

Análisis y optimización de estaciones de trabajo, con enfoque ergonómico para el aumento de la productividad y disminución de riesgos laborales

Salvador Pérez, José Méndez y Ariadne Jiménez

S. Pérez, J. Méndez y A. Jiménez
Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan,
Camino a la barranca de Pesos S/N, San Lucas Atoyatenco, San Martín Texmelucan Puebla, C.P. 74120
zalvadorpm@outlook.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

Perform field research, engaging in the industries needs in the region, and using the tools of industrial engineering (time study, line balancing, lean six manufacturing) design methodologies and ergonomic adjustments workstation as a result of these analyzes

17 Introducción

La Zona de Puebla se caracteriza por tener una variedad en cuanto a sectores productivos se refiere, ya que encontramos industria automotriz, textil, manufacturera, de transformación, farmacéutica, entre otras.

En la región se encuentran una cantidad considerable de empresas principalmente sector automotriz, proveedores directos de las principales casas ensambladoras de vehículos establecidas en la región, las cuales tienen diversos procesos de ensamble principalmente.

Lo que se busca en una primera etapa es visitar industrias, analizar técnicas y metodologías de trabajo, identificando necesidades y deficiencias que cuenten debido a una falta de estandarización en metodologías de trabajo, o falta de adaptación ergonómica de estaciones de trabajo.

Se pretende generar prototipos a largo plazo de estaciones de trabajo y documentar mediante artículos análisis de metodologías, estudios ergonómicos industriales y propuestas en base a estudios de aplicación de herramientas de ingeniería industrial. La segunda etapa es la parte base, la investigación, es la base para el éxito de este proyecto, ya que se requiere conocer todos los elementos teóricos necesarios para la correcta selección o adecuación de metodología de trabajo, materiales, mecanismos, metodologías y aplicabilidad de elementos kaizen, esto mediante un correcto diseño del mismo que involucra planos precisos de los elementos.

Por lo tanto dentro del proceso de investigación se registraran cada una de las etapas, actividades y metodologías necesarias para elaborar desde el mismo diseño, hasta la materialización del mismo. Se cuentan con información teórica con respecto a estudios basados en ingeniería industrial, sin embargo la información que se tiene se encuentra solo en libros especializados sin una aplicación real a casos actuales.

De igual forma los estudios realizados y los patrones de mejoramiento de metodologías de trabajo y adaptación de estaciones de trabajo están calculados para personas con características europeas, asiáticas o estadounidenses, se necesita adaptarlos a características de personal mexicano y más del centro del país (región a la que pertenecemos) resulta que no se cuenta con ningún antecedente de estudios de este tipo, basados en diversas herramientas de ingeniería industrial.

Actualmente el uso de la metodología Lean six Manufacturing no se encuentra implementada en el país pese a que algunas empresas importantes dicen tenerlo implantado distan demasiado del fin planteado teóricamente; y en países desarrollados recientemente se está buscando la manera de aplicarse de manera eficiente.

El antecedente más cercano de optimización de metodologías se maneja por separado, es decir, se cuentan con intentos de adaptación de metodologías apoyados en estudios de tiempos y movimientos analizando therbligs, por separado se maneja el balanceo de líneas, y muy de lado se deja a la adecuación ergonómica de la estación de trabajo al trabajador.

En cuestión de análisis se requiere seguir metodologías precisas y efectivas en base a una detección de variables que afectan el desempeño de los trabajadores y mediante análisis estadísticos se establecen datos teóricos perfectos, sin embargo el análisis cultural, físico, etc. (aspectos que si se pretenden analizar) no se considera en ningún tipo de estudio.

17.1 Métodos

Ergonomía¹: Desde que el hombre empezó a interactuar con el ambiente, se ha topado con un sinnúmero de problemas para “ajustarse” a las demandas de su mundo físico, se ha reducido la productividad y se han cometido errores en innumerables casos. Las demandas del ambiente han sido enormes, de modo que las necesidades y las habilidades del ser humano han quedado en segundo término.

El hombre se adapta para cumplir con los requerimientos de su ambiente; este enfoque queda a veces incorporado dentro del concepto de entrenamiento. Tales limitaciones se pueden considerar en tres áreas:

- El costo de hacer que el operario se ajuste a su ambiente
- La eficacia de este enfoque, y
- La posible desintegración de la ejecución humana, que puede ocurrir cuando se le pone en condiciones de estrés.

