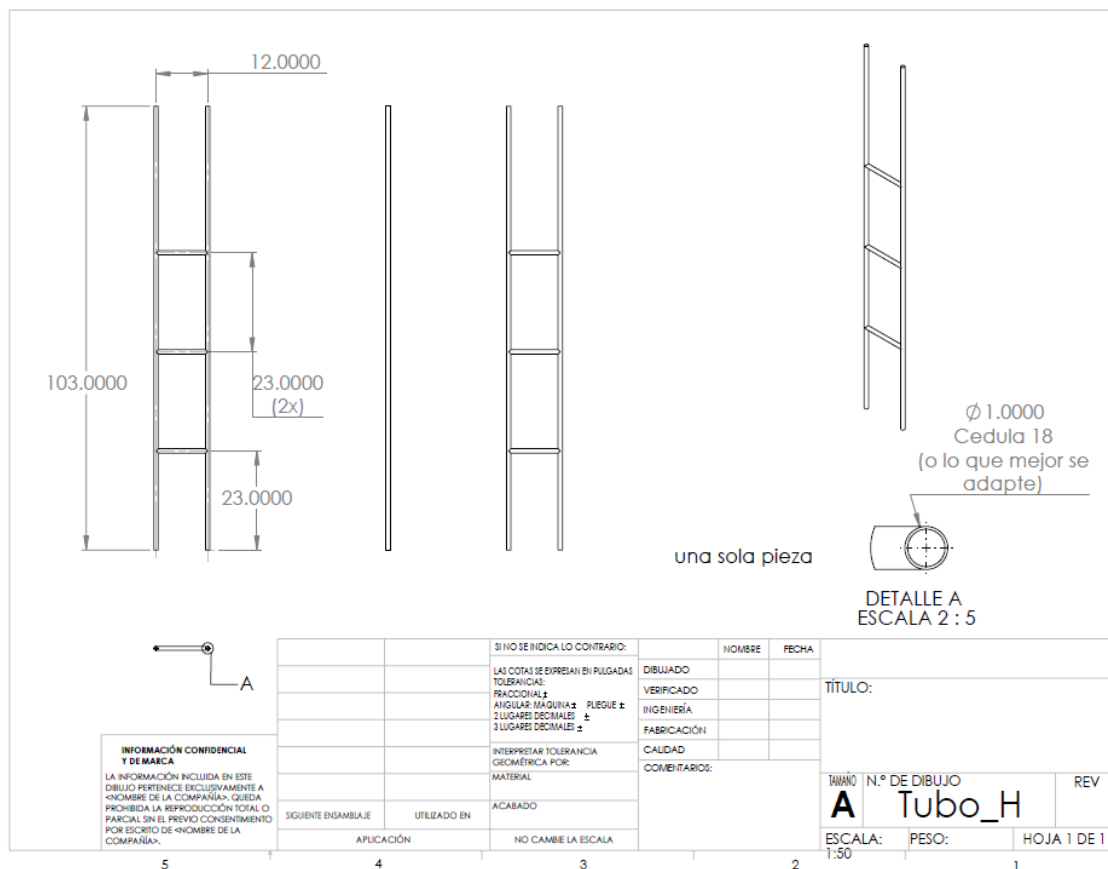


Figura 5.3. Plano de la columna de la estación en software solidworks.

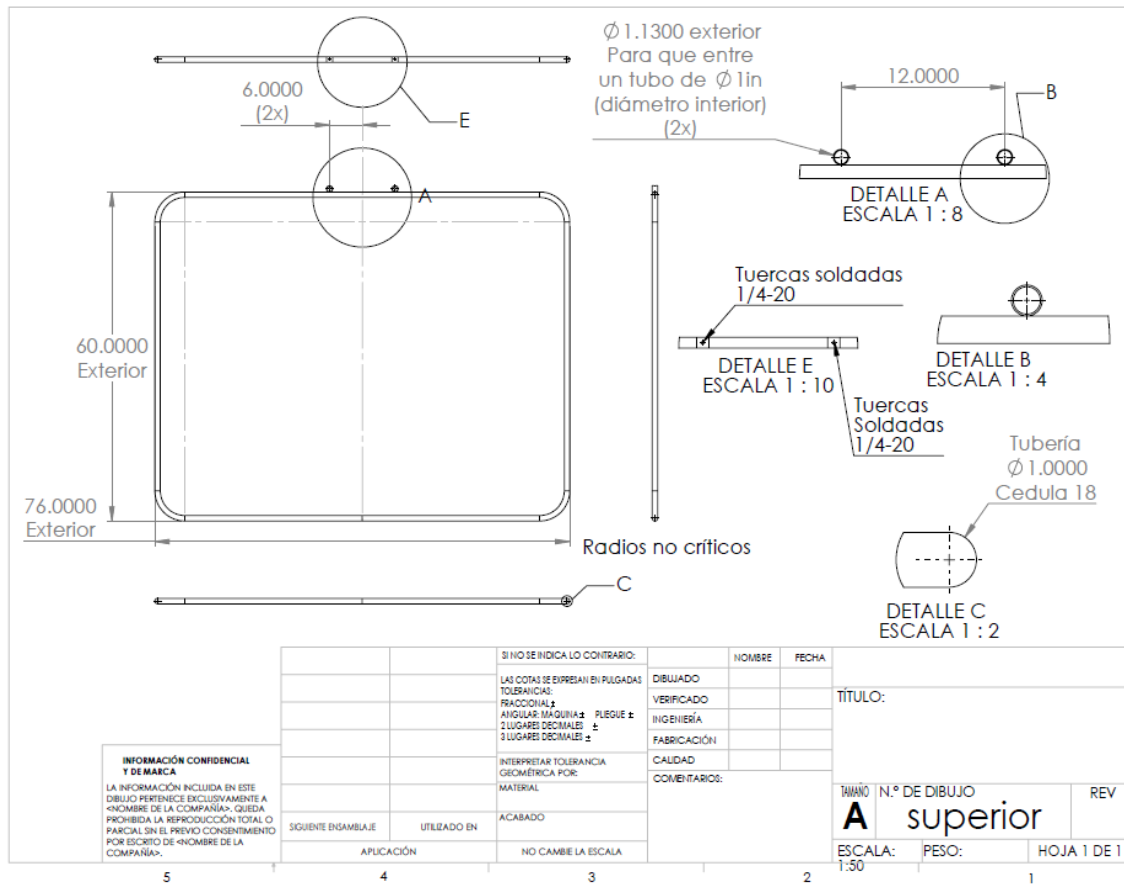


Figura 5.4. Plano de la parte superior en software solidworks.

El resto de los planos se encuentran en el apéndice J.

5.4. Fabricación e implementación

Se llevó a cabo la fabricación del prototipo de la estación de trabajo obteniendo el equipo que se muestra en las figuras 5.5. y 5.6.



Figura 5.5. Montaje sobre fresadora (vista lateral)



Figura 5.6. Montaje sobre fresadora (vista trasera)

La estructura se montó sobre una fresadora y sobre un torno (figuras 5.5 a 5.8) a fin de obtener los indicadores de iluminación y temperatura que se consideran para el estudio.



Figura 5.7. Montaje sobre torno (vista superior)



Figura 5.8. Montaje sobre torno (vista inferior)

Tal como se diseñó, la estructura cuenta con:

- Tres pedales en la parte inferior izquierda que controla el estatus de actividad del equipo a través de un semáforo.
- Un abanico que se montó en la parte superior izquierda de la estructura y una fuente de iluminación localizada en la parte superior derecha. Ambos mecanismos se accionan por medio de pedales que se encuentran en la base de la estructura (parte derecha).
- Un calentón localizado en la parte posterior para la temporada de frío.

5.4.1. Iluminación

Una vez que se implementó el prototipo se procedió a la medición de los indicadores de sensación térmica e iluminación ya que el objetivo de tesis es verificar un cambio significativo de estas características. Por lo anterior, se obtuvieron lecturas de la fresadora 1 y el torno 2 de iluminación.

Al igual que las mediciones de la sección 4.1.7.1, se llevó a cabo la medición de los niveles de iluminación en el centro de maquinado, estableciendo cuatro distintos puntos para la estación de trabajo:

- Nivel superior del equipo (punto más alto del equipo).
- Nivel de la mesa de trabajo.
- Nivel de los controles del equipo.
- Nivel inferior del equipo (suelo).

Para llevar cabo las mediciones, se empleó el mismo luxómetro Extech instruments modelo 401025 proporcionado por el laboratorio de ingeniería industrial de la UABC. Los resultados de las mediciones se muestran en la tabla 5.2 en unidades de lux.

Tabla 5.2. Registro de mediciones de iluminación una vez implementado prototipo (unidad de medida: lux)

Equipo	Nivel superior	Nivel mesa de trabajo	Nivel de controles	Nivel inferior
Fresadora 1	664	815	1,064	430
Torno 2	600	610	464	318

La tabla de referencia sobre las recomendaciones de iluminación o iluminancia se encuentra en la sección 4.1.7.1 en la tabla 4.6.

Los niveles de iluminación que se muestran en la tabla 4.6 de la sección 4.1.7.1, han sido establecidos por la Sociedad Norteamericana de Ingeniería de la Iluminación (IESNA) en 1995. Como se llevo a cabo anteriormente, el primer paso es identificar el tipo general de actividad a realizar y clasificarla en una de las nueve categorías de la tabla 4.6. de la sección 4.1.7.1. Para cada categoría existe un intervalo de iluminación (baja, media y alta). Se selecciona el valor adecuado con el cálculo de un factor de ponderación (-1, 0, +1) basado en las tres características de tarea y trabajador que se muestra en la tabla 4.7 de la sección 4.1.7.1. Estos pesos se suman para obtener el factor de ponderación total. Si la suma total de los dos o tres factores de ponderación es -2 o -3, se usa el valor bajo de las tres iluminancias usadas; si es -1, 0 o +1, se usa el valor medio, y si es +2 o +3, se usa el valor alto.

De acuerdo a la información metodológica, se llevó a cabo la clasificación de las actividades productivas (sección 4.1.7.1), estableciendo lo siguiente:

- 1.- Ajuste de controles superiores (categoría D).
- 2.- Fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de fresadoras, tornos y máquinas de control numérico. (categoría E).
- 3.- Ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización. (categoría D)
- 4.- Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo.(categoría C)

No hay que olvidar que la reflectancia del fondo donde se realiza la tarea/superficie es una proporción sin unidades entre 0 y 100%. Los porcentajes de reflectancia se muestran en la tabla 4.8. de la sección 4.1.7.1.

La calificación de la iluminación de las operaciones antes mencionadas se muestra en la tabla 4.9 de la sección 4.1.7.1, en lo que respecta a fresadoras y tornos.

Los resultados que se obtuvieron en la sección 4.1.7.1, nos indican lo siguiente:

- Para la medición de la operación de ajuste de controles superiores (categoría D) el índice es de -2, lo que indica que debemos recomendar la iluminancia menor que se establece en la tabla 4.6, y que en este caso es 20 fc o bien 216 lux.
- Para la fabricación e inspección de piezas y herramientas sobre mesas de trabajo de fresadoras, tornos y máquinas de control numérico (categoría E), se obtiene 0 a lo que corresponde 75 fc o bien 810 lux.
- Para el ajuste de controles numéricos en pantallas de visualización (categoría D) le corresponde un índice de -1, es decir una iluminancia media de 30 fc o bien 324 lux.
- Finalmente para el Desplazamiento de extremidades inferiores en estación de trabajo (categoría C) le corresponde un índice de -2 es decir el nivel de iluminancia mas bajo para esta categoría que es de 10 fc o 108 lux.

De acuerdo a los resultados y las mediciones, el estatus de la iluminación se resume en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Diferencia entre el nivel de iluminación medido y el recomendado.

Equipo	Nivel superior (216 lux)		Nivel mesa de trabajo (810 lux)		Nivel de controles (324 lux)		Nivel inferior (108 lux)	
	Medida	Diferencia	Medida	Diferencia	Medida	Diferencia	Medida	Diferencia
Fresadora 1	664	-448	815	-5	1064	-740	430	-322
Torno 2	600	-384	610	200	464	-140	318	-210

Como se puede observar en la tabla 5.3, la diferencia en números negativos representan un excedente en iluminación, mientras que aquellas diferencias positivas indican un déficit.[13]

5.4.2. Temperatura

En el caso de la temperatura, nuevamente se llevó a cabo la medición en dos momentos distintos del horario de operación.

La medición se realizó en dos días distintos, el 14 y 21 de abril de 2014, con un espacio de 7 días entre ambas fechas. Los resultados de la medición se muestran en la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Registro de mediciones de temperatura con la implementación (unidad de medida: grados centígrados)

Datos	Día 1: 14 de abril de 2014, 9 hrs.	Día 1: 14 de abril de 2014, 14 hrs.	Día 2: 21 de abril de 2014, 9 hrs.	Día 2: 21 de abril de 2014, 14 hrs.
Promedio	27.7	27.9	27.9	29

Cabe señalar que el día 1 las mediciones se llevaron a cabo a 31 grados centígrados a la sombra, mientras que a las 14 horas fue de 32 grados centígrados. Para el día 2, a las 9 horas se registró una temperatura de 31 grados centígrados, mientras que a las 14 horas fue de 33 grados centígrados a la sombra.

Para evaluar la temperatura se empleará de nuevo el método FANGER¹ que propone la Universidad Politécnica de Valencia. El método FANGER permite estimar la sensación térmica global de los presentes en un ambiente térmico determinado mediante el cálculo del Voto Medio Estimado (PMV), generando un índice.

El primer parámetro que emplea el método es la obtención del aislamiento térmico para combinaciones habituales de ropa. Al igual que en la primera ocasión, se eligió la opción 2 que establece el uso de calzoncillos, camisa, pantalón, calcetines y zapatos. Eligiendo esta opción obtenemos el índice de aislamiento de ropa de 0.8 clo equivalente a $0.12 \text{ m}^2\text{k/w}$.

El siguiente parámetro es la tasa metabólica y para ello nuevamente se plantean 4 niveles para su determinación, de acuerdo a la norma ISO 8996. El nivel elegido para el estudio es el número 1 que establece el cálculo de la tasa metabólica a partir del tipo de actividad que se desarrolla que involucra actividades de maquinado industrial. Así, se determina que el parámetro de tasa metabólica es de 1.72 met, es decir, 100 w/m², considerando que 1 met equivale a 58.15 w/m². Los datos se muestran en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Mediciones de campo en el espacio de trabajo después de la implementación

Datos	Día 1: 14 de abril de 2014, 9 hrs.	Día 1: 14 de abril de 2014, 14 hrs.	Día 2: 21 de abril de 2014, 9 hrs.	Día 2: 21 de abril de 2014, 14 hrs.
Temperatura media (°C)	27.7	27.9	27.9	29
Velocidad del aire (m/s)	0.5	0.5	0.5	0.5
Humedad relativa (%)	21%	21%	22%	23%
Voto medio estimado	0.37	0.57	0.57	0.78
Situación	Satisfactoria	Satisfactoria	Satisfactoria	Ligeramente caluroso

El índice del voto medio estimado debe estar entre -0.5 y 0.5 para considerar las mejores condiciones térmicas y como se muestra en la figura 5.9 en el caso del día 1, obtenemos un índice satisfactorio.

