

001803

**Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Industrial**

Manual de Prácticas para el Laboratorio de Ingeniería de Métodos de la Universidad del Valle de Guatemala

HECTOR ARMANDO PORTILLO ALDANA

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

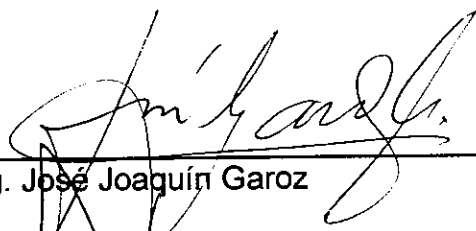
Guatemala

2000

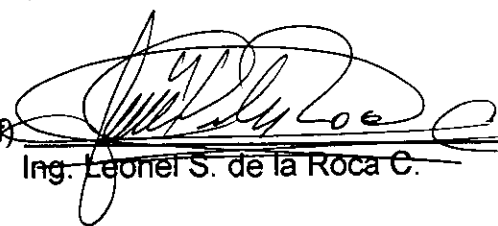
Vo.Bo. :


Ing. Leonel S. de la Roca C.
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. José Joaquín Garoz

(f) 
Ing. Carlos Paredes

(f) 
Ing. Leonel S. de la Roca C.

Fecha de aprobación: 21 de junio de 2000.

**Manual de Prácticas para el
Laboratorio de Ingeniería de
Métodos de la Universidad del Valle
de Guatemala**

**Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Industrial**

Manual de Prácticas para el Laboratorio de Ingeniería de Métodos de la Universidad del Valle de Guatemala

HECTOR ARMANDO PORTILLO ALDANA

Trabajo de graduación presentado para optar
al grado académico de

Licenciatura en Ingeniería Industrial

Guatemala

2000

RESUMEN

Este trabajo está dirigido a crear el Laboratorio de Ingeniería de Métodos para la Universidad del Valle de Guatemala. Como tal, la Ingeniería de Métodos comprende los estudios de Métodos, Tiempos y Movimientos. El laboratorio consiste en una serie de prácticas aplicadas a los puntos teóricos que se imparten. Como apoyo a estas prácticas se elaborará un manual de prácticas de laboratorio cuyo contenido será la explicación de la práctica, la teoría que sirva de base al tema que se desarrolla y los objetivos de la práctica. Como experimento para desarrollar habilidad y destreza se montarán estaciones de trabajo, se diseñarán procesos de manufactura y se grabarán videos de fábricas donde se puedan hacer diferentes análisis de las operaciones, para que así el estudiante tenga experiencia práctica en lo que se refiere al estudio de Métodos, Tiempos y Movimientos.

INDICE

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	JUSTIFICACION	4
IV.	MARCO TEORICO.....	5
	A. Antecedentes históricos	5
	B. La ingeniería industrial	13
	C. Ergonomía de la manufactura	13
	D. Biomecánica	16
	E. Ingeniería de métodos.....	17
V.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
VI.	CONCLUSIONES.....	21
VII.	BIBLIOGRAFIA	23
	A. Práctica 1. Test de habilidades.....	24
	B. Práctica 2. Diagrama de procesos.....	30
	C. Práctica 3. Diagrama de flujo de procesos	35
	D. Práctica 4. Análisis de la operación.....	40
	E. Práctica 5. Estudio de movimientos.....	48
	F. Práctica 6. Estudio de tiempos	53
	G. Práctica 7. Principio de economía de movimientos	59
	H. Práctica 8. Diagrama hombre-máquina	63
	I. Práctica 9. Balanceo de líneas.....	69
VIII.	APENDICE.....	77
	A. Apéndice 1. Kaisen vrs. Innovación.....	77
	B. Apéndice 2. Hoja de control de therbligs	78
	C. Apéndice 3. Formato de diagrama de flujo de proceso.....	80
	D. Apéndice 4. Formato de diagrama de operaciones	81
	E. Apéndice 5. Diagrama de operaciones.....	82
	F. Apéndice 6. Formato para hacer estudios de tiempos	83
	G. Apéndice 7. Diagrama Hombre Maquina.....	84

I. INTRODUCCION

El objetivo primordial de una empresa o negocio es ser cada vez más productiva, ya sea para ser más rentable o para sobrevivir en épocas de crisis. Por incremento de la productividad se entiende el aumento en la producción por hora de trabajo. El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la ingeniería de métodos, que comprende utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios.

El campo de estas actividades, comprende el diseño, la formulación y la selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para manufacturar un producto o realizar un servicio. La ingeniería de métodos, por su definición se puede dividir en dos partes, primero la que se encarga de idear y diseñar los centros de trabajo donde se fabricará el producto, y segundo la que estudiará continuamente una y otra vez cada centro de trabajo para hallar una mejor manera de elaborar el producto.

Por lo general el estudiante universitario ansía aplicar los conocimientos teóricos que adquiere, y carece de la preparación necesaria para ello. Tomando ésto en consideración, el presente trabajo tiene como objeto presentar las bases que le permitan eliminar algunas de las dificultades con las que se tropieza una persona

no familiarizada con el mundo de los negocios. Lo más importante es que el estudiante esté preparado cuando se requiera, para tomar una decisión inteligente en lo que se refiere a la mejor política, técnica o curso de acción. Si no es capaz de hacer lo anterior, el proceso educativo habrá fallado aún cuando conozca detalles de cómo hacerlo.

Tomando en cuenta lo anterior se ha desarrollado este trabajo de graduación de manera tal, que se cuente con una herramienta útil para desarrollar las capacidades que los estudiantes requieren para aumentar la productividad en los procesos en que se involucren.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVOS GENERALES:

Capacitar al estudiante para que adquiriera la experiencia básica necesaria, de forma que pueda adaptarse rápidamente a la práctica de la Ingeniería Industrial en los procesos en que se involucre.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Crear un manual de Prácticas de Ingeniería de Métodos para los alumnos de la Universidad del Valle de Guatemala.
2. Proveer a la Universidad Del Valle de Guatemala los materiales necesarios para realizar laboratorios de Ingeniería de Métodos en la Universidad.
3. Crear prácticas donde los estudiantes lleven a cabo mejoras de métodos.
4. Crear prácticas donde los estudiantes lleven a cabo tomas de tiempos.
5. Poner en práctica las técnicas vistas en clase

III. JUSTIFICACIÓN

La Ingeniería Industrial tal vez sea la más amplia de todas las funciones de la administración moderna. Quizás las personas que se dediquen al estudio de tiempos se consideran a sí mismos Ingenieros Industriales, así como los planificadores de procesos o los analistas de sistemas de fabricación. Sin duda que todas ellas desempeñan actividades que caen dentro del amplio campo de acción de las actividades que generalmente se consideran parte de las funciones de la ingeniería industrial.

La ingeniería de métodos, lejos de ser una teoría, es una práctica, debido a que para hacer una mejora en la productividad de una operación, ésta debe ser sometida a análisis prácticos que den como resultado nuevos métodos, estándares, etc.

Por este motivo es de suma importancia proveer a la Universidad de un laboratorio en cuyas instalaciones los alumnos puedan poner en práctica las metodologías de análisis que se imparten en la clase. En dicho lugar se podrá hacer simulacros de estaciones de trabajo, de diferentes ambientes, de tomas de tiempos, de mejoras de métodos, de selección del mejor operario y de balanceo de líneas; a su vez tendrán una guía teórica que dará soporte a la práctica.

Todo esto se hace para que los ingenieros que egresen de la Universidad tengan la experiencia básica en lo que se refiere a la Ingeniería de Métodos y así puedan a la brevedad posible familiarizarse con cualquier proceso al cual deseen mejorar su productividad.

IV. MARCO TEORICO

A. ANTECEDENTES HISTORICOS:

La ingeniería industrial incluye una amplia variedad de tareas establecidas con el propósito de diseñar, establecer y mantener los sistemas administrativos para una eficiente operación. La ambigüedad de lo que constituye la ingeniería Industrial probablemente tiene sus raíces en la forma en la que se desarrolló como profesión. Esto, desde luego, se remonta a muchas décadas antes de que se acuñara el nombre de ingeniería Industrial en los años de la Revolución Industrial.

Los principios de la ingeniería industrial se remontan hasta el año 1732 cuando Richard Arkwright inventó la hiladora de anillo, y comenzó a tomar en cuenta sistemas para controlar la producción y el trabajo de los empleados de las fábricas.

Charles Babbage (1792-1891) aportó contribuciones significativas a la ciencia de la ingeniería industrial, ya que creó los sistemas analíticos para mejorar las operaciones que publicó en su libro, *The Economy of Machinery and Manufacturers*, el cual se distribuyó ampliamente en Inglaterra, Europa y en Los Estados Unidos. Los métodos que Babbage aportó fueron los más avanzados por décadas, en el campo del aumento de la productividad y tienen alguna semejanza con los trabajos de Taylor, aunque éste los realizó muy posteriormente.

El gran ímpetu por cambiar la forma como se realizaba el trabajo en las fábricas comenzó en Estados Unidos y posteriormente en Europa lo inició Frederick W. Taylor, quien por sus exitosos métodos manuales para mejorar el manejo de

materiales en fábricas de acero, obtuvo ganancias asombrosas en productividad y sus escritos sobre la materia. Presentado ante la American Society of Mechanical Engineers (ASME), llamaron mucho la atención; además tuvieron un gran número de simpatizantes quienes se basaban en sus enseñanzas.

La fórmula de Taylor todavía es parte importante de la ingeniería industrial, ya que enfatiza que el trabajo debe estar bien organizado y al trabajador se le debe asignar una tarea específica y un método específico a seguir. Taylor reconoció y estudió la importancia de estos métodos, pero fue hasta que llegaron Frank y Lillian Gilberth que se le dio amplio reconocimiento a la importancia del estudio de movimientos. Los Gilberth aislaron e identificaron los movimientos básicos con que se realizan todas las actividades humanas y los llamaron "Therbligs", además establecieron que cada uno de los 18 elementos o "Therbligs" se deberían lograr en un rango definido de tiempo. Esto apoyaba la idea de Taylor que se podía establecer un manual de valores universales de tiempo (basado en métodos predeterminados) y que se aplican en cualquier industria. Los Therbligs de Gilberth formaron las bases para las investigaciones que últimamente han llevado al desarrollo de medición del tiempo de los métodos (MTM), y que todavía en la actualidad lo usan ampliamente los ingenieros industriales.

