

INTERNATIONAL ERGONOMICS CONGRESS SEMAC 2011
“Diseño de mesa para soldar ergonómica y seguridad ambiental”

“Welding table design ergonomic and environmental safety”

MC. Rigoberto Zamora Alarcón¹, MC. Julio César Romero González², Eduardo Ramírez³, Alba Rocio Jiménez Martínez⁴

¹Ingeniería Mecánica-Industrial

Universidad Autónoma de Baja California-Instituto Tecnológico de Mexicali
Blvd. Benito Juárez S/N

Mexicali, Baja California 21100

mczamora02@yahoo.com.mx

²Ingeniero de manufactura y proyectos

Instituto Tecnológico de Mexicali

Mexicali, Baja California

mc.julio.romero@gmail.com

³Asesor INFRA -Estudiante Ingeniería Industrial

INFRA-Instituto Tecnológico de Mexicali

Mexicali, Baja California

eramirez@infra.com.mx

⁴Estudiante Ingeniería Mecánica

Universidad Autónoma de Baja California

Blvd. Benito Juárez S/N

Mexicali, Baja California 21100

Introducción

Diseño de mesa de prácticas de soldadura eléctrica, que cumple con requerimientos ergonómicos y de seguridad ambiental.

Se utilizó el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) así como el BRIEF, así como normas de seguridad e higiene ambiental.

Se desarrolló el Proyecto ergonómico en laboratorio y en *empresas considerando condiciones metalmeccánica en la prevención de riesgos ergonómicos y ambientales.*

En antropometría se consideró únicamente alumnos que tomaban clases de soldadura industriales, mecánicos, mecatrónicos y aeroespaciales

Objetivo

Diseñar mesa para soldadura eléctrica que permita soldar en distintas posturas y que tome en cuenta buenas condiciones ambientales de trabajo en área metalmeccánica.

Metodología empleada

- Normas oficiales Mexicanas de STPS (Secretaría de Trabajo y Previsión Social)
- Evaluación RULA/BRIEF
- Mediciones antropométricas
- Principios de diseño mecánico
- Diseño de separadores ciclónicos

Resultados

- Técnicas de postura para soldadura 40% mejoradas
- Extracción de gases perjudiciales 80% mejoradas
- Iluminación 30% mejorada
- Recolección de desperdicios 80% mejorado
- Aplicación de normas de seguridad 100%

Conclusiones:

- Mejoro aplicación de técnicas de soldadura por poseer estación ergonómica adaptable a todos los alumnos
- Los gases emitidos de la soldadura se pudieron separar y extraer
- Mejoro estaciones de soldadura tanto en aplicación de soldadura como en gases en ambiente, y la aplicación de normas de seguridad
- Actualmente se invierte más tiempo en aplicar técnicas de soldadura que en corregir inconvenientes ambientales y de posturas para soldar.
- Se mejoro la iluminación en las estaciones de trabajo
- Se disminuyo extracción de desechos de soldadura

Abstract:

Introduction

Table design welding practices, to meet ergonomic requirements and environmental safety.

We used the RULA (Rapid Upper Limb Assessment) and the BRIEF method as well as safety and environmental hygiene.

Ergonomic Project was developed in the laboratory and metallurgical companies, considering conditions in the prevention of ergonomic hazards and environmental.

In anthropometry was considered only students taking classes in industrial welding, mechanical, mechatronics and aerospace

Objective:

Welding table design that allows welding in various positions and takes into account good environmental working conditions in metalworking area.

Methodology

Mexican Official Standards of STPS (Ministry of Labour and Social Welfare)

- RULA assessment / BRIEF
- Anthropometric measurements
- Mechanical design principles
- Cyclone Design

Results

- Welding Techniques for posture was improved 40%
- Extraction of injurious fumes was improved 80%
- Lighting was improved 30%
- Collection waste was improved 80%
- Application of 100% safety rules

Conclusions:

- Improved application of welding techniques have ergonomic station adaptable to all students
- The fumes emitted from the welding could separate and extract
- Improved welding stations and welding application both as fumes in the environment, and implementation of safety standards
- Currently spends more time for welding techniques applied to correct environmental problems and positions for welding.
- Lighting was improved workstations
- It decreased Waste Removal Welding

1. Introducción

El principal problema que teníamos era el cumplir con los requerimientos establecidos por CACEI Comisión certificadora que nos indico observación en área donde se desarrollaban practicas de adiestramiento en soldar.