Queda claro que con el entrenamiento por sí solo, el operador humano no puede rendir al máximo. Solo cuando el trabajo sea diseñado para estar en armonía con las capacidades físicas, cognoscitivas y emocionales del operario, la ejecución será la máxima en un rango de condiciones amplio. El papel de la ergonomía es medir las capacidades del hombre y después arreglar el ambiente para que se ajuste a ellas. Intenta “ajustar el trabajo al hombre”, más que “ajustar al hombre al trabajo”.

La ergonomía es la parte del estudio del trabajo que, con la utilización de conocimientos anatómicos, fisiológicos, psicológicos, sociológicos y técnicos, desarrolla métodos para la determinación de los límites que no deben ser superados por el hombre en las distintas actividades laborales. La ergonomía es la adaptación del medio al hombre. Se aplica en todo el entorno del hombre, en el trabajo, en el hogar, en el transporte, en el deporte, etc. La ergonomía en el trabajo, se suele también definir como humanización del trabajo o confort laboral.² Antropometría y diseño³: La guía primordial es diseñar el lugar de trabajo para que se ajuste a la mayoría de los individuos en cuanto al tamaño estructural del cuerpo humano. La ciencia de medir el cuerpo humano se conoce como antropometría y, por lo común, utiliza una variedad de dispositivos tipo calibrador para determinar las dimensiones estructurales, como estatura, largo del antebrazo y otros. Así, esta subdisciplina trata lo concerniente a la “aplicación de los métodos físico-científicos al ser humano para el desarrollo de los estándares de diseño y los requerimientos específicos para la evaluación de los diseños de ingeniería, modelos a escala y productos manufacturados, con el fin de asegurar la adecuación de estos productos a la población de usuarios pretendida”.

¹ Ergonomía en Acción. David J. Osborne. Editorial Trillas. Capítulo 1

² Definición de la Asociación Mexicana de Ergonomía A.C. 1999

³ Ingeniería Industrial. Niebel, Freivalds. 11ª Edición. Capítulo

En conjunto si se trasladan estos principios a la industria, los beneficios que conlleva se verán reflejados en múltiples sectores, el principal es en la salud de los trabajadores, a corto y largo plazo, en productividad también se verán reflejados los beneficios, en estabilidad laboral, disminución de costos, entre otros.

Objetivos

General: Diseñar estaciones de trabajo mediante la aplicación de herramientas propias de la ingeniería industrial para mejorar el puesto de trabajo desde el punto de vista ergonómico para incrementar la productividad del trabajador y garantizar una calidad del producto que beneficie el prestigio de la empresa, complementándolo con la adecuada metodología de trabajo, que se apoye en procedimientos, instructivos conforme a normas nacionales e internacionales

Específicos:

- Identificar las condiciones de trabajo que afectan la integridad del trabajador
- Hacer una mejora en el puesto de trabajo
- Establecer metodologías de trabajo propias de las características del personal
- Proporcionar seguridad laboral al trabajador
- Aumentar la productividad del trabajador

Metas

- Investigación teórica y de campo sobre análisis de estaciones de trabajo en líneas de ensamble en la región.
- Detección de necesidades de adecuación de metodologías de trabajos de ensamble manual en líneas productivas.
- En base a estudios del proceso productivo mejorar la situación de cada puesto de trabajo proponiendo rediseños y mejoras a los mismos a las metodologías de trabajo, basándonos principalmente en estudios con herramientas de ingeniería industrial y anteponiendo factores ergonómicos.
- Realizar un estudio de factibilidad económica para la realización del proyecto.
- Realizar estudios de obtención de recursos en base a diagnóstico para la generación de prototipos de mejora de las estaciones de trabajo.
- Aumentar la productividad del personal brindando mejor calidad en su producción y en su persona.
- Generar el prototipo a largo plazo y documentar mediante artículos las propiedades y ventajas sustentables de realizar dicho proyecto.

Impacto o beneficio en la solución a un problema relacionado con el sector productivo o la generación del conocimiento científico o tecnológico.