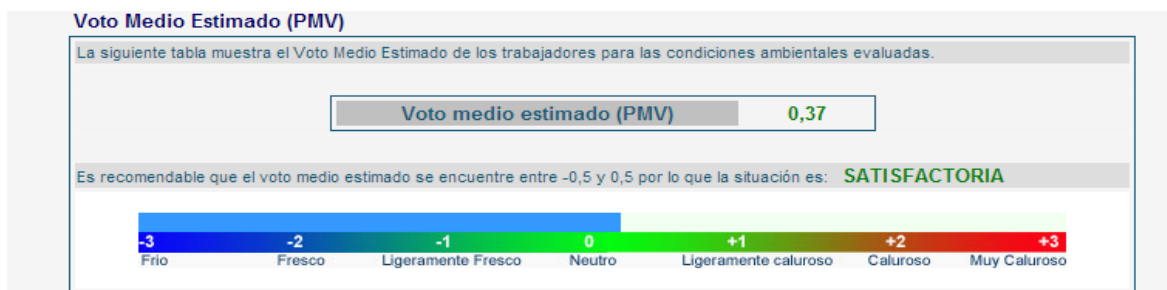


Figura 5.9. Escala del voto medio estimado después de la implementación

¹Método para la valoración del confort térmico, propuesto en 1973 por P.Ole Fanger

El índice del voto medio estimado y la situación o estatus para cada día se muestran en los dos últimos renglones de la tabla 5.5. Como se observa, los cuatro índices se mueven en el rango de 0.37 a 0.78 situándolos en condiciones satisfactorias que plantean un ambiente entre neutro y ligeramente caluroso según la figura 5.9. [29][35][36]

5.4.3. Condiciones según método LEST

Los resultados de la aplicación del método LEST después de la implementación se muestran a continuación en las figuras de la 5.10 a 5.12: [6][39]

Carga física	
La siguiente tabla muestra el valor obtenido para la dimensión "Carga física" y los valores de sus correspondientes variables:	
Carga física	4
Carga Estática	6
Carga Dinámica	2
Esfuerzo realizado en el puesto de trabajo	2
Esfuerzo de aprovisionamiento	0

Entorno físico	
La siguiente tabla muestra el valor obtenido para la dimensión "Entorno físico" y los valores de sus correspondientes variables:	
Entorno físico	2,5
Ambiente Térmico	8
Valoración del ambiente	8
Variaciones en la jornada	0
Ruido	2
Valoración del ruido	0
Índice compuesto de exposición al ruido	-
Nivel de intensidad sonora equivalente en dB.	<60
Ruidos impulsivos	2
Ambiente luminoso	0
Niveles de iluminación y contraste	0
Existencia de iluminación natural	0
Existencia de deslumbramientos	0
Diferencias de iluminación puesto/entorno	0
Vibraciones	0

Figura 5.10. Resultados del método LEST en cuanto a carga física y entorno físico después de la implementación

Carga mental

La siguiente tabla muestra el valor obtenido para la dimensión "Carga mental" y los valores de sus correspondientes variables:

Carga mental	1
Presión de tiempos	1
Atención	2
Complejidad	0

Aspectos psicosociales

La siguiente tabla muestra el valor obtenido para la dimensión "Aspectos psicosociales" y los valores de sus correspondientes variables:

Aspectos psicosociales	4,5
Iniciativa	3
Comunicación	3
Relación mando	8
Status social	4

Tiempos de trabajo

La siguiente tabla muestra el valor obtenido para la dimensión "Tiempos de trabajo" y los valores de sus correspondientes variables:

Tiempos de trabajo	5,5
Cantidad de tiempo	8
Organización del tiempo	3

Figura 5.11. Resultados del método LEST en cuanto a carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo después de la implementación.

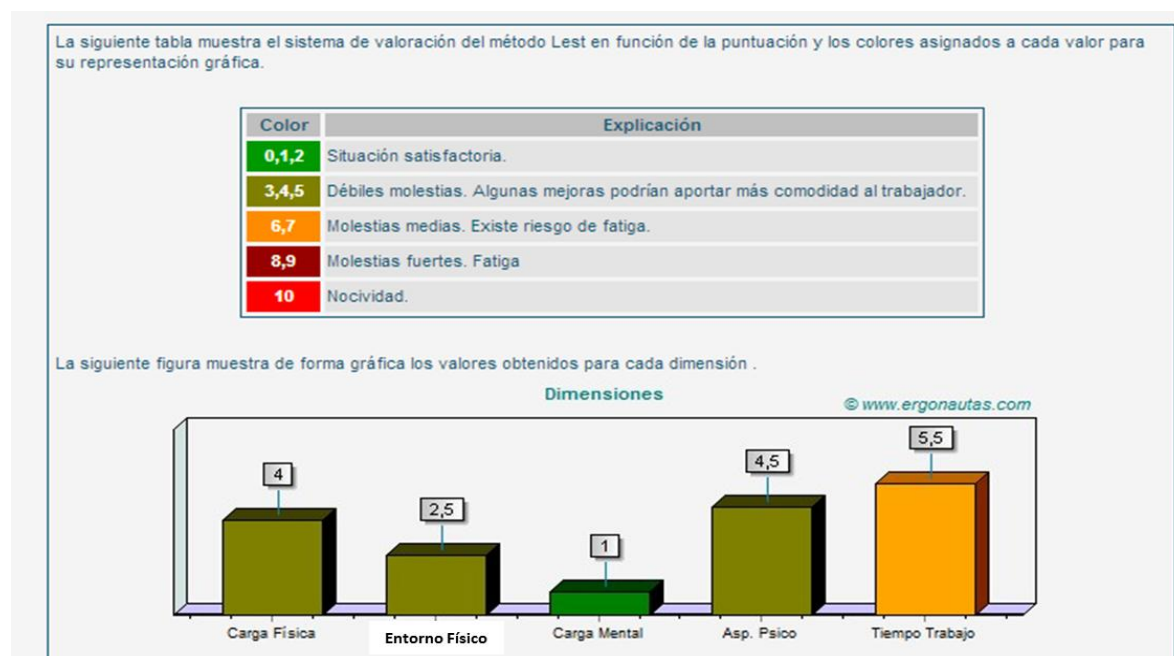


Figura 5.12. Resultados globales en comparación con los índices del método LEST después de la implementación.

5.5. Evaluación de resultados

5.5.1. Matriz de riesgos

Una de las actividades que se desarrollaron en el capítulo 4 de esta tesis se refiere a la matriz de riesgos. Dicha matriz presentaba aquellos riesgos significativos y no significativos dependiendo de la probabilidad de ocurrencia, consecuencia e impacto en el ámbito legal. Al inicio de este estudio, se detectaron 12 hallazgos, de los cuales 6 eran significativos y el resto no significativos. Al día de hoy se tienen 2 hallazgos significativos y 10 que no lo son (ver figura 5.13)

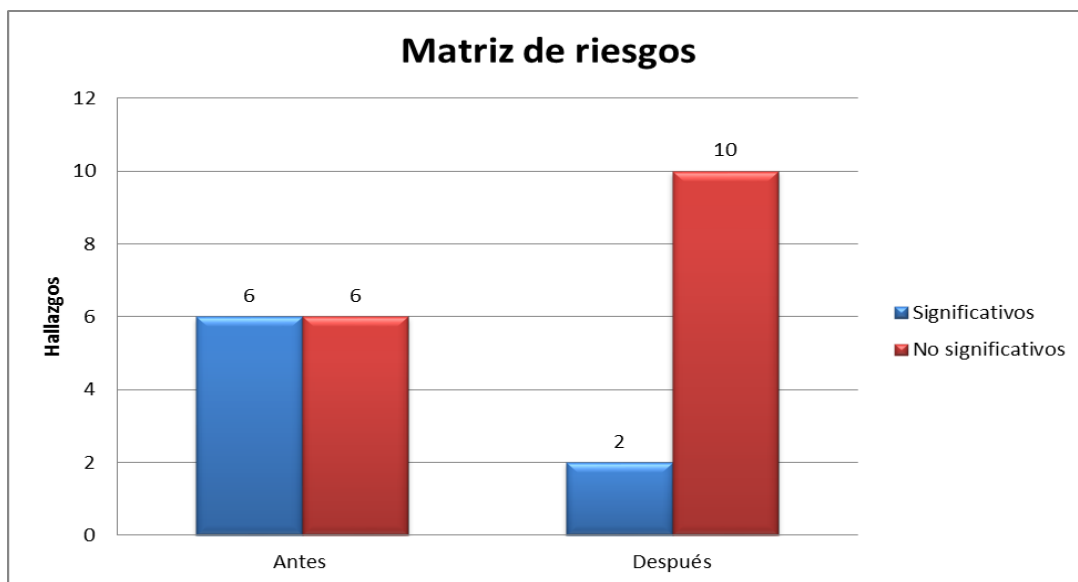


Figura 5.13. Hallazgos procedentes de la matriz de riesgos.

Como se observa en la gráfica se redujo en un 33% el hallazgo de tipo significativo, que se centraba en riesgos con respecto a la altura de fresadoras y al ruido. En el primer caso se proporcionó a los operadores de un banquillo (que también funciona como reposapiés, ver figura 5.14) a fin de ajustar la altura en fresadoras. En el caso del ruido se implementó la medida del uso obligatorio de tapones.



Figura 5.14. Operador sobre banquillo para ajustar altura.

5.5.2. Medidas antropométricas

Se tomaron en consideración los segmentos de medidas antropométricas que se emplearon en el diseño de la estación de trabajo, los cuales aparecen en la tabla 5.6 y 5.7.

Tabla 5.6. Mediciones antropométricas al percentil del 95 consideradas en el diseño de estación

		Edad (años)	30	38	20	38	23	45			
		Peso (kg)	75	69	80	95	110	98			
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	$\bar{x}$	s	P 95
2	Estatura completa	3.2	169	166	184	176	179	178	175.12	6.68	186.11
3	Cintura al piso	3.2	97	94	108	102	101	104	100.79	4.98	108.99
5	Codo al piso	3.2	113	109	121	116	120	116	115.69	4.45	123.00
7	Muñeca al piso	3.2	87	84	95	89	90	90	89.04	3.66	95.06
8	Gluteo final piso	3.2	78	75	90	83	84	81	81.56	5.19	90.10
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	165	166	185	181	187	178	176.57	9.44	192.11
21	Máxima extensión de codos	3.7	92	83	98	93	99	97	93.33	5.92	103.08
26	Anchura del tórax	3.9	30	30	31	35	38	36	33.04	3.44	38.71
29	Cabeza al piso	3.10	131	127	131	128	128	133	129.63	2.34	133.48
33	Rodilla al piso	3.10	54	53	62	59	61	61	58.11	3.88	64.50
39	Codo al dedo medio	3.11	46	42	48	47	49	48	46.55	2.50	50.67
46	Ancho de cadera	3.13	38	42	39	43	46	42	41.50	2.88	46.23

Tabla 5.7. Mediciones antropométricas al percentil del 5 consideradas en el diseño de estación

		Edad (años)	30	38	20	38	23	45			
		Peso (kg)	75	69	80	95	110	98			
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	$\bar{x}$	s	P 5
2	Estatura completa	3.2	169	166	184	176	179	178	175.12	6.68	164.12
3	Cintura al piso	3.2	97	94	108	102	101	104	100.79	4.98	92.60
5	Codo al piso	3.2	113	109	121	116	120	116	115.69	4.45	108.38
7	Muñeca al piso	3.2	87	84	95	89	90	90	89.04	3.66	83.03
8	Gluteo final piso	3.2	78	75	90	83	84	81	81.56	5.19	73.02
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	165	166	185	181	187	178	176.57	9.44	161.04
21	Máxima extensión de codos	3.7	92	83	98	93	99	97	93.33	5.92	83.59
26	Anchura del tórax	3.9	30	30	31	35	38	36	33.04	3.44	27.37
29	Cabeza al piso	3.10	131	127	131	128	128	133	129.63	2.34	125.79
33	Rodilla al piso	3.10	54	53	62	59	61	61	58.11	3.88	51.73
39	Codo al dedo medio	3.11	46	42	48	47	49	48	46.55	2.50	42.43
46	Ancho de cadera	3.13	38	42	39	43	46	42	41.50	2.88	36.77

En base a las medidas corporales de la población se ajustó el lugar de trabajo.

5.5.3. Sensación térmica

Se llevó a cabo la comparación de los índices de sensación térmica y los valores del voto medio estimado (ver figuras 5.15 y 5.16).

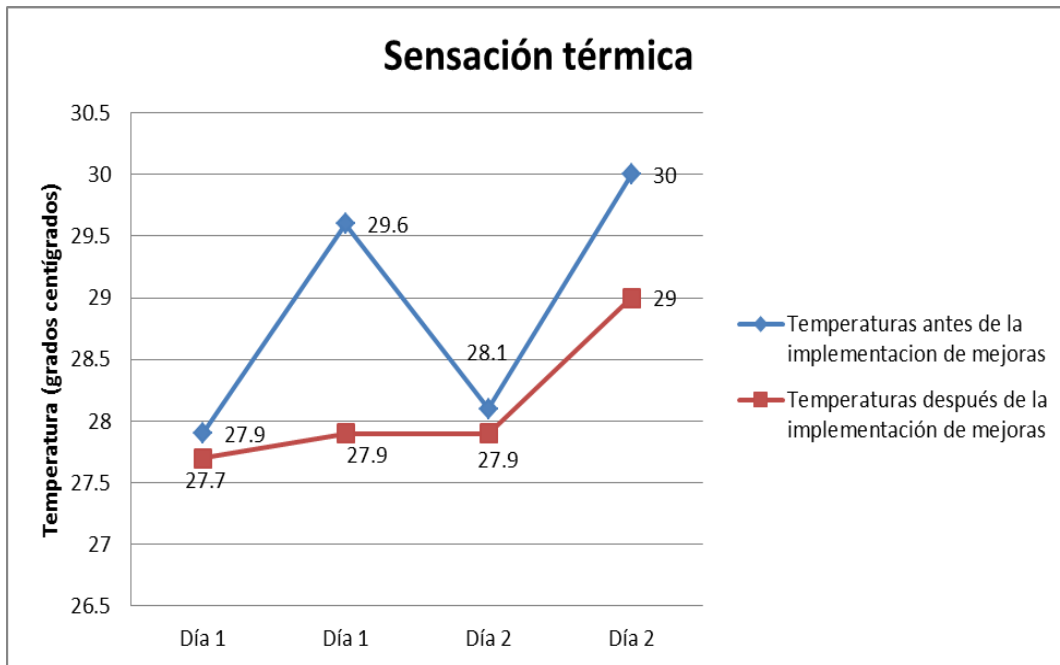


Figura 5.15. Gráfica comparativa de sensación térmica antes y después de la implementación

Como se puede apreciar en la gráfica de la figura 5.15, las temperaturas en color azul representan aquellos datos obtenidos antes de la implementación de mejoras. Los valores registran medidas más bajas por las mañanas de 27.9 y 28.1 grados centígrados, mientras que los mismos días por la tarde se registra un aumento.

