

# Implementación de Diagrama Hombre-Máquina: Caso Laboratorio Estudio del Trabajo

## Implementation of Man-Machine Diagram: A Case of Work Study Laboratory

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.12>

Fecha de Recepción: 20/08/2021. Fecha de Publicación: 29/09/2021

**Vanesa P. De La Hoz-Montes**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[vdelahoz9@cuc.edu.co](mailto:vdelahoz9@cuc.edu.co)

**Sneyder E. Chacon-Moscote**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[schacon@cuc.edu.co](mailto:schacon@cuc.edu.co)

**Mairys A. Caro-Melgarejo**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[mcaro5@cuc.edu.co](mailto:mcaro5@cuc.edu.co)

**Itala Y. Stevenson Quiroz**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[istevens1@cuc.edu.co](mailto:istevens1@cuc.edu.co)

**Aida Huyke Taboada** 

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[ahuyke@cuc.edu.co](mailto:ahuyke@cuc.edu.co)

### Resumen

La realización de este manuscrito tiene como objetivo identificar y proponer alternativas de solución a problemas relacionados con la eficiencia, costos, métodos, organización, condiciones de trabajo y flujo de las operaciones en las organizaciones. Para cumplir con esto, se llevó a cabo la realización de un diagrama hombre - máquina, el cual se desarrolló con base a un video donde se observa un operario junto con máquinas rectificadoras, se detectan tres ciclos de trabajo y se registran las observaciones en un formato establecido con el fin de analizar los resultados y tomar decisiones para la mejora de los procesos.

### Palabras clave

Flujo, métodos, costos, diagrama, hombre, máquina.

### Abstract

The objective of this paper is to identify and propose alternative solutions to problems related to efficiency, costs, methods, organization, working conditions and flow of operations in organizations. To comply with this, a man-machine diagram was carried out, which was developed based on a video where an operator is observed together with grinding machines, three work cycles are detected and observations are recorded in a format established in order to analyze the results and make decisions for the improvement of the processes.

### Key Words

Flow, methods, costs, diagram, man, machine.

## I. INTRODUCCIÓN

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo

## II. REVISIÓN LITERARIA

de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del

© The author; licensee Universidad de la Costa - CUC.

BILO vol. 3.No. 1 Enero - Junio, 2021

Barranquilla. ISSN Online 2711-3280.

trabajador y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo. En el siguiente informe analizamos, evaluamos y estudiamos los métodos de trabajo y el flujo de las operaciones en sistemas productivos, identificando las situaciones críticas, con el fin de establecer estándares de desempeño y mejoras en la eficiencia, mediante el uso del diagrama hombre – máquina. Ciertas técnicas, en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo (estudio de tiempos), nos permiten investigar de una forma sistemática todos los factores que influyen en la eficiencia del proceso laboral analizado con el fin de efectuar mejoras. Para ello, partimos del supuesto de que sería posible incrementar la productividad utilizando los recursos existentes, sin necesidad de fuertes desembolsos para la mejora de instalaciones y equipos.

### 2.1 Estudio de métodos

Consiste en el registro y examen crítico de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo. De esta forma se convierte en un medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces para reducir los costes. Trata de reducir la cantidad de trabajo necesario para obtener una determinada producción, eliminando los movimientos innecesarios de los materiales o del personal, sustituyendo los métodos de trabajo por otros más eficientes. Puede dejar al descubierto las deficiencias del modelo, de los materiales, de los métodos de fabricación, etc.

Uno de los principales instrumentos para lograr incrementos de productividad es el estudio de métodos, entendido como aquella serie de técnicas que se utilizan para realizar el registro y el examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo. Mediante estas técnicas examinamos el trabajo humano en todos sus contextos, investigando de forma sistemática todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de realizar mejoras. De esta forma se convierte en un medio de idear, desarrollar y aplicar métodos más sencillos y eficaces que nos lleven a reducciones de los costos. [1]

### 2.2 Registro de observaciones a través del Diagrama de Hombre – Máquina.

Para hacer efectivo el registro de lo observado se divide el proceso en dos grupos los cuales son: Operario; el cual se identifica con las funciones de voz activa y realiza actividades como carga, descarga, opera máquina e inspecciona material en el caso de la máquina; está identificada con la función de voz pasiva y los procesos que se le realiza es cargada, operada, descargada o es inactiva. Todas estas actividades se identifican en un diagrama hombre- máquina como inactivo, combinado e independiente. [3]