En este proyecto de investigación se lleva a cabo el análisis de un puesto de trabajo de ensamble en líneas productivas, definiendo su situación actual, verificando si tanto la metodología de trabajo como la estación misma, están diseñados de la manera correcta y adecuado para el trabajador que labora en éste, para:

- Encontrar sus dimensiones actuales
- Observar la postura que adopta el trabajador
- Verificar si el trabajador utiliza el equipo necesario para su seguridad
- Localizar los puntos que provocan lesiones al trabajador

Este análisis da a conocer qué modificaciones se pueden llevar a cabo en dicho puesto de trabajo para eliminar situaciones que afectan la productividad de la empresa, tales como:

- Baja producción por días de incapacidad del personal
- Riesgos de trabajo
- Rotación del personal
- Capacitación a nuevo personal
- Daños a la integridad del personal
- Estrés

Esta investigación permite conocer los puntos que afectan la productividad del personal para realizar mejoras que nos permitan eliminarlos o disminuirlos, con lo cual se logrará:

- Mejores condiciones de trabajo
- Aumento en la productividad de la empresa
- Mejor calidad del producto
- Mejor ambiente de trabajo

Aplicando metodologías de reciente creación como la eliminación de desperdicios mediante una combinación de técnicas propias de la ingeniería industrial, más herramientas en tendencia como lo es el Lean six Manufacturing se buscara aplicar tanto a la forma de trabajo como a la adecuación de espacios y estaciones de trabajo para aumentar la productividad parcial de la mano de obra como la productividad global de la industria.

Caso Práctico

El estudio antropométrico se realizo en dos industrias de la región, que se dedican al mismo giro, los puestos de trabajo se diseñaron en Alemania debido a que las máquinas y mesas de trabajo provienen de dicho país, por tal motivo el diseño del puesto de trabajo se centró en personas de origen alemán, que son de características similares a las personas que habitan en Estados Unidos, por tal motivo el puesto de trabajo se ajusta correctamente a las dimensiones que se presentan en la estación de trabajo propuesta en el libro de Ingeniería Industrial de Niebel 11ª Edición, 1.73 mts. para mujeres (Tabla 17).

Tabla17 Dimensiones del cuerpo

| Dimensiones del cuerpo | Dimensión, cm (percentiles) | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| | 5 | 50 | 95 | |
| Estatura (altura) | Hombre | 161.8 | 173.6 | 184.4 |
| | Mujer | 149.5 | 160.5 | 171.3 |

Fuente: Ingeniería Industrial. Niebel, Freivalds. 11ª Edición. Tabla 5 – 1

Las mujeres operativas que laboran en la industria de análisis tienen un promedio de 1.49 m de estatura. Se tomaron medidas de las partes del cuerpo de las operadoras, referentes a estatura, altura a los ojos, altura al hombro, altura al codo, etc., en posición de pie y sentada, únicamente se colocan los datos de la altura total en la tabla 17.1.

Tabla 17.1 Dimensiones de las operarias (Altura)

| Dimensio nes del cuerpo (cm) | Trabajadoras | | | | | | | | | | | | Prom edio |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| | Ope raria 1 | Ope raria 2 | Ope raria 3 | Oper aria 4 | Ope raria 5 | Ope raria 6 | Ope raria 7 | Ope raria 8 | Ope raria 9 | Oper aria 10 | Oper aria 11 | Oper aria 12 | |
| Estatura (altura) | 149 | 150 | 148 | 151 | 150 | 148 | 148 | 150 | 150 | 149 | 151 | 150 | 149. 5 |

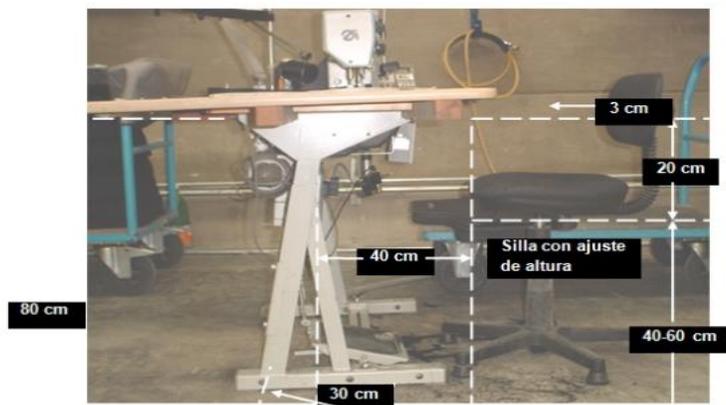
La Tabla 17.1 presenta las medidas tomadas para cada una de las operarias de ensamble laboran en la industria de análisis. Al comparar los resultados obtenidos en la Tabla 2 con los datos de la Tabla 1, se observa que las dimensiones de las operarias se ubican en el percentil 5, es decir, que las dimensiones que se requieren para hacer el diseño adecuado del puesto de trabajo de una operaria en nuestra región sería para el 5% de la población femenina que habita en Estados Unidos, con lo cual se observa que sí hay variabilidad en las dimensiones de la población femenina que habita en Estados Unidos y la población que habita en el Centro de México, aunque también se debe considerar la cultura y otros aspectos que influyen en la variabilidad de dimensiones, ya que no toda la población femenina que habita en el Centro de México cuanta con estas dimensiones de análisis.