A pesar de que inicialmente deseábamos cumplir con especificaciones de certificadora, nos dimos cuenta que en realidad no contábamos con muchos requerimientos mínimos de seguridad, protección de alumnos y de mesas ergonómicas para desarrollar adecuadamente sus prácticas, tenían muchos defectos por posturas inadecuadas al realizar la soldadura. Por lo que nos dimos a la tarea de diseñar mesa de prácticas de soldadura eléctrica, que cumple con requerimientos ergonómicos y de seguridad ambiental.

Se utilizo el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) así como el BRIEF, así como normas de seguridad e higiene ambiental.

Se desarrollo el Proyecto ergonómico en laboratorio y en *empresas considerando condiciones metalmeccánica en la prevención de riesgos ergonómicos y ambientales.*

En antropometría se considero únicamente alumnos que tomaban clases de soldadura industriales, mecánicos, mecatronicos y aeroespaciales

2. Objetivo

Diseñar mesa para soldadura eléctrica que permita soldar en distintas posturas y que tome en cuenta buenas condiciones ambientales de trabajo en área metalmeccánica.

3. Metodología empleada

1. Normas oficiales Mexicanas de STPS (Secretaria de Trabajo y Previsión Social)

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-027-STPS-2008, ACTIVIDADES DE SOLDADURA Y CORTE CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE

Identificación del riesgo según el proceso de soldadura utilizado

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de esta Norma y no es de cumplimiento obligatorio. Se presenta con el fin de mostrar los diferentes riesgos que se pueden presentar durante el proceso de soldadura seleccionado.

RIESGO	PROCESO DE SOLDADURA				Abreviatura	Concepto
	PLASMA (PAW/PAC) ARCO CARBON	SMAW GTAW (TIG) GMAW (MIG) FCAW	SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (SAW)	OXICOMBUSTIBLE		
Ergonómico	✓	✓	✓	✓	PAW	(PAW) Plasma soldadura de arco
Choque eléctrico	✓	✓	✓	x	PAC	(PAC) Plasma de arco-carbón
Luz intensa	✓	✓	(✓)	✓	SMAW	SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING) Soldadura de arco metálico protegido.
Radiación no ionizante (infrarroja, ultravioleta, etc.)	✓	✓	(✓)	x	GTAW (TIG)	GTAW (GAS TUNGSTEN ARC WELDING) Soldadura de arco de tungsteno y gas.
Gases y humos tóxicos	✓	✓	(✓)	✓	GMAW (MIG)	GMAW (GAS METAL ARC WELDING) Soldadura de arco metálico y gas.
Calor, fuego y quemaduras	✓	✓	✓	✓	FCAW	FCAW (FLUX CORED ARC WELDING) Soldadura de arco cubierta de Flux.
Ruido y vibraciones		x	x	x	(SAW)	SAW (SUBMERGED ARC WELDING) soldadura de arco sumergido

Nota: ✓ = Indica que está presente el riesgo

(✓) = Indica que hay riesgo si no se usa "flux"

x = Indica que no hay riesgo.

Figura 1. Ilustra identificación de riesgos en soldadura NOM-027-STPS-2008

Las exposiciones a radiaciones ultravioleta y luminosas son producidas por el arco eléctrico.

Condiciones de seguridad e higiene durante las actividades de soldadura

- Extintor tipo ABC con capacidad acorde a riesgos potenciales, en un radio no mayor a 7 metros, en el área donde se desarrollen las actividades de soldadura
- Contar con casetas de soldar o con mamparas para delimitar las áreas en donde se realicen actividades de soldadura o corte;
- Utilizar, al menos: caretas o lentes con sombra de soldador, protección facial, capuchas (monjas), respirador para humos, peto (mandil), guantes para soldador, polainas, mangas y zapatos de seguridad;
- Aplicar los procedimientos de seguridad que incluyan las medidas necesarias para impedir daños al personal expuesto y las acciones que se deben aplicar antes, durante y después en los equipos o áreas donde se realizarán las actividades de soldadura y corte;
- Colocar señales, avisos, candados o etiquetas de seguridad, de acuerdo a lo establecido en la NOM-004-STPS-1999 y en la NOM-026-STPS-1998, en las instalaciones eléctricas que proporcionen energía a los equipos de soldadura y corte, y restringir el paso a las áreas en las que se realizan las actividades de soldadura y corte, y
- Contar con ventilación natural o artificial antes y durante las actividades de soldadura y corte en las áreas de trabajo.