### 2.3 Análisis de los métodos de trabajo mediante la Técnica del Interrogatorio.

El estudio de métodos resulta de suma importancia para identificar fallas en los procesos de una manera eficaz y eficiente. Unas de las técnicas más usadas es la de interrogatorio y la misma es un medio utilizado para efectuar el examen crítico, sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas; las cuales se dividen de la siguiente etapa:

#### Preguntas preliminares

En esta primera etapa se pone en tela de juicio, sistemáticamente y con cada actividad registrada, el propósito, lugar, momento(sucesión), persona y forma(medios) en que se desarrollan las actividades.

#### Preguntas de fondo

Esta es la segunda fase del interrogatorio donde se prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si, a fin de mejorar el método empleado, sería factible y preferible reemplazar por otro el lugar, la sucesión, la persona y/o los medios.

#### Preguntas complementarias

Su propósito es desviar nuestra atención a aspectos muy puntuales como los materiales y su transporte, los empleados, las herramientas y equipo, las condiciones de trabajo y el diseño de los productos. [2]

### 2.4 Generación de propuestas de mejora.

Este punto resulta sumamente importante porque es cuando ya el problema está totalmente identificado y se deben crear estrategias que sean adecuadas adecuado tanto a las necesidades, espacio, costos, recursos que la organización tenga a disposición. [3]

## III. METODOLOGÍA

En este manuscrito se procede a realizar la aplicación de herramientas de estudio del trabajo con la finalidad de mejorar aquellos aspectos en los procesos que generan un cuello de botella, para ello, utilizamos el siguiente modelo metodológico:

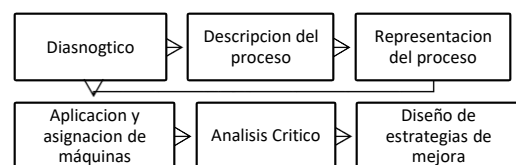


Fig. 1 Diagrama de Flujo para la mejora de procesos hombre- máquina.

Como primera fase analizamos el diagnóstico que en ella hacemos una descripción general del problema, inherente a esto se encuentra la descripción detallada del proceso de rectificación. Estos pasos son importantes

para realizar la representación del proceso inicial. Una vez teniendo claro esto se aplicó la formulación de asignación de máxima de máquinas que el operario puede manejar, como resultado esto se analizó mediante la productividad del proceso y posteriormente de implementaron las mejoras del proceso y se reflejaron mediante el diagrama de hombre-máquina

#### IV. CASO DE ESTUDIO

El proceso escogido fue basado en un video aplicado en un laboratorio de la asignatura de estudio del trabajo perteneciente al programa académico de ingeniería industrial realizado en la universidad en la universidad de la costa, el proceso seleccionado para el estudio es la rectificación de piezas de automóviles. Para ello solo se los ciclos de operación de un operario en un tiempo de 4 minutos que corresponde al tiempo de duración del video presentado.

##### A. Descripción del proceso

**Paso 4.1.1** El operario retira la pieza ya lista por la máquina y abastece de nuevo la máquina No.1 con la pieza a realizar nueva.

**Nota:** Las máquinas son rectificadoras

**Paso 4.1.2** Se cierra las puertas de la máquina No. 1, dejándola lista y se procede a realizar el proceso de automatización de la segunda pieza.

**Paso 4.1.3** El operario toma una pieza nueva y va hacia la segunda máquina y realiza el mismo procedimiento, retira la pieza ya lista y abastece la máquina con la pieza nueva a realizar.

**Nota:** Cada detalle es muy importante ya que nos ayuda a detectar si hay un cuello de botella, o que actividad podemos mejorar ahorrando tiempo, sin perjudicar la producción o el servicio.

**Paso 4.1.4** Se toma las 2 piezas ya lista y se procede a tomar las medidas como el diámetro de cada una de las piezas con ayuda de un pie de rey, desde el diámetro inicial de la pieza hasta el diámetro final.

**Nota:** Con esto se verificará si las piezas cumplen con los estándares exigidos por la empresa y si no hay algo mal en las medidas que toque reemplazar o arreglar.