Analizando el puesto de trabajo de la operaria se puede observar que el mejor método antropométrico para modificar dicho puesto es el de diseñar para que se ajuste, debido a que el puesto de trabajo de la operaria está diseñado para la mayoría de la población y puede ser utilizado tanto para mujeres con baja estatura como para hombres muy altos, quizás lo único que se debería ajustar es la altura de la mesa de ensamble, esta mesa podría tener una variación de altura de entre los 120 y los 130 cm de altura, con lo cual las operarias podrían alcanzarla sin la necesidad de modificar su postura.

Análisis dimensional del puesto de trabajo

En la Figura 17 se pueden observar las dimensiones del puesto de trabajo de una operadora. Se tomó la fotografía de un costado del puesto de trabajo para compararlo con un puesto de trabajo ilustrado en el libro de Ingeniería Industrial de Niebel.

Figura 17.1 Puesto de trabajo de una costurera (Cortesía Jugla de México SA de CV)



Se puede observar que el puesto de trabajo cuenta con una silla de ajuste de altura con patas que se apoyan en cojinetes de goma que la mantienen estática, proporcionando mayor comodidad y seguridad a la costurera.

El libro “Ingeniería Industrial” de Niebel 11ª Edición, presenta el diseño adecuado con dimensiones para un puesto de trabajo sentado con apoyo para los pies o pedal (Figura 2). Como se observa en la Figura 1, el puesto de trabajo analizado es sedente y se utiliza un pedal que acciona la máquina de costura, por tal motivo se toma la Figura 2 como base para comparar el puesto de trabajo analizado.

Al hacer la comparativa dimensional del puesto de trabajo de la costurera y de la estación de trabajo propuesta en el libro de Ingeniería Industrial de Niebel 11ª Edición, el puesto de trabajo de la costurera (Figura 1) se encuentra dentro de los límites dimensionales que se establecen en la Figura 2, lo cual indica que el puesto de trabajo está diseñado correctamente en cuanto a sus dimensiones, por tal motivo el puesto de trabajo de la operadora (Figura 1) no debe causar ningún daño a la misma.

Lo que se observa es que tanto el puesto de trabajo de la operadora (Figura 1) como la estación de trabajo propuesta en el libro de Ingeniería Industrial de Niebel 11ª Edición (Figura 2), fueron diseñados para personas que viven en Estados Unidos, por lo que se considera que el puesto de trabajo puede causar lesiones a personas con características distintas a las personas que viven en Estados Unidos.

La población mexicana es sin duda muy diversa. En el norte del país se presenta gente con estatura alta y complexión robusta, mientras que en las costas y en el sur la gente es de estatura baja. Hacia el centro del país se encuentran personas de estatura mediana, con un promedio de 1.70 m de estatura para hombres y 1.55 para las mujeres.

Esto indica que si sólo nos basáramos en las dimensiones del puesto de trabajo citado en el libro de Ingeniería Industrial de Niebel 11ª Edición (Figura 2), se caería en un error al indicar que el puesto de trabajo de la operadora (Figura 1) está diseñado correctamente.

Por tal motivo se debe continuar con el análisis haciendo uso de la Antropometría para determinar un promedio de estatura y complexión para personas que viven en la región del centro de México, especialmente las personas que laboran en las empresas de estudio.