2. Evaluación RULA/BRIEF

Tabla 1. Evaluación Rula proceso de soldar en mesas actuales lado derecho

Puntos	Posiciones del brazo (Tabla 1)
3	Flexión 45° - 90°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del brazo (Tabla 2)
1	Hombro elevado o brazo rotado
1	Brazos abducidos
Puntos	Posiciones del antebrazo (Tabla 3)
1	Flexión 60° - 100°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del antebrazo (Tabla 4)
1	Proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
Puntos	Posiciones de la muñeca (Tabla 5)
2	Flexionada o extendida entre 0° - 15°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación de la muñeca (Tabla 6)
1	Desviada radial o cubitalmente
Puntos	Posición Giro de la muñeca (Tabla 7)
1	Pronación o supinación en rango medio
Puntuación Global Grupo A 7	
Puntos	Postura
1	Estática, si se mantiene postura >1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntos	Posición (Tabla 15)
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente
Puntuación Global Grupo C 8	



Puntos	Posiciones del cuello (Tabla 8)
3	Flexión > 20°
Puntos	Posiciones del tronco (Tabla 10)
2	Flexionado 0° - 20°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del tronco (Tabla 11)
1	Torsión del tronco
Puntos	Posición de las Piernas (Tabla 12)
1	De pie con peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición
Puntuación Global Grupo B 3	
Puntos	Postura
1	Estática, si se mantiene postura >1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntos	Posición (Tabla 15)
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente
Puntuación Global Grupo D 4	

Tabla 2. Evaluación Rula proceso de soldar en mesas actuales lado izquierdo

Puntos	Posiciones del brazo (Tabla 1)
3	Flexión 45° - 90°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del brazo (Tabla 2)
1	Hombro elevado o brazo rotado
1	Brazos abducidos
Puntos	Posiciones del antebrazo (Tabla 3)
2	Flexión < 60° o > 100°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del antebrazo (Tabla 4)
1	Proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
Puntos	Posiciones de la muñeca (Tabla 5)
1	Posición neutra respecto a flexión
2	Flexionada o extendida entre 0° - 15°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación de la muñeca (Tabla 6)
1	Desviada radial o cubitalmente
Puntos	Posición Giro de la muñeca (Tabla 7)
1	Pronación o supinación en rango medio
Puntuación Global Grupo A 7	
Puntos	Postura
1	Estática, si se mantiene postura >1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntos	Posición (Tabla 15)
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente
Puntuación Global Grupo C 8	



Puntos	Posiciones del cuello (Tabla 8)
3	Flexión > 20°
Puntos	Posiciones del tronco (Tabla 10)
2	Flexionado 0° - 20°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del tronco (Tabla 11)
1	Torsión del tronco
Puntos	Posición de las Piernas (Tabla 12)
1	De pie con peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición
Puntuación Global Grupo B 3	
Puntos	Postura
1	Estática, si se mantiene postura >1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntos	Posición (Tabla 15)
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente
Puntuación Global Grupo D 4	

3. Mediciones antropométricas

Tabla 3. Mediciones de alumnos considerados para el diseño de mesa (Niebel 2006)