Otro pionero de la Ingeniería Industrial fue Harrington Emerson, quien fue defensor de las operaciones eficientes y de pagos de premios para el incremento de la producción. Su libro *The 12 Principals of Efficiency*, presentaba las bases para obtener operaciones eficientes, y sus 12 principios, que de alguna forma fueron paralelos a la enseñanza de Taylor, eran los siguientes:

12 PRINCIPIOS DE TAYLOR

1. Ideales definidos claramente
2. Sentido común
3. Asesoría competente
4. Disciplina
5. Trabajo justo
6. Registros confiables, inmediato y adecuados
7. Distribución de las ordenes de trabajo
8. Estándares y Programas
9. Condiciones estandarizadas
10. Operación estándar
11. Instrucción de la practica por escrito
12. Recompensa a la eficiencia

Los espectaculares incrementos de la producción que resultaron de los primeros planes de incentivos y después se mantuvieron por medio de un recorte poco escrupuloso de las tarifas, condujeron a dos efectos secundarios. Primero: debido a que los incrementos eran tan fáciles de obtener, se prestó muy poca atención a los métodos de producción. El segundo efecto fue la reacción de los trabajadores y del público ante las tácticas de aceleración que se alcanzaron, esto es, que el trabajador nivelaba su producción de tal forma que las ganancias no parecieran excesivas y así evitaban que la gerencia tuviera oportunidad de evitar más las tarifas.

Muchas personas del gobierno y del público en general también reaccionaron a los así llamados efectos deshumanizantes de la ingeniería industrial, por lo que se aprobó una ley para limitar el uso de los tiempos estándar de las operaciones gubernamentales.

Estas reacciones condujeron a un aumento del interés en los beneficios de los estudios de métodos. Los esfuerzos de Gilberth en el campo del estudio de movimientos habían sido considerados más bien teóricos e imprácticos. En los años veinte y treinta hubo un interés renovado en su trabajo y en el de otros ingenieros industriales. En 1927 H.B. Maynard, G. J. Stegemerten y S. M. Lowry escribieron su libro *Time and Motion Study* en el cual resaltaba la importancia del estudio de movimientos y el uso de buenos métodos, y para el año 1932 A. H. Mogensen publicó el libro *Common Sense Applied to Time and Motion Study* en el cual hacía hincapié en sus principios de simplificación del trabajo. Así mismo R. M. Barnes publicó el libro *Motion and Time Study* en el cual puso especial énfasis en el aspecto del estudio de movimientos de la ingeniería industrial. Durante ese periodo se manifestó una especie de polarización entre los defensores del estudio de tiempos y aquellos que creían que el estudio de movimientos era lo más importante. De hecho esta polarización existió en varias industrias de los Estados Unidos, lo que derivó en que existieran departamentos de igual magnitud pero separados uno para el estudio de tiempos, y el otro para el estudio de movimientos; esta separación continuó en varias compañías y todavía existe en algunas corporaciones.

De hecho el estudio de tiempos predeterminados ha disminuido esta polarización debido a que se tiene que realizar el análisis de métodos en una operación, con el trabajo estándar como el subproducto natural del análisis de métodos.

En 1934, H. B. Maynard y sus socios acuñaron el término "Ingeniería de Métodos" que se define de la siguiente forma:

Ingeniería de métodos es la técnica que somete a un profundo análisis a cada operación de determinada parte del trabajo, con el fin de eliminar todas las operaciones innecesarias para acercarse al método mejor y más rápido de desempeñar cada método estándar. Sólo cuando ya se ha hecho todo esto, y no antes, se determina, por medio de una medición precisa, el número de las horas estándares en las que un operario, trabajando con un desempeño promedio, puede realizar el trabajo; por último, normalmente, aunque no de manera necesaria, se concibe un plan de compensación de mano de obra, que motive al operario a alcanzar o a superar el desempeño promedio.

Esta es una definición clásica de ingeniería de métodos que aun tiene validez en estos días, desafortunadamente en muchos casos se toman atajos que conducen a que se desatiendan partes valiosas de esta definición.

Durante los años de la depresión en 1930 muchos ingenieros trabajaron al tratar de encontrar mejores formas de perfeccionar las operaciones. Un estudio muy notable para esa época fue el realizado durante doce años por la Eastern Electric Company.

En este estudio los efectos que tenían los diferentes cambios que tenían en los métodos y condiciones de trabajo sobre la productividad de los trabajadores, se midieron cuidadosamente, orientándolos de tal forma que se pudiera obtener la

máxima producción. Estos ingenieros observaron que en la mayoría de los casos, un cambio en los métodos o en las condiciones de trabajo daba como resultado un aumento en la producción, por lo que llegaron a la conclusión de que los trabajadores siempre responden de forma favorable cuando se les presta atención y se les involucra en el proceso.

Durante la década de los treinta, las autoridades de la Ingeniería Industrial se interesaron mucho por perfeccionar las habilidades de los ingenieros industriales para analizar y mejorar las operaciones. Por esa época, Allan Mogensen, desarrolló sus procedimientos para la simplificación del trabajo, los cuales se concentraron en el uso del talento de los trabajadores para mejorar los métodos. Su propuesta fue que se debería instituir a la gente de manufactura que era clave, de tal forma que se pudiera aplicar la misma capacitación a los administradores y obreros de sus fabricas. Los aprendices aplicarían a su vez las mismas técnicas que se les enseñaron en las operaciones reales de los talleres, para tener como resultado una incontable serie de mejoras.

En este mismo periodo Maynard y Stergemerten escribieron un libro titulado *Operations Analysis*, en el que se detallaba un procedimiento mediante el cual un ingeniero industrial podría analizar sistemáticamente todas las condiciones que rodeaban una operación, y de esta forma llegar al mejor método para realizar un trabajo determinado.

Junto con el mejoramiento de los métodos y los procedimientos del estudio de tiempos, se desarrollaron varios planes de evaluación del trabajo, de modo que se determinaban de forma lógica y sistemática las tarifas salariales que tenían una relación muy cercana con la satisfacción y con el empleo.

En 1943, el Work Standardization Committee, de la división gerencial de la American Society of Mechanical Engineers, esbozó una gráfica en la que se describen las funciones de la ingeniería industrial.

El alcance de las funciones de ingeniería industrial empezó a expandirse rápidamente en los años siguientes a la segunda guerra mundial y continúa expandiéndose rápidamente desde entonces. Un desarrollo muy significativo de la ingeniería industrial que alcanzó gran importancia a finales de la década de los cuarenta y principios de los cincuenta, se inició con la publicación para el uso de los sistemas predeterminados de tiempos y movimientos, aunque en realidad el primero de estos sistemas, el análisis de tiempos y movimientos (MTA), lo había desarrollado M.T. Segur, muchos años atrás. Sin embargo Segur publicó muy poco de estos sistemas y prefirió aplicarlo solamente en sus trabajos como asesor y comprometer a sus clientes a guardar el secreto de los detalles del sistema, por lo que el sistema de tiempos y movimientos nunca ganó mucha aceptación pública.

En un artículo publicado en 1945 en la revista *Factory Management and Maintenance*, se describió un nuevo sistema de tiempos y movimientos predeterminados llamado factor de trabajo (WOFAC).

Este factor de trabajo lo desarrolló Quick, Shea y Koelher en la planta de Radio Corporación de América (RCA) en New Jersey, posteriormente establecieron el Work Factor Company para promover el uso de sistema de factor de trabajo.

El sistema más notable de tiempos y movimientos predeterminados y medición del tiempo de los métodos MTM lo crearon Maynard, Stegemerten y Schwab como resultado de un intenso estudio de tiempos y movimientos promovido por la Westinghouse Electric. La MTM Association of Standards and Research se fundó

en los Estados Unidos en 1951, y la siguió una serie de asociaciones similares en los países Europeos.

Un beneficio importante en el que se puso énfasis cuando se introdujo por primera vez el sistema predeterminado de tiempos y movimientos, fueron las ventajas prácticas del sistema de estudio de movimientos. Un beneficio adicional de este sistema fue establecer estándares más precisos que las prácticas normales de esa época permitían, además de la eliminación del uso del cronómetro para él la mayoría de las mediciones del trabajo manual. Otro beneficio que de pronto se hizo evidente, fue el uso de tales sistemas para crear un sistema de datos de alto nivel para acelerar el proceso de estudio del trabajo; de este modo tales sistemas como el de datos de propósitos generales (GDP), MTM2 y el factor de trabajo preparado, se pusieron en uso. El sistema MOST es el más nuevo sistema basado en el MTM fue creado en Europa por los Ingenieros de Maynard a principios de los setenta.

El siguiente paso lógico en el campo de la medición del trabajo fue la integración de los sistemas computarizados de estudio del trabajo con la planeación del proceso automatizados y otras formas de diseño y manufactura asistida por computadora (CAD-CAM). Esta integración se hizo realidad con el advenimiento de sistemas tales como Auto-Most que procesa información de otros sistemas de manufactura para establecer estándares automáticamente. Esto se logra como un subproducto de las actividades de planeación de los procesos y del diseño, y, por lo tanto, libera al ingeniero industrial para que pueda dedicar su tiempo a otras actividades. (*Manual del Ingeniero Industrial, 1996*)

B. LA INGENIERIA INDUSTRIAL

La Ingeniería Industrial se ocupa principalmente de la transformación de materiales a un estado diferente y más aplicable a forma, lugar o tiempo. Su responsabilidad primordial consiste en diseñar el mejor método para lograr esta transformación. El Ingeniero Industrial se especializa, entonces, en el diseño de los medios de producción, el que consiste en un conjunto completo de hombre, máquinas, materiales y redes de comunicación, los cuales, a través de un diseño inteligente, hacen que se realicen los fines de las empresas.

La Ingeniería de Métodos se ocupa de la integración del ser humano dentro del proceso de producción. (*Ingeniería de Métodos, 1973*)

C. ERGONOMIA DE LA MANUFACTURA:

La práctica de la ergonomía comenzó con la recolección y uso de datos antropométricos. Esta información, combinada con observaciones se empleó para estimar la bondad del ajuste entre el equipo y el personal. Los primeros ergónomos se preocuparon por brindar comodidad a cada uno de los individuos, tomando en cuenta las variaciones en tamaño. Conforme los requisitos de movimientos se volvieron necesarios, la noción del tamaño se amplió para incluir la fuerza, el alcance, la visión, las capacidades cardiovasculares, la percepción, supervivencia en misiones, y recientemente las lesiones acumulativas en el sistema musculoesquelético.

La última consideración nos plantea una pregunta porque la ergonomía, en ambientes de trabajo tradicionales, el interés por la salud y la seguridad están separados del interés por la producción y el diseño; el primer grupo pertenece al

departamento de personal y el segundo al de producción o de investigación y desarrollo. Esto indicó un problema fundamental innato a las ciencias interdisciplinarias: tratar de manejar de manera conjunta lo que en un tiempo se trató de manera separada. De alguna forma, la ergonomía basada en la Biomecánica nos ha enseñado la estrecha relación entre la manufactura del producto y la administración de la salud. Tender un puente sobre la brecha entre sólo la seguridad y sólo la manufactura conlleva a un reto mayor en la aplicación de la ergonomía de la producción. La solución es aprender más. Los expertos en seguridad y los ingenieros industriales, necesitan familiarizarse con la biomecánica ocupacional, disciplina que nos permite cuantificar las fuerzas internas y externas del cuerpo humano en el trabajo. Esta ciencia, basada en medición, es en gran parte responsable de los avances llevados a cabo en la última década en cuanto a la prevención de lesiones en el sistema musculoesquelético. Con mayor precisión, la biomecánica es una de las principales herramientas para optimizar los elementos de la producción, que abarca tanto lo relacionado a la economía como a la seguridad.

