

# CENTRO DE TRABAJO MULTIFUNCIONAL

**Autor: MC Héctor Miguel Gastélum González**

Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán

## I. RESUMEN

En este documento, se justifica y se describe el diseño de un equipo para Laboratorio de Ingeniería Industrial, funcional y económico. El proyecto nace del conocimiento de que hasta la fecha no se cuenta con equipo de Laboratorio que considere la ergonomía de manera real y objetiva, y con costo accesible; siendo esto un problema en la complementación de la teoría analizada en clase con la práctica. El resultado es el Centro de Trabajo Multifuncional, en el cual se aplican los principios de diseño de estaciones de trabajo para su diseño, y con el cual se pueden realizar prácticas en diferentes materias del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial.

## II. INTRODUCCIÓN

La carrera de Ingeniería Industrial cuenta con un plan de estudios que consta de créditos, en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, los cuales son en parte teóricos y en parte prácticos. La parte teórica se cumple en las aulas y las horas prácticas en un laboratorio donde se encuentran equipos y maquinaria especializada para lograr ese objetivo. La falta de espacios y equipos adecuados para esos fines puede ocasionar que no se cumpla con los requisitos del plan de estudios.

El equipo y la maquinaria que deben estar en un Laboratorio juegan un papel muy importante en el cumplimiento del plan de estudios de la carrera en cuestión, es por ello que se decide iniciar una investigación sobre los equipos

de laboratorios de Ingeniería Industrial en México, encontrando que los principales fabricantes de este tipo de equipos son los Centros Regionales de Desarrollo de Optimización y Desarrollo (CRODE). Los productos que comercializan son los siguientes:

*Mesa didáctica de manufactura.* Este sistema se integra por varios elementos entre los que destacan seis bandas transportadoras impulsadas de forma independiente por motores de corriente directa y gobernadas mediante un microcontrolador. Este sistema permite variar a elección, velocidad de las bandas y el sentido de rotación. En cuanto al avance, se puede optar porque sea continuo o intermitente, automático o semiautomático con tiempo predeterminados de avance y espera.

*Banda transportadora por pasos.* Consiste básicamente de tres secciones: un cabezal donde se encuentra instalado el sistema motriz: motor reductor de  $\frac{3}{4}$ " de Hp acoplado a una catarina que transmite el movimiento al sistema a través de la cadena; un segundo cabezal, en el otro extremo de la banda, que ajusta y tensa la cadena y, finalmente, una estructura intermedia donde se soportan los rieles guía, las cubiertas, el tablero de control y el sistema de iluminación. La banda transportadora cuenta con un sistema de nivelación para contrarrestar las imperfecciones del piso donde se instale. Dispone también de 20 carros embalerados en los cuales se instalan las canastillas o contenedores. El tablero de control conjunta: un temporizador, un interruptor general, un control de velocidad y tres lámparas indicadores de función.

*Mesa rotatoria octagonal para estudio de tiempos y movimientos.* Este equipo utiliza el principio de movimientos relativos contrarios, formado por un aro fijo fabricado en madera y otro móvil recubierto de formaica. Soporta en la parte superior ocho estaciones de trabajo, donde en cada una de ellas se contará con diferentes tipos de piezas, que servirán para ensamblar un determinado producto, simulando así, un proceso productivo.

Aprovechando ventajas de los modelos descritos anteriormente y de la ergonomía, se propone el Centro de Trabajo Multifuncional (CTM), en el que se

pueden realizar prácticas para varias materias del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial. El CTM será de gran utilidad para los alumnos de Ingeniería Industrial, ya que con éste se podrán realizar prácticas con las cuales se obtendrá un aprendizaje práctico y mayores experiencias.

### III. OBJETIVO E HIPÓTESIS.

**Objetivo.** Diseñar el Centro de Trabajo Multifuncional bajo los principios del diseño de estaciones de trabajo que promuevan las posturas neutrales del cuerpo, para que los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial realicen prácticas que complementen la teoría expuesta en clases.