Mujer 12.5%		Hombre 87.5%		Descripción de Medición (Cm)
Prom	Des	Prom	Des	
160.5	9.2	176.8	9.3	1. Estatura
151.2	9.7	166.2	9.3	2. Altura de la vista al suelo
134.7	9.0	147.9	9.0	3. Altura hombro al suelo
102.3	6.7	112.3	6.5	4. Altura codo al suelo (brazo colgando)
97.0	3.5	103.8	7.0	5. Altura cadera al suelo
48.0	4.2	52.4	3.2	6. Altura Rodilla al suelo
205.5	15.6	227.0	12.8	7. Altura dedos de la mano al suelo (brazo hacia arriba mano abierta)
163.5	12.7	180.7	10.0	8. Altura codo al suelo (brazo extendido hacia arriba)
35.0	2.1	39.2	2.1	9. Extensión brazo doblado, antebrazo pegado a cuerpo
57.3	23.0	77.3	5.9	11. Extensión hacia el frente (tomado desde espalda)
36.8	3.9	46.3	3.7	13. Ancho hombro a hombro
41.8	1.1	50.0	5.1	14. Ancho codo a codo
22.8	2.5	25.2	4.0	15. Ancho pecho-espalda
26.0	0.7	29.6	1.3	18. Calzado



Figura 2. Importancia de antropometría en mesa de soldar fija para baja estatura

4. Principios de diseño mecánico y ergonómico para mesa de soldar

Las etapas del diseño ergonómico se basaron en el modelo de plan ergonómico Galer (1987).

1. Identificación del problema. Para cumplir con CACEI y diseño de mesa que pueda mantener el electrodo en posición de 60° cuando se desplace para que pueda soldarse adecuadamente la pieza. Se observó que solo existía una mesa para personas altas, una para bajas y otra con los valores intermedios, se busca estandarizar mesa ergonómica, para ello se evaluó el impacto que el programa ergonómico puede tener en el proceso de diseño, desarrollo y fabricación del mismo.
2. Caracterización de las necesidades del usuario. Se deben ofrecer cualidades en el producto que no encuentre en otros similares, de tal forma que sea competitivo para atraer al consumidor. En este caso nos

- basamos en las tendencias del mercado educativo, que impartan la misma practica, incluimos extracción de gases, mesa cambio de altura, limpieza de electrodos, separación de partículas peligrosas.
3. Aportación de criterios de diseño. Técnicas que permitieron su fabricación, tales como las antropometrías, higiénicas, seguridad, por mencionar algunas. Permitirá poseer datos de las características de las tareas de la mesa para soldar. Repercutiendo en la comodidad, eficiencia y satisfacción del usuario practicante de soldadura.
 4. Evaluación del producto. Debido a que se asumieron una serie de suposiciones y condiciones previas al diseño del producto a ser empleado, es necesario evaluar los distintos aspectos de resistencia, seguridad, durabilidad, confort. Se sigue recabando información de los distintos prototipos para mejorar futuras versiones.

Tabla 4. Evaluación con Método Rula para mesa de soldar Mejorada

Puntos	Posiciones del brazo (Tabla 1)	Puntos	Posiciones del cuello (Tabla 8)
1	Extensión 20° a flexión 20°	3	Flexión > 20°
Puntos	Posiciones del antebrazo (Tabla 3)	Puntos	Posiciones del tronco (Tabla 10)
1	Flexión 60° - 100°	2	Flexionado 0° - 20°
Puntos	Posiciones de la muñeca (Tabla 5)	Puntos	Posición de las Piernas (Tabla 12)
2	Flexionada o extendida entre 0° - 15°	1	De pie con peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición
Puntos	Posiciones que modifican puntuación de la muñeca (Tabla 6)	Puntuación Global Grupo B 2	
1	Desviada radial o cubitalmente	Puntos	Postura
Puntos	Posición Giro de la muñeca (Tabla 7)	1	Estática, si se mantiene postura > 1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
1	Pronación o supinación en rango medio	Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntuación Global Grupo A 2		Puntos	Posición (Tabla 15)
Puntos	Postura	0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente
1	Estática, si se mantiene postura > 1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)	Puntuación Global Grupo D 3	
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida			
Puntos	Posición (Tabla 15)		
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente		
Puntuación Global Grupo C 3			