**Paso 4.1.5** Tomadas las medidas y verificadas se procede a ajustar cada una de las piezas lista.

**Nota:** En el paso 4.4 y 4.5 el operario está realizando la actividad de inspección.

**Paso 4.1.6** Después que ya queden lista las piezas, se procede a llevar las piezas a la otra máquina y las coloca en la barra de la máquina para que sean transportadas a realizar el siguiente proceso.

**Nota:** Cada procedimiento de la máquina esta automatizado, el operario se encarga de hacer los cambios y los ajustes a cada pieza, y es repetido depende de la cantidad de piezas que deben hacer.

##### B. Representación del proceso

Tras la revisión detallada del proceso en el que se involucran la máquina y la persona en el video se obtuvieron una serie de datos (Tiempos en segundos) que abrieron campo a la realización de un estudio de este, se obtuvieron los siguientes datos:

	Presente		
	O1	M1	M2
<b>Tiempo Combinado</b>	43	20	23
<b>Tiempo independiente</b>	95	213	210
<b>Tiempo improductivo</b>	95	0	0
<b>T. de Ciclo</b>	233	233	233
<b>Eficiencia (%)</b>	59,23	100	100

**Tabla 1.** Resumen de actividades del operario y máquina.

En los datos expresados en la tabla 1 se muestran el resumen de tiempos tomados del diagrama los cuales provienen de los siguientes tiempos tomados:

	Descripción	Tiempo
Ciclo 1	Descarga, carga y activa M. 1	4
	Camina entre máquinas	2
	Descarga, carga y activa M. 2	10
	Rectifica las Piezas	23
	Deposita Piezas en banda transportadora	4
	Tiempo de ocio (Espera)	21
Ciclo 2	Descarga, carga y activa M. 1	10
	Camina entre máquinas	2
	Descarga, carga y activa M. 2	4
	Rectifica las Piezas	27
	Camina entre máquinas	2
	Configura máquina 2	3
	Tiempo de ocio (Espera)	54
	Deposita Piezas en banda transportadora	4
Tiempo de ocio (Espera)	3	
Ciclo 3	Descarga, carga y activa M. 1	6
	Camina entre máquinas	4
	Descarga, carga y activa M. 2	6
	Rectifica las Piezas	24
	Deposita Piezas en banda transportadora	3
	Tiempo de ocio (Espera)	17
<b>Tiempo total</b>		<b>233</b>

**Tabla 2.** Diagrama de actividad presente.

**C. Análisis Crítico**

Con la información obtenida se determinó que con los tiempos actuales no se le podían asignar más máquinas al operario dado al cálculo de No. de máquinas adicionales realizado donde se obtuvo que:

$$N = \frac{\text{tiempo inactivo operario}}{\text{tiempo activo operario} + \text{desplazamientos}}$$

$$N = \frac{DP}{(MP + MM) + d}$$

Por lo tanto

$$N = \frac{95}{(43 + 95)} = 0.688$$

Lo cual comprueba teóricamente que no se pueden asignar más máquinas al mismo operario.

Con esto también obtenemos una productividad de mano de obra inicial (PMO Inicial) de 92.7 Piezas/HH, que se dan a partir de lo siguiente:

En cada ciclo de medición se obtienen 2 piezas procesadas (con las 2 máquina) dado a que la medición fue realizada en 3 ciclos obtenemos un total de 6 piezas, esto fue en el lazo de 233 Segundos, realizamos la siguiente operación:

$$233 \text{ Seg} * \frac{1 \text{ Hora}}{3600 \text{ Seg}} * 1 \text{ OP} = 0.06472 \text{ HH}$$

$$\text{PMO Inicial} \rightarrow 6 \text{ Pieza} / 0.06472 \text{ HH}$$

$$\text{Equivale a} \rightarrow 92.707 \text{ Piezas} / \text{HH}$$

Se calculan así mismo el número de capacidad de máquinas obteniendo:

**No. de Capacidad de Máquinas 1 (opción 1):**

$$N = \frac{\text{tiempo activo máquina}}{\text{tiempo combinado} + \text{desplazamientos}}$$

$$N = \frac{43 + 213}{43} = 5.953$$

**No. de Capacidad de Máquinas 2 (opción 1):**

$$N = \frac{\text{tiempo activo máquina}}{\text{tiempo activo del operario} + \text{desplazamientos}}$$

$$N = \frac{23 + 210}{23} = 10.13$$

Tras validad los datos obtenidos se realiza el siguiente resumen de tiempos (tiempos tomados de la tabla 2):