**Hipótesis.** El Centro de Trabajo Multifuncional se podrá utilizar en la realización de prácticas en el área de Ingeniería Industrial y es adecuado a las características y capacidades físicas de los usuarios.

### IV. MARCO TEORICO

El principio ergonómico fundamental que debe regir todas las intervenciones es el de adaptar la actividad a las capacidades y limitaciones de los usuarios y no a la inversa.

**Antropometría.** La Ingeniería Antropométrica o Antropometría es definida por Kantowitz y Sorkin (1983), como la aplicación del método científico de mediciones físicas del cuerpo humano, con la finalidad de optimizar la relación entre las personas y las máquinas, y otros productos manufacturados, y aseguran que los bienes elaborados serán ajustables para los usuarios de una población.

## **Principios para el diseño de estaciones o puestos de trabajo. (Niebel 2001).**

Determinar la altura de la superficie de trabajo según la altura del codo. La altura de la superficie de trabajo (con el trabajador ya sea sentado o parado debe determinarse mediante una postura de trabajo cómoda para el operario). La altura óptima para trabajar (50mm) esta basada tanto en la productividad (es decir, el costo para la organización que paga al empleado) como en el costo fisiológico (o sea, lo que cuesta a la persona lograr determinada producción).

Localizar todas las herramientas y materiales dentro del área normal de trabajo. En cada movimiento interviene una distancia. Mientras mas grande es la distancia, mayores son el esfuerzo musculares, el control y el tiempo. Por lo tanto, es importante minimizar las distancias. 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 .

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

Utilizar canaletas por gravedad y entrega dejando caer para producir los tiempos de alcanzar y mover.

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

**Controladores.** Un autómatá programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

El sistema de control tiene 4 elementos básicos: interfase de entrada, lógica, memoria e interfase de salida. La interfase de entrada toma voltajes o corrientes de interruptores relevadores y sensores de temperatura o precisión; luego, transforma estas señales de energía en niveles de energía adecuados para el instrumento de lógica del sistema de control. La lógica toma la entrada y acciona instrumentos en secuencias específicas. Las funciones sencillas basadas en el tiempo se pueden controlar mediante levas, y las funciones basadas en el evento se pueden controlar por medio de contadores. Para funciones complicadas se usan minicomputadoras, microcomputadoras y controles programables. La memoria puede ir desde las capacidades del cerebro del operador humano a memorias de computadoras y a levas. Por lo general, los instrumentos y motores electromecánicos de salidas necesitan voltaje de línea. La interfase de salida refuerza los mantos lógicos de baja energía.

## V. DESARROLLO.

La metodología a seguir en la realización de esta investigación es la siguiente: realizar un estudio de campo con el objetivo de encontrar equipo para uso de laboratorio de Ingeniería Industrial, posteriormente hacer un análisis de sus ventajas y proponer un equipo, agregando a éstas la aplicación de los principios del diseño de estaciones de trabajo y las medidas antropométricas. Después de elaborar el CTM, se procede a su validación, con la realización de las prácticas para las que es útil.

**Medidas antropométricas.** Las medidas antropométricas tomadas para el diseño del prototipo, se muestran a continuación: Medida, Anchura de espalda, Altura del codo en posición sedente, Altura máxima del muslo, Altura de rodilla en posición sedente, Longitud nalga-rodilla y Longitud del antebrazo

## VI. RESULTADOS

Las dimensiones y la forma del Centro de Trabajo Multifuncional, se basan en las medidas antropométricas tomadas del estudio publicado por la Sociedad Mexicana de Ergonomistas A.C. (SEMAC) y de los principios para el diseño de estaciones de trabajo.

**Centro de Trabajo Multifuncional.** El prototipo es un centro de trabajo, que cuenta con ocho estaciones de actividad operativa para el desarrollo de prácticas en el área de Ingeniería Industrial. Se compone de una estructura de metal de altura ajustable, en donde descansa una base de madera fija que sirve como área de trabajo; un soporte central fijo; contenedores de descarga por gravedad para material hacia los lados de cada área de trabajo; en la parte central se encuentra un disco de madera rotatorio que funciona por medio de un motor de 1/4 Hp, activado por un PLC (Controlador lógico programable). En cada área de trabajo se encuentra un botón de toma de tiempos y un interruptor con su respectivo semáforo que indica el estado actual de los contenedores.