Figura 3. Mesa prototipo para distintas alturas, ergonómica y segura ambiental

5. Diseño de separadores ciclónicos

- La inhalación de humos y gases tóxicos producidos por el arco eléctrico es muy variable en función del tipo de revestimiento del electrodo o gas protector y de los materiales base y de aporte, y puede consistir en exposición a humos (óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, etc.) y gases (óxidos de carbono, de nitrógeno, etc.).
- Podemos mencionar las exposiciones a: radiaciones ultravioleta, a radiaciones luminosas, a humos y gases, a intoxicación por fosgeno y a ruido.
- Diseño basado en ciclón convencional de entrada tangencial y salida axial
- Donde el diámetro mayor del ciclón será D_c
- Longitud del ciclón total será $4D_c$
- Descarga de gases $D_c/2$
- Descarga de sólidos $D_c/4$
- La entrada estará dada por una base $D_c/4$ y altura $D_c/2$, con la cual obtendremos el área de entrada y se compara contra gasto entrante

6. Resultados

6.1 Técnicas de postura para soldadura 48% mejoradas

Tabla 5. Mejoras evaluadas a través de Método Rula en nueva mesa de soldar

Puntuación	Antes de la mejora		Después de la mejora		Resultados Propuestos	
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Global A	7	7	2	2	71%	71%
Global B	3	3	2	2	33%	33%
Global C	8	8	3	3	63%	63%
Global D	4	4	3	3	25%	25%
Final	6	6	3	3	50%	50%

6.2 Extracción de gases perjudiciales 80% mejoradas

6.3 Iluminación 30% mejorada

6.4 Recolección de desperdicios 80% mejorado

6.5 Aplicación de normas de seguridad basado en NOM-027-STPS-2008

6.5.1. Requisitos del programa de actividades de soldadura y corte

Se debe contar con un programa de actividades de soldadura y corte

6.5.2 Documentar (presentar evidencias):

- Análisis de riesgos potenciales para las actividades de soldadura y corte
- Capacitación y adiestramiento a trabajadores de mantenimiento preventivo y correctivo que proporcionan a equipo y maquinaria de soldadura y corte
- Capacitación en equipo de protección personal (uso, mantenimiento, remplazo)
- Exámenes médicos a soldadores trabajadores (cada 12 meses)
- Capacitación en procedimientos de seguridad e higiene (al menos una vez al año)
- Capacitación en rescate

- Capacitación en primeros auxilios (al menos una vez al año)

6.5.3 Físico.

- Equipo de protección personal
- Botiquines de primeros auxilios

7. Conclusiones:

1. Mejoro aplicación de técnicas de soldadura por poseer estación ergonómica adaptable a todos los alumnos en un 50%
2. Los gases emitidos de la soldadura se pudieron separar y extraer
3. Mejoro estaciones de soldadura tanto en aplicación de soldadura como en gases en ambiente, y la aplicación de normas de seguridad
4. Actualmente se invierte más tiempo en aplicar técnicas de soldadura que en corregir inconvenientes ambientales y de posturas para soldar.
5. Se mejoro la iluminación en las estaciones de trabajo
6. Se disminuyo extracción de desechos de soldadura

8. REFERENCIAS

Ley Federal del Trabajo y Leyes de Seguridad Social 2009 Tax Editores unidos, S.A de C.V. Mexico, D.F.

Zandin, *Manual del Ingeniero Industrial* quinta edición, ed. McGraw-Hill

Niebel/Frievalds (2006) *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, 11ª Edición. (ed. Alfaomega)

Mondelo, Pedro R, Gregori, Enrique, Blasco, Joan, Barran, Pedro (2004)

Ergonomía 3 Diseño de puestos de Trabajo, Ed. Alfaomega

Manual INFRA

Kalpakjian, Serope (2008) *Manufactura, ingeniería y tecnología* .Ed.Pearson Education

Sule, Dileep R. (2001) *Instalaciones de Manufactura "Ubicación, planeación y diseño"*. Ed Thomson Learning

Aguayo, González Francisco (2003) *Metodología del Diseño Industrial, Un enfoque desde la ingeniería concurrente*, ed. Ra-Ma

Zandin, Kjell B. (2001) *Manual del Ingeniero Industrial* , ed. McGraw-Hill

Groover, Mikell P. (2007) *Fundamentos de Manufactura Moderna* Mc Graw Hill

Álvaro Page/García/Moraga/Tortosa/Verde (2000) *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*, Ed. Instituto de Biomecánica de Valencia

Kroemer /Kroemer / Kroemer -Elbert (2001) *Ergonomics How to Design for ease and efficiency*, Ed. Prentice Hall International Series in industrial & Systems Engineering