Resumen de tiempos (Suma 3 ciclos)	Total	Total (Por Ciclo)
Descarga y carga de máquina 1	20,00	6,67
Descarga y carga de máquina 2	20,00	6,67
Tiempo operando máquina 1 (1 Pieza)	213	71,00
Tiempo operando máquina 2 (1 Pieza)	210	70,00
Traslado entre máquinas	10	3,33
Rectificación de piezas	74	24,67
Pieza en banda	11	3,67
Tiempo de ocio (Espera)	95	31,67
Configuración de máquina	3	

**Tabla 3.** Resumen de tiempos

Con este resumen de tiempos, comparándolos con el de la tabla 2 podemos determinar que hay diferencias en los tiempos de ejecución que afectan la productividad del proceso por lo cual tras realizar un proceso de análisis se propone el siguiente ajuste en los tiempos.

Ajuste de tiempos (Suma 3 ciclos)	Total	Total (Por Ciclo)
Descarga y carga de máquina 1	15	5
Descarga y carga de máquina 2	15	5
Tiempo operando máquina 1 (1 Pieza)	213	71
Tiempo operando máquina 2 (1 Pieza)	213	71
Traslado entre máquinas	6	2
Rectificación de piezas	81	27
Pieza en banda	3	1
Tiempo de ocio (Espera)	108	36

**Tabla 4.** Ajustes de tiempos

Se proponen los tiempos expresados en la tabla 4 basados en los tiempos máximos y mínimos encontrados en la toma de datos de los tiempos del video, entre ellos se establece que:

1. El tiempo de descargue y cargue de máquinas sea de 5 segundos dado a que el tiempo mínimo encontrado fue de 4 segundos y el máximo de 10 segundos, estableciendo un tiempo óptimo de 5 segundos.
2. La rectificación de las piezas con el fin de garantizar el trabajo se deja en el mayor tiempo de realización de la actividad.
3. El tiempo que le toma colocar las piezas en la banda se reduce a 1 segundo realizando una reorganización de los espacios.
4. Se mantiene el tiempo óptimo de operación de la máquina en 71 segundos para que no ocasione Tiempo inactivo en la máquina.

5. Se elimina la configuración de las máquinas durante la ejecución de la operación.

Una vez realizados los ajustes obtenemos un aumento en el número de máquinas adicionales que puede manejar el operario de 0.688 a 0.9 y disminuyendo el tiempo total de los 3 ciclos de 233 segundos a 228 Segundos.

Simulación de datos:

	Descripción	Tiempo
Ciclo 1	Descarga, carga y activa M. 1	5
	Camina entre máquinas	2
	Descarga, carga y activa M. 2	5
	Rectifica las Piezas	27
	Deposita Piezas en banda transportadora	1
	Tiempo de ocio (Espera)	36
Ciclo 2	Descarga, carga y activa M. 1	5
	Camina entre máquinas	2
	Descarga, carga y activa M. 2	5
	Rectifica las Piezas	27
	Deposita Piezas en banda transportadora	1
	Tiempo de ocio (Espera)	36
Ciclo 3	Descarga, carga y activa M. 1	5
	Camina entre máquinas	2
	Descarga, carga y activa M. 2	5
	Rectifica las Piezas	27
	Deposita Piezas en banda transportadora	1
	Tiempo de ocio (Espera)	36
<b>Tiempo total</b>		<b>228</b>

**Tabla 5.** Diagrama con los ajustes de tiempo respecto a las actividades del operario.

Con un resumen de datos de:

	Presente		
	O1	M1	M2
<b>Tiempo Combinado</b>	30	15	15
<b>Tiempo independiente</b>	90	213	213
<b>Tiempo improductivo</b>	108	0	0
<b>T. de Ciclo</b>	228	228	228
<b>Eficiencia (%)</b>	52.63	100	100