En el caso de las lecturas de temperaturas después de la implementación, existe un comportamiento similar, pero más suavizado en el que el promedio de la temperatura fluctúa en 28.1 grados. La mejora del indicador temperatura se muestra en la tabla 5.8

Tabla 5.8. Porcentajes de mejora en el indicador temperatura (grados centígrados).

Concepto	Día 1	Día1	Día 2	Día 2
Antes de la implementación	27.9	29.6	28.1	30
Después de la implementación	27.7	27.9	27.9	29
Porcentaje de mejora	0.7 %	5.7%	0.7%	3.3%

En todos los casos se registró un decremento en la temperatura, siendo este más importante por la tarde. Los valores en porcentaje fluctúan entre 0.7 y 5.7%.

Una vez que se tienen las temperaturas, se empleó el método FANGER para obtener las mediciones que aparecen en la gráfica de la figura 5.16. Aquellas que aparecen en azul representan los índices de voto medio estimado obtenidos antes de la implementación de mejora, mientras que los índices en rojo fueron tomados como resultado de la mejora.

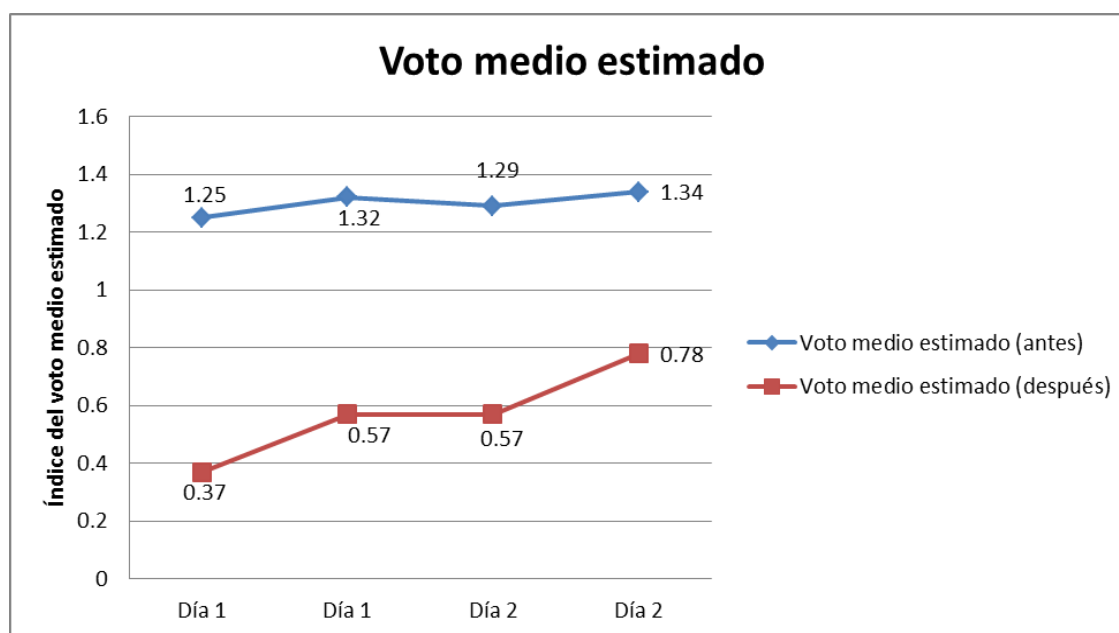


Figura 5.16. Gráfica comparativa del voto medio estimado antes y después de la implementación

Tabla 5.9. Índices del voto medio estimado antes y después de la implementación

Concepto	Día 1	Día1	Día 2	Día 2
Antes de la implementación	1.25	1.32	1.29	1.34
Después de la implementación	0.37	0.57	0.57	0.78
Porcentaje de mejora	70.4%	56.8%	55.8%	44.1%

En todos los casos se registró un decremento en el índice del voto medio estimado (figura 5.9), siendo este más importante en el día 1 (ver sección 5.4.2). Los valores en porcentaje fluctúan entre 44.1 y 70.4%, lo que en otras palabras implica el pasar de una situación **inadecuada** a **satisfactoria** según el método FANGER.

5.5.4. Valoración del método LEST

Una vez que se implementó el prototipo en la estación de trabajo, se procedió a la valoración del ambiente de trabajo mediante el método LEST. Los resultados se muestran en la figura 5.17.

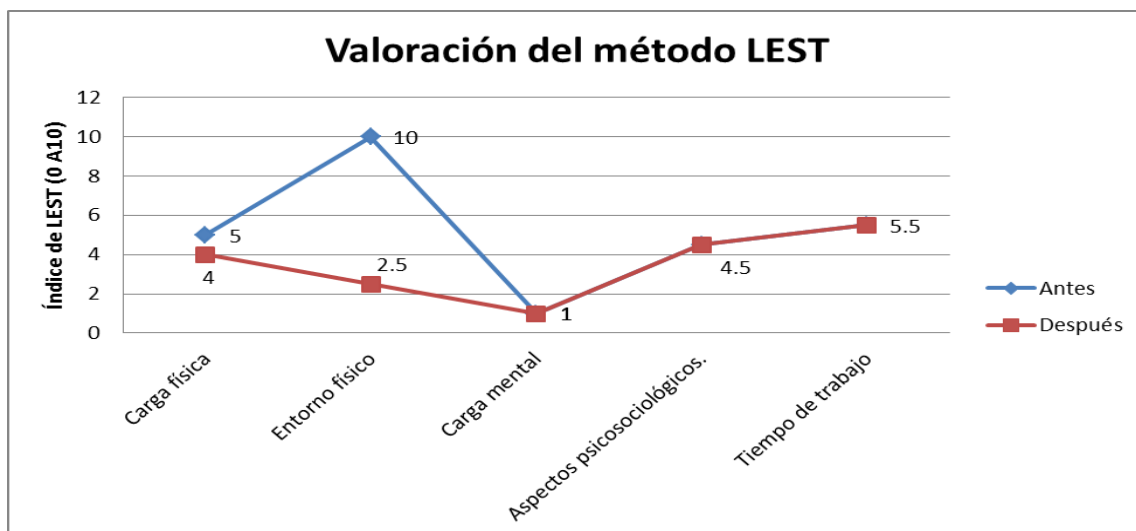


Figura 5.17. Gráfica comparativa del método LEST antes y después de la implementación.

Como se puede observar en la figura 5.17, en lo que respecta a carga física y entorno físico, los índices sufrieron un decremento lo que se traduce en cambios positivos para las condiciones de operación. En el caso de la carga física, el índice se redujo en un punto quedando en 4, mientras que el entorno físico registró un decremento de 7.5 unidades, por lo que se posiciona en estatus de “situación satisfactoria”. Por su parte los índices de carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo permanecen sin cambio.

5.5.5. Otras mejoras

Además de lo anterior, se registraron las siguientes mejoras:

- 1.-Se contaba con cinco tapetes antifatiga, por lo que se llevó a cabo la adquisición de seis para completar once, a fin de que cada una de las estaciones de trabajo contara con dicho elemento ergonómico.
- 2.-Es importante destacar que la estrategia de la empresa respecto al prototipo diseñado es la repetición del mismo de manera que se cuente con una estructura para cada estación, mejorando con ello los indicadores ergonómicos estudiados.
- 3.- La implementación de la estructura ergonómica permite hacer un mayor uso de las extremidades inferiores para accionar dispositivos de control tales como: el semáforo que indica el estatus de actividad (pedales extremo izquierdo), así como el abanico y la fuente de luz (pedales extremo derecho) (Figura 5.18).



Figura 5.18. Pedales de control.

5.6. Conclusiones para evaluar la aceptación o rechazo de la hipótesis

Como se ha podido observar en la sección 5.5 la implementación de las mejoras ha generado un cambio positivo. La hipótesis al inicio de esta tesis planteaba lo siguiente:

“A través de la ejecución de un estudio ergonómico que analice las estaciones de trabajo del centro de maquinado en una empresa del sector metal mecánico, se espera lograr una instalación mejor equipada que disminuya la fatiga mental y física.”

Dicha hipótesis resulta verdadera si nos remitimos a:

- Los conceptos de matriz de riesgos, en donde de 6 hallazgos positivos se redujeron a solamente 2.(ver sección 5.5).
- La sensación térmica que impacta directamente sobre el desempeño se redujo en todos los casos después de la implementación del orden de 0.7 a 5.7%. (ver sección 5.5).
- El índice del voto medio estimado se redujo considerablemente entre valores del 44.1 al 70.4%, conservando una tendencia inicial. (ver sección 5.5)
- Finalmente con respecto al método LEST, se obtiene un excelente índice en carga física, entorno físico y carga mental (4, 2.5 y 1, respectivamente) estableciéndose así las condiciones óptimas para el desempeño de las actividades. (ver sección 5.5).

5.7. Recomendaciones para trabajos futuros.

- Revisión constante de las condiciones ergonómicas actuales y en base a ello elaborar un diagnóstico situacional que pueda derivar en una inspección más profunda sobre aquellos temas críticos.
- Detectar oportunamente molestias físicas constantes para tomar medidas al respecto y no lleguen a ser incapacitantes.
- Generar un manual de ergonomía de fácil interpretación, que sirva como referencia a las condiciones de trabajo y entorno, permitiendo documentar la situación actual y los cambios como resultado de planes de mejora.

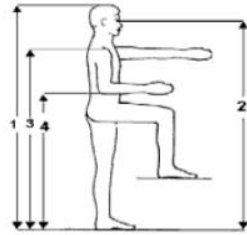
Referencias bibliográficas.

- [1] J. Alberto Cruz G. Ergonomía Aplicada. ECOE Ediciones. Tercera edición. Bogotá. 2006. pp 247.
- [2] www.definicion.de/ergonomia/ (accesado el 10 de septiembre de 2012)
- [3] Dr. José J. Cañas Delgado. Psicología-online. 227. 2003. 66-70
- [4] Ergotools Luján. Buenos Aires, Argentina. www.ergotools.com.ar/ (accesado el 12 de septiembre de 2012)
- [5] Universidad Complutense Madrid. Recomendaciones ergonómicas y psicosociales. 109. <http://pendientedemigracion.ucm.es/cont/descargas/documento33759.pdf?pg=cont/descargas/documento33759.pdf> (accesado el 22 de Septiembre de 2012)
- [6] F. Javier Llanea Álvarez. Ergonomía y psicosociología aplicada, manual para la formación del especialista. Editorial: Lex Nova. Treceava edición. Madrid. 2009. pp 555.
- [7] Fundación Educativa Héctor A. García. [www.salonhogar.net/Enciclopedia/Conoce tu cuerpo/Sistema muscular/indice.htm](http://www.salonhogar.net/Enciclopedia/Conoce_tu_cuerpo/Sistema_muscular/indice.htm) (accesado el 10 de Noviembre de 2012)
- [8] Roque Ricardo Rivas. Ergonomía en el diseño y la producción industrial. Nobuko. Primera edición. Buenos Aires. 2007. Pp 539.
- [9] Ph D. Vivian H. Heyward. Evaluación y prescripción del ejercicio. Ed. Paidotribo. Segunda edición. Barcelona. 2001. pp 277.
- [10] <http://people.unica.it/pau/files/2012/04/L10-LMF.pdf> (accesado el 10 de Noviembre de 2012)
- [11] Castro, E.; Múnera, J.; Sanmartín, M.; Valencia, N.; Valencia, N.; González, E. Revista Educación Física y Deporte. Funámbulos Editores. Vol. 30. 2011. pp. 389-399.
- [12] www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1236 (accesado el 30 de Noviembre de 2012)
- [13] Niebel B. W., Freivalds A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfaomega. Onceava. Ciudad de México. 2004. pp 736
- [14] www.tecnologiartools.blogspot.mx/2012/01/ergonomia.html (accesado el 30 de Noviembre de 2012)
- [15] <http://itzel501.blogspot.mx/2011/09/ergonomia.html> (accesado el 15 de Diciembre de 2012) (accesado el 30 de Noviembre de 2012)

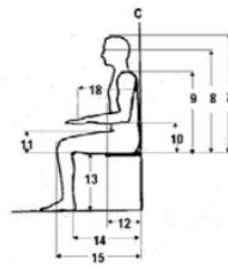
- [16] Gabinete Confederal de Salud y Seguridad de España. <http://www.usoasturias.com/prevencion/ergonomia.pdf> (accesado el 30 de Noviembre de 2012)
- [17] MC. Héctor Miguel Gastélum González. Memorias del VI Congreso Internacional de Ergonomía (Sociedad de Ergonomistas de México, A.C.). 2004.89-98
- [18] http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/puestodetrabajo/default3.asp (accesado el 10 de Enero de 2013)
- [19] www.aenor.com/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0046047&PDF=Si#.UTVZsFeWzHk (accesado el 15 Febrero de 2013)
- [20] Sociedad de Ergonomistas de México, <http://www.semec.org.mx/index.php/ergonomia/analisis.html> (accesado el 20 de Febrero de 2013)
- [21] Ulises Arturo Plascencia Muñoz. Análisis ergonómico de las Aulas del nuevo campus de la Unidad de Ciencias Económico Administrativas (UCEA) de la Universidad de Guanajuato. Memorias del VI Congreso Internacional de Ergonomía (Sociedad de Ergonomistas de México, A.C.). 2004. 118-128.
- [22] Diana Carolina Huertas Noguera. Diagnóstico del estudio ergonómico en la Universidad Militar de Nueva Granada. Vol. 16. 002. 2006. 117-121.
- [23] Oliverio García. Carlos Uribe. Fernando Varela. Javier Pinto. Matriz de identificación y evaluación de peligros y riesgos. 2008.
- [24] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/aspectosmetodologicos/DocumentosTecnicos/proc_est.aspx (accesado el 20 de Marzo de 2013)
- [25] <http://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf> (accesado el 20 de Marzo de 2013)
- [26] Mondelo R. Pedro, Gregori Enrique, Barrau Pedro, Ergonomía 1. Fundamentos. Ed. Universidad Politécnica Complutense. Primera edición. Barcelona, España. 2001. pp 196
- [27] Mondelo R. Pedro, Gregori Enrique, Barrau Pedro, Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo. Ed. Universidad Politécnica Complutense. Primera edición. Barcelona, España. 1998. pp 246.
- [28] McCormick Ernest James, Sanders Mark S., Human Factors in engineering and design. Ed. McGraw-Hill. Séptima edición. Estados Unidos. 1993. Pp 704.