Estudio antropométrico

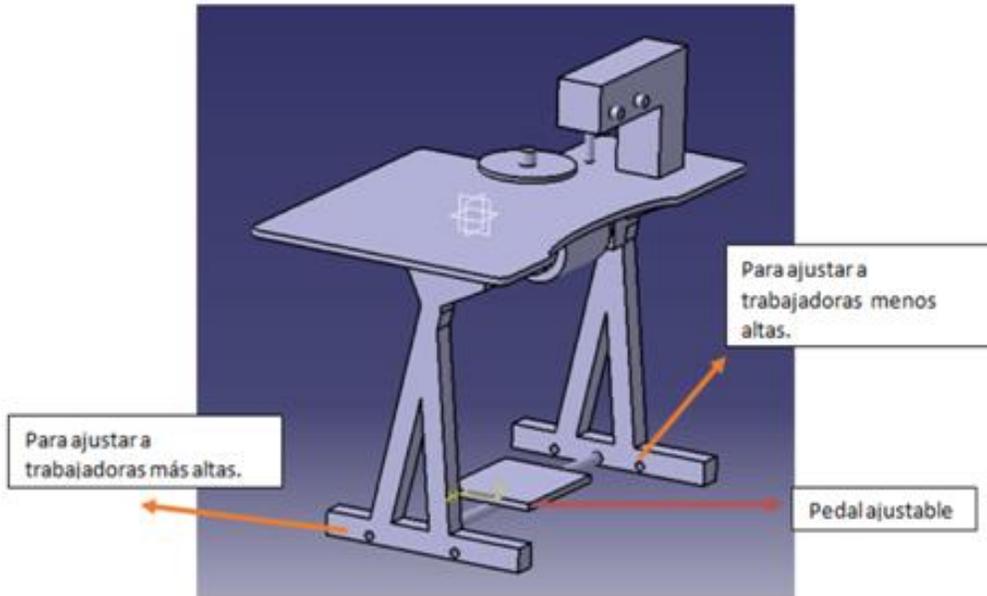
Como se observa en la Figura 3, a pesar de que el puesto de trabajo tiene las dimensiones correctas para su diseño según la Figura 2, la operadora no se puede adaptar a dichas dimensiones debido a que es de una estatura menor a la cual se basaron para diseñar el puesto de trabajo.

Figura 17.2 Costurera en su puesto de trabajo (Cortesía Jugla de México SA de CV)



El puesto de trabajo se diseñó en Alemania debido a que las máquinas fueron ensambladas en ese país, por tal motivo el diseño del puesto de trabajo se hizo para personas de origen alemán, que son de características similares a las personas que habitan en Estados Unidos, por tal motivo el puesto de trabajo se ajusta correctamente a las dimensiones que se presentan en la estación de trabajo propuesta en el libro de Ingeniería Industrial de Niebel 11^a Edición.

La costurera mide 1.50 m de estatura. Las operadoras que laboran en la empresa de estudio tienen un promedio de 1.49 m de estatura. Se tomaron medidas de las partes del cuerpo de las costureras referentes a estatura, altura a los ojos, altura al hombro, altura al codo, etc., en posición de pie y sentada con el objeto de determinar en que percentil se debe ubicar para realizar el estudio antropométrico y proponer cambios a las estaciones actuales para evitar la parte de inversiones cuantiosas en ajustes, proponiendo la siguiente mesa de trabajo Figura .

Figura 17.3 Diseño de prototipo de mesa de trabajo

El análisis también contempla un estudio de desordenes de trauma acumulativo, para identificar que partes del cuerpo tienen mayor riesgo de lesión, afortunadamente se cuenta con datos históricos médicos de las trabajadoras que dan veracidad a los resultados de las encuestas aplicadas sobre principales dolencias que presentan en sus estaciones de trabajo actuales, mostrándose el concentrado de datos en la siguiente tabla 17.2:

Tabla 17.2 Concentrado de datos DTA

| Costureras | Espalda (A) | Espalda baja (B) | Glúteos (C) | Muslos (D) | Pierna (E) | Brazo (F) | Antebrazo (G) | Mano (H) |
|-------------|-------------|------------------|-------------|------------|------------|-----------|---------------|----------|
| Dolores A. | 2 | 5 | 2 | 2 | 1 | 2 | 6 | 5 |
| Leticia C. | 2 | 5 | 2 | 3 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| Andrea D. | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | 6 | 5 |
| Roberta F. | 1 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 |
| Patricia G. | 2 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 7 |
| Antonia H. | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 |
| Julieta J. | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| Pilar L. | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 |
| Gpe. M. | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | 6 |
| Sofia O. | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 2 | 5 | 6 |
| Hilda S. | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 6 | 7 |
| Lorena V. | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 2 | 6 | 5 |
| Promedio | 2 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | 6 |

La escala utilizada va de 0 a 10, aumentando la gravedad del problema, como podemos ver, los principales problemas caen en lesiones de espalda baja, antebrazo y mano, es por ello que de manera independiente se deben hacer más ajustes a la estación que no solo tienen que ver con la mesa de trabajo, dentro de las propuestas que se presentan se tiene:

Realizar modificaciones en el pedal para que se ajuste a la altura de las piernas de la costurera.