Los componentes del CTM son los siguientes:

Cantidad	Nombre del componente	Características
3	Poleas	14 pulg.
3	Poleas	1 ½ pulg.
20 mts	Manguera para aire	½ pulg
4	Pistones neumatico	4 pulg
6 tramos	PTR	1 pulg
3 tramos	PTR	¾ pulg
100	Remaches	½ pulg
4 kg	Soldadura	6013
2 tramos	Solera de acero	1 pulg
80	Tornillos de alta resistencias	¼ pulg

80	Tuercas de alta resistencia especial	¼ pulg
2	Motores	¼ Hp de 110v
2	Melamina	¾
2	Melamina	6 mm
19 mts	Cable	Calibre 14
20 mts	Cable	Calibre 16
1	PLC	
4	Llantas deslizables	

**Medidas.** Las medidas del CTM, son las siguientes: Las medidas del área de trabajo se toman de los extremos. Para el ancho, se toma la medida de ancho de espalda que equivale a 50 cm. Y la profundidad es el 5 percentil de longitud del antebrazo y equivale a 40 cm. El área de trabajo se basa en las medidas de ancho de espalda de las personas, y la longitud del antebrazo, con el objetivo de promover el principio de que el trabajo se debe llevar a cabo dentro del área normal de trabajo y de que exista el espacio suficiente para poder trabajar y tener movimiento, sin obstruir otras áreas de trabajo. Altura de la superficie de trabajo ajustable de 63 cm hasta 73.3 cm. Para ésta fijar estas dimensiones se considera la altura del codo a la silla. La altura de la mesa va del 5 al 95 percentil, considerando el espacio para acomodar los muslos. El espacio entre el contorno de la superficie de trabajo y el primer obstáculo hacia enfrente del operador es de 50 cm, para acomodar las piernas cómodamente, y tener movimiento. Los depósitos de descarga por gravedad se colocan en ambos lados de cada área de trabajo, con una altura de 25 cm, con dos depósitos en cada lado. Se diseña de esta manera para aprovechar la fuerza de gravedad en lugar de oponerse a ella; y se ubican hacia los lados del área de trabajo, con el fin de respetar el principio de que todo el trabajo se debe de realizar dentro del área normal de trabajo y promover los movimientos de ambas manos, en la realización del trabajo.

**Funciones.** El Centro de Trabajo Multifuncional, desarrolla las siguientes funciones: Por medio del disco rotatorio de madera, se mueven el producto en proceso de una estación de trabajo a otra. Se programa el PLC para que cada determinado tiempo el disco se mueva. Los botones de toma de tiempos, se activan de manera manual cuando el operador inicia la actividad en estudio y se desactivan cuando dicha operación ha finalizado. La información obtenida se procesa en una base de datos, utilizando PLC y una computadora. La altura de la superficie de trabajo es ajustable, y ajusta por medio del PLC. Los semáforos indican el estado actual de llenado de los contenedores, y consta de dos colores: rojo y verde. El rojo indica contenedores casi vacíos y es necesario su llenado; y el verde indica que el contenedor tiene suficiente material.

La forma y las medidas del prototipo, están diseñadas de tal manera que se promueven las posturas neutrales del cuerpo.

El CTM tiene varias ventajas con respecto a otras mesas ya existentes, la primera son las medidas antropométricas que proporcionan una mayor comodidad y ayudan a reducir la fatiga que normalmente se presenta después de ciertas horas de trabajo; otra ventaja son los contenedores de materia prima que se encuentran a una distancia considerable de acuerdo a las medidas antropométricas que permiten tener todo al alcance en el área normal de trabajo; además el centro de trabajo cuenta con un sistema de señales visuales que indican la falta de material en las estaciones de trabajo; y un sistema de PLC que controla el tiempo de ciclo del proceso, la altura ajustable del centro de trabajo, así como también el sistema de toma de tiempos.