- [29] Ministerio de trabajo e inmigración de España, Universidad Politécnica de Valencia, Métodos de evaluación ergonómica en línea y soluciones prácticas para mejorar la seguridad, la salud y las condiciones de trabajo. (Lista de verificación, método FANGER y método LEST). 2006
- [30] Pablo Hernández. Manual de ergonomía: incrementar la calidad de vida en el trabajo. Ed. Formación Alcalá. Segunda edición. España. 2007. pp 476.
- [31] J.J. Castillo y Prieto. Condiciones de trabajo, un enfoque renovador de la sociología del trabajo. Ed. Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS) Lex Nova. Séptima edición. Madrid, España. 2006. pp 386.
- [32] Fernández Ríos Manuel. Evaluación de las condiciones de trabajo: Método del análisis ergonómico del puesto de trabajo. Ed. Díaz de Santos S.A. Primera edición. Madrid, España. 1995. pp 413.
- [33] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Condiciones de trabajo y salud. Ed. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo (CNCT). Segunda edición. Barcelona, España. 1990. pp 175
- [34] www.ergoprojects.com/articulo.php?id_articulo=27 , (accesado el 5 de Agosto de 2013)
- [35] www.ergoprojects.com/contenido/articulo.php?id_articulo=26, (accesado el 5 de Agosto de 2013).
- [36] Ministerio de Empleo y Seguridad Social de España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Real Decreto 486 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. 1997
- [37] RiesgoLab Consulting Group S.R.L., www.ergosoft.com.ar, (accesado el 5 de Septiembre de 2013) Buenos Aires, Argentina.
- [38] Johanell Urbina. Estudio ergonómico en las actividades de operación de las máquinas de formado de cerchas. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de sucre. Venezuela. 2009. pp 10.
- [39] www.ergonautas.com, (accesado el 30 de octubre de 2013)

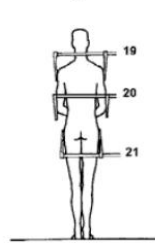
APÉNDICE A. SEGMENTOS ANTROPOMÉTRICOS.



1. Estatura (altura del cuerpo)
2. Altura de los ojos
3. Altura de los hombros
4. Altura del codo



7. Altura sentado
8. Altura de los ojos
9. Altura de los hombros
10. Altura del codo
11. Espesor del muslo
12. Espesor del abdomen
13. Altura poplítea
14. Longitud poplíteo-trasero
15. Longitud rodilla trasero
18. Longitud codo-puño



16. Alcance máximo
17. Alcance del puño
19. Anchura de hombros
20. Anchura entre codos
21. Anchura caderas
5. Altura del puño

APÉNDICE B. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EVALUAR LA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA DESARROLLO DE ACTIVIDADES SENTADO, EN OPERACIONES DE USO DE COMPUTADORA Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE PIE.

Estación para trabajar sentado		Sí	No
1.	¿Es fácil ajustar la silla según las siguientes características?	☐	☐
a.	la altura del asiento es ajustable entre 15 y 22 pulgadas	☐	☐
b.	el ancho del asiento tiene un mínimo de 18 pulgadas	☐	☐
c.	la profundidad del asiento tiene entre 15 y 16 pulgadas	☐	☐
d.	el asiento puede inclinarse $\pm 10^\circ$ respecto a la horizontal	☐	☐
e.	el respaldo tiene soporte lumbar	☐	☐
f.	el tamaño mínimo del respaldo es 8 x 12 pulgadas	☐	☐
g.	el respaldo puede moverse de 7 a 10 pulgadas sobre el asiento	☐	☐
h.	el respaldo puede moverse de 12 a 17 pulgadas al frente del asiento	☐	☐
i.	la silla tiene un soporte de cinco patas	☐	☐
j.	tiene rodajas y pivote para tareas que requieren movimiento	☐	☐
k.	la cubierta o tapiz de la silla deja pasar el aire	☐	☐
l.	cuenta con descansapiés (grande, estable y ajustable en su altura y pendiente)	☐	☐
2.	¿Se ha ajustado la silla de manera adecuada?	☐	☐
a.	la altura de la silla se ajustó según la altura popliteal con los pies planos en el suelo	☐	☐
b.	hay un ángulo aproximado de 90° entre el tronco y el muslo	☐	☐
c.	el área lumbar del respaldo está en la parte baja de la espalda (línea del cinturón)	☐	☐
d.	hay suficiente espacio para las piernas (por ejemplo, hacia atrás de la estación de trabajo)	☐	☐
3.	¿Es ajustable la superficie de trabajo?	☐	☐
a.	la superficie de trabajo está más o menos a la altura del codo	☐	☐
b.	la superficie se baja de 2 a 4 pulgadas para ensambles pesados	☐	☐
c.	la superficie se eleva (o se inclina) de 2 a 4 pulgadas para ensambles detallados o tareas de trabajo visual intenso	☐	☐
d.	hay suficiente espacio para los muslos (entre la mesa y la silla)	☐	☐
4.	¿Se alternan las posiciones sentado y de pie o caminar?	☐	☐
Estación de trabajo para computadora		Sí	No
1.	¿Se ajustó primero la silla, después el teclado y el ratón y por último el monitor?	☐	☐
2.	¿Está el teclado tan bajo como se puede sin tocar las piernas?	☐	☐
a.	los hombros están relajados, los antebrazos cuelgan con comodidad y los brazos están abajo de la horizontal (es decir, el ángulo del codo es $> 90^\circ$)	☐	☐
b.	se utiliza una repisa para teclado (más baja que la altura normal de 28 pulgadas para escribir)	☐	☐
c.	el teclado tiene una pendiente para mantener una posición de muñecas neutral	☐	☐
d.	el ratón está colocado al lado del tablero a la misma altura	☐	☐
e.	la silla tiene coderas (ajustables en altura al menos 5 pulgadas)	☐	☐
f.	si no hay coderas, se proporciona descanso para las muñecas	☐	☐
3.	¿Está el monitor entre 16 y 30 pulgadas (casi la longitud del brazo) de los ojos?	☐	☐
a.	la parte superior de la pantalla está un poco abajo del nivel de los ojos	☐	☐
b.	la parte inferior de la pantalla está más o menos 30° abajo del nivel horizontal de los ojos	☐	☐
c.	la posición del monitor tiene un ángulo de 90° de las ventanas para minimizar el reflejo	☐	☐
d.	las ventanas se pueden cubrir con cortinas o persianas para reducir la luz brillante	☐	☐
e.	el monitor está inclinado para minimizar el reflejo de la luz del techo	☐	☐
f.	si todavía hay reflejo, se usa una pantalla antirreflejante	☐	☐
g.	se usa un sostén de documentos para la transferencia de datos	☐	☐
h.	la tarea visual principal (monitor o documento) está ubicada directamente enfrente	☐	☐
Estaciones de trabajo de pie		Sí	No
1.	¿Es ajustable la superficie de trabajo?	☐	☐
a.	la superficie de trabajo está más o menos a la altura del codo	☐	☐
b.	la superficie se baja de 4 a 8 pulgadas para ensambles pesados	☐	☐
c.	la superficie se eleva (o se inclina) de 4 a 8 pulgadas para ensambles detallados o de trabajo visual intenso	☐	☐
2.	¿Hay suficiente espacio para las piernas?	☐	☐
3.	¿Se proporciona un banco para sentarse/pararse (con altura ajustable)?	☐	☐
4.	¿Se alternan las posiciones sentado y parado?	☐	☐

APÉNDICE C. MODELO DE MATRIZ DE RIESGO, TABLAS DE CLASIFICACIÓN DE PELIGROS, RIESGOS Y PUNTUACIONES.

MATRIZ DE RIESGOS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA													
LUGAR DE ESTUDIO:		Laboratorio de ergonomía de ingeniería industrial UABC Mexicali											
FECHA:		Marzo de 2013											
ÁREA	ACTIVIDAD	CONDICIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIPO Y CLASE DE PELIGRO	ORIGEN DEL PELIGRO	RIESGO (Efecto del Peligro)	CARGOS EXPUESTOS	Nro. de EXPUESTOS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	CALIFICACIÓN DEL RIESGO				PRIORIDAD
									PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	REQUISITO LEGAL	GRADO DE IMPORTANCIA	
ACCESOS PRINCIPAL Y PASILLOS	Libre tránsito de alumnos y docentes	Normal	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Alumnos de licenciatura, maestría, maestros de tiempo completo, de asignatura, jefe de laboratorio, asistentes de laboratorio y coordinador de la carrera de ingeniería industrial	INDETERMINADO	INDETERMINADO	10	10	10	30	NO SIGNIFICATIVO

TABLA DE CLASIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS

TIPO DE PELIGRO: FÍSICO		
CLASE DE PELIGRO	ORIGEN DEL PELIGRO	RIESGO: (Efecto del peligro)
Ruido	Pulidoras Uso excesivo del teléfono Motores Equipos de corte (troqueladoras, esmeriles, pulidoras, etc..)	Alteraciones de la salud (efecto audición baja, trauma acústico, hipertensión arterial, alteraciones del sueño y descanso, estrés, etc.)
Uso vocal prolongado / deficiente técnica vocal	Mal uso de la voz Esfuerzo vocal. Ambientes de trabajo (aire, químicos, gases, etc.) Esfuerzo fonatorio, etc.	Alteraciones de la salud (fatiga vocal, disfonía, carraspeo frecuente, sensación de resequedad, cefalea, etc...)
Temperaturas (calor/frío)	Ambientes de trabajo Cuartos fríos	Alteraciones de la salud (estrés, discomfort térmico, molestia, congelamiento, alteraciones vasculares periféricas).
Iluminación deficiente / excesiva	Mantenimiento de luminarias/ tubos o protectores. Ubicación de luminarias Deficiencia o ausencia de luminarias	Alteraciones de la salud (fatiga visual), dolor de cabeza, deslumbramiento, etc..
Radiaciones no ionizantes	El Sol Lámparas de vapor, halógeno Pantallas de computadora Lámparas fluorescentes, etc. Sistemas de radiocomunicaciones, etc. Estaciones de radio, emisoras, instalaciones de radar, etc.	Alteraciones de la salud (fatiga visual), dolor de cabeza, deslumbramiento, etc..
Radiaciones ionizantes	Rayos X , Gama, Beta, Alfa Lámparas incandescentes Tubos de neón, etc. Lámparas de mercurio Lámparas de gases Lámparas de hidrógeno Arcos de soldadura Lámparas de tungsteno y halógeno	Alteraciones de la salud (efecto cancerígeno, Teratogénico y mutagénico, quemaduras)
Vibraciones	Uso de herramientas manuales como: martillos neumáticos, corte con serruchos, seguetas, etc... Fallas en maquinaria (falta de mantenimiento, etc.)	Alteraciones de la salud (déficit neurovascular, molestia)

TIPO DE PELIGRO: ERGONÓMICO		
CLASE DE PELIGRO	ORIGEN DEL PELIGRO	RIESGO: (Efecto del peligro)
Carga física estática	Postura permanente de pie (bipedestación) Postura permanente sentado (sedente)	Alteraciones de la salud (lesiones osteo musculares, fatiga, alteraciones vasculares, accidentes de trabajo)
Carga física dinámica	Manipulación y levantamiento de cargas, movimientos repetitivos Ej. (digitación, etc.) Esfuerzos en el desplazamiento con carga, o sin carga, etc.	
Diseño de Puesto de trabajo	Altura del puesto de trabajo, ubicación de los controles, mesas, sillas de trabajo, equipos, superficies, etc.	

TIPO DE PELIGRO: CONDICIONES DE INSEGURIDAD		
CLASE DE PELIGRO	ORIGEN DEL PELIGRO	RIESGO: (Efecto del peligro)
Emergencias	Incendio Sismo Inundación Explosión Atentados (acto malintencionado) Infraestructura compartida	* Lesiones a las personas (heridas, accidentes, atrapamiento, fracturas, quemaduras, caídas, traumas, etc...) * Daños a la propiedad
Mecánicos	Condición / manipulación de herramientas manuales (cuchillas, serruchos, etc...) Equipos y elementos de presión Uso de equipos de carga (montacargas, gato hidráulico, etc...) Manipulación de materiales Mecanismos en movimiento.	Lesiones como heridas, accidentes, atrapamiento, fracturas, caídas, traumas, etc...
Eléctricos	Alta y baja tensión Ubicación de cableado Estado de conexiones eléctricas Electricidad estática Transmisores de energía	Alteraciones de la salud (lesiones, quemaduras, shock, fibrilación ventricular, quemaduras, riesgo accidentes, ignición, etc...)
Condiciones de localización	Superficies de trabajo Edificaciones, paredes, pisos, ventanas, techos, estructuras e instalaciones Ausencia o inadecuada señalización Sistemas de almacenamiento Distribución de área de trabajo Falta de orden y aseo Estructuras e instalaciones Salidas	caídas, golpes, accidentes, lesiones, daños a la propiedad, etc...)
Almacenamiento	Superficies de trabajo Manipulación de cargas Ausencia o inadecuada señalización Ausencia o inadecuados equipos de seguridad. Incendios Orden y Aseo	caídas, golpes, accidentes, lesiones, daños a la propiedad, etc...)
Público	Condiciones de orden público Tránsito vehicular Acto malintencionado	Posibles accidentes de trabajo, lesiones a terceros.

Calificación de la Probabilidad de Ocurrencia del Riesgo:

* **(10)** Improbable: "Nunca ha sucedido, su probabilidad de ocurrencia es muy remota. Probabilidad de 5%."

* **(200)** Poco Probable: "Sería una coincidencia rara. Probabilidad de 20%"

* **(500)** Posible: "Es altamente posible que ocurra. Probabilidad de 50%."