Con el empleo de la biomecánica, es posible poder medir fuerzas acumulativas, de bajo nivel a las que el cuerpo está expuesto. Por medio de las herramientas auxiliares, en combinación con límites prefijados de exposición, es posible la prevención de las lesiones musculoesqueléticas.

De igual manera, este principio de medición nos facilita la base cuantitativa para un mejor uso de las capacidades humanas o para mejorar el ajuste.

El enfoque actual de mejorar la calidad como una ventaja competitiva es una postura lógica una vez que se comprende que la tecnología y el capital bien

distribuidos necesitan de un nuevo frente en el cual emprender y obtener ventaja estratégica. La ergonomía es un proceso para refinar los sistemas de producción y los productos, a través del estudio de la interacción de ambos con sus usuarios. La biomecánica es la herramienta que toma las decisiones. Como tal, se considera a la ergonomía como un proceso de alta tecnología para la mejora de la producción. Éstas son dos diferencias básicas entre la ergonomía y otras estrategias de mejoramiento, es decir, círculos de calidad, Kaisen y otros parecidos.

El uso de programas para el mejoramiento continuo (KAIZEN en Japonés) ha demostrado las ventajas en los aspectos de calidad y costo en los procesos de manufactura y que exige la necesidad de estudios más detallados. El enfoque de la relación persona – proceso en lugar de los resultados, es el punto más importante del Kaisen.

Según Imai (1986), existen dos formas primordiales de abordar el proceso industrial: el esfuerzo gradual e incesante y el gran salto hacia el adelante. Mientras la producción se vuelve más compleja, la diferencia en el planteamiento en contraste con las diferencias en la tecnología pueden traducirse en diferencias significativas en la penetración de mercados, en la calidad y en la satisfacción del comprador.

De algún modo el antónimo para el término Kaizen es innovación. En los países orientales, la filosofía conduce el proceso, mientras que en occidente los resultados conducen la filosofía. Aquí reside la diferencia: el Kaizen, aunque originalmente fue una idea norteamericana, el contexto cultural es más adecuado

a la aproximación oriental hacia la manufactura en comparación con la industria impulsada por la innovación nos aclara la diferencia (ver apéndice 1).

Desde una perspectiva competitiva de la ingeniería industrial ¿cómo se podrá concretar la ventaja de la manufactura? El concepto es hacer uso de la ergonomía como herramienta Kaizen, de alta tecnología. La ergonomía es una herramienta de proceso que de forma natural conlleva a la innovación. Más que ser una mejora continua orientada individualmente, la ergonomía es un mejoramiento continuo orientado a la interacción del usuario con el producto. La tecnología es un componente necesario para este planteamiento, ya que por su complejidad, las evaluaciones de la interacción necesitan principalmente de herramientas cuantitativas en vez de herramientas intuitivas.

D. BIOMECÁNICA

Definición:

La biomecánica es un campo interdisciplinario que fusiona con la física, la ingeniería y la medicina para evaluar las fuerza y el momento que actúan sobre las articulaciones del cuerpo durante el desempeño de actividades diarias, bien sea en movimiento o en descanso.

La base científica para la biomecánica se deriva de las disciplinas de la estática, dinámica, antropometría ingenieril, cinesiología bioinstrumentación. La biomecánica es una herramienta clave para las valoraciones ergonómicas cuantitativas.

La biomecánica trata con las áreas de la bioestática (el estudio de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos en descanso), la biodinámica (las leyes fundamentales

que describen la cinemática y cinética del movimiento humano) y la biomecánica ocupacional (la aplicación de los principios biomecánicos hacia el mejoramiento de las condiciones de trabajo). En esencia el cuerpo humano es un sistema de conectores cinemáticos. Cuando se aplica una carga en la mano se producen fuerzas de reacción y momentos a través de las articulaciones en el sistema de uniones del cuerpo. (*Principles of Ergonomics, 1986*)

E. INGENIERÍA DE MÉTODOS

Los términos análisis de operaciones, simplificación del trabajo e ingeniería de métodos se utilizan con frecuencia como sinónimos. En la mayor parte de los casos se refiere a la técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia reducir los costos por unidad, sin embargo la ingeniería de métodos, implica trabajo de análisis en dos etapas en la historia de un producto. Inicialmente, el ingeniero de métodos está encargado en idear y preparar los centros de trabajo donde se fabrica el producto. En segundo lugar, continuamente estudiará una y otra vez cada centro de trabajo para hallar una mejor manera de elaborar el producto.

Cuanto más completo sea el estudio de los métodos efectuados dentro de las etapas de planeación, tanto menor será la necesidad del estudio de métodos adicionales durante la vida del producto.

La ingeniería implica la utilización de la capacidad tecnológica. En primer lugar, porque debido a la ingeniería de métodos, el mejoramiento de la productividad es un procedimiento sin fin. La diferencia de productividad resultante de la innovación tecnológica puede ser de tal magnitud que los países desarrollados siempre están

en posibilidad de mantener competitividad con los países en desarrollo con salarios bajos. La investigación y el desarrollo que conduce a una nueva tecnología es esencial para la ingeniería de métodos.

Para desarrollar un centro de trabajo, el ingeniero de métodos debe seguir un procedimiento sistemático, el cual comprenderá las siguientes opciones:

1. Obtención de los hechos. Reunir todos los hechos importantes relacionados con el bien o servicio. Esto incluye dibujos y especificaciones, requerimientos cuantitativos, requerimientos de distribución y proyecciones acerca de la vida prevista del producto o servicio.
2. Presentación de los hechos: cuando toda la información importante ha sido recabada, se registra en forma ordenada para su estudio y análisis. Un diagrama de desarrollo de proceso en este punto es muy útil.
3. Efectuar un análisis: Utilice los planteamientos primarios en el análisis de operaciones y los principios de estudio de movimientos para decidir cual alternativa produce el mejor servicio o producto.

Tales enfoques incluyen: propósito de la operación, diseños de partes, tolerancias y especificaciones, materiales, proceso de fabricación, montaje y herramientas, condiciones de trabajo, manejo de materiales, distribución de la fábrica y los principios de economía de movimientos.

4. Desarrollo del método ideal: seleccione el mejor procedimiento para cada operación, inspección y transporte que considera las variadas restricciones asociadas a cada alternativa.
5. Presentación del Método: explíquese el método propuesto en detalle a los responsable de su operación y mantenimiento.

6. Implantación del método: considérese todos los detalles del centro de trabajo para asegurarse que el método propuesto dará los resultados anticipados.
7. Desarrollo de un análisis de trabajo: Efectúese un análisis de trabajo del método implantado para asegurar que el operador u operadores están adecuadamente capacitados, seleccionados y estimulados.
8. Establecimientos de estándares de tiempo: Establézcase un estándar justo y equitativo para el método implantado.
9. Seguimiento del método: a intervalos regulares hágase una revisión o examen del método implantado para determinar si la productividad anticipada se está cumpliendo, si los costos fueron proyectados correctamente y se pueden hacer mejoras posteriores (*Ingeniería Industrial, 1990*).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Las prácticas son un conjunto de experimentos que representan casos de la vida real, donde el estudiante podrá ejercitar las técnicas que se exponen en las clases de Ingeniería de Métodos.

Esto constituye una ventaja competitiva que los estudiantes tendrán a la hora de enfrentarse con un problema en el campo, ya que no todas las universidades en su curso de Ingeniería de Métodos cuentan con un laboratorio como tal.

El desarrollar una serie de dinámicas sobre los distintos temas permite que los estudiantes practiquen sus conocimientos teóricos de Ingeniería de Métodos y los capacita para aplicar la mejor técnica cuando necesiten optimizar procesos en las plantas.

En este trabajo de graduación se han elaborado nueve prácticas distintas que constituirán el Manual de Prácticas para un laboratorio de Ingeniería de Métodos.

Cada práctica se compone de:

- A. Título: comprende el nombre del tema al cual dará soporte la práctica
- B. Objetivos: detalla la finalidad que se busca con la dinámica de la práctica.
- C. Materiales: lista los materiales que se necesitan para poner en práctica el laboratorio.
- D. Base teórica: es un resumen de la teoría a la que se le dará soporte con la dinámica.
- E. Práctica: detalla el procedimiento a seguir para desarrollar la dinámica.
- F. Reporte: especifica el trabajo que el estudiante deberá entregar al final de la práctica para así evaluar si se cumplieron los objetivos deseados.

VI. CONCLUSIONES

1. Los estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala tienen una ventaja competitiva respecto de los estudiantes de otras universidades al contar con experiencia en análisis de métodos de producción.
2. Las prácticas ayudaron al estudiante a aplicar la lógica que existe en los conceptos de Ingeniería de Métodos al haberlas relacionado con casos reales.
3. La práctica sobre "Test de habilidades" más que haberles enseñado un concepto de ingeniería, les ha dado las bases a los estudiantes para comprender las diferencias de aptitudes que hay entre cada persona y las implicaciones en su productividad.
4. Mediante las prácticas relacionadas con el uso de diagramas (No. 2, 3 y 5), los estudiantes han aprendido a usar los formatos establecidos para identificar y aislar un problema, de manera que concentren sus esfuerzos en encontrar una mejora del método.
5. En la práctica sobre "Análisis de la Operación", los estudiantes comprobaron que al aplicar los "10 enfoques primarios de la operación", las

actividades de los operarios pueden analizarse de una forma clara, rápida y ordenada.

6. En las prácticas de "Therbligs" y "Economía de Movimientos", los estudiantes aprendieron cómo todos los movimientos se pueden desglosar si se usan las "17 divisiones básicas de las operaciones" para lograr una economía en la actividad del operario.
7. En las prácticas finales ("Estudio de tiempos", "Diagrama hombre-máquina" y "Balanceo de líneas"), los estudiantes han aprendido a utilizar las diferentes técnicas de estudio de tiempos de manera de maximizar la productividad de las líneas de manufactura, así como la interacción entre los operarios y las máquinas.
8. Mediante la puesta en marcha de las presentes prácticas, los estudiantes se han familiarizado con el trabajo del Analista de Métodos por lo que están plenamente capacitados para desempeñar esta actividad en una planta de producción, o en cualquier proceso donde el mismo lo requiera.

VII. BIBLIOGRAFIA

Principles of Ergonomics, Biomechanics Corporation of America, 1986.