**Tabla 6.** Resúmenes de datos con respecto a la reducción de tiempos.

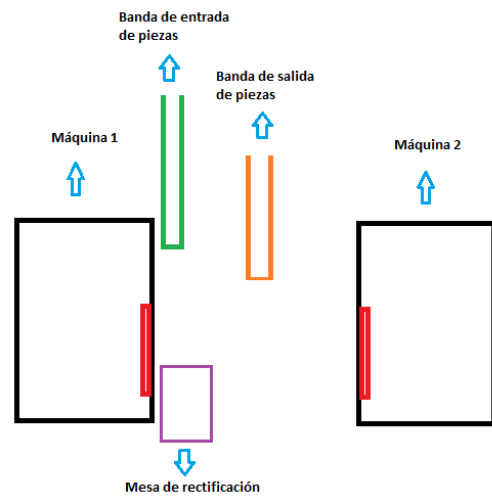
De este modo obtenemos que el cálculo de No. de máquinas adicionales proyectado con los ajustes realizados es:

$$N = \frac{DP}{(MP + MM) + d} = \frac{108}{(30 + 90)} = 0.9 \approx 1$$

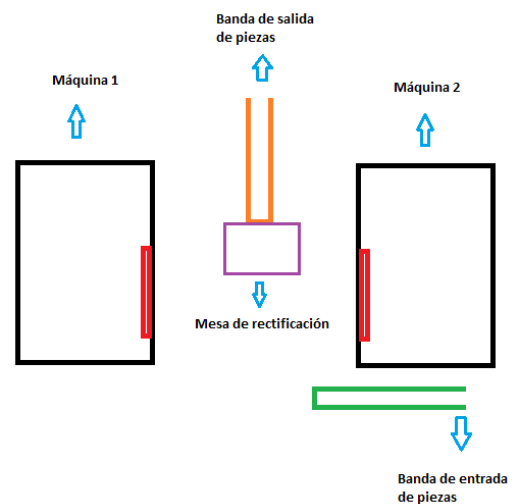
Por lo cual se determina que es viable asignar una tercera máquina al operario.

**Ubicación de maquinarias:**

Aquí podemos observar por medio de los esquemas los cambios físicos del área de trabajo tanto actuales como los propuestos para optimizar tiempos y agregar una máquina.



**Figura 1.** Esquema inicial, Con relación a la toma de información del video observado.

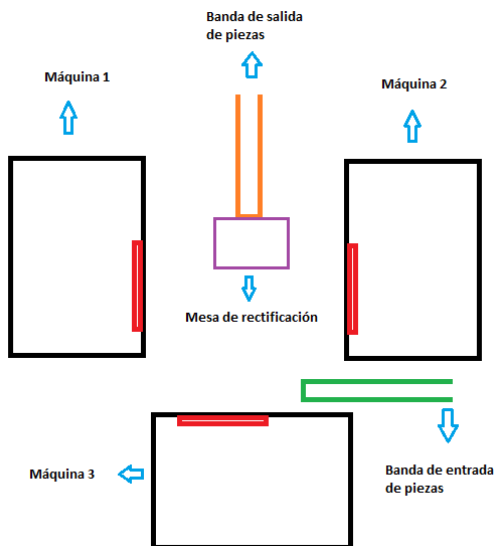


**Figura 2.** Esquema de mejora, con el cual se busca optimizar los tiempos.

Una vez se mejoran los tiempos con la reestructuración del área de trabajo y al determinar que

el número de máquinas adicionales con los nuevos tiempos de operación se ( $N=0.9 \approx 1$ ), se establece que se le puede adicionar una tercera máquina al operario. Se establece inicialmente el esquema de ubicación del área de trabajo planteado de la siguiente forma incluyendo la tercera máquina.

Esquema final:



**Figura 3.** Esquema final propuesto con 3 máquinas.

**Diagrama de H-M propuesto:**

Una vez obtenido el esquema de la nueva distribución de las máquinas y estaciones de trabajo en el área involucrada se establecen los siguientes tiempos.

	Descripción	Tiempo	Tiempo acumulado	Min
Ciclo 1	Descarga, carga y activa M. 1	5	5	00:05
	Camina entre máquinas	2	7	00:07
	Descarga, carga y activa M. 2	5	12	00:12
	Camina entre máquinas	2	14	00:14
	Descarga, carga y activa M. 3	5	19	00:19
	Rectifica las Piezas	27	46	00:46
	Deposita Piezas en banda transportadora	1	47	00:47
	Tiempo de ocio (Espera)	29	76	01:16
Ciclo 1	Descarga, carga y activa M. 1	5	81	01:21
	Camina entre máquinas	2	83	01:23
	Descarga, carga y activa M. 2	5	88	01:28