* **(1000)** Seguro: Si la situación es

Calificación de la Consecuencia del Riesgo:

* **(10)** Puede generar lesiones leves, daños menores a la propiedad entre US \$ 1 – US\$ 15.000

* **(200)** Puede generar daños con lesiones con incapacidades no permanentes. Daños a la propiedad entre US \$ 15.001 – US \$ 35.000

* **(500)** Puede generar daños con lesiones con incapacidades permanentes Daños a la propiedad entre US \$ 35.001 – US \$ 50.000

* **(1000)** Puede producir la muerte. Daños a la propiedad

Elija de la lista:

* **(10)** SI se cumple la legislación frente al tema

* **(1000)** cuando NO se cumple la legislación.

APÉNDICE D. ENCUESTA DE ERGONOMÍA A TRABAJADORES QUE REALIZAN ACTIVIDADES DE PIE EN EQUIPOS DE INDUSTRIA METAL MECÁNICA.

ENCUESTA ANÁLISIS Y DISEÑO ERGONÓMICO

Trabajadores operativos que realizan actividades de maquinado en posición de pie

Centro de trabajo: _____
Nombre: _____ Edad: _____
Sexo: _____ Peso: _____ Estatura: _____ Antigüedad: _____ Puesto: _____
Turno: _____ Horario de trabajo: _____

Instrucciones: Favor de responder colocando un X cuando la pregunta indique SI ó NO como respuesta. En las preguntas abiertas responda lo más claro posible.

1. En términos generales, existe alguna condición física en las instalaciones que interfiera con la actividades que realiza?. En caso de que sea afirmativa la pregunta 1, descríbala por favor. **SI () NO()**

2. Cuánto tiempo viene realizando este trabajo? _____

3. Trabaja tiempo extra? **SI () NO()** Número de horas promedio por semana _____

4. Ha tenido alguna molestia en su cuerpo durante el último año que pueda ser atribuida a las condiciones de trabajo? **Si la respuesta es NO pase a la pregunta # 12** **SI () NO()**

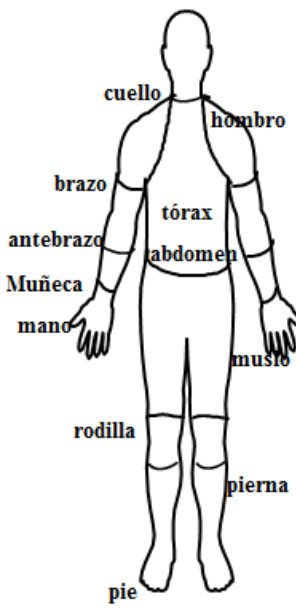
5. Favor de poner una X a la palabra que mejor describa su problema.

() Escalofrío	() Adormecimiento	() Comezón	() Ardor
() Dolor	() Debilidad	() Calambres	() Hinchazón
() Rigidez	() Otros (indique cuáles)	_____	

Marque en la figura las partes del cuerpo donde sienta alguna molestia y especifique en los recuadros en qué grado le afecta (de acuerdo a los números de clasificación que aparecen en la categorías de abajo). No rellene los cuadros sombreados.

Sin molestia (1)	Un poco de molestia (2)	bastante molesto (3)	Insoportable (4)
------------------	-------------------------	----------------------	------------------

PARTE AFECTADA	ANTERIOR		POSTERIOR	
	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA
Cuello				
Hombro				
Tórax				
Abdomen				
Codo				
Brazo				
Antebrazo				
Mano				
Muñeca				
Cadera				
Muslo				
Rodilla				
Pierna				
Tobillo				
Pie				
Espalda alta				
Espalda baja				
Otros				




6. Cuándo notó por primera vez el problema? (en tiempo)

7. Cuánto dura la molestia? (Marque con una X sobre la línea)

Horas _____ 1 día _____ 1 semana _____ 1 mes _____ 6 meses _____
 Más de 6 meses _____

8. Cuántas veces se ha repetido en el último año? _____

9. Qué piensa que causó el problema? _____

10. Cómo calificaría este problema? (Marque con una X en la línea)

Sin molestia	Un poco de molestia	bastante molesto	Insoportable
--------------	---------------------	------------------	--------------

11. Ha tenido que faltar a su trabajo a causa de este problema?

SI () NO ()

En caso de ser afirmativo especifique el número de días de incapacidad _____

12. Cómo considera su puesto de trabajo? (Marque con una X)

☐ Malo	☐ Regular	☐ Bueno	☐ Excelente
-------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	------------------------------------

Explique por qué?

13. Del 1 al 10, establezca una calificación para las siguientes características de su entorno.

	Iluminación		Altura de la mesa		Equipo y herramienta
	Temperatura		Ruido		Otros:
	Silla		Ventilación		
	Altura de la silla		Distancia de componentes a ensamblar		

12. Si estuviera en sus manos realizar algún cambio en su puesto de trabajo para incrementar el confort en el desarrollo de sus actividades que implementaría?

APÉNDICE E. ENCUESTA DE ERGONOMÍA A ESTUDIANTES DEL LABORATORIO.

ENCUESTA ANÁLISIS Y DISEÑO ERGONÓMICO Alumnos de licenciatura en Ing. Industrial que cursan la asignatura de ergonomía en UABC

Centro de Estudio: _____

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: _____ Estatura: _____ Peso: _____ Fecha: _____

Instrucciones: favor de responder colocando un X cuando la pregunta indique SI ó NO como respuesta. En las preguntas abiertas responda lo más claro posible.

1. Considera que el laboratorio de ergonomía cuenta con los elementos óptimos para llevar a la práctica lo que se ve teóricamente en clase?

No	Casi nunca	Regularmente	Si
----	------------	--------------	----

Explique brevemente por qué?

2. A su juicio, ¿las prácticas que se desarrollan en el laboratorio de ergonomía tienen relación con el enfoque real de la industria?

No	Casi nunca	Regularmente	Si
----	------------	--------------	----

¿Por qué?

3. Marque algunos de los temas que se han visto como prácticas en el laboratorio de ergonomía.

☐	Clasificación de ergonomía	☐	Fatiga muscular	☐	Temperatura
☐	Antropometría	☐	Fatiga mental	☐	Método LEST
☐	Diseño de estación	☐	Iluminación		
☐	Método Rula	☐	Ruido		

Otro: _____

4. ¿Considera que las instalaciones del laboratorio de ergonomía cumplen con aspectos básicos de la materia?

No	Casi nunca	Regularmente	Si
----	------------	--------------	----

Si su respuesta es negativa, indique que aspecto no cumple y por qué:

	Iluminación		Altura de la mesa		Equipo y herramienta
	Temperatura		Ruido		Otros:
	Silla		Ventilación		
	Altura de la silla		Distancia de componentes a ensamblar		

5. En porcentaje, ¿qué tan confortable le resulta el laboratorio de ergonomía en los siguientes aspectos?

	Iluminación		Altura de la mesa		Equipo y herramienta
	Temperatura		Ruido		Otros:
	Silla		Ventilación		
	Altura de la silla		Distancia de componentes a ensamblar		

6. ¿Existe algún elemento del laboratorio que le resulte verdaderamente incómodo?

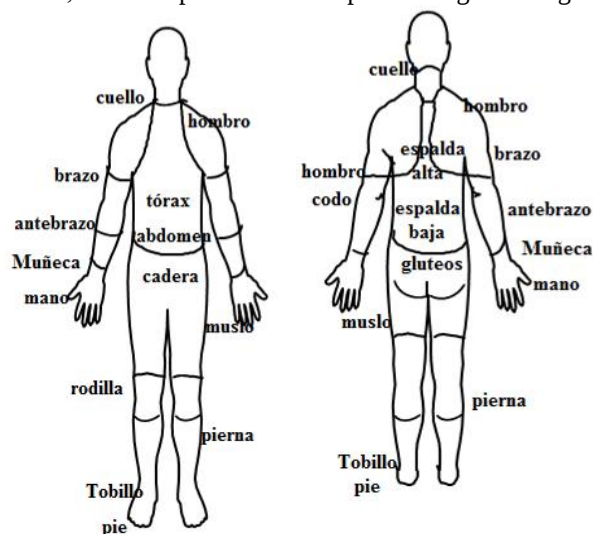
No	Casi nunca	Regularmente	Si
----	------------	--------------	----

Si su respuesta anterior es afirmativa, indique cuál y por qué.

7. Al realizar las prácticas en el laboratorio ¿ha sentido alguna molestia en alguna parte de su cuerpo?

No	Casi nunca	Regularmente	Si
----	------------	--------------	----

Si su respuesta es afirmativa, señale la parte de su cuerpo en la siguiente figura



8. Si pudiera llevar a cabo una mejora del laboratorio de ergonomía, ¿qué implementaría y por qué?_____

9. Si pudiera asignar una calificación del 1 al 10 (siendo 1 la más baja y 10 la más alta) que calificación le daría al laboratorio de ergonomía y por qué?.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

10. Considera que le sería útil un medio audiovisual en su estación de trabajo (por ejemplo: un monitor), de manera que le muestre detalladamente y paso a paso la forma en que deben ensamblarse nuevos productos?

Si	No
----	----

¿Porqué?_____

APÉNDICE F. GUÍA DE ENTREVISTA EN ERGONOMÍA A INDUSTRIAS Y PERSONAL DOCENTE.

GUÍA DE ENTREVISTA ANÁLISIS Y DISEÑO ERGONÓMICO

Personal relacionado con la ergonomía

Centro de trabajo: _____

Nombre: _____

Edad: _____ Fecha: _____

Personal de la industria:

1. ¿Qué papel juega la antropometría en la organización?
2. ¿Existe una comisión, área o departamento que coordine acciones encaminadas a mejorar las condiciones ergonómicas de trabajo?
3. ¿Se han presentado lesiones de trabajo atribuibles a condiciones antiergonómicas?
4. ¿Se aplican de manera directa los reglamentos de seguridad e higiene hacia la regulación de la ergonomía en los espacios de trabajo?
5. ¿Realiza la STPS auditorías en la empresa para verificar condiciones ergonómicas?
6. ¿Cuál es la principal habilidad que deben desarrollar los estudiantes de ingeniería industrial en materia de ergonomía?
7. ¿Alguna vez se ha realizado un estudio ergonómico o de antropometría?
8. ¿Considera importante que los alumnos egresados de ingeniería industrial de la UABC tengan un pleno conocimiento del diseño de estaciones de trabajo con enfoque ergonómico?
9. Desde su perspectiva, ¿qué rol juega la ergonomía en el desarrollo de actividades repetitivas?
10. ¿Qué le parece la idea de contar con una estación de trabajo que a través de un medio audiovisual autocapacite a los empleados operativos?
11. A su juicio, ¿qué factor ergonómico (iluminación, temperatura, mobiliario, equipo, ruido, etc.) puede llegar a entorpecer la productividad en actividades repetitivas?
12. Podría proporcionar un estimado del porcentaje de eficiencia o productividad en algún proceso de ensamble repetitivo que se lleve a cabo en posición sentado.

Personal de la institución educativa:

1. ¿Qué papel juega la ergonomía en el laboratorio de esta materia?
2. ¿Qué habilidades desarrollan los estudiantes de ingeniería industrial en materia de ergonomía?
3. ¿Qué le parece la idea de contar con una estación de trabajo que a través de un medio audiovisual autocapacite a los usuarios simulando una actividad de ensamble?
4. ¿Cuáles son algunos de los temas de prácticas en clase de ergonomía?
5. ¿Existe alguna práctica que aborde los temas de índole legal en materia de ergonomía?
6. ¿Qué le hace falta al laboratorio de ergonomía para lograr una mayor funcionalidad?

7. ¿Con qué equipo cuenta para desarrollar las prácticas de ergonomía actualmente?, ¿están en buen estado?

APÉNDICE G. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS CON MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y PERCENTIL AL 95

		Edad (años)	20	21	20	20	20	22	20
		Peso (kg)	55	72	80	90	82	88	75
	Medida (cm)	Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7
1	Cabeza	3.2	14.8	15.7	15.5	15.7	16	15.3	16.6
2	Estatura completa	3.2	161	166.6	178.2	185.9	179.6	185	175
3	Cintura al piso	3.2	99.5	100.7	109.5	176.5	110.5	114.5	103.8
4	Ojo al piso	3.2	150	154.5	166.5	176.5	166.5	173	163.8
5	Codo al piso	3.2	103	105.1	108.5	120.7	114	118	111.6
6	Anchura de acromion	3.2	38.9	43.3	45.7	45.4	47	44.3	42.5
7	Muñeca al piso	3.2	78.3	79.8	89.2	92.5	85.5	94.3	90.7
8	Gluteo final piso	3.2	70.4	74	83.9	85.6	80	88.9	82
9	Dedo medio al acromion	3.2	70	73	77.5	83.56	79.5	84.5	77
10	Acromión al piso	3.2	133.3	134.8	147	158.6	150.1	154.5	147
11	Dedo medio al piso	3.2	61.4	60.1	69.4	71.9	67.7	67.3	71
12	Muñeca al pulgar	3.3	13.6	14	15.7	13.5	14.7	17	17.5
13	Anchura de metacarpos	3.3	7.5	9	8.3	8	9	9.5	7.5
14	Muñeca al dedo medio	3.3	19	20	21	22	21	22.4	17.5
15	Ancho de cuello	3.4	9.9	11	12	11.5	12.5	11.1	11.5
16	Ancho de cadera	3.4	32	32.3	39.5	32.6	34.5	34.5	34.5
17	Ancho del tronco	3.4	30	30	37	30.6	32	32.5	32.5
18	Espalda al dedo medio	3.5	88	80.5	88.9	92	96.5	96.5	86.5
19	Espalda al dedo pulgar	3.5	89.5	74.7	84.5	84	88.5	91	75.5
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	158.5	166	181	189.5	186	191	174.5
21	Máxima extensión de codos	3.7	86.2	89	96	100	103	96.5	100
22	Perímetro longitudinal del cráneo	3.8	27.4	30.5	33	30	31	29	33.5
23	Anchura de maxilares	3.8	12.7	12.1	15.5	12.6	14.5	14.2	13.5
24	Perímetro transversal del cráneo	3.9	26.5	29	30	29	29.5	27.8	36
25	Perímetro del tórax	3.9	89	92.3	118	100	107	111.4	96
26	Anchura del tórax	3.9	28.5	31.3	34	31	33.7	34.5	32.5
27	Perímetro de la cadera	3.9	91.8	81	115	95.5	103	96	111
28	Anchura de cabeza	3.10	14.7	15.2	16.7	15.8	16	15.6	18.3