Maynard *Manual del Ingeniero Industrial*, 4ta ed. Mexico D.F. McGraw-Hill Int.
1996 4300 pp.

Krick E. V., *Ingeniería de Métodos*, 1 ed. México D. F. Editorial Limusa.
1973 544 pp.

Niebel B., *Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos*, 3ra. Ed. México
1990 Ediciones Alfa Omega S. A. De C. V. 810 pp.

Dunnette M. *Selección y Administración de Personal*, 5ta ed. México, Serie de
1976 sociología Industrial C.E.C.S.A. 240pp.

Faverge J. *El examen del personal y el empleo de tests*, editorial Herdel,
1975 Barcelona España.

A. PRACTICA #1.
TEST DE HABILIDADES

P.1**OBJETIVOS:**

1. Introducir al estudiante a los análisis de métodos
2. Que los estudiantes aprendan a identificar a los operarios más habilidosos
3. Proporcionar pruebas para que el alumno logre identificar movimientos innecesarios y proponga un mejor método.

MATERIALES Y EQUIPO:

1. Tablero para test de destreza, tablero agujereado con pines para meter
2. Mesa con altura variable para realizar la prueba.
3. Formato para la toma de tiempos
4. Cronometro.

BASE TEORICA:

Un test de habilidad es una prueba con material estandarizado y con notación estandarizada que posee un valor revelador acerca del sujeto que es sometido a ella por lo que se refiere a ciertos aspectos de su habilidad en la vida.

De la investigación de habilidades motrices se ha concluido que estas habilidades son altamente específicas. Los test diseñados para medir habilidades, destreza de los dedos, estabilidad, rapidez de las respuestas y coordinación del ojo y la mano solo muestran bajas intercorrelaciones.

Según el análisis factorial en relación con las pruebas de habilidades motrices, se concluye que hay once agrupaciones confiables de habilidades motrices:

1. control de precisión:

Incluye las tareas que requieren finos controles de las adaptaciones musculares, como mover una palanca hasta un punto preciso.

2. Coordinación de varios miembros del cuerpo:

Incluye la habilidad de coordinar los movimientos simultáneos de una cantidad de miembros del cuerpo, como empacar una caja con ambas manos.

4. Orientación de la respuesta:

Incluye la habilidad de hacer movimientos correctos y exactos en relación con estímulo bajo condiciones de alta velocidad como saber y mover un botón cuando suena una alarma

5. Velocidad de los movimientos del brazo:

Implica la velocidad de movimientos burdos del brazo cuando no se requiere exactitud, como juntar basura o escombros y echarlos en un gran montón.

6. Control de la velocidad:

Implica la habilidad de hacer continuamente adaptaciones motrices con relación a un objeto que cambia de velocidad y dirección, como coger algo en una banda transportadora.

7. Destreza manual:

Implica habilidad en los movimientos del brazo y de la mano para agarrar a velocidad, como colocar bloques en un tablero.

8. Destreza de los dedos:

Implica habilidad en el manejo de pequeños objetos con los dedos.

9. fijeza de la mano y el brazo:

Implica la habilidad de hacer movimientos precisos de posturas de la mano y del brazo que no requieran fuerza o velocidad.

10. Velocidad de la muñeca y del dedo:

Implica rápidos movimientos de golpear ligeramente con la muñeca y los dedos, como transmitir una señal continua en un aparato telegráfico.

11. Apuntar:

Implica una habilidad estrechamente definida por un test en el cual el examinando pone puntos en círculos tan rápidamente como le es posible.

Al estudiar las diferencias individuales se suele concebir el trabajo intelectual, la discriminación y agudeza sensorial, y las respuestas musculares como procesos psicológicos separados. Tal simplificación no tiene otra razón de ser que la de facilitar su exposición y estudio. Numerosas tareas requieren un considerable grado de lo que tradicionalmente se viene llamando coordinación visomanual; cabe preguntarse si en tales tarea no intervienen también los controles intelectuales.

Aptitudes sensoriales son, por lo tanto, aquellas en las que intervienen principalmente el control y movimiento muscular. Algunos tests, específicamente los de destreza (fina) requieren a la vez aptitudes sensoriales y psicomotoras y por ello se les suele denominar test sensomotores.

Los resultados de un test de aptitud manual deben dar ciertas indicaciones de lo rápido que el operario dominará una nueva tarea manual o lo capaz que será para adquirir un arte manual difícil. Cuando se trata con las implicaciones ocupacionales, veremos que los test de destreza manual son test de aptitud, en el

sentido de que indican algo acerca del aprendizaje futuro. También se verá que tanto las capacidades perceptuales como motoras están relacionadas en algunas situaciones, no sólo con el aprendizaje sino con la productividad, en otras palabras, se verá que los test para la destreza manual, en ocasiones, miden tanto la eficiencia como la aptitud.

TEST DE DESTREZA CON ELEMENTOS PEQUEÑOS DE CRAWFORD

El test de Crawford representa un nuevo paso hacia una concepción realista, hacia un enfoque del tipo de situación miniatura, de los instrumentos destinados a medir la destreza fina o coordinación viso – manual. Comprende dos tipos de tareas distintas. En una de ellas se trabaja con pinzas y consiste en colocar unas pequeñas clavijas en unos agujeros, deslizando luego sobre ellas unos manguitos. Para esta tarea se utiliza la mano dominante. Primero se rellenan seis agujeros como entrenamiento, y luego se prosigue con los agujeros restantes de que consta la prueba. La puntuación corresponde al tiempo invertido en la tarea, aunque también se puede aplicar con un tiempo límite de tres minutos.

PRACTICA:

1. Esta prueba deberá ser realizada por un alumno y el resto de la clase podrá tomar los tiempos y datos necesarios.
2. Colocar el tablero sobre la mesa de altura variable, y al operario en un banquillo.
3. Colocar los pines en una canasta al lado del tablero
4. Teniendo todo lo anterior listo se comienza a llenar los agujeros con los pines usando primero la mano diestra y se toma tiempo.
5. Luego se repite la actividad con la otra mano y se registra el tiempo de ciclo.
6. Por último se hace con ambas manos, y se saca el tiempo de ciclo.
7. Luego usando el método en el cual se logro el menor tiempo de ciclo se repite llenando los agujeros, y cuando están llenos, se empieza a quitar los pines. Se repite por tres veces para determinar un tiempo estándar.
8. Se escoge un nuevo operario del sexo contrario y se repiten los pasos 4 y 5
9. Se comparan ambos resultados.

REPORTE:

1. Determinar los tiempos estándares de los operarios
2. Hacer una propuesta de mejora del método
3. Hacer una propuesta de mejora de la estación de trabajo
4. Indicar conclusiones y recomendaciones

B. PRACTICA 2

PROCEDIMIENTOS GRAFICOS - DIAGRAMA DE PROCESO

P2.**OBJETIVOS:**

1. Que los estudiantes comiencen a utilizar los diagramas para evaluación de procesos
2. Que los estudiantes aprendan el uso y las aplicaciones de los diagramas como herramienta
3. Proporcionar pruebas para que el alumno logre identificar o detectar gastos innecesarios o procedimientos incorrectos

MATERIALES Y EQUIPO:

1. Televisión y Videgrabadora
2. Hojas en blanco
3. Reglas
4. Formato para la toma de tiempos
5. Cronómetro.

BASE TEORICA:**PROCEDIMIENTOS GRÁFICOS**

El término procedimiento gráfico se refiere a la familia de diagramas que incluye los diagramas de operaciones de proceso, los diagramas de flujo de proceso, los de hombre máquina los de mano izquierda mano derecha.

Los diagramas de proceso proporcionan una descripción sistemática del ciclo de un trabajo o proceso, con suficientes detalles de análisis para planear la mejora de los métodos. Cada miembro de la familia de diagramas de proceso está diseñado

para ayudar al analista a formarse una imagen clara del procedimiento existente. Los formatos estandarizados proveen el lenguaje común con el que varias personas podrán tener juntas una representación gráfica de los problemas, con lo que se estimula el intercambio o la polinización cruzada de las ideas. La mayoría de los diagramas combina la visualización, escrita, gráfica e ilustrada que promueve la total participación de todos los interesados. Finalmente, los diagramas son excelentes herramientas para la presentación de propuestas que mejoren los métodos en todos los niveles de la administración.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO:

Un diagrama de operaciones de proceso es la representación gráfica del punto en donde los materiales se integran al proceso y de la secuencia de inspecciones y todas las demás operaciones, excepto aquellas que se relacionan con el manejo de materiales. También incluye toda la información conveniente para su análisis como el tiempo requerido y la ubicación.

PAPEL DEL DIAGRAMA DE PROCESO EN EL ANÁLISIS DE OPERACIONES:

El método de modelo de seis pasos para la solución de problemas es:

- a. seleccione y defina el problema
- b. divídalo en partes y visualícelo en detalle
- c. haga preguntas con la mente abierta
- d. diseñe una propuesta de mejora
- e. ponga en marcha la propuesta
- f. de seguimiento a la propuesta en marcha

El diagrama de proceso se usa como ayuda par llevar a cabo el paso 2.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESOS:

Los diagramas de operaciones de procesos los usan ingenieros, químicos, contadores de costos, gerentes de fábrica y otras personas que deseen una panorámica de todo el proceso. Debido a su amplia gama de aplicaciones no existe, de hecho, ninguna forma impresa para uso general. Se puede usar cualquier hoja grande de papel blanco. Todos los pasos se deben listar en la secuencia adecuada para cada componente, y se deben adecuar en forma vertical de arriba hacia abajo. El componente más importante o chasis generalmente aparece en el extremo derecho y a los demás componentes se les asigna un espacio a la izquierda de este componente. La imagen que nos presenta este diagrama es la de una banda transportadora en la que los componentes se agregan al chasis de una forma adecuada.

Los únicos símbolos que se usan en este diagrama son para operación y para inspección y se numeran en secuencia para comenzar con el primer paso en la parte más importante o chasis (ver apéndice 5) que se refiere a un ensamble mecánico. Nótese que la numeración comienza con el primer paso en el chasis y continúa hasta el punto donde se ensamblan los primeros componentes. La numeración se cambia a la componente, continúa hasta el punto de ensamblaje y vuelve entonces al chasis.

Los valores de tiempo por lo general se expresan en TMU (Unidades de medición de tiempo)

ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS DE OPERACIONES DE PROCESO

De los cuatro puntos importantes, materiales, operaciones inspecciones y tiempo, el primero que se analiza es el de los materiales. Todos los materiales opcionales, los acabados y las tolerancias se evalúan en cuanto a su función, confiabilidad servicio y costo. Después de revisar las operaciones en busca de posibles métodos opcionales de procesamiento, fabricación, maquinado o ensamblado y cambios de herramienta y equipo.