	Camina entre máquinas	2	90	01:30
	Descarga, carga y activa M. 3	5	95	01:35
	Rectifica las Piezas	27	122	02:02
	Deposita Piezas en banda transportadora	1	123	02:03
	Tiempo de ocio (Espera)	29	152	02:32
Ciclo 1	Descarga, carga y activa M. 1	5	157	02:37
	Camina entre máquinas	2	159	02:39
	Descarga, carga y activa M. 2	5	164	02:44
	Camina entre máquinas	2	166	02:46
	Descarga, carga y activa M. 3	5	171	02:51
	Rectifica las Piezas	27	198	03:18
	Deposita Piezas en banda transportadora	1	199	03:19
	Tiempo de ocio (Espera)	29	228	03:48

228

**Tabla 7.** Establecimiento de los nuevos tiempos.

De esta manera obtenemos un nuevo resumen de datos que nos quedaría de la siguiente manera:

	Propuesto			
	O1	M1	M2	M3
<b>Tiempo Combinado</b>	45	15	15	15
<b>Tiempo independiente</b>	96	213	213	213
<b>Tiempo improductivo</b>	87	0	0	0
<b>T. de Ciclo</b>	228	228	228	228
<b>Eficiencia (%)</b>	61,84	100	100	100

**Tabla 8.** Resumen de datos de los nuevos tiempos.

Y por último nuestra nueva productividad de mano de obra final (**PMO Final**) sería de **92.703 Piezas/HH**, que se dan a partir de lo siguiente:

En cada ciclo de medición se obtienen 3 piezas procesadas (Con las 3 máquina) dado a que la medición fue realizada en 3 ciclos obtenemos un total de 9 piezas, esto fue en el lazo de 228 Segundos, realizamos la siguiente operación:

$$228 \text{ Seg} * \frac{1 \text{ Hora}}{3600 \text{ Seg}} * 1 \text{ OP} = 0.0633 \text{ HH}$$

PMO Final → 9 Pieza / 0.0633 HH  
Equivale a → 142.180 Piezas / HH

De este modo siendo:

92.707 piezas / HH (PMO Inicial)  
142.180 piezas / HH (PMO Final)

Nuestro incremento de productividad sería de:

$$N = \frac{142.180 - 92.707}{92.707} * 100 = 53.36\%$$

Incremento en la productividad de 53.36% manteniendo las productividades de las máquinas siendo 100% operativas sin tiempos muertos, optimizando los tiempos de recorridos y ubicación de las máquinas e instrumentos y reduciendo el tiempo de ocio del operario de 36 a 29 segundo.

## V. CONCLUSIÓN

Hoy en día en muchas empresas de producción presentan falencias y cuello de botella en sus procesos de fabricación, y algunas se les dificulta darse cuenta de que es eso lo que ocasiona demoras, que es eso en lo que están fallando, se preguntaran ¿Que podemos quitar o emplear, o que es eso que podemos mejorar?

El diagrama de Hombre-Máquina ayuda a optimizar los procesos, y darnos cuenta cada detalle del proceso, no solo de la máquina, sino también de lo que realiza el operario, gracias a esta herramienta la empresa podrá evaluar el proceso y hacer las mejoras pertinentes.

## REFERENCIAS

[1] Estudio de métodos y tiempos. (2019, 12 mayo). Wolters Kluwer.

[https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNjcwMTtbLUouLM\\_DxbIwMDS0NDA1OQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAh4vkGzUAAAA=WKE](https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNjcwMTtbLUouLM_DxbIwMDS0NDA1OQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAh4vkGzUAAAA=WKE)

[2] Huyke, A. (2021, 21 abril). Diagrama de actividades múltiples, Diagrama hombre-máquina [Diapositivas].

file:///C:/Users/orlando/Documents/ESTUDIO%20DE L%20TRABAJO/APUNTES/CORTE%202/DIAGRAMA%20DE%20ACTIVIDADES%20M%C3%9ALTIPLES2021.pdf.

<https://aulavirtual.cuc.edu.co/moodle/course/view.php?id=3701>

[3] Hyke, A. (2021, 29 abril). Mejora de metodos [Diapositivas].

file:///C:/Users/orlando/Downloads/ANALISIS%20Y%20MEJORA%20DE%20LOS%20METODOS%202021.pdf.

<https://aulavirtual.cuc.edu.co/moodle/course/view.php?id=3701>