		Edad (años)	20	20	22	20	20	21	21	24
		Peso (kg)	55	56	52	70	67	79	76	83
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 8	OBS. 9	OBS. 10	OBS. 11	OBS. 12	OBS. 13	OBS. 14	OBS. 15
1	Cabeza	3.2	16	15.5	14.18	15.5	15.5	15.7	15.6	15.4
2	Estatura completa	3.2	160.7	160.4	163.5	179	162	169	176	172
3	Cintura al piso	3.2	97.9	95.1	93.4	109	93	107	108	115
4	Ojo al piso	3.2	148.2	147.5	149.5	165	92	157	155	158
5	Codo al piso	3.2	106.5	102.6	106.2	116	109	111	114	115
6	Anchura de acromion	3.2	42	41	39	42	40	41.5	41	40.5
7	Muñeca al piso	3.2	77	82	78	91	80.5	85	89	85
8	Gluteo final piso	3.2	73	73	73.5	79	73.5	75.5	78	82.5
9	Dedo medio al acromion	3.2	72	73.5	73.5	77	73	77.5	77	75
10	Acromión al piso	3.2	133	134	137	149	134	146	147	146
11	Dedo medio al piso	3.2	65	62	63	73.5	67.2	65	65.4	69
12	Muñeca al pulgar	3.3	12	14.5	12.5	15.5	12	13	14	13
13	Anchura de metacarpos	3.3	7	6.7	6.5	9	9.3	10.5	9	9
14	Muñeca al dedo medio	3.3	16.5	19.5	18	18.5	19	20	20	19
15	Ancho de cuello	3.4	10	9.3	10	10	10	11	11	10
16	Ancho de cadera	3.4	34.5	33	33.5	34	32	37.7	39	41
17	Ancho del tronco	3.4	27.5	28.5	25.5	32.5	32.4	32	33	34.5
18	Espalda al dedo medio	3.5	75.5	79.5	74.5	81.9	81.1	80.1	79	80
19	Espalda al dedo pulgar	3.5	63.5	69.5	72	76	71.5	77.5	74	75
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	159	162	163	174	162	175	175	172
21	Máxima extensión de codos	3.7	92.3	90.5	90	90	89	98	92	94
22	Perímetro longitudinal del cráneo	3.8	32.5	31.5	30.5	30	28	31	32	30
23	Anchura de maxilares	3.8	10.5	11	10.5	11.7	10.6	12.1	12	10.2
24	Perímetro transversal del cráneo	3.9	31.5	32.5	32.5	27	26	29	28	26.5
25	Perímetro del tórax	3.9	100	99	84	96	92	91	98	96
26	Anchura del tórax	3.9	26.7	29	25.6	29.5	28	28	30	31.5
27	Perímetro de la cadera	3.9	117	116	111	112	102	116	120	128
28	Anchura de cabeza	3.10	18.6	18	18.5	18.5	19	18.1	18.7	18.3

Medida (cm)		Ref. Figura	$\bar{X}$	s	P 05	P 95	P 99
1	Cabeza	3.2	15.51	0.54	14.62	16.40	16.77
2	Estatura completa	3.2	171.16	8.96	156.42	185.90	192.00
3	Cintura al piso	3.2	106.49	20.06	73.50	139.48	153.14
4	Ojo al piso	3.2	151.52	19.58	119.31	183.73	197.06
5	Codo al piso	3.2	110.49	5.51	101.44	119.55	123.30
6	Anchura de acromion	3.2	42.14	2.44	38.13	46.16	47.82
7	Muñeca al piso	3.2	84.83	5.72	75.41	94.24	98.14
8	Gluteo final piso	3.2	77.83	5.49	68.80	86.87	90.61
9	Dedo medio al acromion	3.2	76.04	4.07	69.35	82.73	85.51
10	Acromión al piso	3.2	142.96	8.39	129.17	156.76	162.47
11	Dedo medio al piso	3.2	66.37	3.97	59.84	72.90	75.61
12	Muñeca al pulgar	3.3	13.99	1.68	11.23	16.75	17.89
13	Anchura de metacarpos	3.3	8.23	1.15	6.34	10.12	10.91
14	Muñeca al dedo medio	3.3	19.43	1.62	16.76	22.10	23.21
15	Ancho de cuello	3.4	10.65	0.91	9.15	12.15	12.77
16	Ancho de cadera	3.4	34.76	2.91	29.97	39.55	41.54
17	Ancho del tronco	3.4	31.12	2.83	26.47	35.77	37.69
18	Espalda al dedo medio	3.5	83.51	7.00	71.99	95.03	99.80
19	Espalda al dedo pulgar	3.5	77.02	8.00	63.86	90.18	95.63
20	Maxima amplitud de brazos	3.6	171.94	10.81	154.16	189.73	197.09
21	Máxima extensión de codos	3.7	93.53	4.93	85.42	101.64	105.00
22	Perímetro longitudinal del cráneo	3.8	30.57	1.72	27.74	33.40	34.57
23	Anchura de maxilares	3.8	12.06	1.61	9.41	14.71	15.81
24	Perímetro transversal del cráneo	3.9	29.16	2.76	24.62	33.70	35.58
25	Perímetro del tórax	3.9	97.29	8.77	82.86	111.71	117.68
26	Anchura del tórax	3.9	30.03	2.70	25.59	34.47	36.30
27	Perímetro de la cadera	3.9	106.22	12.50	85.66	126.78	135.29
28	Anchura de cabeza	3.10	17.21	1.49	14.76	19.65	20.66

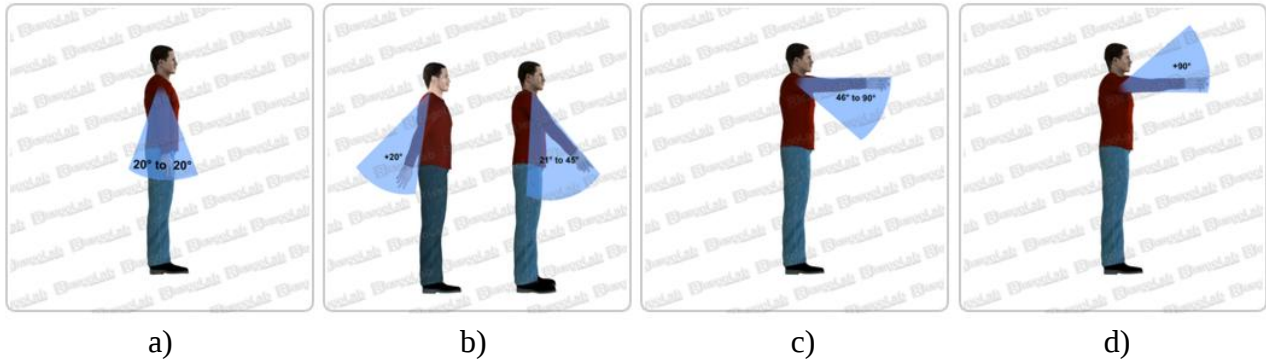
		Edad (años)	20	21	20	20	20	22	20
		Peso (kg)	55	72	80	90	82	88	75
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7
29	Cabeza al piso	3.10	123	125	128	135	132	136	128
30	Codo al glúteo	3.10	22.2	25	22.5	20.5	22	24.5	25
31	Región glúteo	3.10	20.2	23	20	18	20	21.5	22.5
32	Glúteo inferior al piso	3.10	48	50	55	63	56	62	47.5
33	Rodilla al piso	3.10	51.7	51.4	61	63	54	62.8	48
34	Tibia al piso	3.10	40	40	51	60	52	60	41.5
35	Dedo del pie al piso	3.10	1	1	2	3	2	2.5	2
36	Cabeza maxilar inferior	3.11	23.1	21.7	22.5	22.3	21.8	21.4	21.6
37	Cabeza glúteo	3.11	81	80	85	93	86	92	89.5
38	Ojo glúteo	3.11	67	72.9	81	74	72	78	73.5
39	Codo al dedo medio	3.11	43.5	45	48.4	51	47	52.4	46.5
40	Rodilla glúteo	3.11	51	52.5	53	61	54	60	54.5
41	Poplítea al glúteo	3.11	44	44.5	54	49.3	50	51	44
42	Pie	3.11	25	27.9	27.5	30.5	31	32.3	22.3
43	Dedo medio al glúteo	3.12	122	125.5	135	139.3	137.5	141.5	127
44	Muñeca al glúteo	3.12	116.8	119	128	131.5	133.5	135.3	113.5
45	Acromión al glúteo	3.13	55.3	56.6	60	61.8	59	66	61
46	Ancho de cadera	3.13	29	29	37	31	36.5	33.9	37
47	Anchura de hombros levantados	3.13	33.7	32.9	41	38.6	39.4	40.8	39
48	Perímetro de la región glútea	3.13	61	48	54	62	55	60	59

		Edad (años)	20	20	22	20	20	21	21	24
		Peso (kg)	55	56	52	70	67	79	76	83
Medida (cm)		Ref. Figura	OBS. 8	OBS. 9	OBS. 10	OBS. 11	OBS. 12	OBS. 13	OBS. 14	OBS. 15
29	Cabeza al piso	3.10	126	122	129	143	143	145	146	144
30	Codo al glúteo	3.10	22	22.5	25	29	25	33	34	31.5
31	Región glúteo	3.10	21	20	21.5	28	28	21	25	29
32	Glúteo inferior al piso	3.10	47.6	47.5	47	56	57	57	56	56
33	Rodilla al piso	3.10	46	49	48.5	60	56.5	60	62	57
34	Tibia al piso	3.10	38	39.5	37.5	52	49	52	51	51.5
35	Dedo del pie al piso	3.10	2	1	1	2.5	1.5	2	2	2
36	Cabeza maxilar inferior	3.11	19.5	19	20.1	21	19.7	19.5	23	19.6
37	Cabeza glúteo	3.11	84	81.5	79	86	83	89.3	89.2	87.5
38	Ojo glúteo	3.11	72.5	67.5	69	74.7	67	81	76	79
39	Codo al dedo medio	3.11	44	43.5	42	47.5	44	48.5	45	46.5
40	Rodilla glúteo	3.11	51.5	49.5	50.5	54	48	58	53.2	56.5
41	Poplítea al glúteo	3.11	41	49	39	45	40	43	45	42
42	Pie	3.11	21.5	22	23	28	26	26	25.4	24
43	Dedo medio al glúteo	3.12	127	121	120	102	103	121	115	121
44	Muñeca al glúteo	3.12	117	111	110	95	96	111	105	112
45	Acromión al glúteo	3.13	59	59	60	59	51	58	57	59
46	Ancho de cadera	3.13	36.5	38	35	36.5	31.7	38.2	30	39.5
47	Anchura de hombros levantados	3.13	38.5	39.3	36.5	42	41	39.3	43	40.5
48	Perímetro de la región glútea	3.13	62	59	59	48	45	53	49	55.5

	Medida (cm)	Ref. Figura	$\bar{x}$	s	P 05	P 95	P 99
29	Cabeza al piso	3.10	133.15	8.62	118.97	147.34	153.21
30	Codo al glúteo	3.10	24.98	4.28	17.94	32.03	34.95
31	Región glúteo	3.10	22.15	3.38	16.59	27.71	30.01
32	Glúteo inferior al piso	3.10	53.21	5.38	44.36	62.06	65.72
33	Rodilla al piso	3.10	54.78	5.96	44.98	64.58	68.64
34	Tibia al piso	3.10	46.52	7.65	33.94	59.09	64.30
35	Dedo del pie al piso	3.10	1.61	0.62	0.60	2.63	3.05
36	Cabeza maxilar inferior	3.11	20.97	1.39	18.69	23.25	24.19
37	Cabeza glúteo	3.11	85.53	4.34	78.39	92.67	95.63
38	Ojo glúteo	3.11	73.39	4.74	65.59	81.19	84.42
39	Codo al dedo medio	3.11	46.15	2.91	41.36	50.94	52.93
40	Rodilla glúteo	3.11	53.58	3.73	47.45	59.71	62.25
41	Poplíteo al glúteo	3.11	45.01	4.36	37.83	52.18	55.15
42	Pie	3.11	25.77	3.37	20.23	31.30	33.60
43	Dedo medio al glúteo	3.12	122.78	11.70	103.53	142.02	149.99
44	Muñeca al glúteo	3.12	114.39	12.37	94.05	134.74	143.16
45	Acromión al glúteo	3.13	58.61	3.28	53.21	64.00	66.23
46	Ancho de cadera	3.13	34.23	3.55	28.38	40.07	42.49
47	Anchura de hombros levantados	3.13	38.83	2.81	34.20	43.46	45.37
48	Perímetro de la región glútea	3.13	54.73	5.64	45.46	64.01	67.85

APÉNDICE H. DIAGRAMAS DE POSTURAS DEL MÉTODO RULA

Posición del brazo.



- a) El brazo está entre 20 grados de flexión y 20 grados de extensión. (1 punto)
- b) El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión. (2 puntos)
- c) El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión. (3 puntos)
- d) El brazo está flexionado más de 90 grados. (4 puntos)



- e) El brazo está rotado o el hombro elevado. (se suma 1 punto)
- f) El brazo está abducido. (se suma 1 punto)
- g) La carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo. (se resta 1 punto)

Posición del antebrazo.



a)

b)

a) El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión. (1 punto)

b) El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados. (2 puntos)



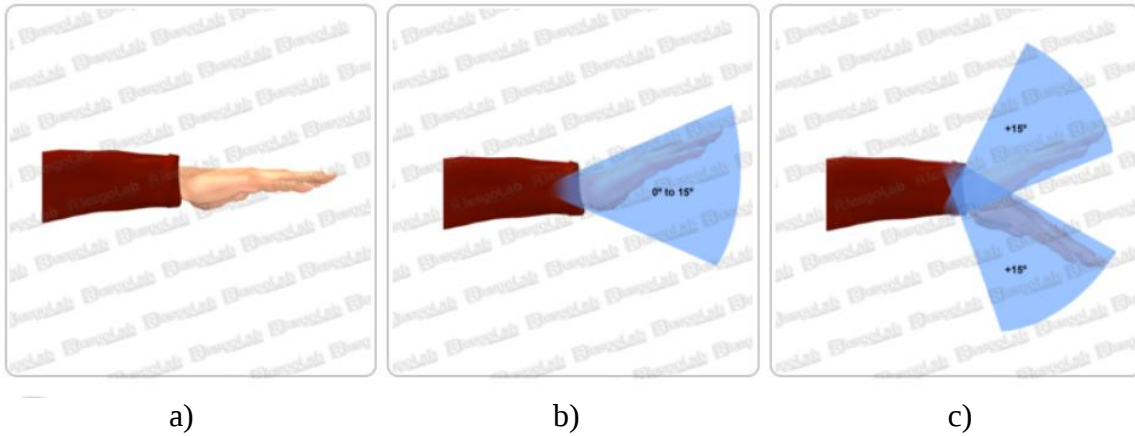
c)

d)

c) La proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo. (se suma 1 punto)

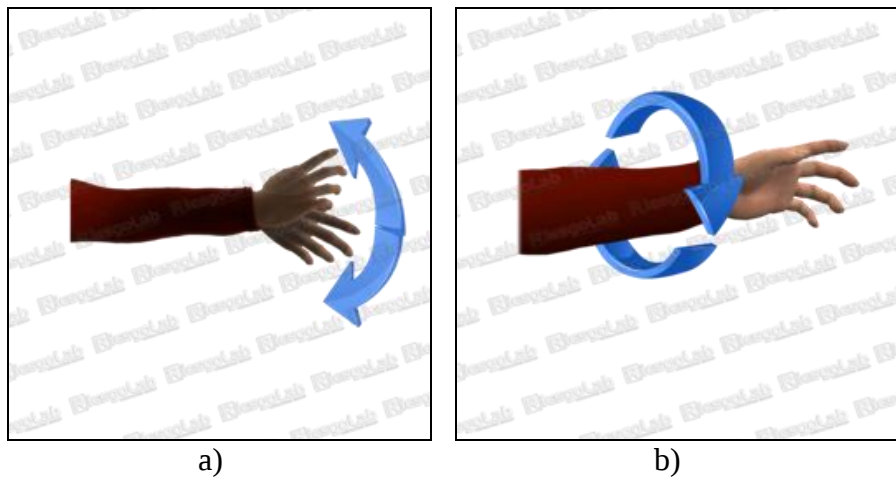
d) El antebrazo cruza la línea media del cuerpo o realiza una actividad a un lado de éste. (se suma 1 punto)

Posición de la muñeca.