PRACTICA:

1. Esta práctica se deberá hacer individualmente
2. Observar el proceso que se muestra en el video denominado "Ensamble de pantalonetas"
3. Hacer tomas de tiempo de las operaciones que se presentan
4. Hacer un diagrama de operaciones para el proceso

REPORTE:

1. Hacer el diagrama de operaciones del proceso de ensamble de pantalonetas (ver apéndice 4)
2. Hacer una propuesta para la mejora del método.
3. Establecer recomendaciones y conclusiones.

C. PRACTICA 3
DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO

P3.

OBJETIVOS:

1. Que el estudiante conozca las aplicaciones del diagrama de flujo de procesos
2. Que el estudiante proponga mejoras en los métodos mediante el análisis de diagramas de flujo de proceso.

MATERIALES:

1. Cronómetro.
2. Hoja de Apuntes
3. Formato para Diagrama de Flujo de procesos


BASE TEORICA


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO


Un diagrama de Flujo de Proceso (FPC, Flow, Process, Chart) es la representación gráfica de la secuencia: de todas las operaciones, del transporte, de la inspección, de las demoras y del almacenaje que se efectúa en un proceso o procedimiento. Este tipo de diagrama incluye la información que se considera adecuada para su análisis, como lo es el tiempo requerido y la distancia recorrida. La característica principal es que se presenta el proceso desde el punto de vista de los sucesos por los que pasa el material.


El diagrama de flujo de proceso del operario presenta el proceso desde el punto de vista de las actividades que realice el operario. Para efectos de análisis y para

ayudar a detectar y suprimir las ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que suceden durante un proceso en cinco categorías, las cuales se conocen como: operación, transporte, inspección, demora y almacenaje. Las siguientes definiciones incluyen el significado que se les da a estas clasificaciones en la mayoría de las situaciones que se pueden encontrar en la tarea de clasificación de los procesos.

 **Operación.** La operación sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o se desmonta de otro objeto, o cuando se arregla o prepara otra operación, transportación, inspección o almacenaje. La operación también se da cuando se entrega o se recibe información o bien cuando se lleva a cabo un cálculo o se planea algo.

 **Transporte.** El transporte se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando tal movimiento es parte de la operación o es provocado por el operador de la estación de trabajo durante la inspección.

 **Inspección.** La inspección sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar la calidad o cantidad de cualquiera de sus características.

 **Demora.** Un objeto tiene demora o está rezagado cuando las condiciones, con excepción de las que de manera intencional se modifican las

características físicas o químicas del mismo, no permiten o requieren que se realice de inmediato el siguiente paso según el plan.

▽ **Almacenaje.** El almacenaje se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada.

◻ **Operaciones Combinadas.** Siempre que se necesite ilustrar las actividades realizadas, ya sea concurrente o por el mismo operador en la misma estación de trabajo, los símbolos para estas actividades se combinan tal como aparece en el ejemplo que se presenta la combinación de operación inspección.

El diagrama de flujo de proceso de los materiales sigue los pasos realizados en un componente o material durante todo el proceso o procedimiento.

Cuando se utiliza un formato ya impreso como el que a continuación se presenta, la información requerida es evidente. Los datos deben reunirse siguiendo, de hecho, al objeto que se desea graficar. No se debe intentar hacer un diagrama de memoria. Las descripciones deben ser breves y para el diagrama del operario se usara la voz pasiva como: es taladrado, es transportado, es esmerilado y similares. (Ver apéndice 3)

PRACTICA:

1. Describir el proceso de asignación de cursos para la carrera Ingeniería Industrial en la Universidad del Valle de Guatemala.
2. El proceso parte desde la llegada a la Universidad del Valle de Guatemala
3. El proceso termina en el momento que se recibe la papeleta de asignación en el centro de cómputo.
4. Hacer el diagrama de flujo de proceso para la asignación (ver apéndice 3).

REPORTE:

1. Hacer el diagrama de flujo de proceso para la asignación de cursos en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala.
2. Hacer una propuesta de mejora del método basado en la economía de movimientos.
3. Presentar conclusiones y discusión sobre el tema.

D. PRACTICA 4:
ANALISIS DE LA OPERACION

P4.**OBJETIVOS:**

1. Que el estudiante aplique los conocimientos de los enfoques primarios para el análisis de las operaciones.
2. Que se establezca un análisis a fondo de las operaciones.
3. Establecer mejoras en los métodos de producción.

MATERIALES:

1. Videgrabadora.
2. Cronómetro
3. Libreta de apuntes

BASE TEORICA:

Existen diez enfoques o puntos de vista primarios correspondientes al análisis de la operación que se deben utilizar cuando se estudia el reograma del método existente. Tales enfoques son:

1. Finalidad de la operación.
2. Diseño de la pieza.
3. Tolerancias y especificaciones
4. Materiales.
5. Procesos de Manufactura.
6. Preparación y herramental
7. Condiciones de trabajo
8. Manejo de materiales.

9. Distribución del equipo en planta.

10. Principio de economía de movimientos.

Cuando todos estos enfoques se emplean en el estudio de cada operación individual, la atención se centra en los artículos que con mayor probabilidad pueden producir mejoras. Todas esas perspectivas no serán aplicables a cada actividad del reaograma, pero generalmente más de una debe ser considerada. El método de análisis recomendado es tomar cada paso del método actual y analizarlo teniendo en mente un enfoque claro y específico hacia el mejoramiento, considerando todos los puntos claves del análisis. Luego se debe seguir el mismo procedimiento con las operaciones e inspecciones, traslados, almacenamientos etc. Siguiendo, según se indica en el diagrama de flujo. Por tanto, después de que cada elemento ha sido utilizado, conviene considerar en conjunto el producto en estudio en vez de a la luz sus componentes elementales, y considerar todos los puntos de análisis con vistas hacia la posibilidad de mejoras globales. Por lo general existen oportunidades ilimitadas para mejoramiento de método en toda factoría. La mejor técnica para obtener la economía es el estudio cuidadoso de operaciones individuales y colectivas, según se describió. Dondequiera que este procedimiento ha sido empleado por ingenieros competentes se han logrado resultados benéficos.

FINALIDAD DE LA OPERACIÓN:

Una cantidad de trabajo innecesaria se efectúa en la actualidad. En muchos casos, el trabajo o el proceso no se debe mejorar o simplificar, sino que se debe eliminar por completo. Si un trabajo puede ser suprimido no hay necesidad de

gastar dinero en la implantación de un método mejorado. En relación con el trabajo de trámites el analista deberá preguntarse ¿es realmente necesario esta forma?. La mejor manera para simplificar una operación consiste en idear alguna forma de conseguir iguales o mejores resultados sin ningún costo en absoluto. Las operaciones innecesarias son frecuentemente resultado de una planeación inapropiada en el momento de iniciar el trabajo.

DISEÑO DE LA PIEZA:

En general el ingeniero de métodos por lo general se inclina a creer que una vez que un diseño ha sido aceptado solo queda planear su manufactura de la manera más económica posible. Se reconoce que por lo general es difícil introducir alguna mejora en el diseño; no obstante, un buen analista de métodos debe revisar todo diseño en busca de mejoras posibles. Los diseños no son permanentes y pueden cambiarse;

TOLERANCIA Y ESPECIFICACIONES:

Los diseñadores tienen una tendencia natural a establecer especificaciones más rigurosas de lo necesario cuando desarrollan un producto. Esto se realiza por una o por dos razones: 1) falta de apreciación de los elementos de costos 2) La creencia de que es necesario especificar tolerancias y especificaciones más estrechas de lo necesario a manera de que los departamentos de fabricación se apeguen mas a las especificaciones requeridas.

MATERIAL:

Una de las primeras cuestiones que considera un ingeniero cuando diseña un nuevo producto es “¿Qué material se utilizará?” Puesto que la capacidad para elegir depende del conocimiento que el ingeniero tenga de los materiales en muchos casos es preferible incorporar un material mejor y más económico a un diseño existente. El analista de métodos debe tener en mente seis consideraciones relativas a los materiales directos e indirectos utilizados en un proceso. Tales como 1) hallar un material menos costoso, 2) encontrar materiales más fáciles de procesar, 3) emplear materiales en forma más económica, 4) utilizar materiales de desecho 5) usar más económicamente los suministros y herramientas 6) estandarizar los materiales.

PROCESOS DE MANUFACTURA:

Desde el punto de vista de procesos de manufactura hay que efectuar una investigación de cuatro aspectos; 1) cambio de una operación, considerar los posibles efectos sobre otras operaciones; 2) Mecanización de las operaciones manuales; 3) utilización de mejores máquinas y herramientas en las operaciones manuales; 4) operación más eficiente de los dispositivos e instalaciones mecánicas.

PREPARACIÓN Y HERRAMENTAL:

Uno de los elementos más importantes a considerar en todos los tipos de herramental y preparación es el económico. La preparación de herramental más ventajosa depende de: 1) la cantidad de piezas a producir; 2) posibilidad de

repetición del pedido; 3) la mano de obra que se requiere; 4) condiciones de entrega; 5) el capital necesario.

Las condiciones de trabajo:

Las siguientes son algunas consideraciones para lograr mejores condiciones de trabajo:

1. Mejoramiento del alumbrado
2. Control de temperatura
3. Ventilación adecuada
4. Control del ruido
5. Promoción del orden, la limpieza y cuidado de los locales
6. Eliminación de elementos irritantes y nocivos como polvo, humo, vapores, gases y niebla
7. Protección en los puntos de peligro como sitios de corte y transmisión de movimiento.
8. Dotación de equipo necesario de protección personal
9. Organizar y hacer cumplir un programa de primeros auxilios

MANEJO DE MATERIALES:

El manejo de materiales incluye consideraciones de movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. Primero, el manejo de materiales debe asegurar que las partes, materia prima, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen de lugar a lugar. Segundo, como cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto en particular el eficaz manejo de los

materiales asegura que ningún proceso de producción o usuario será afectado por la llegada de materiales demasiado anticipados o demasiado tardíos. Tercero, el manejo de materiales debe asegurar que el personal entregue los materiales en el lugar adecuado. Cuarto, el manejo de materiales debe asegurar que los materiales deben ser entregados en el lugar correcto y en la cantidad adecuada. Y finalmente el manejo de materiales debe planificar el almacenamiento temporal y parcial de los materiales.

DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO EN PLANTA:

El principal objetivo de la distribución efectiva del equipo en la planta es desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número de productos deseado, con la calidad también deseada y el menor costo posible. Mediante una buena distribución en planta podemos evitar almacenamientos temporales, viajes innecesarios, reducción de tiempo de procesos etc.

PRINCIPIO DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS:

Cuándo se estudian las labores efectuadas en una estación de trabajo, el analista debe preguntar ¿trabajan ambas manos al mismo tiempo y dirección simétrica u opuesta?, ¿Cada mano efectúa los movimientos posibles?, ¿Está organizado el sitio de trabajo de manera que se eviten las distancias a alcanzar excesivas?, ¿Se usan las dos manos efectivamente y no como medio para sostener?.