El CTM solo puede ser utilizado por 8 personas. No se puede incrementar el número de estaciones de trabajo, puesto que cada área cuenta con las medidas antropométricas adecuadas y con el aumento de éstas se afectan dichas medidas y se pierde una de las ventajas. No cuenta con áreas de trabajo grandes para la realización de objetos grandes y muy pesados. Es flexible para adaptarse a otros equipos de trabajo y complementar series de trabajo.



La demanda de este producto es significativa, puesto que no se cuenta con equipo de este tipo. El costo total del Centro de Trabajo Multifuncional en el mercado asciende a \$75,300.00, al diseñarlo como prototipo se invierten \$15,000.00 con todos los insumos y productos que se requieren para producirlo, ahorrándose a la cantidad de \$60,300 en la elaboración de un solo producto. El precio comparativo fue obtenido del Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya, de un producto similar.

## VII. CONCLUSIONES.

Después de haber realizado la investigación pertinente para la realización de este proyecto, se tienen los siguientes beneficios:

- Se podrán realizar prácticas en las diferentes materias de la carrera de ingeniería industrial.
- Se promueven las posturas neutrales del cuerpo en la realización del trabajo.
- La altura de la mesa de trabajo es ajustable, quedando la superficie de trabajo por debajo del codo, lo que permite que las personas que están entre el 5 y el 95 percentil, puedan trabajar de manera cómoda.
- El área de trabajo cuenta con espacio suficiente para trabajar y colocar los materiales y herramientas, necesarios para la operación. Se promueve el trabajo en el área normal de trabajo.
- Las rodillas tienen espacio suficiente para movimientos.
- La flexión del codo se disminuye con la altura de la mesa.
- La fatiga se disminuye.

Con estos beneficios, se pueden realizar prácticas en las materias de Estudio del Trabajo I, Estudio del Trabajo II, Planeación y Diseño de Instalaciones, Planeación y Control de la Producción I, Planeación y Control de la Producción II, Control de Calidad, Ergonomía y Tópicos de Manufactura;

para cumplir con los créditos de prácticas del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial

Las prácticas que se pueden realizar son referentes a los siguientes temas: Balanceo de Línea, Kanban, Planeación de los Requerimiento de Materiales, Estudio de Tiempos, Estudio de Movimientos, Análisis de la Operación, MTM (Measurement Time Method), MOST (Maynard Operation Sequence Technique), Diagrama de Operaciones, Diagrama de Flujo, Diagrama de Recorrido, Muestreo de Trabajo, Distribución de Planta, Manejo de Materiales, Programación de la producción, Control de la Producción, Secuenciación, Asignación de Trabajos, Sistemas de Producción.

### **VIII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.**

1. Fundación MAPFRE; Temas de Ergonomía; Editorial MAPFRE; España.
2. Kantowitz Barry H., Sorkin Robert D.; Human Factors Understanding people-system relationships; Editorial Wiley; United State of America, 1983.
3. Konz Stephan; Diseño de instalaciones industriales; Editorial Limusa; 2000.
4. Mondelo Pedro R, Gregor Enrique, Blasco Joan, Barrau Pedro; Ergonomia 3, Diseño de puestos de trabajo; 2ª Edición; 2001.
5. Niebel Benjamín, Freivalds Andris; Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo; Alfaomega; Décima edición; México, 2000.
6. Osborne David. J.; Ergonomía en Acción, La adaptación del medio de trabajo al hombre; Editorial Trillas; Segunda Edición; México, 1999.
7. Panero Julius, Martín Zelnik; Las dimensiones humanas en los espacios interiores; Editorial Gustavo Gili, S.A.; Tercera Edición; México 1984.
8. Sanders Mark S., McCormick Ernest J.; Human Factors in Engineering and Design; McGrawHill; Seventh Edition; Singapore, 1992.