- a) La muñeca está en posición neutra. (1 punto)
- b) La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión. (2 puntos)
- c) La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados. (3 puntos)

Giro de la muñeca.



- a) La muñeca está en posición de pronación o supinación en rango medio. (1 punto)
- b) La muñeca está en posición de pronación o supinación en rango extremo. (2 puntos)

Posición del cuello.



a)

b)

c)

d)

a) El cuello está entre 0 y 10 grados de flexión. (1 punto)

b) El cuello está entre 11 y 20 grados de flexión. (2 puntos)

c) El cuello está flexionado por encima de 20 grados. (3 puntos)

d) El cuello está en extensión. (4 puntos)



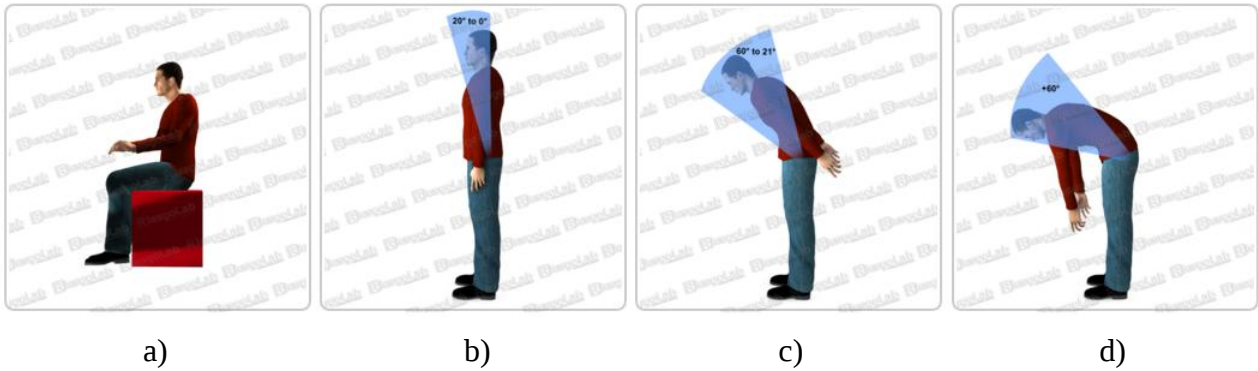
e)

f)

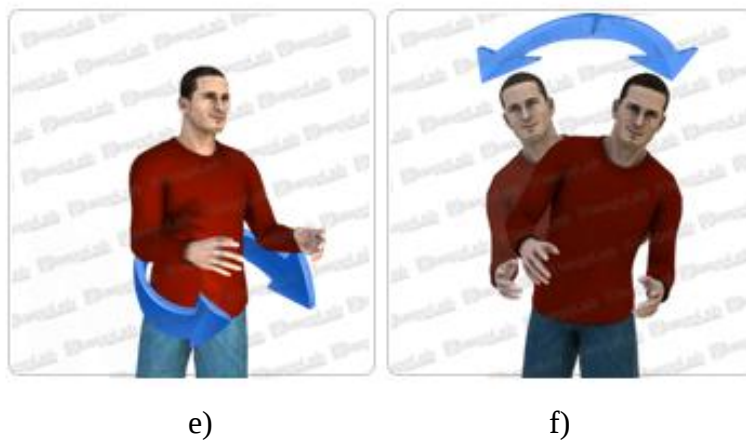
e) El cuello está lateralizado. (se suma 1 punto)

f) El cuello está rotado. (se suma 1 punto)

Posición del tronco.



- a) Postura sentada, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90 grados. (1 punto)
- b) Tronco flexionado entre 0 y 20 grados. (2 puntos)
- c) Tronco flexionado entre 21 y 60 grados. (3 puntos)
- d) Tronco flexionado más de 60 grados. (4 puntos)



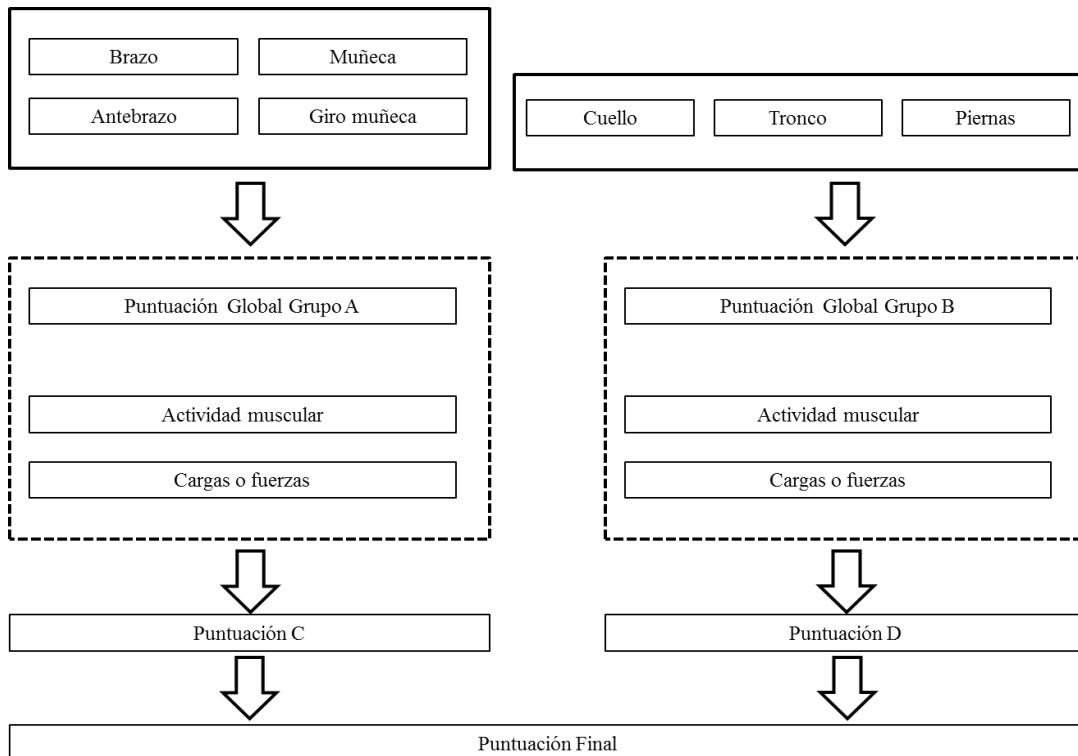
- e) Tronco rotado. (se suma 1 punto)
- f) Tronco lateralizado. (se suma 1 punto)

Posición de las piernas.



- a) El trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados. (1 punto)
- b) El trabajador está de pie con el peso del cuerpo distribuido en ambas piernas y espacio para cambiar de posición. (1 punto)
- c) Los pies del trabajador no están bien apoyados o el peso no está simétricamente distribuido. (2 puntos)

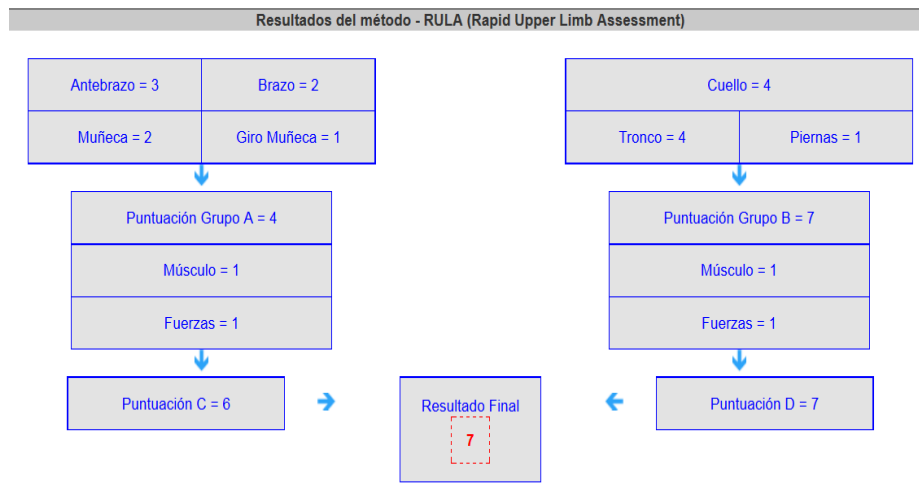
Puntuación para la actividad muscular y las fuerzas ejercidas



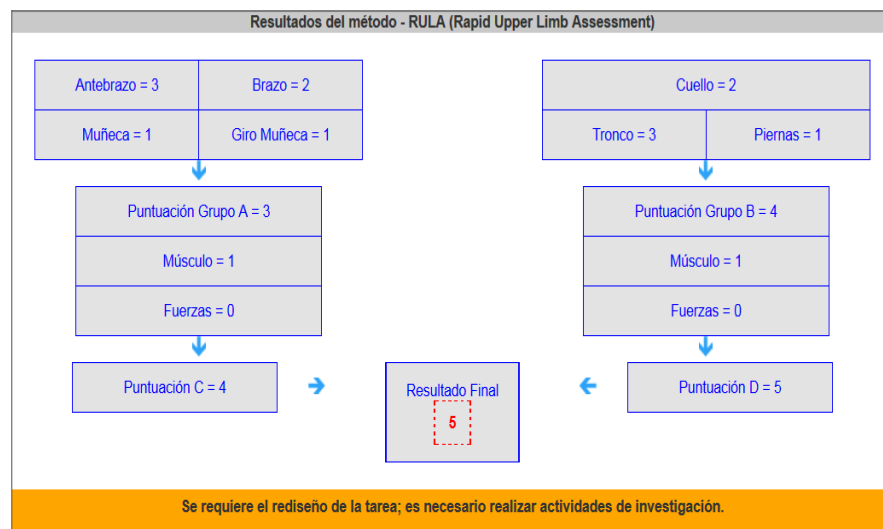
Niveles de actuación según la puntuación final obtenida

Nivel	Actuación
1	Cuando la puntuación final es 1 ó 2 la postura es aceptable.
2	Cuando la puntuación final es 3 ó 4 pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio.
3	La puntuación final es 5 ó 6. Se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación.
4	La puntuación final es 7. Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea.

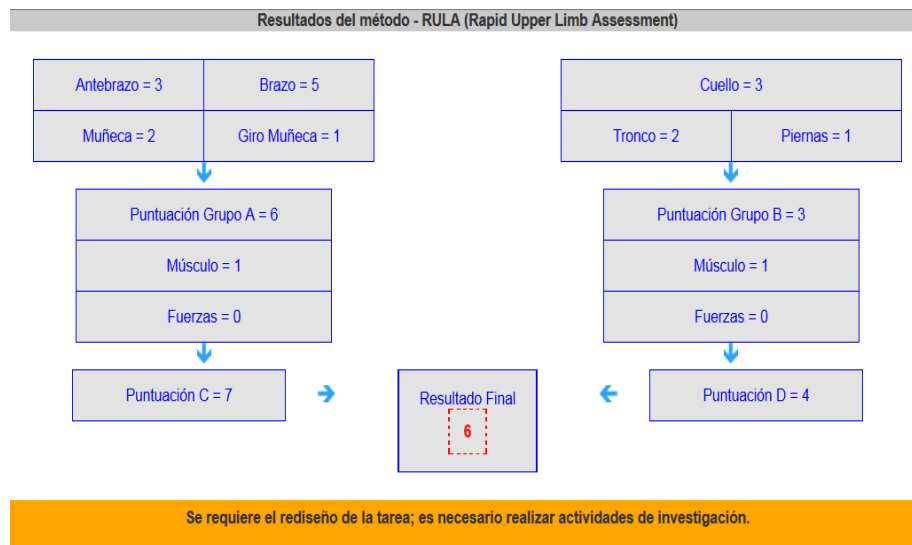
APÉNDICE I. ÍNDICES ESPECÍFICOS Y GENERALES DEL MÉTODO RULA EN MEDICIONES DE POSTURAS DE FRESADO Y TORNEADO.