Si la respuesta de cualquiera de las respuestas anteriores es no, habrá entonces oportunidad de mejorar la estación de trabajo.

PRACTICA:

En el video denominado "Proceso de empaque de jabón", se pueden observar dos procesos:

1. El proceso de empaque de jabón en pastilla, en el cual la empacadora debe ser llenada manualmente, se utiliza una banda sin fin e interactúan varios operarios.
2. El proceso de llenado de bolsas de jabón líquido, el cual se lleva a cabo de manera completamente manual.

Analice cada una de estas operaciones y aplique los diez enfoques primarios de la operación para buscar una mejoras a los métodos que se presentan.

REPORTE

1. Establezca un análisis de cada una de las dos operaciones.
2. Proponga las mejoras que se deban de hacer para lograr eficiencias en ambas operaciones, mediante el análisis de la operación
3. Escriba un análisis minucioso de los 10 enfoques primarios de la operación para ambas operaciones.

E. PRACTICA #5
ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

P5.

OBJETIVOS:

1. Conocer las aplicaciones de los estudios de movimientos en las operaciones de los distintos procesos.
2. Utilizar las 17 divisiones básicas de las operaciones a manera de establecer mejoras en los métodos de producción.

MATERIALES:

1. Videgrabadora.
2. Cronómetro.
3. Libreta de toma de tiempos

MARCO TEORICO

MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES:

El concepto de las divisiones básicas de la realización del trabajo, desarrollado por Frank Gilberth en sus primeros ensayos, se aplica a todo trabajo productivo ejecutado por las manos de un operario. Gilberth los denominó THERBLIGS a cada uno de estos movimientos fundamentales, y concluyó que todas las operaciones se componen de una serie de estas divisiones básicas.

Estas divisiones se incluyen en el siguiente resumen:

1. Buscar: es el elemento básico en la localización de un objeto.
2. Seleccionar: este es el Therbligs que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza entre dos o más semejantes.

3. Tomar o Asir: este es el movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para aislar en una operación.
4. Alcanzar: el Therbligs alcanzar corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencia, hacia un objeto o retirándola de él.
5. Mover: es la división básica que corresponde al movimiento de la mano con carga.
6. Sostener: es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra ejecuta un trabajo útil.
7. Soltar: Este elemento es la división básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.
8. Colocar en posición: Este elemento de trabajo consiste en situar o colocar un objeto de modo que quede orientado propiamente en un sitio específico.
9. Precolocar en posición: este es un elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.
10. Inspeccionar: este therblig es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación.
11. Ensamblar: el elemento ensamblar es la división básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas que se acoplan.
12. Desensamblar: este elemento es precisamente lo contrario de ensamblar.

13. Usar: este Therblig es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan el objeto, durante la parte del ciclo que se ejecuta trabajo productivo.
14. Demora (o retraso) inevitable: esta división es una demora que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo.
15. Demora (o retraso) evitable: todo el tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que solo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente, se clasifica bajo el nombre de demora evitable.
16. Planear: es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir.
17. Descansar: esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario cuando ha de reponerse de la fatiga.

PRACTICA:

En el vídeo denominado "Llenado de sacos de azúcar" se ha filmado a dos operarios que realizan el mismo trabajo utilizando diferentes métodos. Es la práctica 6 del video de prácticas.

Mediante un estudio de movimientos establezca cual método es el más productivo.

REPORTE:

1. Divida ambos métodos usando las 17 divisiones básicas y haga un reporte de las actividades (ver apéndice 2).

2. Establezca las mejoras que usted crea convenientes para ambos métodos a manera de proponer un método alternativo.
3. Establecer conclusiones y recomendaciones sobre la práctica.

F. PRACTICA 6
ESTUDIO DE TIEMPOS

P6.**OBJETIVOS:**

1. Introducir al estudiante a la toma de tiempos en una línea de producción.
2. Capacitar al estudiante en la forma como se deben realizar las negociaciones con el personal para que cooperen con el analista de tiempos.

MATERIALES:

1. 10 cajas de lapiceros,
2. 6 canastillas plásticas.
3. Una mesa de trabajo larga
4. Cronómetros

BASE TEÓRICA:**PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS:**

Una vez que se ha establecido el método estandarizado las condiciones y los operarios se han capacitado para seguir el método aprobado, el trabajo está listo para un estudio de tiempos.

Selección del Operario: el operario estudiado es muy importante. Por esta razón, hacer un estudio de tiempos sobre el operario equivocado puede (1) duplicar la dificultad para hacer el estudio. (2) disminuir la exactitud del estándar. El operario debe ser alguien que trabaje con habilidad y esfuerzo, y que use el método aprobado. Si el analista en estudio de tiempos aplica correctamente el concepto

de valorización del desempeño, puede llegar al mismo estándar de tiempo final dentro de ciertos límites prácticos, aun cuando el operario trabaje deprisa o despacio. Sin embargo, desde cualquier punto de vista, es mejor si el estándar cronometrado se basa en observaciones de un trabajo efectivo y cooperativo que trabaje a un nivel de desempeño aceptable. Como regla empírica, no es apropiado medir a un operario trabajando con una variación mayor al 25% arriba o abajo del 100%.

Muestre los Métodos de Trabajo y las Lecturas del Estudio de Tiempos: El estudio de tiempos no debe ser considerado como un documento secreto confinado al uso del analista. Debe ser un registro exacto de datos informativos que cubren la mejor y más eficiente manera de hacer el trabajo bajo las condiciones esperadas cuando el trabajo se realiza. Debe ser un conjunto de instrucciones que la puedan utilizar (1) los supervisores y el personal encargado de preparar la realización del trabajo y (2) también los trabajadores al desempeñar sus trabajos. Los estudios de tiempos deben ser correctos y sujetarse a la prueba de corrección. Los resultados completos del estudio deben presentarse al operario, al supervisor y al representante del sindicato. Todos los detalles se deben incluir libremente con ellos; se deben hacer estudios de comprobación sobre cualesquiera de los elementos que puedan cuestionarse, y también se debe hacer un esfuerzo para responder por completo a cualquier pregunta relacionada con el estudio. La más leve muestra de misterio o de ocultamiento de datos, lleva a la desconfianza y a las actitudes de "nosotros contra ellos" que perjudican, tanto al estudio como a las condiciones de trabajo.

Explicación al Operario y al Supervisor en Línea: la manera de como abordar al operario desde el principio del estudio es importante. El analista debe ser cortés y sincero, mostrar reconocimiento y respeto por los problemas del operario. El analista debe ser franco y tratar con el operario asuntos de las operaciones que van a estudiarse y sobre los estudios de tiempo. El analista debe ser capaz de explicar en términos claros y sin tecnicismos, todos los pasos del procedimiento real del cronometraje.

Cuando el analista no esté familiarizado con la operación no debe tratar de ocultar esa falta de familiaridad, sino preguntar al operario o supervisor o a cualquier otro que pueda explicar la operación. El analista debe ser abierto y no ocultar nada. Todos los esfuerzos por ocultar los estudios de cronometrajes pueden resultar contraproducentes, pues crean desconfianza en el analista y pueden causar que el operario "participe en el juego" de engañar al analista en turno.

El analista debe permanecer a un lado del operario, a menos que las tareas de este último necesiten movimientos laterales para realizar el trabajo. El analista nunca debe permanecer directamente atrás del operario mientras realiza el estudio, pues esta práctica hace que el operario se sienta inquieto y receloso sobre lo que ocurre a sus espaldas.

Los operarios que no están acostumbrados a los estudios de tiempos con cronómetro son propensos a imaginarse todo tipo de cosas. Algunos creen que el analista está continuamente operando el cronómetro y corrigiendo información de todos los trabajadores en su campo visual.

Cuando se está midiendo a un trabajador, el cronómetro debe estar a la vista. Algunos analistas prefieren usar un tablero de apoyo especial con un soporte que

mantiene el cronometro seguro y permite operarlo con facilidad. Llevar el reloj en ese tipo de tablero permite que permanezca a la vista del operario y en una posición conveniente para su uso por parte del analista.

El analista está tratando con hechos y no tiene nada que ocultar. No hay nada en un procedimiento de estudio de tiempos con cronómetros bien hecho, que no pueda considerarse justo por cualquiera que lo entienda. Cuando el estudio de tiempos se maneja con propiedad, en los casos donde la exactitud del valor de un estudio de tiempos se cuestiona, el analista debe gustosamente conducir un estudio de tiempos de comprobación en un sincero esfuerzo por allanar con justicia el tema para todos los involucrados.

PRACTICA:

1. Seleccionar 5 operarios dentro de los alumnos del laboratorio de Ingeniería de Métodos.
2. Desensamblar los lapiceros de las 10 cajas en que se encuentran.
3. Colocar cada una de las diferentes piezas (tapón, mina, cartucho plástico etc.) dentro de una canasta diferente.
4. Hacer una línea de ensamble de lapiceros.
5. Tomar los tiempos de la línea de ensamble.
6. Los estudiantes que observan deben indicar las mejoras que sean pertinentes a manera de establecer un nuevo método mejorado.
7. Implantar el método.
8. Hacer una medición de tiempos al método propuesto
9. Comparar ambos resultados.

REPORTE:

1. Presentar el registro de las mediciones de tiempo del método actual (ver formato para toma de tiempos apéndice 6).
2. Hacer la presentación del método propuesto
3. Presentar el registro de toma de tiempos del método propuesto
4. Presentar discusiones y conclusiones sobre el tema.

G. PRACTICA 7
PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE
MOVIMIENTOS

P7.**OBJETIVOS:**

1. Que el estudiante aplique los principios de economía de movimientos al proponer un método de trabajo
2. Aplicar los principios de economía de movimientos para realizar mejoras en la productividad de los procesos de manufactura.

MATERIALES:

1. Vleograbadora
2. Hoja de apuntes.

BASE TEÓRICA:**LOS VEINTE PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS**

Para ayudar a analizar el diagrama de mejoras al método, se incluye una forma abreviada de los veinte principios de la economía de movimientos a lo largo del margen izquierdo. Esta lista de principios es una modificación de la lista original del Gilbreth y ha resultado útil para la planeación de mejoras a los métodos de operaciones de las fábricas. A continuación, los principios completos.