Adaptar un cojinete en el respaldo de la silla para que las costureras se ajusten a la profundidad del asiento y a su vez tengan un apoyo en la espalda que evite que se encorven.

Proporcionar unos guantes de nitrilo URO NGURT, que ayudan a aliviar e frío y permite movimientos de las manos y tienen paneles para una mejor respiración entre los dedos.

Con estas recomendaciones se realizan prototipos un una linea de 5 trabajadoras, los resultados de la aplicación en 3 meses han mostrado aumento en la productividad al producir mas piezas en promedio, los dolores musculares han disminuido según comentarios de las mismas trabajadoras, las ausencias por consultas medicas han disminuido en un 40%, de todo ello se cuenta con información y esta disponible, lo cual resume que una correcta aplicación de principios de economia mas adecuado uso de equipo de seguridad por supuesto que beneficia la productividad y la salud ocupacional de los trabajadores.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se ha podido establecer mediante análisis estadísticos estándares dimensionales de las personas que laboran en las industrias de la región, encontrando datos confiables, que desafortunadamente no son los mismos que manejan libros teóricos al respecto del tema, la mayoría de la bibliografía se centra en diseño de estaciones de trabajo para mujeres de 1.65 a 1.70 mts. de altura y en la región los resultados obtenidos arrojan un promedio de 1.50 mts. de altura lo cual involucra un ajuste considerable en el diseño de una estación de trabajo y en la elaboración de metodologías de ensamble en las mismas acorde a sus cartas antropométricas.

17.2 Conclusiones

Como conclusión valdría la pena difundir los resultados antropométricos obtenidos con investigaciones de regiones cercanas para trabajar en adecuaciones ergonómicas acordes a las personas de nuestro país,, que sea considerada por las industrias al momento de establecer empresas, para obtener beneficios productivos, los cuales claramente se observan una vez adaptadas las relaciones hombre – máquina, referidas a trabajos de ensamble.

17.3 Recomendaciones

Existe aún un amplio tramo por estudiar con referencia a la adaptación de maquinas, estaciones al hombre con las características latinas, aun falta por analizar la parte de la influencia de la cultura y tradiciones en estos métodos de trabajo, los cuales estamos plenamente convencidos que afectan en cuestiones productivas, una vez estandarizada la parte ergonómica valdría la pena realizar un estudio de esas características.

17.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, para el fortalecimiento del cuerpo academico Optimización de sistemas de manufactura, clave ITESSMT- CA-1 y su LGAC Diseño y optimización de sistemas de manufactura

17.5 Referencias

Ergonomía en Acción. David J. Osborne. Editorial Trillas. Capítulo 1.

Asociación Mexicana de Ergonomía A.C. 1999.

Ingeniería Industrial. Niebel, Freivalds. 11ª Edición.

Estudio del trabajo. Criollo, 8ª edición 2004

Medición y mejoramiento de la productividad, Shumant, D. 2007

Design Of Experiment, Taguchi, G. 2000

aacm.org.ar

assh.org

aurorahealthcare.org

basica.sep.gob.mx/tiempocompleto/pdf/.../manual_antropometria.pdf.

Diario Oficial de la federación, www.segob.mx, Secretaria del trabajo y previsión social “Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo”

Ergonomía Research Society, 1949

Ergonomía: Aplicaciones y Sistema Hombre-Máquina

www.cdc.gov/spanish/niosh/

[www.niosh.gov/Department of Health and Human Services Musculoskeletal disorders and worplace factors](http://www.niosh.gov/Department%20of%20Health%20and%20Human%20Services%20Musculoskeletal%20disorders%20and%20worplace%20factors). Julio 1997

www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000433.html.

www.ortoped.fmed.edu.uy/Documentos/DeformidadesdeColumna.pdf.

www.osha.gov/SLTC/etools/sewing_sp/sewingstationdesign.html.