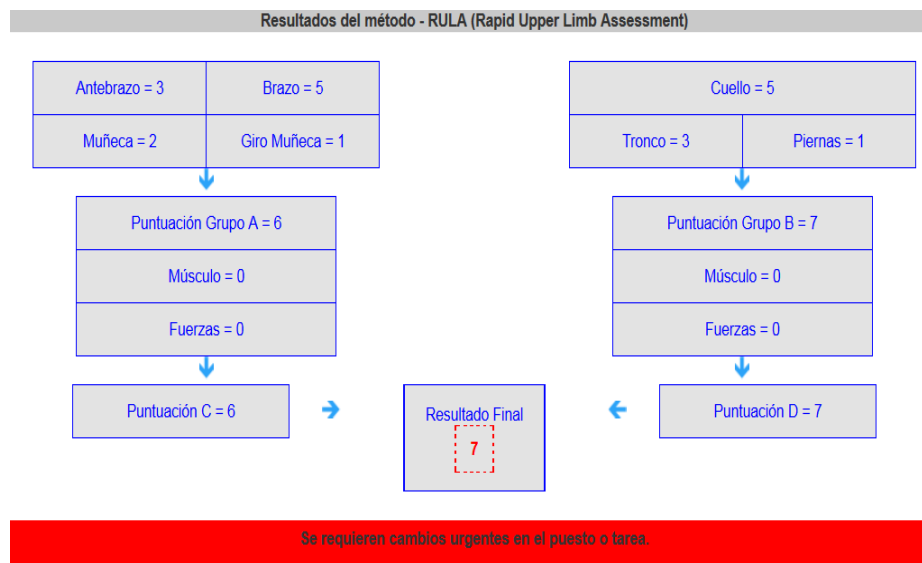
Resultados del método RULA en mediciones de fresado posición I



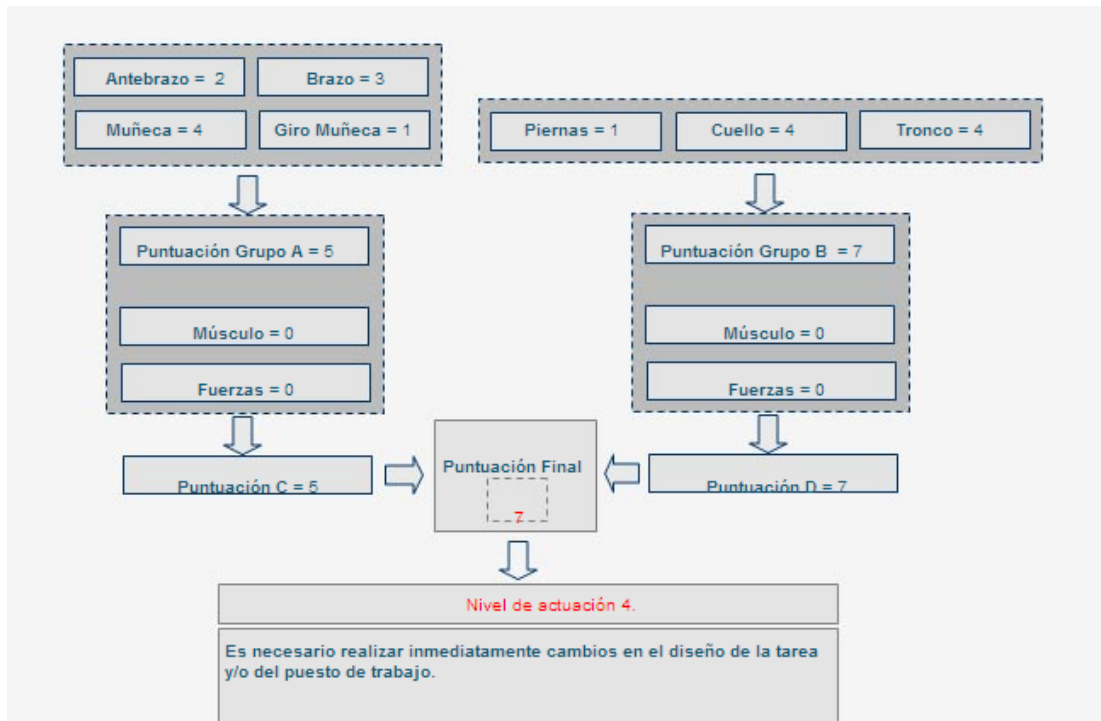
Resultados del método RULA en mediciones de fresado posición II



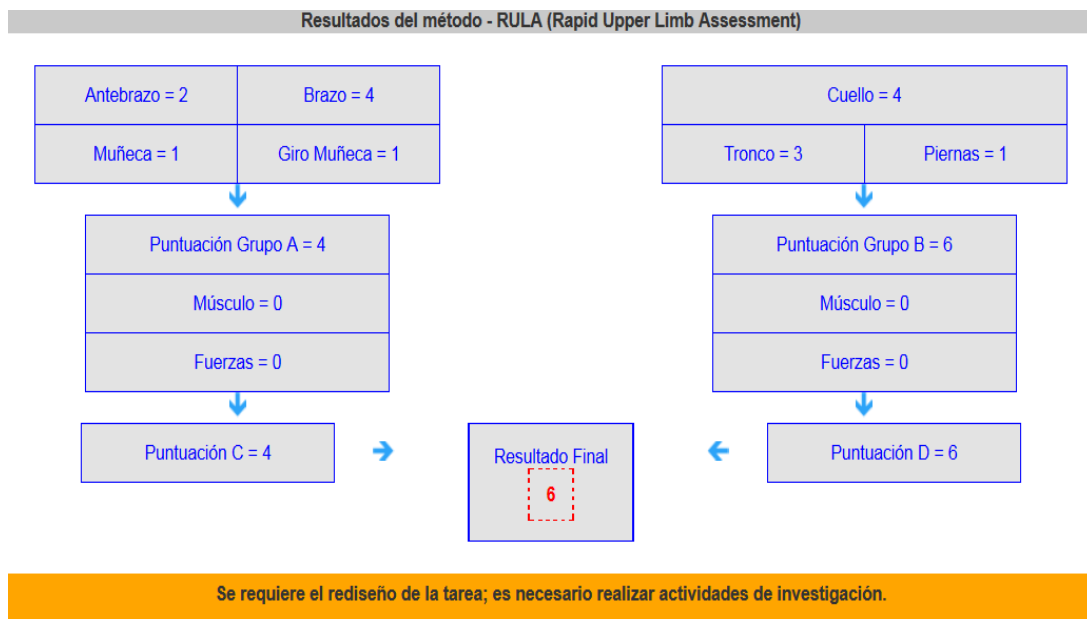
Resultados del método RULA en mediciones de fresado posición III



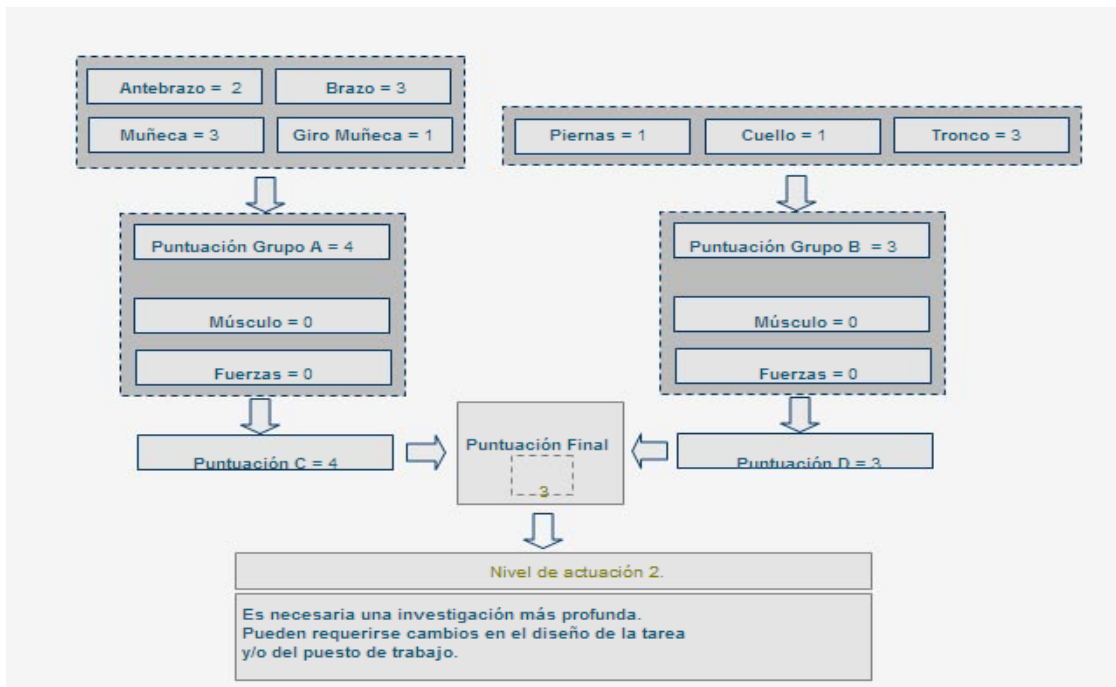
Resultados del método RULA en mediciones de fresado posición IV



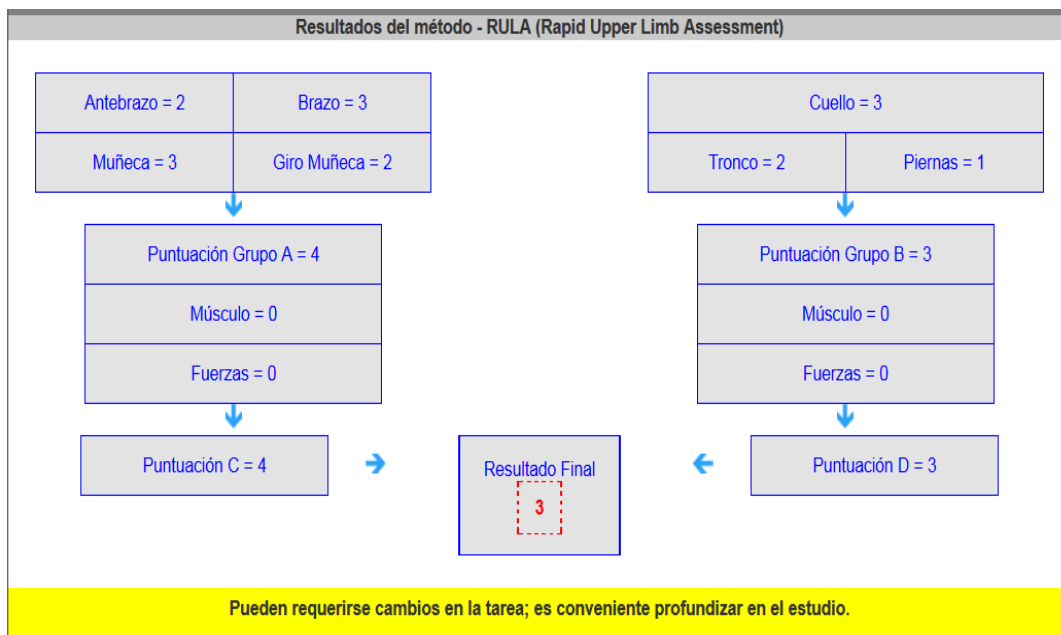
Resultados del método RULA en mediciones de torneado en posición I



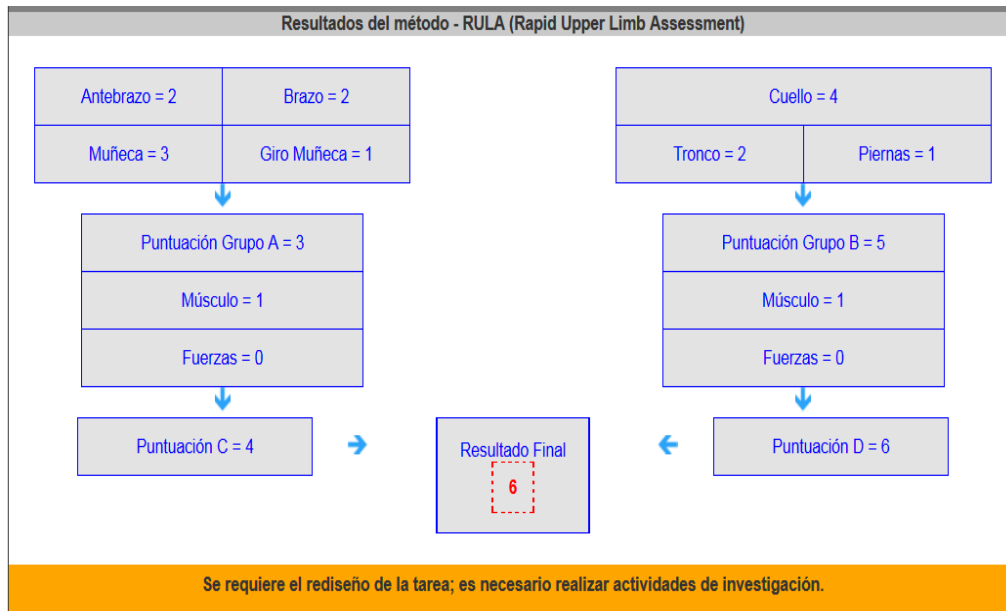
Resultados del método RULA en mediciones de torneado en posición II



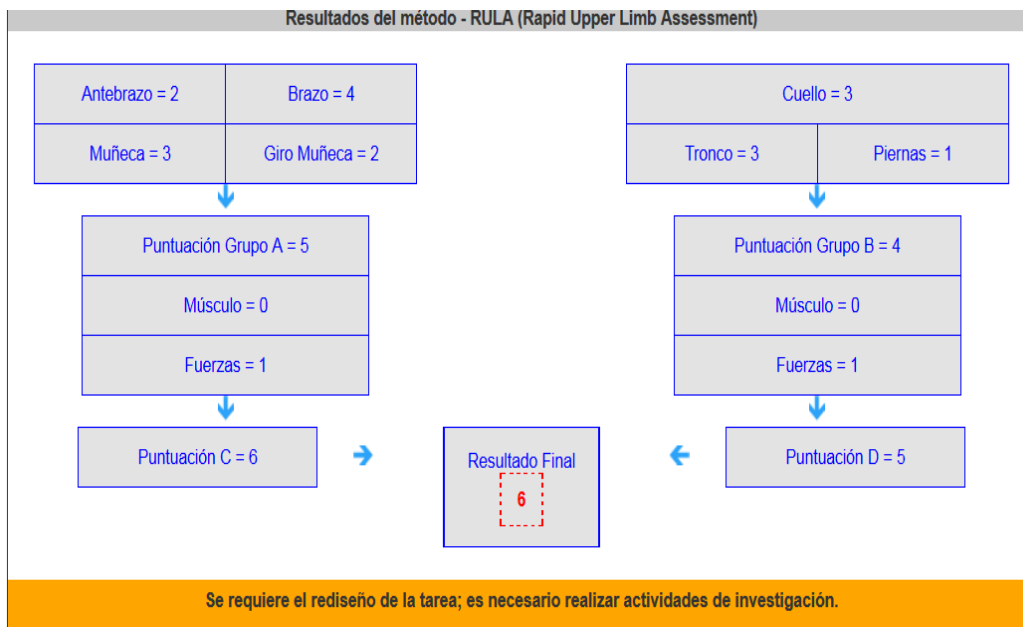
Resultados del método RULA en mediciones de torneado en posición III



Resultados del método RULA en mediciones de torneado en posición IV



Resultados del método RULA en mediciones de torneado en posición V



Resultados del método RULA en mediciones de torneado en posición VI

APÉNDICE J. PLANOS DE ESTACIÓN DE TRABAJO.