1. Inicie cada elemento con las dos manos y en forma simultánea
2. Termine cada elemento con las dos manos y en forma simultánea
3. Use movimientos de brazos simultáneos en direcciones opuestas y simétricas
4. Use los movimientos de manos de más baja clasificación para operaciones más satisfactorias
5. Mantenga la ruta de movimiento dentro del área normal de trabajo

6. No haga cambios bruscos de dirección. Planee una ruta de movimientos con una suave curva
7. Deslice los objetos pequeños. No los levante ni los cargue
8. Localice las herramientas y los materiales en la secuencia correcta en las estaciones de trabajo fijas.
9. Use menos elementos para lograr tiempos menores.
10. Trabaje con ritmo y de manera automática para aumentar la producción y disminuir la fatiga.
11. Donde sea posible, deje que las manos descansen usando los pedales.
12. Evite sujetar. Use los tornillos de banco o los accesorios para dejar libres las manos y que puedan mover las piezas.
13. Proporcione eyectores para retirar las piezas terminadas.
14. Cuando sea posible, deje caer el objeto.
15. Acorte la transportación para mantener cercanos los materiales en depósitos de alimentación por gravedad.
16. Tenga ya acomodadas las herramientas para tomarlas rápidamente.
17. Tenga ya acomodados los productos para la siguiente operación.
18. Ubique los controles de la máquina cerca de usted para facilitar la operación.
19. Diseñe la altura del lugar de trabajo de manera que se pueda adaptar a que se trabaje parado o sentado y proporcione una silla de buena altura, cómoda y con respaldo para favorecer la buena postura.
20. Procure que las condiciones de trabajo sean agradables, considere la iluminación, temperatura, humedad, polvo, humos, ventilación, nivel de ruido, disposición de colores, disciplina y similares.

PRACTICA:

La práctica consiste en observar el video denominado "Ensamblado de ruedas de bicicleta", donde se presentan distintas operaciones de este proceso. El presente laboratorio consiste en hacer un análisis profundo en las distintas operaciones, si toma como base los 20 principios de economía de movimientos.

REPORTE:

1. Hacer un análisis minucioso de las operaciones que se muestran.
2. Indicar las mejoras que se consideren pertinentes
3. Incluir en el reporte mejoras para cada uno de los principios que se evaluen.

H. PRACTICA 8

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA

P8.

OBJETIVOS:

1. Establecer los beneficios de esta herramienta para el análisis de las operaciones donde interactúan hombres y máquinas en los procesos.
2. Aprender a determinar cuando un solo operario es capaz de atender más de una máquina a la vez.

MATERIALES:

1. Videgrabadora
2. Cronómetro
3. Calculadora
4. Formato de Toma de tiempos (ver apéndice 7)

BASE TEÓRICA:

ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO DE HOMBRE Y MÁQUINA

En la elaboración de este diagrama, el analista deberá primeramente titularlo en la manera usual, escribiendo en la parte superior de la hoja "Diagrama de Proceso de Hombre y Máquina". Inmediatamente abajo de este encabezado, se expresará la siguiente información: número de la pieza, número de dibujo, descripción de la operación que se grafica, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora el diagrama.

Puesto que los diagramas de hombre y máquina se trazan siempre a escala, el analista deberá seleccionar a continuación una escala de tiempos adecuada, de manera que la representación se disponga en forma bien proporcionada en la

hoja. Cuanto mayor sea el ciclo de operación representado, tanto menor deberá ser la longitud elegida para una fracción decimal de minuto. Una vez que han sido establecidos valores exactos para la distancia representativa por unidad de tiempo, el analista podrá empezar la gráfica. Al lado izquierdo de la hoja se indican las operaciones y tiempos que corresponden al operario, y a la derecha del tiempo de éste se muestran gráficamente el tiempo de trabajo y el tiempo muerto de la máquina o máquinas, según sea el caso. El tiempo de trabajo del obrero se representa con una recta vertical continua. La interrupción o discontinuidad de tal línea representa el tiempo muerto de operario. Del mismo modo, una recta vertical continua bajo el nombre de cada máquina representa el tiempo de trabajo de máquina, y la interrupción de dicha línea vertical indica su tiempo muerto. Los tiempos de carga y descarga se indican por trazo punteado bajo la columna de la máquina y se indica así que esta última no está inactiva ni se está efectuando trabajo de producción por el momento.

Todos los elementos de tiempo de ocupación y tiempo de inactividad se grafican hasta la terminación del ciclo. Al pie del diagrama se indican el tiempo de trabajo y el tiempo muerto totales del operario. Del mismo modo se registran los tiempos totales de trabajo y muerto de cada máquina.

El tiempo productivo más el tiempo inactivo del obrero, tienen que ser igual a la suma de los tiempos respectivos de su máquina.

Se observará que son necesarios valores de tiempo elementales exactos antes de que se pueda configurar el diagrama hombre - máquina. Estos valores de tiempo deberán representar tiempos estándares que incluyan un margen aceptable para

tener en cuenta la fatiga, retrasos inevitables y demoras personales. En ningún caso se usarán lecturas de cronómetro globales en la construcción de estos diagramas.

El diagrama completo de hombre y máquina muestra claramente las áreas en las que ocurren tanto tiempos muertos de máquina y de hombre. Estas regiones son generalmente un buen lugar para empezar a originar mejoras efectivas.

El analista debe tener cuidado de no engañarse con lo que parezca ser una cantidad apreciable de tiempo muerto de hombre. En muchos casos es más conveniente o económico que un operario esté inactivo durante una parte sustancial de un ciclo, que lo esté un costoso equipo o proceso, aun durante una pequeña porción de un ciclo.

UTILIZACIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO DE HOMBRE Y MÁQUINA

El analista elaborará un diagrama de esta clase cuando su investigación preliminar revele que el ciclo de trabajo del operario es algo más corto que el ciclo de operación de la máquina. Después de trazado un diagrama, el sitio más lógico para considerar posibles mejoras es en la porción de inactividad del ciclo del operario.

Al considerar el monto de este tiempo, debe investigar la posibilidad de asignar al trabajador la responsabilidad adicional (1) de operar una segunda máquina durante este tiempo muerto, (2) ejecutar alguna operación manual o de bando, como limado de rebabas o medición de las piezas, en dicho período inactivo.

Algunas veces puede obtenerse más tiempo disponible de operario reduciendo la velocidad y la alimentación de la máquina. Esto podría permitir el acoplamiento de trabajo de máquinas donde no sería posible de otra manera, y en esta forma reducir el costo total. Como se mencionó anteriormente, no siempre es aconsejable practicar el acoplamiento u operación múltiple de máquinas, pues el tiempo muerto de máquina introducido podría exceder con mucho al tiempo inactivo ahorrado del operario.

Los diagramas de interrelación de hombre y máquina sirven para determinar el grado de acoplamiento de trabajo justificado, con objeto de asegurar un "día justo de trabajo por un día justo de pago". Son valiosos para determinar cuánto tiempo muerto de máquina puede ser utilizado más cabalmente.

PRACTICA:

En el video denominado "Proceso de manufactura de peines", se presenta el proceso de producción de peines plásticos. Se deberá observar como opera una persona la máquina de peines y se medirá su actuación en el tiempo libre. A partir de estos datos se propondrán mejoras al método que se muestra y se establecerá un estándar de producción.

REPORTE:

1. Hacer el diagrama Hombre Máquina para el proceso de producción de peines plásticos.
2. Analizar el método actual que se presenta en el video
3. Determinar si un operario podría atender más de una máquina.

4. Evaluar la posibilidad de contratar un operario C para trabajar la rebaba de los peines.

I. PRACTICA 9
BALANCEO DE LINEAS

P9.

OBJETIVOS:

1. Aplicar los conocimientos sobre el balanceo de líneas en un proceso real.
2. Lograr que el estudiante haga el balance de una línea de producción.

MATERIALES:

1. Videgrabadora
2. Cronómetro
3. Calculadora
4. Formato de Toma de tiempos (ver apéndice 6)

BASE TEÓRICA:

EQUILIBRADO DE LÍNEAS

El caso más elemental de equilibrado de líneas, y uno que se encuentra con frecuencia, es aquel en el que varios operarios, que ejecutan cada uno operaciones consecutivas, trabajan como una unidad. En tal circunstancia es obvio que la tasa de producción dependerá del operario más lento.

Por ejemplo, se puede tener una línea de 5 operarios que ensamblan unas montaduras de caucho o de hule mediante un adhesivo, antes del proceso de curado.

Las asignaciones de trabajo específicas podrían ser como sigue:

Operario	Número de minutos estándares para ejecutar la operación	Tiempo de espera basado en el operario más lento	Número de minutos estándares permitidos
1	0.52	0.13	0.65
2	0.48	0.17	0.65
3	0.65	---	0.65
4	0.41	0.24	0.65
5	0.55	0.10	0.65

La eficiencia de esta línea se puede calcular como la relación del número total de minutos estándares al número total de minutos estándares permitidos, o sea:

$$E = \frac{\sum M.E.}{\sum M.E.P} = 100 = \frac{2.61}{3.25} \times 100 = 80\%$$

donde:

E = eficiencia

M.E. = minutos estándares por operación

M.E.P. = minutos estándares permitidos por operación

Es claro que una situación de la vida real, semejante al ejemplo anterior, proporcionará la oportunidad de lograr ahorros significativos por parte del analista de métodos. Si puede economizar 0.10 min. con el operario 3, la economía neta por ciclo no será de 0.10 min. sino de 0.10×5 , o sea de 0.50 min.

Sólo en las situaciones menos usuales estaría una línea perfectamente equilibrada; esto es, los minutos estándares para realizar una operación serían idénticos para cada miembro del equipo. El analista debe reconocer en este punto

que los “minutos estándares para realizar una operación” no son realmente estándar. Son sólo una norma para la persona que estableció ese número. Por tanto, en el ejemplo anterior, donde se mostró que el operario 3 tenía un tiempo estándar de 0.65 min. para realizar la primera operación, otro analista de mediciones de trabajo podría haber considerado un valor inferior, como 0.61 min., o uno superior de 0.69 min. El intervalo de valores estándares establecidos por diferentes analistas de mediciones de trabajo para la misma operación podría ser aún mayor que el intervalo mencionado. Lo importante es que cualquiera que sea el estándar establecido, el operario concienzudo típico tendrá poca dificultad en cumplirlo. De hecho, probablemente mejorará tal estándar en vista de la actuación de los operarios de la línea con menos contenido de trabajo en sus asignaciones. Se comprende también que a los operarios que tienen un tiempo de espera basado en la producción del operario más lento, rara vez se les observará como realmente en espera. En vez de esto, reducirán el “tiempo” de sus movimientos para utilizar el número de minutos estándares establecido por el operario menos rápido.

La cantidad de minutos estándares permitidos para producir una unidad de producto será igual a la suma de los minutos estándares requeridos, multiplicada por el recíproco de la eficiencia. Así pues,

$$\Sigma \text{M.E.P.} = \Sigma \text{M.E.} \times \frac{1}{E}$$

Es evidente entonces que el número de operarios que se necesita es igual a la tasa de producción requerida multiplicada por el total de minutos permitidos:

N = número de operarios que se necesitan en la línea

R = tasa de producción deseada

$N = R \times \Sigma \text{M.E.P.}$

Por ejemplo, supóngase que se tiene un nuevo diseño para el que se está estableciendo una línea de ensamblaje. Aquí intervienen ocho operaciones. La línea debe producir 700 unidades por día, y como es conveniente minimizar el almacenamiento, no se desea producir mucho más de 700 unidades por día. Las ocho operaciones comprenden los siguientes valores de minutos estándares, basados en datos de tasa de producción requerida multiplicada por el total de minutos permitidos: operación 1, 1.25 min.; operación 2, 1.38 min.; operación 3, 2.58 min.; operación 4, 3.84 min.; operación 5, 1.27 min.; operación 6, 1.29 min.; operación 7, 2.48 min.; operación 8, 1.28 min. El analista desea planear esta línea de ensamblaje para el ajuste más económico. Puede estimar el número de operarios requerido con 100% de eficiencia como sigue:

$$\Sigma \text{M.E.} = 15.37 \text{ min.}$$

$$N = \frac{700}{480} \times \frac{15.37}{E} = \frac{22.4}{E}$$

Si el analista planea según una eficiencia de 95%, estimaría que el número de operarios es $22.4 / 0.95 = 23.6$.

Puesto que es imposible tener seis décimos de obrero, el analista procurará establecer la línea utilizando 24 operarios.

El siguiente paso será estimar el número de trabajadores a utilizar en cada una de las ocho operaciones específicas.

Como se requieren 700 unidades de trabajo al día será necesario producir una unidad en unos 0.685 min. El analista estimará cuántos obreros serán necesarios en cada operación dividiendo el número de minutos estándares de cada operación entre el número de minutos en que es necesario hacer una pieza.

Operación	Minutos estándares	Minutos / unidad	Número de operarios
1	1.25	1.83	2
2	1.38	2.02	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.62	6
5	1.27	1.86	2
6	1.29	1.88	2
7	2.48	3.62	4
8	1.28	1.87	2
Total	15.37		24

Para determinar cuál es la operación más lenta, el analista divide los minutos estándares para cada una de las ocho operaciones entre el número estimado de operarios.

Operación 1	$1.25/2$	0.625
Operación 2	$1.38/2$	0.690
Operación 3	$2.58/4$	0.645
Operación 4	$3.84/6$	0.640

Operación 5	1.27/2	0.635
Operación 6	1.29/2	0.645
Operación 7	2.48/4	0.620
Operación 8	1.28/2	0.640

Por lo tanto, la operación 2 determinará la producción de la línea. En este caso será:

$$\frac{2 \text{ hombres} \times 60 \text{ min.}}{1.38 \text{ min. estándares}} = 87 \text{ piezas por hora, o sea, } 696 \text{ piezas por día}$$

Si esta tasa de producción fuera inadecuada, el analista debe incrementar la del operario 2. Esto se puede lograr:

1. Al hacer que uno o los dos operarios que intervienen en la segunda operación trabajen tiempo extra, acumulando así un pequeño grupo de existencias en esta estación de trabajo.
2. Utilizar los servicios de una tercera persona (empleada parte de tiempo) en la estación de trabajo de la operación 2
3. Asignar parte del trabajo de la operación 2 a la operación 1 o a la operación 3 (sería preferible asignar más trabajo a la operación 1).
4. Mejorar el método en la operación 2 para disminuir el tiempo del ciclo de esta operación.

PRACTICA:

En el vídeo denominado "Ensamblado de desodorantes de roll on" se presenta una línea de producción donde interactúan varios operarios. Se deberá hacer un estudio de tiempos y mediante un considerable número de mediciones, se

procederá a establecer los tiempos estándar para la operación. Luego se hará el balance de la línea de ensamblado y se determinará su eficiencia.

REPORTE:

1. Medir el tiempo de cada operación en el proceso de ensamblaje de desodorantes
2. Establecer la eficiencia de la línea
3. Determinar el número de operarios que requiere cada operación
4. Evaluar la posición de las personas en la línea

VIII APENDICE

A. Apéndice 1

	KAIZEN	INNOVACIÓN
Efecto	A largo plazo y de larga duración, pero no dramáticos	En poco tiempo, pero fuerte
Ritmo	Pasos pequeños	Un gran paso
Marco de tiempo	Continuos y con incrementos	Intermitente y sin incrementos
Cambio	Gradual y constante	Abrupto y volátil
Participación	Todos	Se seleccionan unos cuantos campeones
Enfoque	Colectivismo, esfuerzo grupal, enfoque del sistema	Individualismo vigoroso en ideas y esfuerzos
Modalidad	Mantenimiento y mejora	Desmontar y volver a construir
Viveza	Conocimientos convencionales y adelantos más recientes	Nuevas teorías por avances tecnológicos vigorosos
Requisitos prácticos	Se necesita de poca inversión pero de un gran esfuerzo para mantenerla	Exige una gran inversión pero poco esfuerzo para mantenerla
Orientación del esfuerzo	Personas	Tecnología
Criterios de evaluación	Proceso de esfuerzos para mejorar los resultados	Resultados para ganancias
Ventajas	Funciona bien en economía de crecimiento lento	Mas adaptado a economías de crecimiento económico rápido

B. Apéndice 2**HOJA DE CONTROL DE THERBLIGS**

FECHA: _____

MÉTODO: _____

OPERACIÓN: _____

ELABORADO POR: _____

HOJA: _____ DE _____

THERBLIGS INEFICIENTES UTILIZADOS	NUMERO DE VECES	TOTAL
BUSCAR		
SELECCIONAR		
COLOCAR EN POSICIÓN		
INSPECCIONAR		
PLANEAR		
RETRASO EVITABLE		
RETRASO INEVITABLE		
DESCANSAR		
SOSTENER		

TIEMPO TOTAL DE LA OPERACIÓN	
------------------------------	--

Observaciones: _____

Cont. Apéndice 2

HOJA DE CONTROL DE THERBLIGS

FECHA: _____

MÉTODO: _____

OPERACIÓN: _____

ELABORADO POR: _____

HOJA: _____ DE _____

THERBLIGS EFICIENTES UTILIZADOS	NUMERO DE VECES	TOTAL
ALCANZAR		
MOVER		
TOMAR		
SOLTAR		
PRECOLOCAR EN POSICION		
USAR		
ENSAMBLAR		
DESENSAMBLAR		

TIEMPO TOTAL DE LA OPERACIÓN

Observaciones: _____

D. Apéndice 4

FORMATO PARA PRESENTACIÓN DE
DIAGRAMAS SE OPERACIONES

OPERACION: _____

FECHA: _____ HECHO POR: _____

LUGAR: _____

DESCRIPCION DE LA OPERACION _____

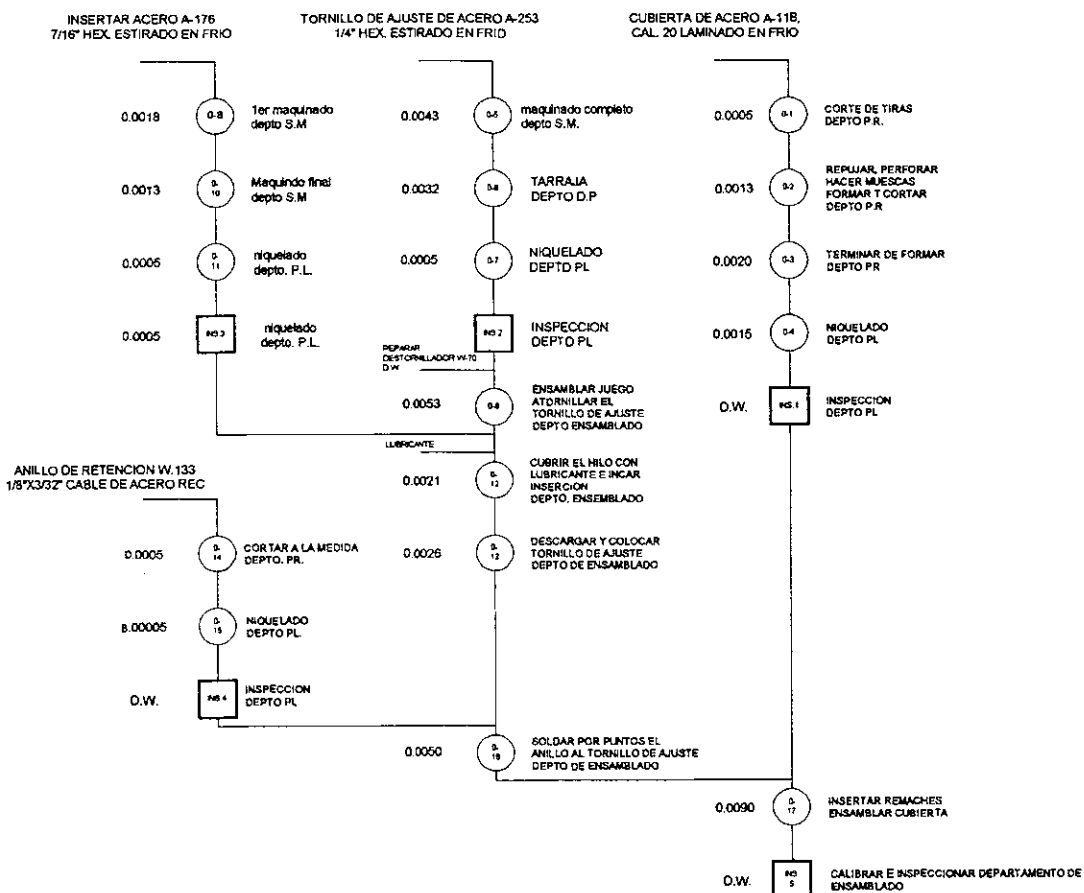
Resumen:

 Operaciones _____ Tiempo _____ Inspecciones _____ Tiempo _____

E. Apéndice 5

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESOS

OBJETO: Ensamblar el termostato tipo tira DIBUJO: 821563 ARTICULO: 4
 FECHA DE ELABORACION: 29/5/99 DIAGRAMA ELABORADO POR: H. Portillo DIVISION: PIEZAS PEQUEÑAS



D. Apéndice 7

FORMATO PARA PRESENTACIÓN DE DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

OBJETO DEL DIAGRAMA: _____ DIAGRAMA No. _____

DIBUJO No. _____ PIEZA No. _____ MÉTODO: _____

COMIENZO DEL DIAGRAMA: _____ HECHO POR: _____

FINAL DEL DIAGRAMA: _____ FECHA: _____

DESCRIPCION DE ELEMENTOS

OPERARIO

MAQUINA

TIEMPO POR PIEZA: _____

TIEMPO DE CICLO: _____

TIEMPO MUERTO DEL OPERARIO POR
CICLO: _____

TIEMPO MUERTO DE LA MAQUINA POR
CICLO: _____

TIEMPO DE TRABAJO DEL OPERARIO POR
CICLO: _____

TIEMPO DE TRABAJO DE LA MAQUINA POR
CICLO: _____